



la boîte à outils de suivi des milieux humides



Ligéro

Éditorial

En région Centre-Val de Loire, comme ailleurs en France et sur le bassin Loire-Bretagne, 2/3 des zones humides ont disparu depuis 50 ans. Pourtant ces milieux humides accueillent une biodiversité d'une richesse exceptionnelle, fournissent une multiplicité de services indispensables à la vie et ont un rôle essentiel dans l'adaptation des territoires au changement climatique (risques inondation, sécheresse notamment).

Le 11^e programme d'intervention de l'agence de l'eau Loire-Bretagne conforte le contrat territorial comme l'un des outils essentiels de sa politique de restauration des milieux aquatiques et humides et de lutte contre l'érosion de la biodiversité. C'est pourquoi, entre 2014 et 2018, le Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire (Cen Centre-Val de Loire) et le Forum des Marais Atlantiques (FMA) ont piloté en lien avec l'agence de l'eau et le FEDER Plan Loire, le développement d'une boîte à outils d'indicateurs de suivi et d'évaluation des milieux humides du bassin de la Loire (BAOMH LigéO).

L'objectif à moyen et long termes est de se donner, à grande échelle, les moyens de connaître l'évolution de l'état de conservation des fonctionnalités des milieux humides, d'évaluer les effets des travaux de restauration conduits sur ces dernières et leur contribution à l'amélioration de l'état des masses d'eau.

Les structures porteuses et les collectivités locales peuvent avoir du mal à s'approprier les enjeux et méthodes de gestion et de préservation des milieux humides tels que le préconise le SDAGE (schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux). Il est donc nécessaire de créer les conditions de déploiement des indicateurs de la boîte à outils LigéO à l'échelle du bassin Loire-Bretagne et de renforcer les missions de coordination et d'appui technique à destination de l'ensemble des porteurs de projets territoriaux.

En complément, la Région Centre-Val de Loire, la DREAL et l'Agence régionale de la biodiversité en Centre-Val de Loire, favorables au renforcement de la coordination de la thématique « milieux humides » en région, ont contribué au côté de l'agence de l'eau à l'émergence d'une Cellule régionale chargée de la coordination et de l'animation territoriale (CERCAT).

Membre de l'Agence régionale de la biodiversité, le Cen Centre-Val de Loire a proposé de renforcer les actions de la CERCAT en y intégrant une cellule d'assistante technique à la prise en compte des zones humides dont il assure l'animation. Celle-ci poursuit les mêmes objectifs que les autres cellules, soutenues par l'agence de l'eau Loire-Bretagne, qui se déploient aujourd'hui sur le bassin (comme en Bourgogne-Franche Comté ou Auvergne-Rhône-Alpes...). Elles constituent des appuis essentiels au déploiement des indicateurs pour accentuer les efforts sur la préservation des zones humides, des zones si riches et si utiles !

Martin Gutton,
Directeur général de
l'Agence de l'eau Loire-Bretagne

SOMMAIRE

Préambule

- Comment a-t-elle été construite ? p. 7
- Comment la question de suivi de l'efficacité des travaux de gestion et de restauration écologique est-elle traitée ? p. 10
- Préconisations spécifiques pour l'utilisation des indicateurs p. 16
- Tableau de synthèse p. 17
- Comment utiliser la boîte à outils ? p. 18

Les clés d'entrée

- Tableau de synthèse p. 20
- Les milieux humides concernés p. 22
- Les fonctions p. 23
- Les compétences p. 23
- Aides aux calculs p. 24
- Préalable à l'utilisation des fiches p. 25

FICHES INDICATEURS

- I01** : niveau d'humidité du sol - pédologie p. 26
- I02** : indice floristique d'engorgement p. 28
- I03** : dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres p. 30
- I06** : indice floristique de fertilité du sol p. 32
- I10** : intégrité du peuplement d'odonates p. 34
- I11** : intégrité du peuplement d'amphibiens p. 36
- I14** : indicateur trophique p. 38

LigéO - version adaptée en mai 2021.

Déclinaison de la boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. www.rhomeo-bao.fr - Collectif RhoMÉO (2014) - Conservatoire d'espaces naturels de Savoie. 147 pages + annexes et du Guide Méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi de travaux de restauration (2017) - Conservatoire d'Espaces Naturels de la Savoie. 26 pages.

la boîte à outils

FICHES PROTOCOLES

P01 : pédologie	p. 40
P02 : flore	p. 44
P03 : piézométrie	p. 48
P06 : odonates	p. 54
P07 : amphibiens	p. 60
P10 : suivi de l'état trophique d'une masse d'eau	p. 64

FICHES ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS

A01 : niveau d'humidité du sol - pédologie	p. 68
A02 : indice floristique d'engorgement	p. 72
A03 : dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres	p. 76
A06 : indice floristique de fertilité du sol	p. 80
A10 : intégrité du peuplement d'odonates	p. 84
A11 : intégrité du peuplement d'amphibiens	p. 90
A14 : suivi de l'état trophique d'une masse d'eau	p. 94

Bibliographie	p. 98
----------------------	--------------

Glossaire	p. 104
------------------	--------

Annexes	p. 105
• Annexe 1 : fiches techniques de terrain	p. 106
• Annexe 2 : autres outils techniques	p. 111
• Annexe 3 : description des sites tests	p. 159
• Annexe 4 : typologie des zones humides	p. 165



La démarche de mise en œuvre de LigérO, dispositif d'observation engagé sur le bassin de la Loire, vise à mettre à disposition des acteurs et gestionnaires des zones humides du bassin, un **outil d'évaluation composé d'indicateurs communs et de protocoles harmonisés** afin de mettre en place des **suivis de l'évolution de l'état global des fonctions** mais aussi des **suivis des effets d'opérations de restauration de milieux humides** dont ils ont la responsabilité.

Cette démarche s'est concrétisée par la mise en place d'une boîte à outils applicable sur le bassin Loire-Bretagne. Elle est le fruit des travaux réalisés par les groupes de travail, les référents et les acteurs qui se sont impliqués dans le projet LigérO depuis 2014.

Ce travail est fortement basé sur la **Boîte à outils de suivi des zones humides – 2014 (BAOZH) Rho-MéO** ainsi que sur le **Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration - 2017**. Ces outils constituent le point de départ de la boîte à outils LigérO.

Le programme LigérO a réuni des gestionnaires, des chercheurs, des experts concernés par la connaissance et le suivi des zones humides à l'échelle du bassin Loire-Bretagne. Ce sont plus de 80 personnes et 30 structures qui ont participé à la construction de l'outil LigérO. Ces acteurs ont travaillé au sein du comité de pilotage et/ou des comités techniques pour s'accorder sur le choix des indicateurs les plus pertinents pour le bassin Loire-Bretagne et ceux qui pourraient répondre au mieux aux besoins des gestionnaires des zones humides du bassin. Leurs travaux ont porté sur l'adaptation des protocoles RhoMéO au contexte du bassin Loire-Bretagne. Les

protocoles ont été testés sur un échantillonnage le plus représentatif possible de zones humides (84 sites au total) sur le bassin de la Loire.

Cette boîte à outils LigérO répond à deux objectifs :

- L'évaluation de **l'évolution des fonctionnalités** des milieux humides (la trajectoire écologique) ;
- L'évaluation des **effets des travaux** (restauration, réhabilitation, réaffectation et création) sur la fonctionnalité et l'état des zones humides.

Elle a été construite comme un outil :

- **Pragmatique et opérationnel** : les indicateurs, les protocoles et les interprétations ont été testés et validés sur le terrain par les partenaires du programme LigérO sur 84 sites tests (Annexes 3) ;
- **Resserré autour du suivi des fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques** sur lesquels les gestionnaires se posent régulièrement des questions ;
- **Pouvant être utilisé par diverses structures et personnes**, que ce soit sur le type de compétences maîtrisées (hydrologie, pédologie, biologie) ou le niveau requis (spécialisé, qualifiés, généralistes) ;
- Permettant, en adaptant l'échantillonnage, de répondre à des questions de **suivis de restauration de fonctionnalité** ;
- Permettant de disposer d'une **batterie d'indicateurs autorisant l'utilisation et la synthèse des données à différentes échelles** (réseau de sites, bassin versant, départements, régions, voire métropole).

Cette boîte à outils vise à fournir aux acteurs locaux un outil clés en main. Ils peuvent, dès aujourd'hui :

- **générer des données fiables sur l'évolution de l'état des fonctions des milieux humides dont ils ont la responsabilité ;**
- **calculer les notes indicatrices via l'outil « Calculette » mis à leur disposition ;**
- **vérifier et évaluer les effets des travaux de restauration réalisés sur les milieux humides ;**

A l'avenir, les données récoltées via les protocoles communs leur permettront également de participer à un réseau de suivis de l'état des fonctions des zones humides, avec des indicateurs communs, à différentes échelles (bassin versant, département, région, bassin Loire-Bretagne).

COMMENT A-T-ELLE ÉTÉ CONSTRuite ?



Dans le cadre du projet LigéRO, la méthode suivante a été développée pour choisir et construire les indicateurs de la boîte à outils :

- **Une recherche bibliographique** a été conduite pour recenser les protocoles et les indicateurs ayant déjà fait leurs preuves. Très pragmatique, la volonté première était d'utiliser et d'adapter si nécessaire des outils existants ;
- **Des groupes de travail thématiques** (abiotique, flore et habitat, faune) se sont réunis pour choisir les indicateurs pertinents pouvant répondre au mieux aux deux objectifs principaux ainsi qu'à une demande de réalisme au niveau du temps et coût nécessaire à leur mise en œuvre (3 jours/an/site/indicateur) ;
- **Les suivis de terrain ont été appliqués sur des sites tests**, ce qui a permis à la fois de tester le caractère opérationnel des protocoles auprès de 63 opérateurs et d'évaluer leur validité (la moitié des sites disposaient de connaissances préalables) ;
- **Les référents thématiques** (pédologie, amphibiens, odonates, flore) ont analysé les protocoles au regard des objectifs, revus les listes de références et analysés de façon critique **les données recueillies et les notes indicatrices associées** ;

Les atouts et les inconvénients de ce mode de construction sont les suivants :

- **L'utilisation comme base de travail des protocoles déjà connus** a permis, à la fin du programme, de livrer des méthodes opérationnelles et référencées au niveau national (SANDRE). Ce parti pris a interdit de modifier quelques techniques d'inventaires qui pouvaient potentiellement avoir un intérêt ;
- Le test des protocoles sur des milieux humides effectué par les contributeurs au projet RhoMéO, a permis de valider la robustesse des protocoles proposés dans la boîte à outils LigéRO ;
- **La durée du programme conduit à mobiliser beaucoup de données.** Sur deux années de test des protocoles et de récolte des données, plus de 24 000 observations ont été réalisées sans compter les relevés piézométriques (214 539 observations piézométriques) ce qui a permis de définir par indicateur des valeurs moyennes, des minimums et des maximums mesurés par type de zone humide. Par contre, pour les indicateurs demandant une période de retour de plusieurs années (cycles biologiques), il n'a pas été possible de tester réellement les évolutions temporelles ;

Groupes de travail

gestionnaires, scientifiques, naturalistes



- Choix des **indicateurs**
- Choix des **protocoles** et des **méthodes d'analyse**
- **Interprétation des évolutions** de l'indicateur (sens, seuil,...)

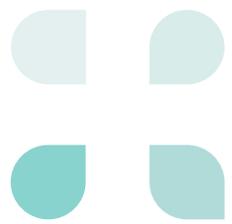


R. Paillet

84 sites



I. Gravrand



COMMENT A T-ELLE ÉTÉ CONSTRuite ?



Cl. Choctin

- Les sept indicateurs retenus présentent toutes les caractéristiques nécessaires (mesurables, prévisibles, répétables). Cette exigence a conduit, lors de la phase de choix d'outils, à **éliminer des descripteurs** ne présentant pas ces caractéristiques soit **par manque d'opérationnalité, soit par incapacité à révéler une fonction ou un état des zones humides;**

- La réalisation de tests des protocoles et le calcul des indicateurs sur un effectif de 84 milieux humides a permis de les valider sur la plupart des types SDAGE échantillonnés dans le bassin (hors estuaires). Malgré cet échantillon relativement important de milieux humides (cf. page ci-contre), les types 2 et 5, avec moins de 10 sites, sont sous-représentés.

Les indicateurs

Les indicateurs retenus sont pour six d'entre eux extrait de la BAOZH RhoMéo. Conçus comme des indicateurs opérationnels de suivi de l'évolution des milieux humides, ils répondent aux questions suivantes :

L'indicateur est-il fiable ?

Sur la base de plusieurs dizaines de descripteurs physiques, chimiques ou biologiques potentiels, un travail bibliographique a été réalisé pour déterminer si la littérature ou les connaissances scientifiques actuelles permettaient de considérer qu'un descripteur était en capacité à renseigner de manière fiable l'évolution des zones humides. Les descripteurs qui, à ce stade, présentaient soit une complexité méthodologique trop grande, soit des résultats soumis encore à débat, ont été écartés.

Son évolution est-elle prévisible ?

Si les évolutions dans le temps du descripteur susceptible d'être utilisé pour calculer un indicateur n'étaient pas prévisibles et scientifiquement vérifiées, l'indicateur potentiel a été éliminé. Les indicateurs biologiques ont notamment cherché à confirmer le caractère sténoèce de certaines espèces caractérisant un type d'évolution particulier.

Sa mesure est-elle facilement reproductible ?

Le caractère opérationnel de la récolte d'information a été, au final, un des critères de choix des indicateurs retenus. Un des objectifs de ces indicateurs étant leur utilisation en routine par le plus grand nombre ; le temps de collecte de l'information et de calcul de l'indicateur a été limité à 3 jours par indicateur pour un milieu humide de taille moyenne (50 ha). Ce critère a éliminé des indicateurs chronophages. Le caractère reproductible des protocoles de collecte a

été vérifié en appliquant les méthodes sur des sites déjà connus et en répétant le protocole au cours de deux années consécutives (sur 28 sites dans le cadre de LigéRO).

L'indicateur est-il facilement interprétable ?

Un des apports de ce travail a été de résumer l'information recueillie sur le terrain par une valeur simple. C'est ainsi que tous les indicateurs retenus contiennent des méthodes de calcul permettant d'obtenir une valeur ou un pourcentage moyen pour l'ensemble du milieu humide ou de la zone d'influence de travaux. Cette valeur peut ensuite être comparée aux valeurs précédentes dans le cadre d'un suivi en tenant compte des erreurs-types définies lors du programme RhoMéo ou connues dans la littérature. Des valeurs repères, calculées grâce aux données acquises dans le cadre du programme, sont présentées dans les fiches pour chaque type de milieux humides.

Un septième indicateur a été développé spécifiquement sur les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne : l'indicateur trophique. Les trois années du projet (2015-2017) ont permis de commencer sa calibration. Il a été développé sur 35 sites en Charente-Maritime dont 25 en Loire-Bretagne. Cet indicateur permet de refléter l'évolution d'un milieu sur plusieurs centaines d'ha (pouvoir intégrateur).

Les sept indicateurs, présentés sous forme de fiches dans cette boîte à outils, sont conçus comme des baromètres de l'évolution des fonctionnalités des milieux humides et de l'efficacité des travaux de restauration.

COMMENT A T-ELLE ÉTÉ CONSTRuite ?



FMA

Baies et estuaires moyens et plats (2)



I. Gravrand

Petites vallées (bordures de cours d'eau) (5)



R. Legrand

Tête de bassin > 450m (ZH de bas fond en tête de BV) (7.a ZH d'altitude)



O. Brette

Bordure d'étang (bordure de plan d'eau) (9)



B. Allard

Zones humides ponctuelle (11)

Les typologies de zones humides SDAGE testées lors de la construction des indicateurs LigéO (Annexe 4).



FMA

Marais et lagunes côtiers (3)



F. Hergott

Grandes vallées (plaines alluviales inondables) (6)



R. Legrand

Tête de bassin < 450m (ZH de bas fond en tête de BV) (7.b tourbière acide ou alcaline)



I. Gravrand

Marais et landes humides de plaines et plateaux (10)

COMMENT LA QUESTION DE SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX DE GESTION ET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE¹ EST TRAITÉE ?



Une grande partie des éléments présentés ici sont issus du document : « La boîte à outils de suivi des zones humides – Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration – 2017, Conservatoire d'Espaces Naturels de Savoie, Collectif RhoMéO. »

Notions et concepts de la restauration

Il convient ici de rappeler et préciser brièvement les différentes notions de la restauration écologique (SER 2004). Il est repris ici les concepts largement définis et détaillés dans les ouvrages sur la restauration écologique des milieux aquatiques et plus particulièrement liés aux cours d'eau². L'ensemble de ces définitions sont applicables aux spécificités des zones humides.

La trajectoire écologique

L'écosystème zone humide évolue spontanément suivant différentes dynamiques qui peuvent être tendancielle, cyclique ou événementielle. Cette évolution sur le temps long qui imbrique des transformations lentes et des épisodes brutaux, peut être d'origine naturelle (climat, géomorphologie, biologie, etc.) ou anthropique : on parle de trajectoire de l'écosystème. Lorsqu'elle correspond à un fonctionnement équilibré (on parle parfois de climax), les mécanismes d'adaptation aux perturbations majeures (résilience) permettent la stabilité des conditions favorables à l'écosystème.

Pour les zones humides qui n'ont pas été affectées par des perturbations majeures au cours des dernières décennies, les indicateurs de suivi de l'état de la boîte à outils LigéO traduisent cette trajectoire écologique et constituent un outil de veille à moyen et long termes de la dynamique d'évolution de l'écosystème.

État de référence

Définir un état ou un fonctionnement de référence qui correspondrait à un « bon état écologique » est impossible dans l'absolu car chaque stade d'une trajectoire présente ses caractéristiques propres, difficiles à pré-établir. Toutefois, pour évaluer l'atteinte des objectifs de la restauration, il est indispensable de définir soit :

- un objectif d'état à atteindre. Cet état de référence peut être déterminé suivant différents critères, à partir de connaissances scientifiques générales, mais également sur la base de mesures sur des sites proches ou semblables.
- une référence d'écart, c'est-à-dire une évolution ou un progrès par rapport à la situation de l'écosystème avant restauration. C'est dans cette démarche que s'inscrivent les méthodes d'évaluation de l'état des milieux humides de la boîte à outils LigéO.

La restauration/réhabilitation

Exemple : réhabilitation de boires (annexes hydrauliques) par rétablissement de connexions hydrauliques et piscicoles, et diversification des habitats du lit endigué.

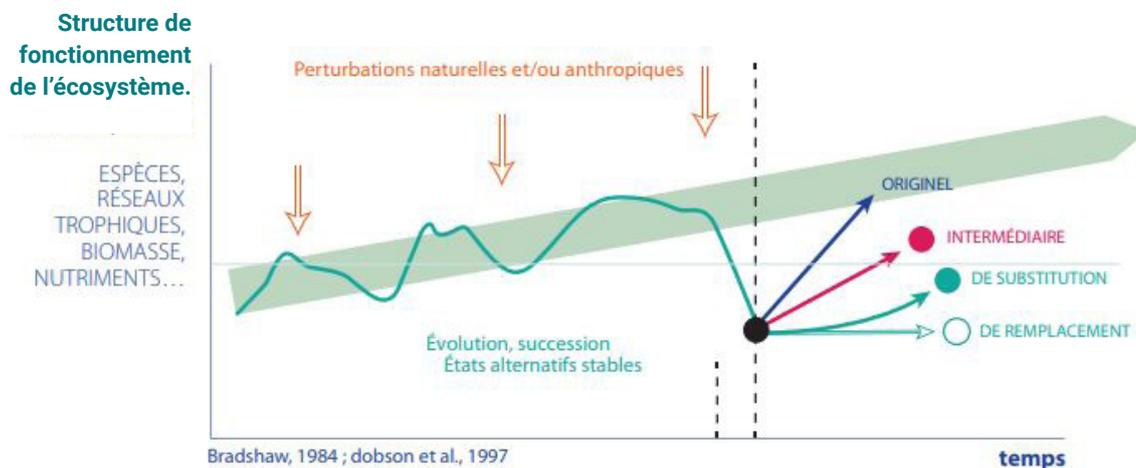
Au sens strict, la restauration désigne le retour du fonctionnement de l'écosystème dans sa trajectoire originelle en comptant sur l'autorégulation du système et en excluant toute intervention ultérieure. Compte tenu des différents paramètres qui influent sur la dynamique des zones humides, il apparaît souvent illusoire, voire impossible de retrouver un fonctionnement antérieur aux perturbations et par conséquent de réaliser une véritable restauration.

¹Ici, le terme restauration écologique est utilisé dans son sens le plus courant, pour désigner des actions de réparation des dysfonctionnements ou d'amélioration des milieux existants.

²Voir l'ouvrage collectif : Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques. Pourquoi ? Comment ? – coordonnée par B. CHOCCAT et piloté par l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE), 2013.

COMMENT LA QUESTION DE SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX DE GESTION ET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EST TRAITÉE ?

Figure 1 : fonctionnement de l'écosystème en fonction du temps et des perturbations.



Il conviendrait généralement mieux d'utiliser le terme de réhabilitation pour intégrer les contraintes et forçages anthropiques historiques auxquels il n'est pas possible de remédier.

Il conviendrait également, d'accompagner les trajectoires d'évolution des milieux par une gestion adaptée pour atteindre et maintenir les équilibres souhaités.

La réaffectation / création

Exemple : réaménagement paysager et réaffectation en étang de pêche de milieux alluviaux (prairie et boisement) après extraction de granulats de la terrasse alluviale.

Lorsque les opérations ne peuvent pas permettre un retour au fonctionnement originel, elles contribuent à la mise en place d'un nouvel écosystème.

On parle alors de réaffectation ou de création d'un nouvel écosystème. Bien que de nature différente, cet écosystème de substitution (ou de remplacement) peut avoir une valeur équivalente à l'écosystème préexistant aux perturbations.

La restauration des fonctions des zones humides

Dans cette démarche, le choix est fait d'évaluer l'atteinte des objectifs de la restauration. Par conséquent, l'impact des différents types de travaux n'est pas évalué pour lui-même, mais comme élément contribuant au processus plus global d'évolution des fonctionnalités du milieu humide. Dans le cadre d'un document prévisionnel de gestion (plan de gestion, document d'objectifs...), les indicateurs sont donc à mettre en lien avec les objectifs de restauration et permettront d'évaluer leur atteinte.

Les objectifs de restauration sont classés en trois catégories conformément aux indicateurs d'état de la boîte à outils :

- restauration hydrologique,
- restauration biogéochimique,
- restauration de la biodiversité.

Emprise spatiale

L'emprise spatiale supposée de la zone de restauration correspond à la surface théorique sur laquelle est attendu un effet des travaux de la restauration. La définition de l'emprise spatiale supposée des effets de la restauration est essentielle à la bonne utilisation des indicateurs de la boîte à outils. Elle nécessite une bonne connaissance de l'état de la zone humide et de son fonctionnement.

Le déploiement des indicateurs doit donc s'appuyer sur une connaissance initiale de :

- la stratigraphie, car le type de sol (organique, minéral), et plus particulièrement ses propriétés hydrauliques, détermine le comportement de la nappe ;
- la topographie, car elle conditionne la dynamique des écoulements de surface et permet de faire apparaître les différents gradients écologiques ;
- des espèces de la faune et de la flore présentes sur le site. Ces connaissances sont utiles pour analyser la représentativité des données collectées, la variation des populations étant pour certains groupes très dépendante des fluctuations interannuelles des conditions climatiques ;
- les échanges eaux de surface et eaux souterraines.

COMMENT LA QUESTION DE SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX DE GESTION ET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EST TRAITÉE ?

DYSFONCTIONNEMENT		Fonction	RESTAURATION		SUIVI	
Constats	Causes		Objectifs	Actions	Indicateurs	
Assèchement	Aménagements (drains, fossés...), incision des cours d'eau, prélèvements...	HYDROLOGIQUE / HYDRAULIQUE	Amélioration du niveau et fréquence de saturation en eau (nappe)	Comblement de fossés, démantèlement de drainage, gestion des prélèvements et des ouvrages hydrauliques, restauration hydro-morphologique...	I01	
						I02
						I03
						I14
Atterrissement	Comblement par des sédiments et/ou par la végétation		Maintien des milieux aquatiques	Etrépage, scarification, déblai, élimination de ligneux, défrichage, curages de fossés (autorisés et nécessaires uniquement en milieu humide aménagées)...	I02 I03 I14	
Remblaiement	Stockage de matériaux divers		Reconstitution de la capacité de stockage de l'eau en surface	Déblayer et évacuer les remblais	I01	
Accélération des écoulements	Rectification / incision		Ralentissement des écoulements et recréation de connectivités latérales	Régulation du régime hydrique, gestion des niveaux d'eau, reméandrage, mobilité latérale, espace inondable, transport solide...	I02 I03 I14	
Minéralisation de la matière organique	Baisse durable du régime hydrique dans le sol : assainissement et drainage, pratiques agricoles inadaptées (retournement, chaulage...)	PHYSICO-CHEMIQUE	Améliorer le stockage de la matière organique et du carbone	Favoriser la saturation en eau, neutraliser les équipements (drains, fossés), modifier les pratiques agricoles (fauche, pâturage)	I01 I06	
Eutrophisation	Excès de nutriments en provenance du bassin versant			Piéger les apports	Mise en place de bandes enherbées et/ou boisées	I06 I14
Salinisation	Modification du trait de côte, apport d'eau douce insuffisant			Laisser faire ou intervenir	Pompage d'eau douce, entretien des réseaux...	
Perte d'habitats et d'espèces humides	Modification de la dynamique végétale : atterrissement, bilan hydrique déficitaire	BIOLOGIQUE	Diversifier les milieux, améliorer la qualité des milieux	Gestion des niveaux d'eau, conforter la gestion pastorale (pâturage, fauche), gestion du renouvellement/ confinement des eaux (marais et lagunes côtiers).	I10 I11 I14	
				Renaturer, revégétaliser	Intégration aux plans d'urbanisme, rechercher des mesures compensatoires de qualité...	
Artificialisation	Modification de l'usage : plantations, retournement du sol, urbanisation, extraction de matériaux, remblais...					

COMMENT LA QUESTION DE SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX DE GESTION ET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EST TRAITÉE ?

Principe de la double évaluation

L'évaluation de l'efficacité des travaux de restauration (ou réhabilitation) implique d'articuler différentes échelles spatiales et temporelles du fonctionnement de l'écosystème milieu humide.

Les indicateurs de la boîte à outils LigéRO, conçus pour analyser les tendances d'évolution à moyen et long termes, constituent de bons outils pour connaître et suivre la trajectoire écologique des milieux humides avant et après restauration. L'évaluation de cette trajectoire préalablement aux opérations de restauration est une aide non négligeable dans la compréhension des effets de la restauration.

La réalisation d'opérations de restauration impose d'envisager une utilisation des indicateurs à des échelles spatiale et temporelle différentes. En effet, il n'est pas toujours possible de réaliser des projets qui permettent de restaurer l'ensemble du milieu humide. **Évaluer la restauration doit dans un premier temps valider les effets des opérations à l'échelle de la partie du milieu humide que l'on souhaite restaurer** : c'est la zone d'impact attendue (ou zone d'impact de la restauration). Dans cette zone, on attend souvent une réponse rapide. Ainsi, les pas de temps de suivis doivent être plus rapprochés. Spatialement, la zone d'impact attendue peut être plus petite ou correspondre en totalité à l'emprise du milieu humide inventorié dans le cadre d'un suivi de la trajectoire écologique.

Il a donc été retenu le **principe d'une double évaluation** pour analyser de façon complémentaire l'impact direct de la restauration sur le milieu et son effet sur le fonctionnement global du milieu humide.

Deux niveaux d'analyse de l'effet de la restauration peuvent être détaillés :

- Une évaluation à l'échelle des effets attendus des travaux sur la restauration du fonctionnement de la zone humide.
- Une évaluation qualitative des effets induits par cette restauration sur le fonctionnement global de l'écosystème « zone humide ».

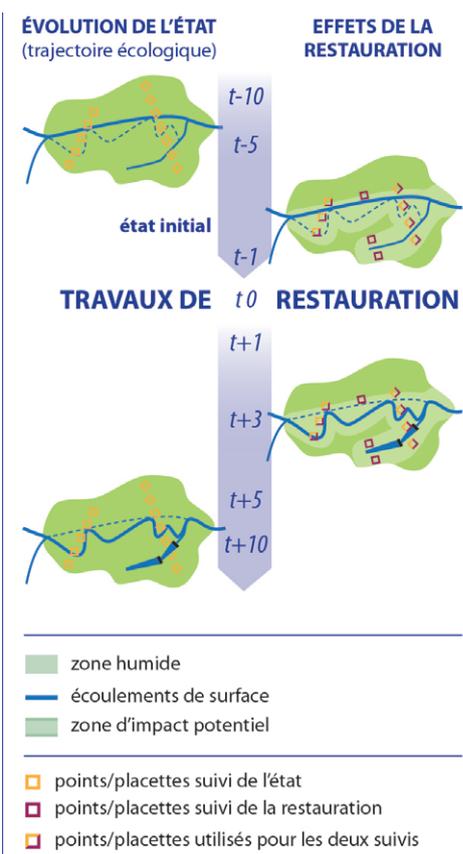
La combinaison des évolutions des différents indicateurs de la boîte à outils à ces deux échelles permet une analyse fine des effets hydrologiques et biologiques de la restauration. Elle permet de dissocier les effets de l'opération de restauration en elle-même de la trajectoire écologique globale de la zone humide. Une opération de restauration pourrait être jugée comme n'ayant pas été efficace en raison d'une évolution concomitante défavorable de la zone humide.

L'univers d'échantillonnage

Dans le cadre du projet LigéRO, le contour des milieux humides échantillonnés (univers d'échantillonnage) correspond à la zone possible d'échantillonnage. Celle-ci étant définie par les limites de propriété ou de convention de gestion. Le choix du périmètre ayant un impact fort sur l'analyse et l'interprétation des données, il a été demandé que celui-ci soit défini précisément et qu'il ne soit pas modifié au cours du temps. Les choix qu'un opérateur fera au moment de la délimitation de l'univers d'échantillonnage auront des conséquences importantes au moment de l'analyse des données et de l'interprétation des indicateurs de la boîte à outils.

L'inclusion ou non des interfaces milieux humides et masse d'eau peut entraîner l'échantillonnage ou non d'habitats favorables aux espèces plus « aquatiques ». Ceci aura un impact sur la liste des espèces observées et influencera la valeur de l'indicateur calculée. Pour les groupes faunistiques les plus mobiles, cette prise en compte de l'interface zone humide/masse d'eau permettra d'interpréter la présence d'éventuelles espèces « surprenantes » par rapport aux habitats

Figure 2 : exemple de l'imbrication des stratégies d'échantillonnage pour la localisation des transects de placettes/points de suivi des protocoles de la BAOZH.



COMMENT LA QUESTION DE SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX DE GESTION ET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EST TRAITÉE ?

recensés sur le site (espèces d'odonates caractéristiques des cours d'eau pouvant être observées sur une tourbière par exemple). L'interprétation des résultats obtenus devra donc faire référence aux contours de la zone humide suivie et de la zone d'échantillonnage.

Dans le cas de constellations de petites zones humides (marais, mares...), souvent héritées d'une zone humide antérieure plus vaste réduite et fragmentée par drainage ou mise en culture, l'inclusion ou non de ces parties dégradées déterminera la capacité de l'opérateur à suivre par exemple les effets d'une éventuelle restauration de la zone humide dans leur intégralité.

Les stratégies d'échantillonnage

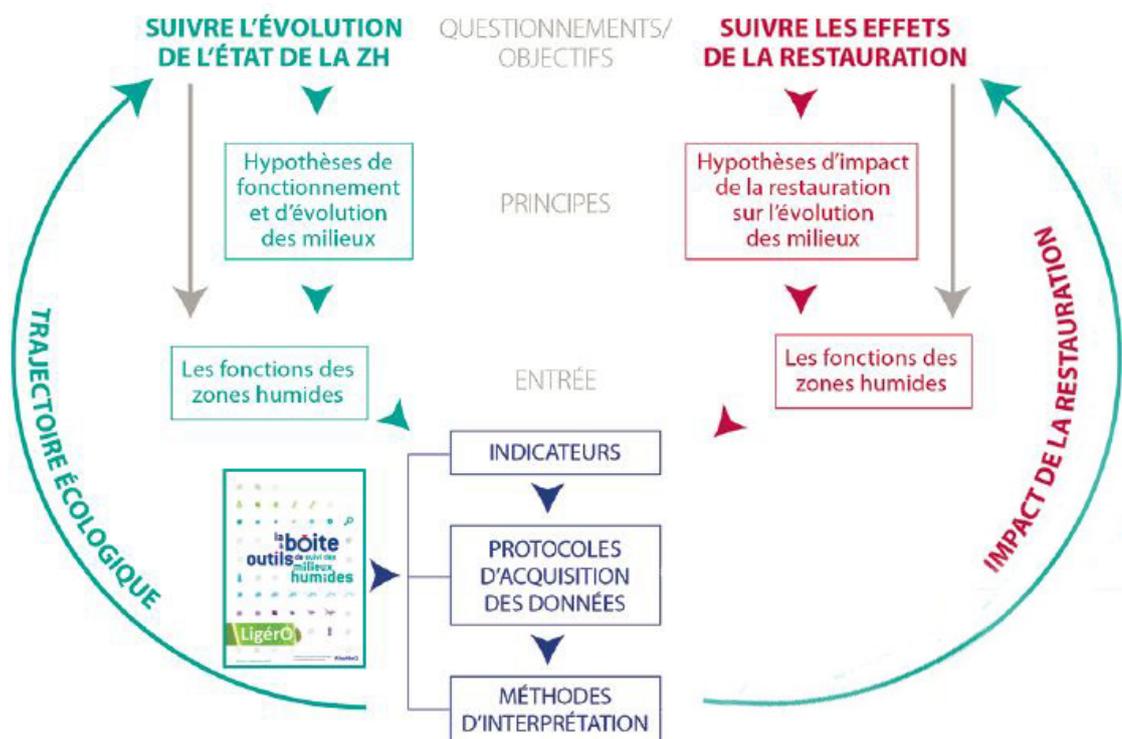
La double évaluation repose sur l'imbrication de deux plans d'échantillonnage, l'un spécifique à l'emprise spatiale supposée des effets de la restauration, l'autre au suivi de l'évolution des fonctionnalités du milieu humide dans son ensemble. Ces deux niveaux d'échantillonnage possèdent leurs propres échelles spatiale et temporelle de suivi.

Cependant, si la zone de restauration correspond en totalité à l'emprise du milieu humide, l'ensemble des points de suivi sont communs. Seule la fréquence de suivi doit être modifiée pour permettre de faire la double évaluation (fig. 2).

Très souvent certains points de suivi de la tendance d'évolution de l'état de la zone humide se situent déjà dans la zone d'impact des travaux. Ils permettent donc la double évaluation, mais pour bien évaluer les effets dans cette zone d'impact des travaux, il est souvent nécessaire de disposer de points d'échantillonnage et de suivi complémentaires.

Dans un certain nombre de cas, lorsqu'un suivi de l'évolution des fonctionnalités du milieu humide a été mis en place avant le projet de restauration, les points de relevé existants peuvent être suffisants pour l'évaluation de l'efficacité des travaux de la restauration mais nécessitent toujours des suivis complémentaires.

Figure 3 : principes de la double évaluation par les indicateurs de la BAOZH (Source : Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration - 2017. Conservatoire d'Espaces Naturels de la Savoie, Collectif RhoMéO, 25p - version 1.



COMMENT LA QUESTION DE SUIVI DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX DE GESTION ET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EST TRAITÉE ?

Temps de réaction des indicateurs et durée de suivi

Dans une démarche de comparaison d'un état après restauration à un état antérieur dégradé (référence d'écart), il est indispensable, pour s'assurer de la fiabilité de l'analyse et de l'interprétation, de disposer d'un état initial robuste. Toutefois, à l'image des méthodes d'analyse de la boîte à outils RhoMÉO il est proposé d'analyser les tendances d'évolution au travers des variations des valeurs indicatrices. Ainsi, les tendances d'évolution sont construites sur plusieurs campagnes de suivi, les effets de la variabilité interannuelle des différents indicateurs sont réduits. Les temps de réponse et donc de suivi pour conclure sur l'efficacité de la restauration sont bien évidemment liés à la sensibilité des différents indicateurs. Toutefois, il est proposé le cadre général suivant :

➤ Dans l'emprise spatiale supposée des effets de restauration :

- Une à deux campagnes avant travaux pour définir l'état initial ;
- Suivi biennal les 5 premières années pour établir la tendance d'évolution (T+1, T+3 et T+5) ;

- Poursuite du suivi jusqu'à 10 ans (T+7, T+10) pour confirmer et valider la tendance.

Les premières analyses sont ainsi interprétables après 5 ans, puis sont confirmées après 10 ans (échéance qui marque la fin du suivi de l'efficacité de la restauration).

➤ À l'échelle du milieu humide :

- Le suivi de l'état est réalisé au rythme quinquennal pour chaque indicateur (figure 4).
- Idéalement ce suivi est en place sur le milieu humide et la tendance d'évolution, qui traduit la trajectoire écologique, est connue et suivie à long terme.
- Si le suivi de l'évolution des fonctionnalités à l'échelle de la zone humide est mis en place en parallèle du suivi de l'effet de la restauration à l'échelle de l'emprise spatiale supposée, la première tendance qui préfigure la trajectoire écologique du milieu en relation avec les travaux est donc réalisable après 10 ans (figure 5).

Ce cadre général peut être adapté pour chaque indicateur.

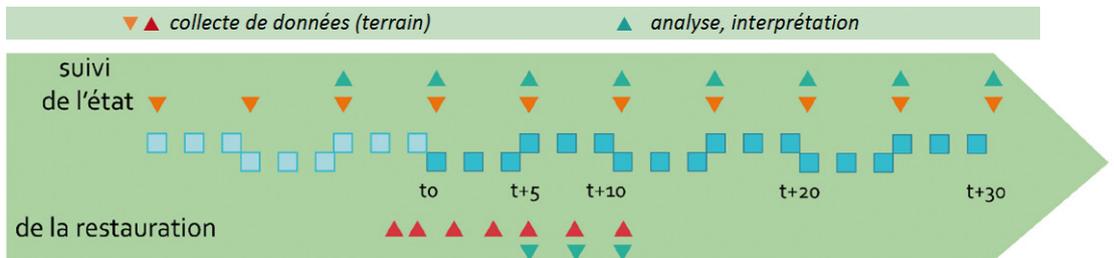


Figure 4 : intégration des campagnes de suivi de la restauration au suivi de l'état de la zone humide.

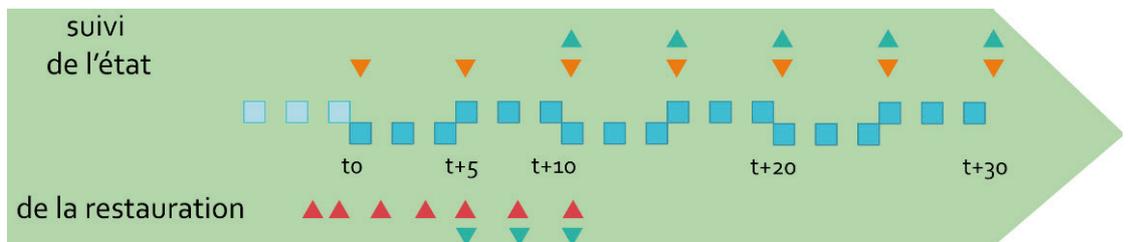


Figure 5 : mise en place conjointe de la double évaluation état et restauration de la zone humide.

PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES POUR L'UTILISATION DES INDICATEURS

Les sept indicateurs de la boîte à outils LigéO ont été passés en revue pour évaluer leur pertinence pour l'évaluation des effets de la restauration. Pour être pertinent, un indicateur doit :

- **Réagir dans un temps prévisible** (et relativement rapide) aux opérations de restauration. Certains compartiments du sol (sol tourbeux) ou de la végétation (boisements alluviaux) régagnent très lentement et ne sont donc pas pertinents pour l'évaluation à l'échelle de temps des gestionnaires et financeurs.
- **Répondre aux critères d'opérationnalité** (coûts / compétences) de la boîte à outils LigéO dans le cadre de l'adaptation des protocoles pour le suivi de restauration.

Les indicateurs Faune

Sensibles à la nature des écoulements, les indicateurs liés à la faune sont adaptés à la restauration des compartiments aquatiques des zones humides. Les espèces sont généralement très mobiles. Ces indicateurs sont particulièrement intéressants pour traduire, à l'échelle de la zone humide, l'effet du point de vue de la qualité des milieux et de l'amélioration de la biodiversité, des travaux qui contribuent à la diversification des habitats aquatiques. Pour ces indicateurs, l'adaptation méthodologique principale tient à l'augmentation de la fréquence des suivis.

Les indicateurs Flore

La mise en œuvre des indicateurs basés sur la flore ne nécessite qu'une adaptation mineure du protocole de collecte de données. La localisation des transects de placettes vise donc à traduire l'évolution de la zone d'impact potentielle et s'articule très facilement avec les transects de placettes utilisés pour l'évaluation de l'état global de la zone humide. Si la distance entre les placettes s'en trouvera généralement réduite, les préconisations de réalisation sont identiques (taille notamment).

L'indicateur Piézométrie

Pour caractériser les dynamiques de la nappe, cet indicateur est très pertinent pour le suivi des effets de la restauration. Le temps de réaction après travaux par le comblement de fossés drainants peut être très rapide (quelques heures) dans certains types de milieux (tourbière alcaline par exemple) en permettant le réajustement du toit de la nappe.

Le suivi de l'évolution de la nappe avant, pendant et après travaux est un paramètre de contrôle de la bonne mise en œuvre des opérations de restauration hydraulique. Toutefois, le coût de l'instrumentation pour bien prendre en compte l'effet spatial de la restauration, impose de s'interroger sur l'opérationnalité de l'indicateur et la stratégie d'échantillonnage.

En effet, il est nécessaire d'envisager non seulement une adaptation du protocole de collecte de données (P03), mais également de la méthode de traitement et d'analyse de l'information. Il s'agit, au-delà de l'analyse de l'évolution temporelle de la dynamique de la nappe, de prendre en compte les variations spatiales des effets de la restauration au sein de la zone humide dans son ensemble et de la zone d'impact potentiel.

L'indicateur Pédologie

Tout comme l'indicateur piézométrie, cet indicateur est déterminant pour le suivi des effets de la restauration sur un milieu humide. Toutefois, l'utilisation de cet indicateur ne peut pas être envisagée sans une connaissance préalable du type de sol en place. En effet, ce dernier détermine la vitesse de réaction du milieu à la restauration, et par conséquent le pas de temps de suivi à mettre en place sur la zone de travaux et/ou sur l'ensemble du site. Ainsi, une évolution de l'hydromorphie n'est observable que pour les HISTOSOLS et REDUCTISOLS, dont les traces sont « instables ». Pour les REDOXISOLS, une variation de la nappe au fil du temps ne changera pas la morphologie du sol (les sols rédoxiques qui ont été drainés depuis les années 80 le sont restés, sans modification apparente).

L'indicateur trophique

Tout comme l'indicateur piézométrie, l'indicateur trophique peut rendre compte d'effets rapides suite à des travaux (de quelques jours à quelques semaines) quand à la résilience ou à l'évolution des milieux aquatiques impactés.

À plus long terme, cet indicateur rend compte, avec des fréquences étendues de suivis, d'une évolution tendancielle qui pourra être rapprochée de celles observées sur les indicateurs pédologie et flore liés aux flux hydriques (niveaux de nappe et confinements). Ces observations permettent ainsi d'informer de l'évolution du site à une échelle plus large.

TABLEAU DE SYNTHÈSE



La question du gestionnaire	<p>Quelle est la trajectoire écologique du site que je gère ?</p> <p>Comment évolue-t-il ?</p>	<p>La restauration hydraulique que j'ai mise en œuvre a-t-elle été efficace ? Ai-je atteint mon objectif de restauration ?</p>		
La méthode d'évaluation (la variable d'intérêt)	<p>Les grandes fonctions des milieux humides : hydrologique, physico-chimique, biologique.</p>			
Indicateurs	<p>7 indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> I01 : niveau d'humidité du sol - pédagogie I02 : indice floristique d'engorgement I03 : dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres I06 : indice floristique de fertilité du sol I10 : intégrité du peuplement d'odonates I11 : intégrité du peuplement d'amphibiens I14 : indice trophique 			
Protocoles	<p>Ceux décrits dans la BAO LigéRO avec :</p> <hr/> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>1/ application sur la zone humide dans son ensemble</p> <p>2/ pression d'échantillonnage sur du long terme (5-10 ans)</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>1/application sur la zone d'impact potentielle</p> <p>2/ fréquence des passages et nombre de points de relevés augmentés (tous les 1 ou 2 ans)</p> </td> </tr> </table>		<p>1/ application sur la zone humide dans son ensemble</p> <p>2/ pression d'échantillonnage sur du long terme (5-10 ans)</p>	<p>1/application sur la zone d'impact potentielle</p> <p>2/ fréquence des passages et nombre de points de relevés augmentés (tous les 1 ou 2 ans)</p>
<p>1/ application sur la zone humide dans son ensemble</p> <p>2/ pression d'échantillonnage sur du long terme (5-10 ans)</p>	<p>1/application sur la zone d'impact potentielle</p> <p>2/ fréquence des passages et nombre de points de relevés augmentés (tous les 1 ou 2 ans)</p>			
Interprétation	<p>Analyse des tendances d'évolution entre deux notes indicatrices calculées</p>	<p>Analyse de la tendance d'évolution entre l'état initial et des états post travaux</p>		
Domaine d'application	<p>Suivi de l'état des zones humides, évaluation de l'impact d'une restauration sur la zone humide dans son ensemble, mise en contexte de l'effet d'une restauration</p>	<p>Évaluation de l'effet de la restauration</p>		



Cette boîte à outils permet :

- **le suivi de l'évolution des fonctionnalités** des milieux humides ;
- **le suivi de l'effet des travaux** (restauration, réhabilitation, réaffectation et création).

Les clés d'entrée permettent de répondre à la question « comment faire son choix entre les sept indicateurs proposés ? »

Elles présentent une série de tableaux et de graphiques permettant de déterminer l'indicateur le plus adapté à une situation selon :

- La question que l'on se pose au départ : **que suit-on : l'état, les fonctions, les travaux de restauration ?**
- **Sur quel type de milieux humides** : mares, marais, ripisylves, tourbières ?
- **Les compétences que l'on peut mobiliser** (hydrologie, pédologie, flore, faune) ?

Chaque indicateur présente trois fiches permettant sa mise en œuvre et son calcul :

- **La fiche indicateur** : répond à la question **qu'est-ce que je mesure avec cet indicateur ?**

Les fondements scientifiques (quel lien entre l'indicateur et le processus ?), le domaine d'application (toutes les zones humides, ou seulement certaines) et la bibliographie correspondante sont ainsi présentés.

- **La fiche protocole** : répond à la question **comment je mesure cet indicateur ?**

La méthode de mise en place, le matériel et les compétences nécessaires sont présentés à l'aide d'un exemple. Cette partie est complétée par les fiches de terrain compilées en annexe 1.

- **La fiche analyse et interprétation** : répond à la question **comment je calcule la valeur de cet indicateur et comment j'interprète les résultats ?**

Cette partie présente la méthode de calcul de l'indicateur sur la base des données brutes recueillies dans le cadre du protocole correspondant. Les clés d'interprétation de l'évolution de la valeur de l'indicateur sont également présentées ainsi que les résultats obtenus (moyennes, minimum, maximum) sur les sites tests du projet LigéO.

DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DE LA NAPPE PIÉZOMÈTRE

Domaine d'application : zones humides

Fonction / pression : hydrologique

Compétences : CEECE

Ceilt : CEECE

Description et principes de l'indicateur

Le fonctionnement hydrologique des zones humides peut être apprécié par la connaissance de la dynamique de la nappe d'eau dans le sol (DEJAN et BRADLEY 2006), qui est le résultat de l'interaction entre les apports et les sorties de la zone humide. Le premier des indicateurs hydrologiques de la zone humide est le piézomètre. L'indicateur caractérise la

distribution des valeurs annuelles de la nappe pour un point donné et long terme de la dynamique hydrologique.

Pour un suivi après restauration, le suivi piézométrique sera effectué à long terme. La suite débitera avec les travaux, pendant les travaux et pendant à minima sur l'année hydrologique suivante.

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR

Le niveau piézométrique caractérise la pression de l'eau dans le sol. L'indicateur mesure le niveau libre de l'eau dans un puits d'observation installé à un niveau de référence. Ce niveau est lié aux dynamiques de transport d'eau, d'empilement temporel et d'atténuation de l'état dans la phase de ruissellement de surface et d'écoulement souterrain du cycle de l'eau (BOUTIER 2004). Il correspond à un point du terme S et QS de l'équation du bilan hydrique :

$$P + S + R + E + D = QS$$

Avec :
 P : précipitations [mm]
 S : stocks de la période précédente (sauf au démarrage, humidité du sol, neige, glace) [mm]
 R : ruissellement de surface et écoulement souterrain [mm]
 E : évaporation (y compris évapotranspiration) [mm]
 D : stocks accumulés à la fin de la période [mm]

Ki, tous les niveaux d'eau sont mesurés relativement à la surface du sol et indiquent la profondeur de la nappe d'eau dans le sol. Il s'agit en effet de piézomètres à tranchée enterrée à la relation eau/vegetation puisque c'est dans les horizons superficiels du sol que se joue la disponibilité de l'eau pour la végétation. Dans la littérature, des torts de corrélation montrent les liens des niveaux de nappe avec la biomasse ou la composition floristique (BAULTOU et al., 1996).

La mesure des niveaux dans la partie superficielle du sol, reliée à 10 cm de profondeur, vise à évaluer les mesures dans des dispositifs au comportement hydrologique et plus homogène possible ou si situe la nappe libre.

La nappe d'eau du sol est en contact direct avec l'atmosphère. Les piézomètres sont donc soumis aux variations de la dynamique de la nappe en un point d'une zone humide peut nous renseigner sur son fonctionnement général, pour autant que l'on s'assure que le piézomètre permette de mesurer le niveau d'une nappe libre et non captive.

DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR

L'indicateur est utilisé principalement à la surface du sol au niveau du piézomètre. Il est applicable tant qu'il y a une nappe libre. Il est applicable dans les zones humides temporaires, voire permanentes. Toutefois, il n'est applicable qu'au point de mesure ou au type de fonctionnement général du site, notamment sur les sites de grande taille, qui est valable par rapport des perceptions d'évolution du piézomètre.

Periodicité : Les relevés des données peuvent être réalisés à minima annuellement (de préférence début octobre). Néanmoins, tous les 2 mois peut être envisagé pour la lecture dans les sites de mesure répartis. L'interprétation de l'évolution de la valeur indicative pourra être réalisée qu'au bout de 4 ou 5 années de suivi, selon le schéma de l'indicateur peut être effectué chaque année. En cas de travaux, les dates d'observations doivent être notées précisément et les travaux doivent avoir été réalisés sur la première partie de la période de suivi.

Application dans le cadre de suivi de travaux :

L'interprétation de l'évolution de la valeur indicative peut être réalisée à minima annuellement, voire tous les 2 mois, pour un suivi continu. L'indicateur est applicable dans les zones humides temporaires, voire permanentes. Toutefois, il n'est applicable qu'au point de mesure ou au type de fonctionnement général du site, notamment sur les sites de grande taille, qui est valable par rapport des perceptions d'évolution du piézomètre.

Termes du bilan de l'eau :

- Précipitations
- Débits entrants
- Evapotranspiration
- Débits sortants
- Stockage

Bibliographie :

BAULTOU, M. (2004) - La boîte à outils de suivi des zones humides. Fiche technique n°10 : le piézomètre. 10 pages + annexes. Publication de la Ligue pour la protection de la nature.

DEJAN, S., BRADLEY, P., LACRET, B., LAPORTE, P., MOUTOU, R. (2002) - Classification, caractérisation et monitoring des niveaux de la nappe piézométrique en zones humides. Revue de géographie alpine 74 (1) : 1-14.

DEJAN, S., BRADLEY, P., LACRET, B., LAPORTE, P., MOUTOU, R. (2002) - Classification, caractérisation et monitoring des niveaux de la nappe piézométrique en zones humides. Revue de géographie alpine 74 (1) : 1-14.

DEJAN, S., BRADLEY, P., LACRET, B., LAPORTE, P., MOUTOU, R. (2002) - Classification, caractérisation et monitoring des niveaux de la nappe piézométrique en zones humides. Revue de géographie alpine 74 (1) : 1-14.

DEJAN, S., BRADLEY, P., LACRET, B., LAPORTE, P., MOUTOU, R. (2002) - Classification, caractérisation et monitoring des niveaux de la nappe piézométrique en zones humides. Revue de géographie alpine 74 (1) : 1-14.

PÉDOLOGIE

Description et principes du protocole

Principes généraux :

- Le sol est échantillonné par tranche (jeu de 10 cm) et par horizon (jeu de 10 cm) à 100 points (minimum) par tranche.
- Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects (minimum 10 points par tranche).
- Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects (minimum 10 points par tranche).
- Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects (minimum 10 points par tranche).
- Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects (minimum 10 points par tranche).

Méthode de mise en place

Stratégie d'échantillonnage :

Le plan d'échantillonnage doit être conçu pour couvrir le gradient hydrologique de la zone humide, vers les secteurs les plus humides ou la saturation en eau est la plus forte. Pour cela, il s'agit de positionner au moins deux transects qui partent du bord en direction du centre de la zone humide. Si la zone humide a une forme quasi-circulaire, ou du moins compacte, un seul transect peut être réalisé. Dans le cas contraire, il est recommandé de réaliser plusieurs transects (figure 1).

Méthode de mise en place (suite)

Dans tous les cas, il est intéressant de choisir des transects orientés aux niveaux Nord-Sud, Nord-Ouest ou Nord-Est (selon la configuration du terrain, l'orientation du sol ou les contraintes de terrain). L'usage d'une truelle ne permet pas d'évaluer la structure du sol dans la totalité car celle-ci reste le sol. Certains descripteurs ne peuvent être réalisés que dans les horizons les plus humides (M et de turbidité). On peut dans ce cas utiliser une table ou faire une fosse pédologique mais compte tenu des temps nécessaires à la réalisation, la fosse n'est pas recommandée. Une photographie permettant la localisation du point de sondage ainsi qu'une photographie du profil mensuel dans la goulotte sont systématiquement effectuées.

Préparation des prélèvements :

Pour une méthode optimale, il est recommandé de réaliser les prélèvements à la surface (généralisation de données de terrain). Pour conserver une bonne précision avec cette méthode, il est nécessaire de mesurer directement dans le jeu de la truelle (méthode de sondage à la truelle). Il est également possible de réaliser les prélèvements à la truelle (table adaptée en tourbillon). Pour éviter la contamination, l'usage d'une truelle ne permet pas d'évaluer la structure du sol dans la totalité car celle-ci reste le sol. Certains descripteurs ne peuvent être réalisés que dans les horizons les plus humides (M et de turbidité). On peut dans ce cas utiliser une table ou faire une fosse pédologique mais compte tenu des temps nécessaires à la réalisation, la fosse n'est pas recommandée. Une photographie permettant la localisation du point de sondage ainsi qu'une photographie du profil mensuel dans la goulotte sont systématiquement effectuées.

Délimitation et caractérisation des horizons :

Une fois les prélèvements réalisés, l'échantillon de sol est placé en horizons, c'est-à-dire en couches homogènes, pour être décrit dans la fiche de terrain. L'échantillon de sol prélevé est photographié avec une résolution permettant l'observation des traits d'hydro-morphologie pour mémoire.

Les descripteurs à renseigner sur la fiche terrain Ligéro sont :

- La profondeur : il est possible de noter que la profondeur maximale de chaque horizon (du profil mensuel) est notée sur la surface du sol, soit la profondeur maximale de l'horizon supérieur). Pour les relevés à la truelle (table adaptée en tourbillon), les relevés sont mesurés sur le matériel prélevé et disposé au sol.

INDICE FLORISTIQUE DE FERTILITÉ DU SOL

Description et principes

L'indice de fertilité de la zone est calculé par plusieurs valeurs et graphiques complémentaires permettant de décrire l'évolution et de conserver l'expression de la variabilité du site.

Méthode de calcul

Pour le suivi d'un site dans le temps, il faut au préalable s'assurer que les calculs sont effectués sur les mêmes espèces de plantes.

Pour les sites présentant des compartiments aquatiques, il est préconisé d'évaluer séparément ceux-ci des compartiments terrestres ou amphibies.

A l'échelle de la placette, la valeur diagnostique est calculée selon la procédure expliquée dans la fiche "Indicateur".

A l'échelle de site, deux paramètres sont évalués :

- la tendance globale calculée par la méthode des valeurs diagnostiques des placettes ;
- la variabilité, sous la forme d'un histogramme des valeurs diagnostiques des placettes (figure 1 et 2).

On compte le nombre de placettes ayant une valeur diagnostique comprise entre la borne inférieure et supérieure d'une classe. Dans l'exemple 1 (figure 1) la Placette de Vigne (S02) présente un indice de fertilité compris entre 5,5 et 5,99. Dans le cas suivant (figure 2), le tourbillon de Bourdeux (P02-D06) montre un indice de fertilité de 3,45 avec 13 placettes ayant une valeur de fertilité comprise entre 2 et 3,99.

Si la distribution des valeurs diagnostiques des placettes est symétrique ou au moins centrée au milieu (médiante) peut être très utile.

Dans le cas contraire, l'évaluation basée sur l'inspection des histogrammes et le calcul d'un indice d'évolution est préférable.

Clés d'interprétation de la note indicative

La valeur diagnostique de fertilité est corrélée positivement avec la disponibilité en nutriments (azote et phosphore). La gamme de variabilité de 3 à 9 (sur 10) indique un tourbillon à 9 (sur 10) sites riches. En pratique, les valeurs moyennes pour les sites humides varient de 2,10 (tourbillon) à 7,10 (tourbillon) et les valeurs de 3,45 (tourbillon) et 5,99 (tourbillon).

A l'échelle des sites, les relevés sont effectués sur le terrain de la zone humide en 2017 sur le bassin de la Loire. Les relevés sont effectués sur le terrain de la zone humide en 2017 sur le bassin de la Loire. Les relevés sont effectués sur le terrain de la zone humide en 2017 sur le bassin de la Loire.

La significativité de l'écart observé entre deux dates peut être analysée de trois manières (ADE de la boîte à outils (Roulet)) :

- en comparant l'écart observé avec l'erreur moyenne à l'échelle d'un site (à 5% de mesure) en calculant les valeurs moyennes des diagnostics (moyenne des erreurs d'observations) ;
- en calculant l'écart observé avec l'erreur moyenne à l'échelle d'un site (à 5% de mesure) en calculant les valeurs moyennes des diagnostics (moyenne des erreurs d'observations) ;
- en calculant l'écart observé avec l'erreur moyenne à l'échelle d'un site (à 5% de mesure) en calculant les valeurs moyennes des diagnostics (moyenne des erreurs d'observations) ;

LES CLÉS D'ENTRÉE



TABLEAU DE SYNTHÈSE



Les clés d'entrée servent à la détermination du ou des indicateur(s) le/les plus adaptés à une situation. Trois déterminants rentrent en compte :



- Quel est l'objectif de la mise en place du suivi ? : Suivi de l'état ? Des fonctions ? Suivi de travaux ?



- Quel type de milieu humide est suivi : un marais, une zone humide de tête de bassin, une zone humide ponctuelle...

- Quelles sont les compétences mobilisables (hydrologie, pédologie, flore, faune) ?

N° et noms des Fiches Indicateurs	Milieux								
	2	3	5	6	7.a	7.b	9	10	11
I01 : niveau d'humidité du sol - pédologie									
I02 : indice floristique d'engorgement									
I03 : dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres									
I06 : indice floristique de fertilité du sol									
I10 : intégrité du peuplement d'odonates									
I11 : intégrité du peuplement d'amphibiens									
I14 : indicateur trophique									

 milieux non valides

Numérotation des milieux de référence

N° 2 baie et estuaire moyen plat
 N° 3 marais et lagune côtiers
 N° 5 bordure de cours d'eau
 N° 6 plaine alluviale (inondable)

N° 7 zone humide de bas-fonds en tête de bassin versant
 7.a >450m
 7.b <450m
 N° 9 bordure de plan d'eau (lac)

N° 10 marais et lande humide de plaine et de plateau
 N° 11 zone humide ponctuelle

Les indicateurs I01 à I11 sont issus de la BAOZH RhoMéo et du Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration (2017).

L'indicateur I14 est proposé par le FMA et l'UNIMA.

Légende compétences

1 symbole : généraliste
2 symboles : qualifié
3 symboles : spécialiste



Flora



Fauna



État trophique



Piezométrie



Pédologie

Fonctions			Coûts / Compétences			
hydrologiques	biogéochimiques	biologique	Coûts		Acquisition des données	Analyse des données
			N0	N1		
			€€	€€		
			€€	€€		
			€€€€	€		
			€€	€€		
			€	€€€		
			€€	€€		
			€€€€	€€€		

N0 : coûts matériels la première année :

€ : moins de 300 € / an / site
 €€ : entre 300 et 500 € / an / site
 €€€ : entre 500 et 1000 € / an / site
 €€€€ : entre 1000 € et 2000 € / an / site

N1 : coûts annuels (temps et analyses) :

€ : autour de 500 € / an / site
 €€ : autour de 1000 € / an / site
 €€€ : autour de 2000 € / an / site



LES MILIEUX HUMIDES CONCERNÉS

N° milieu	SDAGE Type 1 = descriptif du milieu	I01	I02	I03	I06	I10	I11	I14
N° 2	baie et estuaire moyen plat							
N° 3	marais et lagune côtiers							
N° 5	bordure de cours d'eau							
N° 6	plaine alluviale (inondable)							
N° 7	7a : zone humide de bas-fonds en tête de bassin versant > 450m							
	7b : zone humide de bas-fonds en tête de bassin versant < 450m							
N° 9	bordure de plan d'eau (lac)							
N° 10	marais et lande humide de plaine et de plateau							
N° 11	zone humide ponctuelle							

Numéro des fiches indicateurs applicables sur les milieux de types SDAGE et sous-type LigéO.

() : applicable sous certaines conditions

LES CLÉS D'ENTRÉE

LES FONCTIONS

Les indicateurs mettent en évidence des fonctions différentes :
le numéro des indicateurs correspondants est précisé ci-dessous.

Types de fonctions



HYDROLOGIE

I01
I02
I03
I14



BIOGÉOCHIMIE

I06
I14



BIOLOGIE

I10
I11
I14

LES CLÉS D'ENTRÉE

LES COMPÉTENCES

Les indicateurs présentés nécessitent des compétences diverses (en colonnes) et des niveaux d'expertises variés (généraliste, qualifié, spécialiste).

Compétences nécessaires pour le recueil de données

NIVEAU DE COMPÉTENCE	Pièzométrie	Pédologie	Flore	Faune	État trophique
1 - Généraliste	I03	I01			I14
2 - Qualifié				I10 ; I11	
3 - Spécialiste			I02 ; I06		

Compétences nécessaires pour le calcul de l'indicateur

NIVEAU DE COMPÉTENCE	Pièzométrie	Pédologie	Flore	Faune	État trophique
1 - Généraliste					
2 - Qualifié	I03	I01	I02 ; I06	I11	
3 - Spécialiste				I10	I14

1 - Généraliste : personne ayant les compétences théoriques mais sans beaucoup d'expérience pratique et de mise en application ;

2 - Qualifié : personne ayant une expérience de terrain ou d'analyse mais non spécifique sur le thème ;

3 - Spécialiste : personne ayant une expérience de terrain ou d'analyse spécifique sur le thème.

LA CALCULETTE

Un outil d'aide au calcul a été mis en place : la Calcullette LigéO.

Cet outil est une adaptation de la Calcullette RhoMéo mis en ligne en février 2017 par CEN Rhône-Alpes accompagné de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et de la Région Auvergne-Rhône-Alpes.

Le calcullette LigéO est constituée d'un logiciel téléchargeable libre de droits permettant de réaliser, sur la base des protocoles rassemblés dans la boîte à outils de suivi des milieux humides, le calcul de 6 des 7 indicateurs qu'elle contient.

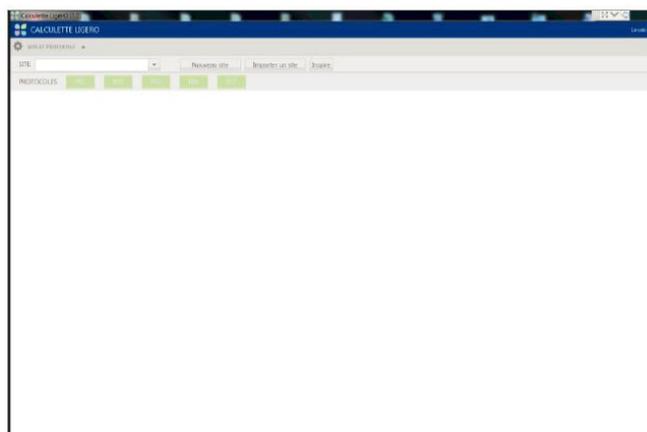
Vous pouvez la trouver sur le site www.ligero-zh.org.



Télécharger le dossier et prenez connaissance du fichier en téléchargement avant toute installation de la Calcullette.

Vous devriez accéder à l'écran ci-dessous.

Le lien pour télécharger la calcullette : <http://ressources.ligero-zh.org/telechargement>



PRÉALABLE À L'UTILISATION DES FICHES

En haut de chaque fiche un bandeau permet d'identifier le type de fiche et le renvoi aux fiches liées.

numéro de la fiche

renvoi vers les fiches correspondantes :

I : Indicateur

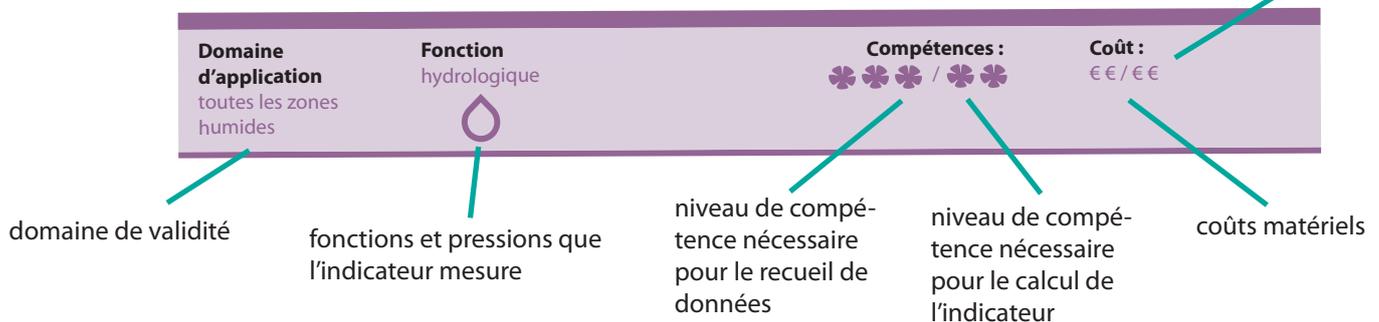
P : Protocole

A : Analyse et Interprétation



Sur chaque fiche indicateur, le bandeau contient également des informations sur :

coûts annuels (temps et analyses)



Le protocole Flore est utilisé pour plusieurs indicateurs, le schéma ci-dessous montre les liens entre les fiches protocoles et indicateurs correspondants.

Numéro de page			Numéro de page			Numéro de page	
Indicateur			Protocole			Analyse / Interprétation	
I01	26	—	P01	40	—	A01	68
I02	28	—	P02	44	—	A02	72
I06	32	—			A06	80	
I03	30	—	P03	48	—	A03	76
I10	34	—	P06	54	—	A10	84
I11	36	—	P07	60	—	A11	90
I14	38	—	P10	64	—	A14	94

NIVEAU D'HUMIDITÉ DU SOL - PÉDOLOGIE



Domaine d'application
toutes les zones humides

Fonction / pression
hydrologique



Compétences :
T / T / T

Coût :
€ € / € €

Description et principes de l'indicateur

L'indicateur définit un niveau d'humidité du sol de la zone humide, en attribuant aux sols une note basée sur le type, l'importance et la profondeur des traits d'hydromorphie observés sur chacun de leurs horizons. Les différents types de sols hy-

dromorphes sont définis par les critères de l'arrêté de délimitation des zones humides du 1^{er} octobre 2009 (classes d'hydromorphie - GEPPA - Figure 1).

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021309378>



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR

Il ne faut pas confondre l'hydromorphie du sol et son engorgement en eau (BAIZE & JABIOL, 1995). En effet, il existe des situations pédologiques où il y a engorgement sans hydromorphie (eau très circulante, absence de fer disponible ou engorgement éphémère) ou hydromorphie sans engorgement (traces d'oxydation fossiles). Toutefois, ces situations, qui ne représentent pas le cas général mais qu'il faut avoir à l'esprit pour l'analyse de la valeur indicatrice, ne remettent pas en cause l'intérêt de la recherche des traits d'hydromorphie. Le processus de formation ou d'évolution des sols hydromorphes correspond à une situation de saturation en eau corrélée au fonctionnement de la zone humide.

Le caractère hydromorphe du sol se traduit par une accumulation de matières organiques et/ou par des phénomènes d'oxydo-réduction du fer (VIZIER, 2009). Les conditions d'anaérobiose empêchent l'oxydation (dégradation) de la matière organique qui s'accumule et forme un horizon organique plus ou moins développé à la surface du sol. Cet horizon organique surmonte des horizons minéraux où l'on peut observer des phénomènes de redistribution ou d'accumulation du fer. On distingue deux grandes catégories de sols de zones humides (AFES, 2009).

Les sols organiques

L'hydromorphie est totale et permanente pour l'ensemble du profil du sol (bilan de l'eau excédentaire ou neutre). Ces sols organiques se rencontrent surtout dans les dépressions humides au dessus d'horizons minéraux peu filtrants (plancher argileux).

Les histosols (H)

Selon l'épaisseur de matière organique accumulée, ils forment les zones humides para-tourbeuses (< 0,5 m d'épaisseur) et les tourbières (> à 0,5 m). Pour qu'un horizon soit considéré comme histique, son taux de matière organique doit dépasser 50%. Suivant leur niveau de décomposition (taille des fibres) et leur faciès (structure et texture), les horizons qui composent l'histosol peuvent être différenciés en horizons fibriques (Hf), mésiques (Hm), sapriques (Hs), mais également labourés (LH) ou asséchés (Ha).

Les sols minéraux hydromorphes

Il s'agit de sols où l'eau est présente une partie de l'année, sans que les conditions de température ou de saturation en eau ne permettent la turfigénèse. En surface, ils sont souvent surmontés de dépôts de débris végétaux peu décomposés (feuilles, tiges, inflorescences...) qui forment un horizon organique de couleur noire (O). L'épaisseur de cet horizon dépend de l'importance du couvert végétal qui fournit la matière organique, de la durée de l'inondation ou de la saturation et des conditions climatiques. Les traits d'hydromorphie des sols fonctionnels débutent toujours à moins de 50 cm de la surface et se prolongent ou s'intensifient en profondeur. Suivant la fréquence de saturation en eau, on distingue :

Les sols rédoxiques (g)

Ils sont le fruit de l'alternance des processus de réduction / mobilisation du fer pendant les périodes de saturation en eau et des processus d'oxydation / immobilisation du fer pendant les périodes de

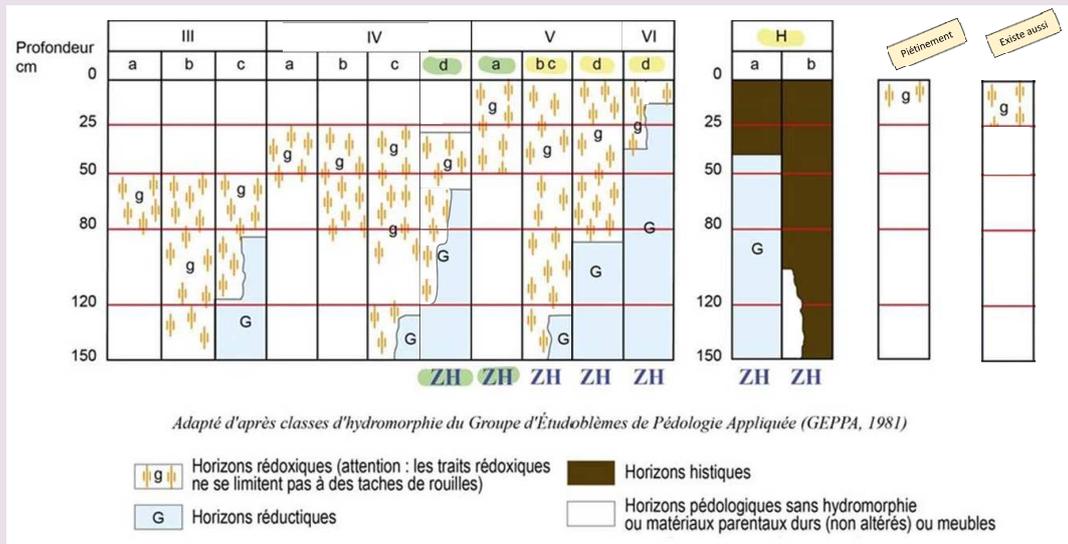
FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (suite)

non-saturation. Ils correspondent donc à des périodes de saturation temporaire. Ils se caractérisent par la présence de taches de couleur rouille concentrant le fer oxydé (de 1 à plus de 15 mm occupant plus de 5 % de la surface de l'horizon) et de traînées claires appauvries en fer. Certains sols pauvres en fer ou acides, peuvent ne pas posséder, dans leur globalité ou sur un horizon donné, de traces de rouille d'oxydation et ne présenter qu'une coloration globale grise ou blanche. On appelle cet horizon g « albique ». Pour le cas des sols dénués de taches de rouille, ce sont les PODZOSOLS ou certains FLUVIOSOLS sableux fréquemment rencontrés sur le bassin de la Loire.

Les sols réductiques (G)

Les processus de réduction du fer dominant en raison de la saturation en eau désoxygénée permanente ou quasi-permanente du sol. La répartition du fer est plutôt homogène, ce qui se traduit par une couleur bleuâtre à verdâtre très uniforme (Gr). Si la saturation n'est pas permanente (Go), lors des périodes de dessèchement la ré-oxydation provoque l'apparition de taches de rouille qui disparaissent lorsque le sol est de nouveau saturé. En condition de sol acide (pH < 5), le fer du sol peut être solubilisé et exporté, occasionnant un horizon réductique décoloré (absence de nuance bleuâtre), autrefois nommés « gley blanc ».

Figure 1 - Classe d'hydromorphie des sols d'après GEPPA 1981 (adapté par Denis BAIZE et Christophe DUCOMMUN en 2015 puis revu par C. DUCOMMUN en 2017).



DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR

L'indicateur est applicable à tous les types de zones humides qui présentent les critères pédologiques de l'arrêté de délimitation de 2009. Ponctuellement, des relevés peuvent ne présenter aucun faciès hydromorphe dans la partie superficielle du sol (nappe profonde). Toutefois, la stratégie d'échantillonnage (BAIZE & JABIOL, 1995), qui vise à traduire le gradient d'hydromorphie de la zone humide, et la méthode d'agrégation des points de relevés à l'échelle du site ou de la zone d'influence des travaux permettent de calculer l'indicateur dans toutes les situations.

Périodicité

Une campagne de mesures tous les 5 ans est recommandée dans le cadre d'un suivi des fonctionnalités

à l'échelle d'un site. Il est possible d'espacer le temps entre les campagnes de mesures si aucune modification des modalités de gestion du site (végétation et écoulements) n'a eu lieu dans les 5 ans. Toutefois, les délais entre deux campagnes ne peuvent excéder 10 ans. Dans le cadre d'un suivi de travaux visant à augmenter le niveau de saturation en eau des sols minéraux, la périodicité sera réduite à 1 voire 2 ans. À noter : une évolution de l'hydromorphie n'est observable que pour les HISTOSOLS et REDUCTISOLS, dont les traces sont « instables ». Pour les REDOXISOLS, une variation de la nappe au fil du temps ne changera pas la morphologie du sol (les sols rédoxyques qui ont été drainés depuis les années 80 le sont restés, sans modification apparente).

Bibliographie

Arrêté du 1^{er} octobre 2009 - critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement.

AFES, 2009 - Référentiel pédologique, BAIZE D. & GIRARD M.C. cor. éd. Quae.

BAIZE D. & JABIOL B., 1995. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

BAIZE D. & C. DUCOMMUN C., 2014. Reconnaître les zones humides, Difficultés d'application des textes réglementaires, in : étude et gestion des sols, AFES, http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/egs_21_1_2107_baize_ducommun_85_102.pdf

VIZIER J.F., 2009. Éléments pour l'établissement d'un référentiel pour les solums hydromorphes, in : Référentiel pédologique, 2008 - AFES, D. Baize & M. C. Girard cor., éd. Quae, 2009.

INDICE FLORISTIQUE D'ENGORGEMENT



Domaine d'application

toutes les zones humides

Fonction

hydrologique



Compétences :



Coût :

€/€/€€

Description et principes de l'indicateur

La présence d'une nappe d'eau dans le sol constitue une contrainte pour les végétaux, contrainte à laquelle les espèces sont plus ou moins tolérantes ou adaptées. Il est donc possible d'évaluer de manière simplifiée, sur une échelle ordinale, l'optimum de chaque espèce vis-à-vis du niveau moyen de la nappe : c'est sa valeur indicatrice. Les végétaux

peuvent donc être utilisés pour évaluer le niveau de la nappe à travers un indice, que nous appellerons indice de niveau d'engorgement. Celui-ci est calculé comme la moyenne des valeurs indicatrices des espèces présentes à l'échelle d'une placette, puis comme la médiane des valeurs des placettes à l'échelle de la zone humide.

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR

Beaucoup d'espèces végétales présentent une courbe de croissance en fonction du niveau moyen (annuel ou estival) de la nappe de type symétrique, unimodale ou, plus rarement, monotonique, compatible avec la définition d'une valeur optimale de développement (OKLAND, 1990 ; ELLENBERG, 1974). Cette optimum est appelé valeur indicatrice de l'espèce pour le niveau de nappe.

Des valeurs indicatrices sont disponibles pour certains pays ou ensembles biogéographiques : ELLENBERG *et al.*, 1992 pour l'Europe centrale, LANDOLT *et al.*, 2010 pour la Suisse, HILL *et al.*, 2000 pour la Grande-Bretagne.

Pour le bassin Loire-Bretagne, la valeur indicatrice de l'espèce correspond aux données de Baseflor (travaux d'ELLENBERG adaptés pour le France métropolitaine par Julve) et aux données de la base RhoMÉO reprenant les valeurs et codes présentés dans la base de données *Flora Indicativa* de LANDOLT E. *et al.*, 2010. Cette valeur est arrondie à l'entier. La valeur indicatrice s'échelonne ainsi sur une gamme allant de 1 à 10 (espèces des milieux les plus secs vers les milieux les plus humides) à l'échelle du bassin (tableau 1).

Pour une placette donnée, nous calculons l'indice floristique d'engorgement H_e , qui correspond à la moyenne des valeurs indicatrices présentes, pondérées par le recouvrement des espèces sur

la placette, considérant que le recouvrement d'une espèce témoigne de sa vitalité.

$$H_e = \frac{\sum (rij * xi)}{\sum (rij)}$$

rij est l'abondance (ou recouvrement) de l'espèce i dans le relevé j

xi est la valeur indicatrice de l'espèce i

Il varie pour les habitats de zones humides, de 25 (habitats mésophiles) à 9 (habitats subaquatiques).

Cet indice peut également être calculé sans utiliser le recouvrement des espèces ; les valeurs obtenues sont alors plus ou moins différentes mais utilisables comme indicateurs de suivi (cf. fiche A02).

La bibliographie montre que l'ensemble des espèces présentes sur une placette (si les conditions écologiques sont à peu près homogènes) donne des indications sur l'engorgement plus précises qu'une ou quelques espèces (BRAUN-BLANQUET & JENNY, 1926, DIEKMANN, 2003).

La corrélation entre ces valeurs indicatrices moyennes et le niveau moyen de la nappe est très bien démontrée (PAUTOU, 1970 ; SHAFFERS & SIKORA, 2000 ; WITTE & VON ASMUTH, 2003 ; DIEKMANN, 2003). Les effets du drainage (TER BRAAK & WIERTZ, 1994) ou de la ré-hydratation (OOMES *et al.*, 1996) ont ainsi été suivis avec ce type d'indicateur.

DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR



L'indicateur est applicable à quasiment tous les types de zones humides, hormis certains milieux où l'engorgement des sols est trop fugace (mares temporaires) ou vraiment trop profond (milieux alluviaux fortement perturbés du point de vue des hauteurs de nappe). Dans ces cas, l'indicateur peut être calculé, mais en complément d'autres plus spécifiques.

Périodicité

Une périodicité des suivis de 5 ans semble raisonnable au vu des pratiques des réseaux d'observations plus ou moins semblables et déjà existants et de la vitesse d'évolution des milieux, notamment ouverts.

Dans le cadre de suivi de travaux, la périodicité préconisée est biannuelle et, si possible, poursuivie jusqu'à 10 ans. R+7 et R+10 permettant de confirmer la tendance. Il est préconisé de faire un état initial, avec 1 à 2 campagnes avant travaux.

Tableau 1 : correspondances des valeurs indicatrices pour l'humidité édaphique (CBNBP)

Valeur transformée pour LigéRO	Valeur brute BASEFLOR	Signification BASEFLOR 2014	Valeur brute FLORA INDICATIVA	Signification FLORA INDICATIVA 2010
1	1	hyperxérophiles (sclérophylles, ligneuses microphylles, révisiscentes)	1	des milieux très secs
2	2	perxérophiles (caulocrassulescentes subaphylles, coussinets)	1,5	des milieux secs
3	3	xérophiles (velues, aiguillonnées, cuticule épaisse)	2	des milieux assez secs
4	4	mésoxérophiles	2,5	des milieux frais
5	5	mésohydriques	3	des milieux assez humides
6	6	mésohygrophiles	3,5	des milieux humides
7	7	hygrophiles (courtement inondables, en semaines)	4	des milieux très humides
8	8	hydrophiles (longuement inondables, en mois)	4,5	des milieux inondés une partie de l'année
9	9	amphibies saisonnières (hélophytes exondés une partie minoritaire de l'année)	5	milieux inondés (dont submergés)
10	10	amphibies permanentes (hélophytes semi-émergés à base toujours noyée)	5u	pour les plantes à organes submergés hors fleurs et fruits
10	11	aquatiques superficielles (0-50cm)	5v	pour les plantes à feuilles flottant à la surface de l'eau
10	12	aquatiques profondes (1-3m)		

Bibliographie

BOCK B & al., 2014. Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine Ministère de l'Écologie / MNHN / FCBN / Tela Botanica. Tela Botanica. Version 2.01. Aussi dénommé Baseflor dans ce document, téléchargeable sur <http://www.tela-botanica.org/projets/1/telechargement/20503>

BRAUN-BLANQUET J. & JENNY H., 1926. Vegetation-entwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralpen (Klimaxgebiet des Caricion curvulae). Denkschr. d. Schweiz Naturf. Ges., LWIII, Abt. 2

DIEKMANN M., 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review. *Basic and Applied Ecology* 4 : 493-506.

ELLENBERG H., 1974. Zeigerwerte des Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9 : 1-97.

ELLENBERG H., WEBER H., DULL R., WIRTH H., WERNER W. & PAULISSEN D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Ed 3. *Scripta Geobotanica* 18 : 1-258.

HILL M. O., MOUNTFORD J.O., ROY D.B., BUNCE R.G.H 1999. Ellenberg's indicator values for British plants. *ECOFAC* Vol.2, 46p.

LANDOLT E. et al., 2010. Flora indicativa. CJB Genève, Haupt, Berne, 376p.

OKLAND R. H., 1990. *Vegetation ecology : theory, methods and application with reference to Fennoscandia*. *Sommerfeltia* Suppl. 1 : 1-233.

OOMES M.J.M, OLFF H. & ALTENA H. J., 1996. Effect of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamic and vegetation change in a wet grassland. *Journal of Applied Ecology* 33 : 576-588.

PAUTOU G., 1970. Écologie des formations riveraines de la Basse Isère. Application à l'étude d'une nappe phréatique et de ses risques de pollution. *Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes VIII* : 73-114.

SCHAFFERS A. P. & SYKORA K. V., 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction : a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11 : 225-244.

TER BRAAK C.J.F. & WIERTZ J., 1994. On the statistical analysis of vegetation change : a wetland affected by water extraction and soil acidification. *Journal of Vegetation Science* 5 : 361-372.

WITTE J. P. M., & VON ASMUTH J. R., 2003. Do we really need phytosociological classes to calibrate Ellenberg indicator values ? *Journal of Vegetation Science* 14 : 615-618.

DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DE LA NAPPE PIÉZOMÈTRE



Domaine d'application

toutes les zones humides

Fonction

hydrologique



Compétences :



Coût :

€€€€ / €

Description et principes de l'indicateur

Le fonctionnement hydrologique des zones humides peut être approché par la connaissance de la dynamique de la nappe d'eau dans le sol (GILVEAR et BRADLEY, 2000), qui est la résultante de la différence entre les entrées et les sorties d'eau (bilan hydrique) à l'échelle du site. Cette dynamique détermine la présence des espèces hygrophiles et des sols hydromorphes. L'indicateur caractérise la

distribution des valeurs annuelles de la nappe pour un suivi à moyen et long terme de la dynamique hydrologique.

Pour un suivi après restauration, le suivi piézométrique peut se faire à court terme. Le suivi débutera avant les travaux, pendant les travaux et perdurera à minima sur l'année hydrologique suivante.



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR



Le niveau piézométrique caractérise la pression de la nappe en un point donné ; autrement dit, c'est le niveau libre de l'eau dans un puits d'observation rapporté à un niveau de référence. Ce niveau est lié aux dynamiques de transport d'eau, d'emménagement temporaire et parfois de changement d'état dans la phase de ruissellement de surface et d'écoulement souterrain du cycle de l'eau (MUSY 2004). Il correspond à une part du terme S et DS de l'équation du bilan hydrique :

$$P + S = R + E + (S + DS)$$

Avec :

P : précipitations [mm],

S : stocks de la période précédente (eaux souterraines, humidité du sol, neige, glace) [mm],

R : ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

E : évaporation (y compris évapotranspiration) [mm],

S + DS : stocks accumulés à la fin de la période [mm].

Ici, tous les niveaux d'eau sont mesurés relativement à la surface du sol et indiquent la profondeur de la nappe d'eau dans le sol. Il s'agit en effet de s'intéresser à travers cet indicateur à la relation eau/sol/végétation puisque c'est dans les horizons superficiels du sol que se joue la disponibilité

de l'eau pour la végétation. Dans la littérature, des tests de corrélation montrent les liens des niveaux de nappe avec la biomasse ou la composition floristique (PAUTOU *et al.*, 1996).

La mesure des niveaux dans la partie superficielle du sol, inférieure à 1,5 m de profondeur, vise à réaliser des mesures dans des dépôts au comportement hydraulique le plus homogène possible où se situe la nappe libre.

La nappe d'eau du sol étant continue dans l'espace, les piézomètres sont dépendants les uns des autres (GENTIL *et al.*, 1983). En conséquence, enregistrer la dynamique de la nappe en un point d'une zone humide peut nous renseigner sur son fonctionnement général, pour autant que l'on s'assure que le piézomètre permette de mesurer le niveau d'une nappe libre et non captive.

DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR

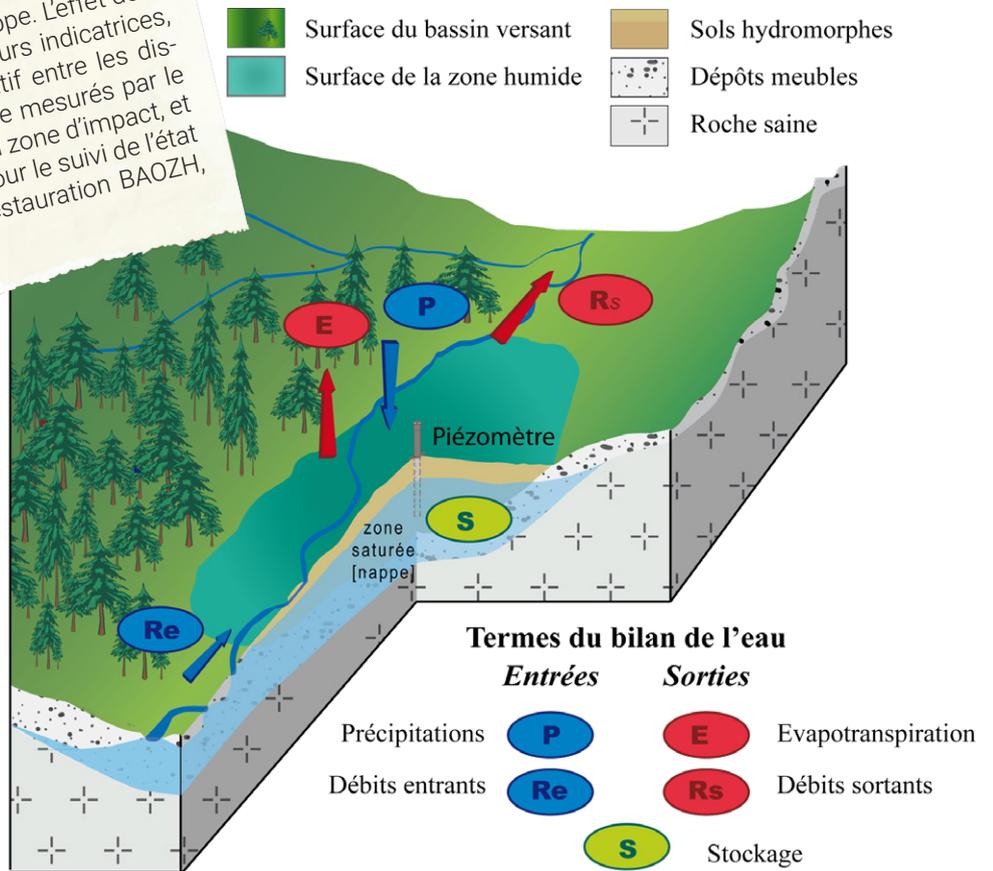
L'indicateur étant calculé relativement à la surface du sol au niveau du piézomètre, il est applicable tant pour les sites à nappe superficielle que pour les sites à submersion temporaire, voire permanente. Toutefois, la représentativité du point de mesure vis-à-vis du fonctionnement général du site, notamment sur les sites de grande taille, doit être validée par le respect des prescriptions d'installation du protocole.

Périodicité

Les relevés des données peuvent être réalisés a minima annuellement (de préférence début octobre), idéalement tous les 3 mois pour s'assurer qu'aucune lacune dans les séries de mesures n'empêche le calcul de l'indicateur. L'interprétation de l'évolution de la valeur indicatrice ne pourra être réalisée qu'au bout de 4 ou 5 années de suivi, mais le calcul de l'indicateur peut être effectué chaque année. En cas de travaux, les dates d'interventions devront être notées précisément et les travaux devront avoir été réalisées sur la première partie de la période de calcul.

Application dans le cadre de suivi de travaux

L'interprétation de l'évolution de la valeur indicatrice, peut être réalisée plus rapidement que lors d'un suivi habituel. En effet, « le comblement ou l'obturation de fossé dans ce type de milieu se traduit relativement du toit de la nappe. L'effet de la restauration se traduit sur les valeurs indicatrices, par une diminution de l'écart relatif entre les distributions des niveaux de la nappe mesurés par les piézomètres situés dans la zone d'impact, et celui situé hors zone d'impact pour le suivi de l'état de la zone humide. » (Guide restauration BAOZH, 2017).



Bibliographie

Collectif RhoMéo, 2014 - La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. www.rhomeo-bao.fr - Conservatoire d'espaces naturels de Savoie. 147 pages + annexes. Publication février 2014 / Version 1

GENTIL S., KOSMELJ K., LACHET B., LAPORTE P. & PAUTOU G, 1983. Classification statistique et modélisation des niveaux de la nappe phréatique près de Brégner-Cordon, en relation avec les apports en eau et la température. In : Revue de géographie alpine. Tome 71 N°4 : 353-362.

GILVEAR D.J. & BRADLEY C., 2000. Hydrological monitoring and surveillance for wetland conservation and management; a UK perspective, Physics and

Chemistry of the Earth, Part B : Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 25, Issues 7-8 : 571-588.

MUSY A. & HIGY A., 2004. Hydrologie : une science de la nature, Science & ingénierie de l'environnement, Collection Gérer l'environnement, volume 21 - PPUR presses polytechniques, 314 p.

PAUTOU G., GIREL J., PEIRY J.-L., HUGHES F., RICHARDS K., FOUSSADIER R., GARGUET-DUPOÛT B., HARRIS T. & BARSOUM N., 1996. Les changements de végétation dans les hydrosystèmes fluviaux. L'exemple du Haut-Rhône et de l'Isère dans le Grésivaudan - Revue d'écologie alpine 3 41- 66.

INDICE FLORISTIQUE DE FERTILITÉ DU SOL



Domaine d'application
toutes les zones humides

Fonction
biogéochimique



Compétences :
✿✿✿ / ✿✿✿

Coût :
€€ / €€

Description et principes de l'indicateur

La quantité des nutriments (principalement azote et phosphore) disponibles dans le sol est un facteur important auquel les espèces sont plus ou moins tolérantes ou adaptées. Il est donc possible d'évaluer de manière simplifiée, sur une échelle ordinale, l'optimum de chaque espèce en fonction de la disponibilité des nutriments : c'est sa valeur

indicatrice. La richesse "moyenne" en nutriments d'une zone humide, que nous appellerons indice floristique de fertilité du sol, peut être calculée à l'échelle de la placette comme la moyenne des valeurs indicatrices des espèces présentes, puis à l'échelle d'une zone humide comme la médiane des valeurs des placettes.

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR



Beaucoup d'espèces végétales présentent, en fonction de l'importance de la disponibilité des nutriments dans le sol, une courbe de croissance présentant un optimum (OKLAND, 1990 ; ELLENBERG, 1974).

La bibliographie montre que l'ensemble des espèces présentes sur une placette (si les conditions écologiques sont à peu près homogènes) donne des indications plus précises qu'une seule ou quelques espèces (BRAUN-BLANQUET & JENNY, 1926).

Des valeurs indicatrices sont disponibles pour certains pays ou ensembles biogéographiques (ELLENBERG *et al.*, 1992 pour l'Europe centrale ; LANDOLT *et al.*, 2010 pour la Suisse ; HILL *et al.*, pour la Grande-Bretagne...). Pour le bassin Loire-Bretagne, la valeur indicatrice de l'espèce correspond à la moyenne des valeurs indicatrices des trois valeurs disponibles de Landolt (LANDOLT *et al.*, 2010), de Julve (adaptées pour la France métropolitaine) et d'Ellenberg (ces deux valeurs disponibles sur Baseflor : BOCK *et al.*, 2014) (annexe 2 I06, tableaux de correspondances des valeurs indicatrices). La valeur indicatrice s'échelonne ainsi sur une gamme allant de 1 à 9 (des espèces des milieux très pauvres en nutriments vers les milieux les plus riches) à l'échelle du bassin..

Pour une placette donnée, l'indice floristique de fertilité du sol H_t correspond à la moyenne des valeurs indicatrices présentes, pondérées par le recouvrement des espèces sur la placette, considérant que le recouvrement d'une espèce témoigne de sa vitalité.

$$H_t = \frac{\sum (rij * xi)}{\sum (rij)}$$

Il varie de 2,1 en tourbière acide à 7 pour un site de type 3, marais et lagune côtiers.

rij est l'abondance (ou recouvrement) de l'espèce *i* dans le relevé *j*

xi est la valeur indicatrice de l'espèce *i*

L'indice floristique de fertilité peut également être calculé sans utiliser le recouvrement des espèces ; les valeurs obtenues sont alors plus ou moins différentes mais utilisables comme indicateurs de suivi (fiche A06).

L'indicateur a été utilisé notamment pour le suivi de l'eutrophisation des zones humides (RUTHSATZ, 1998).

L'attention des gestionnaires en limite de bassin est attirée sur la variation des valeurs indicatrices : LigéRO : 1 à 9 ; RhoMÉO : 1 à 5.



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (suite)



La corrélation entre ces valeurs diagnostiques et le fonctionnement du cycle de l'azote ou du phosphore a été étudiée notamment par DIEKMANN & FALKENGREN-GRERUP (1998), ERTSEN *et al.*, 1998, SCHAFFERS & SIKORA (2000) ou encore FALKENGREN-GRERUP & SCHOTTELNDREIR (2004).

Il apparaît ainsi que les valeurs diagnostiques reflètent plus un facteur de productivité globale liée à la disponibilité en nutriments qu'un aspect précis du cycle des deux principaux nutriments.



DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR



L'indicateur est applicable à tous les types de zones humides. En revanche, comme il existe une corrélation avec le pH des sols, l'interprétation des résultats doit tenir compte du type de zone humide et du type de substrat. Les comparaisons des valeurs indicatrices entre sites sont donc à éviter à moins de s'assurer qu'elles sont effectuées au sein d'un même type de zone humide.

Périodicité

Dans le cadre d'un suivi à long terme et au vu de la vitesse d'évolution des milieux ouverts, une périodicité des suivis de 5 ans semble raisonnable.

Dans le cadre de suivi de travaux, la périodicité préconisée est biennale et si possible poursuivie jusqu'à 10 ans. R+7 et R+10 permettant de confirmer la tendance. Il est préconisé de faire un état initial, avec 1 à 2 campagnes avant travaux.

Bibliographie

BOCK B & al., 2014. *Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine* Ministère de l'Écologie / MNHN / FCBN / Tela Botanica. Tela Botanica. Version 2.01. Aussi dénommé Baseflor dans ce document, téléchargeable sur <https://www.tela-botanica.org/projets/referentiel-des-tracheophytes-de-metropole-isff-bdnff-bdtfx-taxref/>

BRAUN-BLANQUET J. & JENNY H., 1926. *Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralpen (Klimaxgebiet des Caricion curvulae)*. Denkschr. d. Schweiz Naturf. Ges., LWIII, Abt. 2

DIEKMANN M. & FALKENGREN-GRERUP U., 1998. A new species index for forest vascular plants : development of functional indices based on mineralization rates of various forms of soil nitrogen. *Journal of Ecology* 86 : 269-283.

ELLENBERG H., 1974. *Zeigerwerte des Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. *Scripta Geobotanica* 9 : 1-97.

ELLENBERG H., WEBER H., DULL R., WIRTH H., WERNER W. & PAULISSEN D.; 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Ed 3. *Scripta Geobotanica* 18 : 1-258.

ERTSEN A. C. D., ALKEMADE J. R. M., & WASSEN M J., 1998. *Calibrating Ellenberg indicator values for moisture, acidity, nutrient availability and salinity in the Netherlands*. *Plant Ecology* 135 : 113-124.

FALKENGREN-GRERUP U. & SCHOTTELNDREIR M., 2004. *Vascular plants as indicators of nitrogen enrichment in soils*. *Plant Ecology* 172 : 51-62.

HILL M. O., et al., 1999. *Ellenberg's indicator values for British plants*. *ECOFAC* Vol.2, 46 p.

LANDOLT E. et al., 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376 p.

MONTICOLO J., BESLIN O. (CBNBP), LACROIX P. (CBNB), ANTONNETTI P. (CBNMC), 2017. *LigéRO _ Référentiel taxonomique de la flore et valeurs indicatrices pour l'étude des zones humides du bassin de la Loire _ Table et notice V2*. CBNBP/MNHN, CBNB, CBNMC, CEN Centre-Val de Loire. *Tableau et notice flore* 13 p.

OKLAND R. H., 1990. *Vegetation ecology : theory, methods and application with reference to Fennoscandia*. *Sommerfeltia Suppl.* 1 : 1-233.

RUTHSATZ B., 1998. *Sukzessionsveränderungen in Seggen-riedgürtel um ein vermoortes Maar des Vulkaneifel (NSG Mürmes) und ihre möglichen Ursachen*. *Tuxenia* 18 : 237-259.

SCHAFFERS A. P. & SYKORA K. V., 2000. *Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction : a comparison with field measurements*. *Journal of Vegetation Science* 11 : 225-244.



INTÉGRITÉ DU PEUPEMENT D'ODONATES



Domaine d'application

3 ; 5 ; 6 ; 7b ; 9 ; 10 ; 11

Fonction

toutes les fonctions



Compétences :



Coût :

€ / €€€

Description et principes de l'indicateur

CHOVANNEC & WARINGER, 2001 ; CHOVANNEC *et al.*, 2004, 2005 ; SCHMIDT, 1985 ; OERTLI *et al.*, 2005 ; INDERMUHELE *et al.*, 2008 ont mis en évidence l'intérêt du peuplement d'odonates dans l'évaluation des zones humides. En effet, les libellules constituent un groupe parapluie, plutôt accessible, représentatif d'une grande variété de milieux humides et bien connu en terme d'autécologie. Parmi celles-ci, certaines espèces, présentant une

exigence écologique forte avec les habitats aquatiques présents (dites « sténoèces »), permettent la construction de l'indicateur.

L'évaluation proposée s'appuie sur la comparaison, à l'échelle d'une zone humide, du peuplement d'odonates observé avec une liste d'espèces sténoèces attendues (peuplement attendu). L'écart entre les états observés et attendus constitue une estimation du degré d'intégrité du peuplement.



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR

L'intérêt des odonates en tant qu'indicateur suscite des débats dans la communauté scientifique. Ainsi, MASSELOT et NEL (2003) contestent le caractère bio-indicateur des espèces prises individuellement. A l'inverse, d'autres auteurs mettent en avant l'intérêt de la prise en compte du peuplement de ce groupe taxonomique dans l'évaluation des zones humides (CHOVANNEC *et al.*, 2001, 2004 et 2005 ; SCHMIDT, 1985 ; OERTLI *et al.*, 2005 ; INDERMUHELE *et al.*, 2008).

De façon objective, rares sont les espèces qui, prises individuellement, sont suffisamment exigeantes sur le plan écologique pour avoir un habitat unique, bien caractérisé ; mais il en existe tout de même qui ont de très étroites préférences (par exemple, *Cordulegaster bidentata* inféodé aux zones de source, aux ruisselets et aux suintements collinéens à montagnards, à faible flux). La sténoécie des espèces peut aussi varier selon la localisation des populations concernées : les espèces se trouvant en marge de leur aire de répartition dans un secteur donné se révèlent, pour certaines d'entre elles, plus exigeantes que les mêmes taxons au cœur de leur aire de répartition. D'une manière générale, il faut donc que l'indicateur repose sur les cortèges d'espèces plutôt que sur des espèces prises isolément.

La synthèse proposée par OERTLI (2008) met en avant les points suivants :

- Les odonates constituent un groupe parapluie et porte-étendard,
- Ils sont représentatifs des zones humides,
- Ils sont raisonnablement diversifiés et sont généralement le groupe d'invertébrés le mieux connu (taxonomie, écologie...),
- Bien qu'utilisant des habitats variés en fonction de leur stade de développement, ils sont fonctionnellement peu diversifiés car tous sont prédateurs,
- Plusieurs espèces sont sténoèces et nécessitent des conditions d'habitat spécialisées,
- Ils sont largement répandus, mais manquent aux altitudes élevées,
- Ils constituent un matériel aisément accessible pour un échantillonnage quantitatif.

La question de l'autochtonie (caractère reproducteur de l'espèce dans un habitat) des individus imago observés sur un site est également régulièrement posée. Ainsi certains auteurs choisissent de travailler sur le stade larvaire (prélèvement dans le milieu aquatique ou récolte d'exuvies) pour s'en affranchir. Toutefois ce matériel présente des inconvénients : difficulté de détermination des zygoptères au stade larvaire ou exuvie et de tous les



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (suite)



taxons dans les premiers stades larvaires (DOUCET, 2010), temps de détermination au laboratoire important.



L'expérience des observateurs montre que l'on peut observer occasionnellement la plupart des espèces n'importe où, du fait de l'erratisme de certains individus ou dans la période de maturation succédant à l'émergence, lorsque les individus s'éloignent de l'habitat aquatique. Toutefois, la fréquence d'observation de ces individus erratiques sur les habitats de reproduction est faible.



Les relevés réalisés sur des habitats de reproduction différents très proches géographiquement (quelques centaines de mètres) montrent que cette « contamination » intersites est peu fréquente et concerne prin-

cipalement des individus mâles isolés (expérience du réseau RNF et du programme RhoMéO). Le recours à des temps d'observation calibrés et courts permet de limiter le risque de détection d'espèces non autochtones et la collecte d'informations qualitatives permet de préciser le degré d'autochtonie de chaque taxon. En conclusion, on retiendra que les odonates correspondent au groupe d'invertébrés aquatiques le plus facilement accessible en terme de détermination et de méthodes d'échantillonnage. Il conviendra cependant d'accorder une attention particulière à l'autochtonie des individus lorsque l'on travaille sur les imagos.



DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR



Des odonates se reproduisent dans la plupart des milieux aquatiques : doux ou saumâtres, permanents ou temporaires, stagnants ou courants, végétalisés ou non. Ainsi, seules les zones humides suivantes ne permettent pas l'utilisation de cet indicateur :



- Lagune salée alimentée uniquement par de l'eau de mer ;
- Prairie et boisement humide à inondation de courte durée (moins d'un mois) sans aucune trace d'eau de surface semi-permanente. La présence de mares, fossés ou suintement à mise en eau quelques mois suffit par contre à permettre l'utilisation de l'indicateur (reproduction possible).
- Tourbière haute en phase ultime ne présentant plus aucune gouille ;

Périodicité

Le pas de temps recommandé entre deux campagnes dans le cadre d'un programme de suivi de zones humides sur de grands territoires est quinquennal à décennal, en fonction des objectifs du programme associé. Il peut être annuel dans le cas de zones humides à statut particulier, bénéficiant de moyens de gestion suffisants.

Dans un objectif de suivi de gestion ou de travaux, il est préconisé de faire une ou deux campagnes **avant intervention, puis un rythme biennal semble pertinent (n+1; n+3; n+5)**.

Bibliographie

CHOVANEK A & WARINGER J., 2001. Ecological integrity of river-floodplains systems- assesment by dragonfly survey. *Regul. Riv. Res. Mgmt.* 17:493-507.

CHOVANEK A., WARINGER J., RAAB R. & LAISTER G., 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: assesment on a macroscale by dragonfy surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14, 163- 178.

CHOVANEK A, WARINGER J, STRAIFM., GRAF W, RECKENDORFER W., WARINGER-LÖSCHENKOHL A., WAIDBACHER H., & SCHULTZ H., 2005. The Floodplain Index - a new approach for assesing the ecological status of river/floodplain-systems according to the EU Water Framework Directive. *Large Rivers* 15, 169-185.

DOUCET G., 2010. Clé de détermination des exuvies des odonates de France - Société française d'odonatologie.

INDERMUEHLE N., ANGÉLIBERT S. & OERTLI B., 2008. IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Manuel d'utilisation. Ecole d'Ingénieurs HES de Lullier, Genève. 33 p.

MASSELOT G., NEL A., 2003. Les odonates sont-ils des taxons bio-indicateurs ? . *Martinia* 19(1):5-38.

OERTLI B., AUDERSET JOYE D. A., CASTELLA E., JUGE R., LEHMANN A. & LACHAVANNE J.-B., 2005. PLOCH : A Standardized Method for Sampling and Assesing the Biodiversity in Ponds. In: *Conservation and monitoring of pond biodiversity. Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosystems. Special issue Vol 15 (6): 665-680.*

OERTLI B., 2008. The use of dragonflies in the assesment and monitoring of aquatic habitats, In *Dragonflies and Damselflies : Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research.* ed. A. Córdoba-Aguilar, Oxford University Press, Oxford, New York. pp. 79-95.

SCHMIDT E., 1985. Habitat inventarization, characterization and bioindication by a «representative spectrum of Odonata Species (RSO)». *Odonatologica* 14, 127-133.

INTÉGRITÉ DU PEUPEMENT D'AMPHIBIENS



Domaine d'application

(3), (5), 6, (7.a), 7.b, 9, 10, 11 () au cas par cas

Fonction

biologique



Compétences :



Coût :

€/€/€€

Description et principes de l'indicateur

SEWELL et GRIFFITHS en 2009 et SMITH *et al.* en 2008 ont réalisé des analyses bibliographiques sur le caractère indicateur. Dans ce groupe, la présence des différentes espèces sur un site n'apporte pas toujours la même indication sur le milieu. Il existe des espèces peu exigeantes quant à la qualité ou au type de milieux qui sont fréquentés (espèces ubiquistes) ; à l'inverse, il existe des espèces inféodées à quelques

types d'habitats, voire un seul. Ce sont sur ces espèces, apportant le plus d'informations sur la zone humide et son fonctionnement (espèces sténoèces), que repose l'indicateur amphibiens. Il vise à comparer un peuplement observé à une liste d'espèces sténoèces de référence (peuplement attendu).



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR



Une des critiques faite sur cet indicateur réside dans le fait que le cycle biologique de ces animaux présente une phase terrestre et une phase aquatique et que leur présence sur un site apporte à la fois des informations sur le milieu terrestre et sur le milieu aquatique. Cependant, le rayon d'action des espèces n'est pas très important et certaines d'entre elles résident à l'année dans la partie terrestre de la zone humide.

La biphasie du cycle de reproduction des amphibiens présente l'intérêt, pour la bio-indication, d'intégrer les contraintes du milieu aquatique pour les têtards et celles du milieu terrestre pour les adultes. Ainsi, pour une seule et même espèce, des informations sur la zone en eau (fonctionnement, qualité physico-chimique...) et les habitats terrestres (fragmentation, fonctionnement...) sont apportées. Les changements dans la structure et la dynamique des peuplements peuvent donc être a priori de bons bio-indicateurs de l'évolution des zones humides sensu stricto et des espaces terrestres adjacents (U.S. EPA, 2002).

Pour passer de la phase terrestre à la phase aquatique, les amphibiens doivent effectuer une migration. Cette migration peut être de quelques dizaines de mètres, mais peut atteindre quelques kilomètres chez certaines espèces ; il y a alors re-

tour sur le lieu de naissance. C'est le phénomène de homing (SINCH, 1992) que l'on retrouve chez certains poissons comme le saumon. C'est une sorte de garantie pour l'espèce de retrouver des conditions favorables (bonne qualité de l'eau, absence de prédateur, hydropériode favorable...).

La rupture de ce lien au site de ponte même chez les espèces les plus fidèles a été mise en évidence par SCHLUPP et PODLOUCKY, 1994.

Les raisons peuvent être une minimisation de la dépense énergétique pour rejoindre un habitat aquatique favorable, mais également une modification des caractéristiques de la zone humide.

Plusieurs caractéristiques sont donc, intéressantes chez les amphibiens :

- **Lors de la phase de reproduction**, ils sont à quelques exceptions près, des hôtes obligatoires des zones humides ;
- **La physiologie et les exigences biologiques** des amphibiens en font un groupe plus sensible et potentiellement plus vulnérable que la plupart des vertébrés aux pressions de l'environnement (SPARLING *et al.*, 2000). Qu'il s'agisse des embryons déposés directement dans l'eau ou des adultes à la peau très perméable, ce groupe réagit rapidement

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (suite)

- aux évolutions des caractéristiques physico-chimiques de l'eau et de l'air ambiant ;
- **L'écologie des espèces et leur répartition spatiale** sont relativement bien connues dans le bassin de la Loire ;

En conclusion, nous retenons que les amphibiens sont de bons bio-indicateurs des zones humides, qu'il s'agit d'un groupe assez facilement accessible en termes de détermination et de méthodes d'échantillonnage (fiche P07), mais qui présente deux inconvénients : le faible nombre d'espèces et leur plus ou moins grande plasticité quant à la sélection des sites de reproduction.

DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR

- À l'exception des habitats côtiers aux eaux saumâtres (type SDAGE 2), l'indicateur s'applique à l'ensemble des zones humides du bassin dans la mesure où la zone considérée présente un secteur en eau libre. Les tourbières hautes (type 7.a) en phase ultime ne présentant plus aucune zone en eau sont donc également exclues. Les zones de marais et lagunes côtiers (type SDAGE 3) ainsi que les zones humides de petites vallées (type SDAGE 5) ne sont pas toujours adaptées à cet indicateur : il faut examiner au cas par cas pour voir si les sites ne sont pas respectivement trop salés ou trop inondables.

Périodicité

Le pas de temps recommandé entre deux campagnes est de deux ans, les interprétations de l'évolution de l'intégrité du peuplement d'amphibiens s'améliorant avec le nombre de campagnes.

Dans le cadre de suivi des travaux (principalement création de milieux), un suivi annuel ou bisannuel, après travaux, est préconisé dans les 5 premières années puis un rythme quinquennal paraît adapté.

Bibliographie

SCHLUPP I. & PODLOUCKY R., 1994. Changes in breeding site fidelity: A combined study of conservation and behaviour in the common toad *Bufo bufo*. *Biological Conservation* 69 (3) : 285-291.

SEWELL D. & GRIFFITHS R. A., 2009. Can a Single Amphibian Species Be a Good Biodiversity Indicator? *Diversity* 2009, 1 : 102-117.

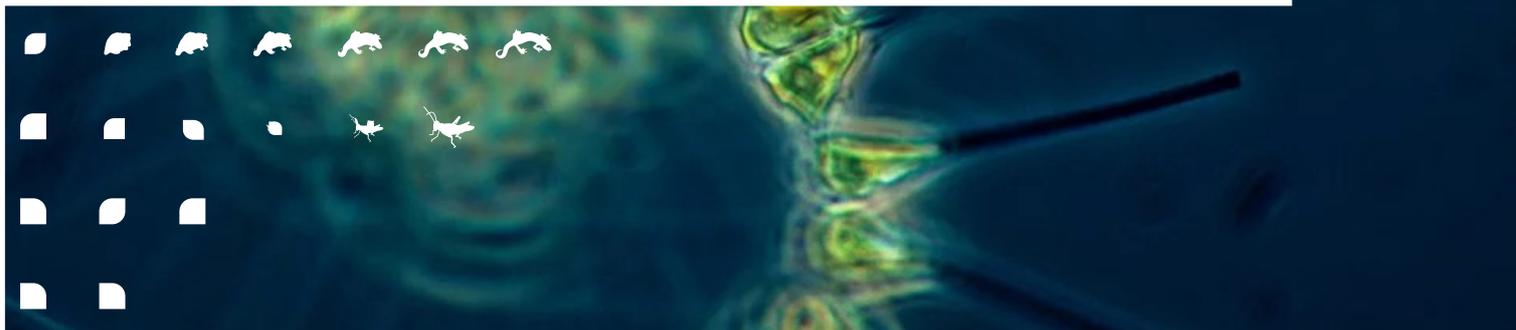
SINCH U., 1992. Amphibians, in *Animal Homing*, Ed. F. Papi Chapman & Hall Animal Behaviour Series p. 213 - 233.

SMITH G.F., GITTINGS T., WILSON M., FRENCH L., OXBROUGH A., O'DONOGHUE S., O'HALLORAN J., KELLY D.L., MITCHELL F.J.G., KELLY T., IREMONGER S., MCKEE A.M. & GILLER P., 2008. Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. *Biodivers. Conserv.* 17 : 991-1015.

SPARLING D.W. LINDER G. & BISHOP C.A., 2000. *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*. Pensacola, FL : SETAC Press.

U.S. EPA., 2002. *Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands*. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-022.

INDICATEUR TROPHIQUE



Domaine d'application

3



Fonction

biologique
hydrologique
physico-chimique

Compétences :



Coût :

€€€ / €€€

Description et principes de l'indicateur

L'indicateur trophique en milieu humide repose sur la description fonctionnelle du compartiment planctonique, premier maillon de la chaîne trophique en milieu aquatique.

A travers l'établissement du statut trophique de sites échantillonnés au cours de l'année, il permet de suivre l'évolution tendancielle d'une masse d'eau. Les chroniques obtenues permettent de connaître l'état fonctionnel du milieu aquatique. A l'aide d'enregistrements climatiques et des

régimes hydrologiques des sites, l'indicateur permet la mise en œuvre d'une gestion améliorée ou adaptative. L'indicateur contribue également à l'évaluation de programmes de gestion ou de restauration de zones humides.

L'outil est calibré à ce jour (2020) pour les milieux humides eutrophes semi-naturels ou naturels, tels que les marais rétrolittoraux.

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR

Les masses d'eau permanentes ou temporaires des zones humides littorales sont un maillon important de la chaîne alimentaire de l'écosystème. Elles comportent une forte diversité d'organismes à la base de la chaîne alimentaire, notamment le phytoplancton et les chironomides (MOSSE, 1985 ; BODON, 1995). Ces derniers sont même essentiels aux insectivores aériens (odonates et chauves-souris). Le milieu présente plusieurs compartiments trophiques allant des bactéries, protozoaires, phytoplancton, zooplancton, macro-invertébrés aux vertébrés (amphibiens, reptiles et poissons) (figure 1).

Les interactions entre ces compartiments constituent une chaîne trophique. Sa dynamique est largement influencée par les conditions de milieu. Le plancton se situe à l'interface biotique / abiotique ce qui en fait un candidat intéressant pour suivre cette dynamique.

L'indicateur trophique s'articule autour de la description du compartiment planctonique et plus spécifiquement du phytoplancton (figure 1), du zooplancton et des bactéries (FENCHEL & JORGENSEN, 1977), sous l'angle de leurs traits fonctionnels. Ces organismes présentent en effet un certain nombre de propriétés intéressantes

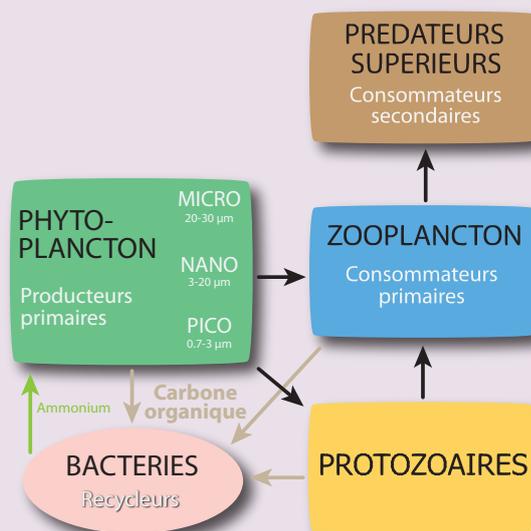


Fig. 1 : Boucle trophique aquatique en marais

pour suivre l'évolution du milieu (réactivité aux perturbations, large répartition spatiale, etc.). La dynamique trophique de la masse d'eau joue également un rôle à part entière vis-à-vis des fonctionnalités écologiques attribuées aux zones humides, parmi lesquelles, la capacité à épurer la masse d'eau ou encore la fonction habitat-nourricerie.



FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (suite)



À l'aide d'une stratégie d'échantillonnage adaptée, l'indicateur trophique permet de suivre l'évolution tendancielle d'une masse d'eau.

L'analyse de la chaîne trophique de l'eau des zones humides et marais côtiers (naturellement eutrophe) a été réalisée ces dernières années par une équipe de chercheurs du LIENSs à l'Université de La Rochelle (Niquil et coll., 2012, Tortajada et coll., 2012 ; Tortajada, 2013).

Dans ce but, une épure des processus entre groupes fonctionnels a été obtenue, de façon à aboutir à un ensemble de paramètres physiques et biologiques minimum permettant de décrire chaque stade d'évolution trophique du compartiment planctonique au cours d'une année (Tortajada, 2013) (cf. fiche A14)

Pour ce faire, deux paramètres spécifiques, la biomasse de chlorophylle a par classe de taille ainsi que la biomasse bactérienne obtenue par cytométrie en flux, sont traités conjointement à un panel de paramètres abiotiques et environnementaux, l'ensemble étant obtenu simplement à partir d'un échantillon classique d'eau.

Au sein d'un ensemble de milieux eutrophes apparemment homogènes se dégage en réalité des situations trophiques nuancées et évoluant au cours de l'année, un stade trophique succédant à un autre. Les travaux menés durant le développement de l'indicateur démontrent qu'en l'absence de perturbation, ces alternances de stades trophiques sont assez bien conservées d'une année à l'autre. Ce constat a permis l'élaboration et la calibration de 5 patrons d'alternance standardisés propres à 5 grands types de marais rétro-littoraux. Ce dispositif permet désormais d'apprécier des altérations ou des accidents (écarts au patron de référence) dont les causes autant climatiques que d'origine humaines peuvent être appréhendées. Cela permet dans la mesure du possible de corriger ces écarts par la gestion du milieu, afin de retrouver un patron se rapprochant du potentiel attendu en matière de fonctions épuratrices et d'habitats aquatiques.

* Un patron est constitué d'une séquence annuelle de différents type d'état trophique.



DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR



Marais rétro-littoraux doux à saumâtres (type SDAGE 3) : canaux, fossé, plan d'eau.

Applicable sous réserves sur types SDAGE 5, 6, 9, 11 (développements à venir)

Périodicité

Au minimum 6 prélèvements par an par point d'échantillonnage.

Bibliographie

BODON C. (1995). *Ecologie des Chironomidae (Diptera, Nematocera) d'un marais charentais: structure spécifique, phénologie, et densité des populations d'adultes*. Thèse Université de Rennes I, Muséum National d'Histoire Naturelle, France. N°1113. 170 pp + annexes.

NIQUIL N., CHAUMILLON E., JOHSON G.A., BERTIN X., GRAMI B., DAVID V., BACHER C., ASMUSH., BAIRD D., ASMUSR. (2012) *The effect of physical drivers on ecosystem indices derived from ecological network analysis: comparison across estuarine ecosystems*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 108, 132-143.

FENCHEL T.B., JORGENSEN B.B. (1977). *Detritus food chain of aquatic ecosystems : the role of bacteria. IV. Anaerobic decomposition*. Dans : *Advances in Microbial Ecology*, (ALEXANDER M., Ed.), Plenum Press, New-York. 1-58.

MOSSE J. (1985). *Le phytoplancton des marais du secteur de Moëze-Brouage (Charente-maritime)*, Mémoire de D.E.A., Univ. Paris VI.

TORTAJADA S., NIQUIL N., BLANCHET H., GRAMI B., MONTANIE H., DAVID V., GLE C., SAINT-BEAT B., JOHNSON G.A., MARQUIS E., DEL AMO Y., DUBOIS S., VINCENT D., DUPUY C., JUDE F., HARTMANN H.J., SAUTOUR B. (2012) *Network analysis of the planktonic food web during the spring bloom in a semi enclosed lagoon (Arcachon, SW France)*, *Acta Oecologica*, 40, 40-50.

TORTAJADA S. (2013). *De l'étude du fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques des marais de Charente Maritime vers la recherche d'indicateurs*. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, 2011. 270pp.

PÉDOLOGIE



Description et principes du protocole

Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux

Une connaissance préalable du type de sol de la zone humide est essentielle car elle va déterminer la vitesse de réaction du milieu suite à une action de restauration.

Les opérations de restauration peuvent produire des évolutions pour les histosols et les réductisols. La valeur indicatrice évoluera en fonction des profondeurs des différents horizons hydromorphes.

L'évolution de la note sera donc sensible à cette évolution mais également au biais d'observation et de notation de la profondeur des limites d'horizons.

Une vigilance particulière doit donc être portée à cette observation dans l'application du protocole pour le suivi des effets de la restauration.

Principes généraux

Le sol est décrit après prélèvement à la tarière (Gouge, Edelman ou canne pédologique) sur la partie supérieure du sol (50 à 60 premiers centimètres). Pour des cas spécifiques où le sol ne peut être prélevé, des fosses pédologiques peuvent être réalisées à la bêche. Chaque horizon est caractérisé à l'aide des descripteurs de la fiche terrain (annexe 1).

Types de données collectées

Les différents horizons sont caractérisés par les modalités (généralement 4 possibles) de 17 descripteurs de texture, de structure et de couleur. Dans le cadre de LigéO, une sélection de descripteurs indispensables à l'évaluation du caractère hydromorphe des sols a été mise en avant (grisée) dans la fiche de terrain.

Type d'échantillonnage

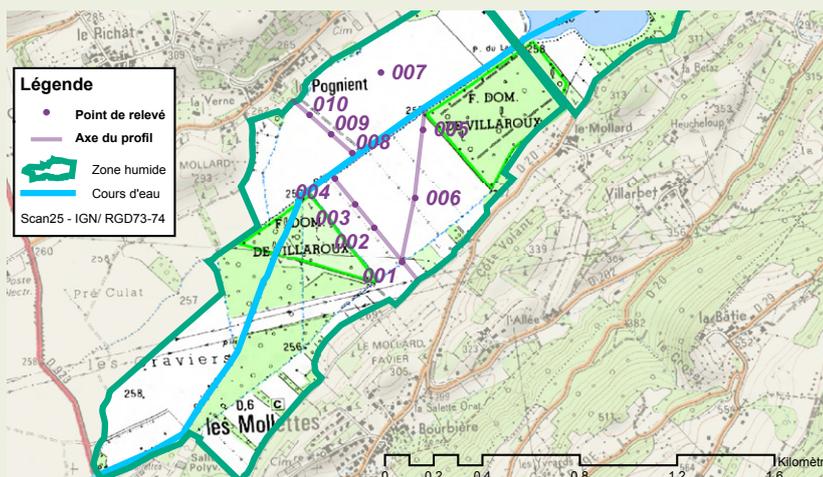
Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects préalablement positionnés pour être les plus représentatifs de la diversité du milieu et du gradient d'hydromorphie, généralement de la périphérie vers le centre de la zone humide.

Méthode de mise en place

Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage doit être construit pour traduire le **gradient d'hydromorphie du site**, des secteurs de transition avec les versants non hydromorphes, vers les secteurs les plus humides où la saturation en eau est la plus forte. Pour cela, il s'agit

de positionner un ou plusieurs transects qui partent du bord en direction du centre de la zone humide. Si la zone humide a une forme quasi-circulaire, ou du moins compacte, un seul transect peut être réalisé. Dans le cas contraire, il est recommandé de réaliser plusieurs transects (figure 1).



Dans tous les cas, il est intéressant de choisir des transects communs aux relevés floristiques lorsque ceux-ci sont réalisés (une cartographie d'habitats, lorsqu'elle est disponible, peut être utilisée).

Figure 1 : exemple de stratégie d'échantillonnage

Méthode de mise en place (suite)



Pression d'échantillonnage

En règle générale, un sondage tous les 50 à 100 m semble être approprié. La pression de sondage est variable selon la taille, la configuration et la topographie de la zone humide. Pour des grands sites, les points de sondage sont distants de plus de 100 m le long du transect, afin de pouvoir respecter au mieux la limite maximum de 25 sondages par site. Sur les transects, la position des sondages peut être ajustée en fonction des changements du milieu (topographie, végétation...).

Réalisation des prélèvements

Pour une meilleure opérationnalité du suivi, il est recommandé de réaliser les prélèvements à la tarière Edelman (préférentiellement de diamètre 60 mm). Pour conserver une bonne précision avec cette tarière, il est nécessaire de mesurer la profondeur du prélèvement directement dans le trou (annexe 2 : méthode de sondage à la tarière Edelman). Il est également possible de réaliser les prélèvements à la tarière gouge (plus adaptée en tourbière).

Pour parer à toute situation, il est conseillé d'avoir les deux types de tarière lors des campagnes de terrain. L'usage d'une tarière ne permet pas d'évaluer la structure d'un sol dans sa totalité car celle-ci remanie le sol. Certains descripteurs ne peuvent donc pas être

Tarière Edelman



notés de manière fiable, c'est le cas de la limite des horizons (A), de la compacité (L), de la plasticité (M) et de l'adhésivité (N). On peut dans ce cas utiliser une bêche ou faire une fosse pédologique mais compte tenu du temps nécessaire à sa réalisation, la fosse n'est pas recommandée.

Une photographie permettant la localisation du point de sondage ainsi qu'une photographie du profil reconstitué dans la gouttière sont systématiquement effectuées.

Délimitation et caractérisation des horizons

Une fois le prélèvement réalisé, l'échantillon de sol est divisé en horizons, c'est-à-dire en couches homogènes, pour être décrit dans la fiche de terrain. L'échantillon de sol prélevé est photographié (avec une résolution permettant l'observation des traits d'hydromorphie) pour mémoire.

Les descripteurs à renseigner sur la fiche terrain LigéO sont :

- **La profondeur** : il est possible de ne noter que la profondeur maximale de chaque horizon (la profondeur minimale étant soit la surface du sol, soit la profondeur maximale de l'horizon supérieur). Pour les relevés à la tarière Edelman, les profondeurs sont mesurées directement dans le trou avant dépôt du sol dans la gouttière ;

Délimitation des différents horizons de sol (tarière Gouge)





Méthode de mise en place (suite)

- **Les limites [A]** ne peuvent pas être notées à la tarière Edelman ; ce critère est facultatif ;
- **La couleur [B]** est notée suivant les trois coordonnées (la teinte « hue », la clarté « value » et la pureté « chroma ») de la charte Munsell (photo ci-contre). La couleur d'un échantillon de terre homogène est évaluée. Il est préférable de se positionner dos au soleil. Sur le terrain, la couleur de l'échantillon humide est évaluée. Comme les couleurs sont définies visuellement, une erreur d'une case en teinte, clarté ou pureté, est admise. La précision de l'évaluation est donc donnée à une unité près ;
- **La texture [C], la structure [D], les racines [F] et les taches [G]** sont des descripteurs génériques indispensables à la détermination des types d'hydromorphie. La réduction du fer, qui est généralement observable par la couleur caractéristique grise bleuâtre à verdâtre, peut également se traduire par une décoloration de l'horizon. Dans ce dernier cas l'utilisation d'un réactif composé d'une solution d'orthophénotroline à 2% dans de l'éthanol pur peut permettre de confirmer le diagnostic ;
- **L'abondance [H], la taille [I] et la forme [J]** sont des descripteurs qui ne doivent être notés qu'en présence de taches d'oxydation ([G]= 2) ;
- **La compacité [L], plasticité [M], l'adhésivité [N] et la friabilité [O]** sont principalement utiles pour caractériser les sols minéraux ([C] >= 2) ; Les descripteurs L, M et N ne peuvent pas être notés à la tarière. Ils sont facultatifs ;
- La caractérisation des sols organiques nécessite la notation de **l'altération de la M.O [P]** et de **l'indice de Von-Post [Q]** ; Dans le cadre d'un horizon histique (tourbe), vous devez renseigner l'indice de Von-Post. Afin de réaliser correctement le test vous pouvez vous référer p162-163 du Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (<http://www.zones-humides.org/guide-de-la-methode-nationale-devaluation-des-fonctions-des-zones-humides>) ;
- **Les éléments grossiers [E], l'humidité [K],** sont des descripteurs complémentaires qui peuvent servir à la validation des observations en cas de doute ;

Évaluation de la couleur à l'aide de la charte Munsell



Il est également recommandé de faire le croquis du sondage dans le cadre prévu à cet effet et de prendre en note toute remarque utile.

Prescriptions de mise en œuvre

Les prélèvements sont idéalement réalisés en début de période printanière (mars-avril) afin de favoriser l'observation des niveaux hauts de la nappe. Cependant, les investigations peuvent être réalisées à tout moment dans l'année (la période estivale est la moins favorable). Pour des raisons pratiques et de sécurité dans le cas, par exemple, de plaines alluviales soumises à inondations temporaires, on veillera à prendre soin d'attendre la redescente des eaux avant d'aller sonder.

En outre, afin de limiter la variabilité temporelle des données, que la période d'investigations corresponde aux préconisations ou non, **il est primordial de réaliser les prélèvements à la même période d'une année de suivi à l'autre** et de respecter la localisation précise des points de sondage, ainsi que de relever le contexte climatique préalable (quantité de pluie, exprimée en mm, des 5 jours précédant les investigations).

La profondeur de sondage est fixée à 60 cm. Toutefois, lors de la première campagne de mesures, il sera intéressant de descendre plus profond, jusqu'à 120 cm voire davantage si possible, sur quelques sondages (1/3 à 1/4) pour comprendre le fonctionnement pédologique des sols (présence d'un horizon argileux jouant le rôle de plancher hydrique, d'une nappe...). Les horizons présents après 60 cm ne sont pas pris en compte dans le calcul de la note indicatrice, mais permettent de mieux comprendre le fonctionnement de la zone humide.

Représentativité des données

Les traits d'hydromorphie étant déterminés par la variation de la nappe d'eau du sol, la variabilité spatiale des données collectées est identique à celle de la nappe. Autrement dit, ce n'est pas sur le type de trait hydromorphe, mais sur la notation de leur profondeur que l'impact d'une mauvaise relocalisation des points d'observation serait le plus fort pour le calcul de l'indicateur. Toutefois, la pente des nappes de zones humides est généralement faible (zone d'accumulation des flux d'eau). Il convient tout de même d'être vigilant dans les secteurs de plaine alluviale où des dépôts argileux peuvent localement entraîner la présence de petites nappes perchées. Réaliser une observation dans ou hors de cette lentille argileuse pour une question de relocalisation du point de relevé entraînerait un calcul de la valeur indicatrice erroné.

Hormis la Base de Données Géographiques des Sols de France dont l'échelle au 1/250 000 n'est pas exploitable pour notre objectif, il n'existe pas de données de référence pour analyser la représentativité de l'information collectée dans le cadre de ce protocole. Toutefois, dans le cas de RhoMÉO, les connaissances antérieures des sites sur lesquels a été testée la méthode ont permis de valider la qualité de l'information recueillie (validation par le relevé pédologique de la déstructuration du sol connue par le labour, etc.).

Opérationnalité de la collecte

Compétences requises

La grille descriptive étant en grande partie visuelle, elle ne nécessite pas de compétences spécifiques pour son application. Les tests réalisés dans le cadre du projet ont démontré la bonne prise en main du protocole de collecte de données par des opérateurs non spécialistes. L'application de ce protocole requiert au moins d'être initié à la discipline. Il apparaît qu'avec une formation d'½ journée, il est possible pour un débutant de mettre en place le protocole et de remplir la fiche de terrain associée. L'opérateur peut s'appuyer sur différents ouvrages techniques (BAIZE et JABIOL 1994, JABIOL *et al.*, 2011).

Toutefois, il est bien évident que l'expérience et le niveau de connaissance initial des opérateurs en pédologie influent fortement sur le temps de terrain nécessaire aux relevés (pouvant aller du simple au double).

Impact du niveau de compétences

La grille descriptive a été conçue avec un nombre de classes de valeur très restreint pour limiter les risques de confusions. Les descripteurs sont cependant difficiles à quantifier et identifier pour un opérateur non-spécialiste. Le choix d'une classe ou d'une autre peut, par voie de conséquence, avoir une influence importante sur le calcul final de la note.

Temps moyen de collecte

Le temps de réalisation et de description d'un relevé, nombre de relevés par heure est très dépendant du type de sol et du nombre d'horizons observés, mais peut être estimé en moyenne à 3 relevés par heure (accès au point de sondage, sondage, renseignement de la fiche terrain). Cette estimation est néanmoins très dépendante du niveau de compétences de l'opérateur.

Coût matériel/données / prestation/analyse

Le coût d'acquisition d'une tarière pédologique est de l'ordre de 170 à 200 €. Il faut un mètre ruban (5 €), un couteau, un chiffon et de l'eau pour se laver les mains entre l'étude de chaque horizon (éviter la contamination des échantillons). Il convient également d'ajouter la Charte de couleurs des sols MUNSELL (env. 180 €) et le Référentiel pédologique, AFES *et al.*, 2008 : 45 € ou téléchargeable par exemple sur http://www.iefc.net/activites/REINFFORCE/Referentiel_Pedologique_2008-1.pdf.

En annexe :

- La fiche de relevé de terrain (annexe 1)
- Méthode de sondage à la tarière (annexe 2)

Bibliographie

La Charte de couleurs des sols MUNSELL et le Référentiel pédologique 2008, AFES.

AFES, D. BAIZE M. C. & GIRARD C., 2008. Référentiel pédologique, éd. Quae, 2009.

BAIZE D. & JABIOL B., 1994. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

GAYET G ET AL, 2016. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, 190p.

JABIOL B., GIRARD M.-C. & SCHVARTZ C., 2011. Étude des sols - Description, cartographie, utilisation: Description, cartographie, utilisation. Dunod. 432 p.



Description et principes du protocole

Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux*

Dans le cadre d'une évaluation de la restauration, il est important de considérer non pas le site mais la zone d'influence des travaux qui peut être de surface identique ou plus restreinte.

La mise en œuvre des indicateurs basés sur la flore ne nécessite qu'une adaptation mineure du protocole de collecte de données. La localisation des transects de placettes vise donc à traduire l'évolution de la zone d'impact potentielle et s'articule très facilement avec les transects de placettes utilisés pour l'évaluation de l'état global de la zone humide. Si la distance entre placettes s'en trouvera généralement réduite, les préconisations de réalisation sont identiques (taille notamment).

Principes généraux

La flore d'un site est évaluée par la réalisation d'inventaires (les relevés) sur un ensemble de placettes réparties de manière à échantillonner le plus d'habitats naturels possibles.

Type de données collectées

Sur chaque placette, l'ensemble des espèces présentes à l'intérieur de celle-ci est noté et leur recouvrement estimé. La taille de la placette, la physionomie de la végétation (annexe 2), le recouvrement et la hauteur des différentes strates de la végétation sont aussi notés. La position des placettes est mesurée avec un GPS, de même que la distance au point d'origine du transect.

Type d'échantillonnage

Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects préalablement positionnés pour être les plus représentatifs de la diversité des milieux présents sur le site ou de la zone d'influence des travaux.

Méthode de mise en place

Selon la taille des sites ou de la zone d'impact des travaux, et la diversité des habitats (une visite rapide préalable du site peut être utile), l'ordre de grandeur du nombre de placettes varie (tableau Pression d'échantillonnage). Celles-ci sont ventilées sur 1 à 3 transects par site (cas général), de manière régulière et définie au préalable. Les relevés sont effectués systématiquement du même côté du transect. Typiquement, entre 5 et 20 placettes seront positionnées par transect, sur

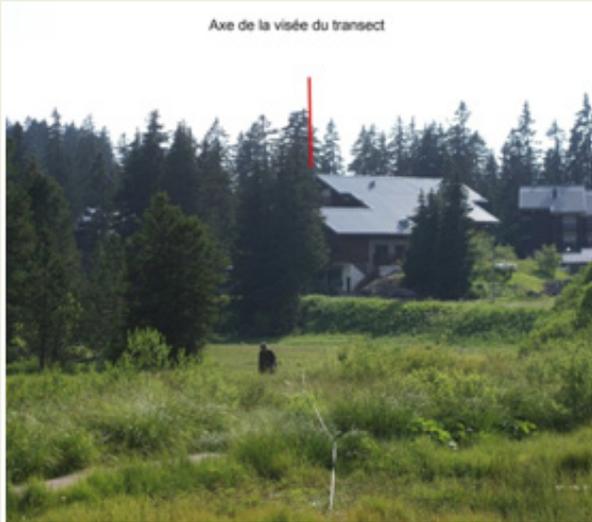
des longueurs oscillant entre 100 et 800 mètres, soit des espacements compris entre 20 et 50 mètres le plus souvent. Les points de départ et d'arrivée des transects peuvent être matérialisés de manière pérenne (bornes) ou a minima repérés sur le terrain par des points remarquables, des photographies et bien sûr le positionnement par GPS. L'orientation du transect peut être notée à la boussole ou, notamment en milieu ouvert, en suivant des points de repère lointains (photo ci-

Pression d'échantillonnage sur un site

Taille du site en hectares	Nombre d'habitats	Nombre minimum de relevés	Densité minimale de relevés à l'hectare
1 ha		3	3
Entre 1 et 10 ha	< 5	5	0,5
	>=5	10	1
Entre 10 et 50 ha	< 5	10	0,2
	>=5	20	0,4
Entre 50 et 200 ha	< 10	20	0,1
	>=10	40	0,2
Plus de 200 ha	< 10	50	~ 0.06
	>=10	60	~ 0.07

* Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration, 2017

Méthode de mise en place (suite)



Exemple de visée lointaine

Les cartes d'habitats (quand elles existent), les cartes topographiques et bien sûr les photographies aériennes (couleur ou infrarouge) doivent être étudiées au préalable afin de croiser le plus possible d'habitats et de niveaux topographiques / hydrologiques.

Exemple de la Tourbière des Landes

Pour des sites présentant un gradient des conditions hydrologiques assez net, le plus simple est d'orienter les transects parallèlement à ce gradient (figure 1) : sur la tourbière des Landes (Cher), un gradient topographique existe entre les altitudes 150m et 147m. En outre, l'analyse de la carte de végétation disponible couplée à un repérage de terrain (figure 2) font apparaître trois zones tourbeuses plutôt ouvertes à différents stades d'évolution (dépressions à Rhynchospores, landes tourbeuses, jeune pinède et boisements mésophiles). Les trois transects associés aux 9 points de suivis ont donc été établis, selon le gradient topographique, permettant de traverser un maximum d'habitats tourbeux ou paratourbeux représentatifs de ce site.

dessus). Tous ces éléments sont reportés sur la fiche terrain (annexe 1). Une photographie du point de départ et d'arrivée du transect ainsi que de chaque placette de relevé est réalisée.

Les relevés sont effectués sur les placettes dont la taille usuelle dépend de la structure de la végétation (annexe 2), d'après CHYTRY & OPTIKOVA (2003), quelle que soit l'homogénéité apparente de la placette, sauf si celle-ci est à cheval sur :

- deux physionomies très différentes (par exemple à l'interface entre forêt / prairie humide ou milieu naturel / milieu artificiel (piste...)) ;
- une rupture topographique majeure (fossé, butte de plus d'1m...).

Dans certains cas, la taille normale doit être réduite (1 m², voire 0.25 m²) et leur espacement également réduit (5 m), comme les grèves d'étangs ou les berges des cours d'eau ou certains complexes tourbeux à sphaignes.

Il est possible de déplacer la placette le long du transect ou de réduire la surface par rapport aux préconisations, mais dans tous les cas ces modifications doivent être bien signalées sur la fiche de terrain.

Etant donnée l'extrême variabilité de la forme des zones humides, il est difficile de définir des règles systématiques de positionnement des transects.

Figure 1: alignement des transects au gradient (exemple de la Tourbière des Landes, Cher)

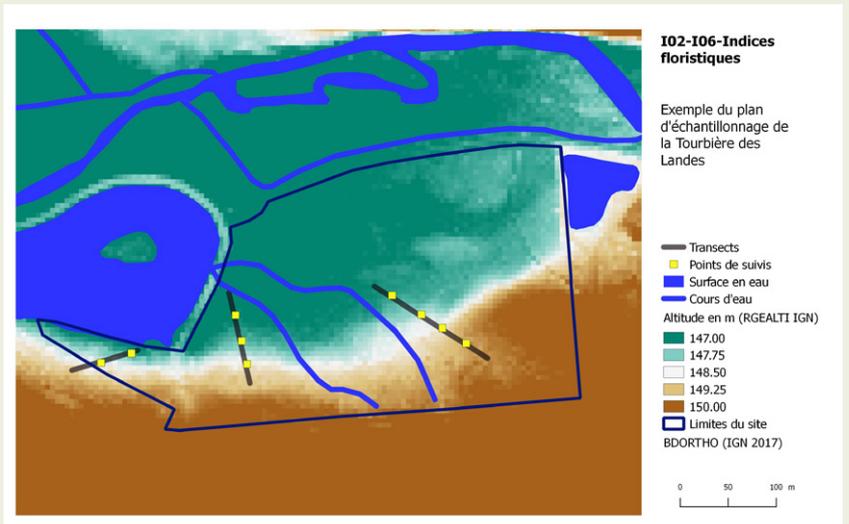


Figure 2 : carte de végétation (exemple de la Tourbière des Landes, Cher)





Méthode de mise en place (suite)



Calendrier d'intervention

Un seul passage est prévu pour réaliser les relevés phytosociologiques, la période propice à leur réalisation est fonction des habitats en présence. Il est cependant préconisé d'intervenir plutôt en fin de période printanière (mai-juin). En outre, et quelle qu'elle soit, la date de passage doit impérativement être identique (à quelques jours près) d'un suivi à l'autre.

Périodicité

Pour une périodicité des suivis de 5 à 10 ans, privilégier les milieux ouverts (dont la végétation réagit plus vite aux perturbations) semble raisonnable. Comme règle empirique, on peut proposer qu'au moins la moitié des placettes concerne ces milieux ouverts, hors sites alluviaux boisés notamment.

Pour un suivi de travaux, un passage tous les 2 ans est préconisé. Ils peuvent ensuite être espacés.



Représentativité des données



Précision de l'information *

La variabilité spatiale, testée sur quelques sites, est faible à l'échelle de la placette (variation type absolue de 0,2 pour la valeur d'engorgement du sol par exemple) et très faible à nulle à l'échelle du site.

La variabilité générale (incluant erreurs de relocalisation et passages à des dates différentes par des observateurs différents) a été testée sur 266 placettes. Elle représente des écarts de l'ordre de 0,5 en présence / absence et 0,7 en recouvrement pour le niveau d'engorgement à l'échelle de la placette, ceux-ci étant plus faibles pour la fertilité (respectivement 0,2 et 0,24). A l'échelle du site, les écarts sur les estimations de la médiane ont été calculés sur 20 sites. Pour la fertilité, les données calculées respectivement par la présence/absence et en tenant compte du recouvrement des espèces sont de 0,16 et 0,14.

Pour l'indice d'engorgement, l'écart moyen de la médiane est de 0,27 et de 0,38 respectivement pour les données en présence / absence et en recouvrement.

Représentativité de l'information collectée *

Le protocole flore permet de capturer au moins 50 % du total des espèces d'un site (incluant les espèces découvertes lors du programme) pour près de 80 % des sites, le pourcentage moyen étant d'environ 65 %. La représentation des espèces mésohygrophiles à hygrophiles est encore meilleure. Ce pourcentage diminue avec la taille des sites surtout, et l'augmentation du nombre de placettes ne permet pas, avec un volume de travail restant raisonnable, de compenser cette diminution.

* Données issues des tests réalisés dans le cadre du projet RhoMéo.



Opérationnalité de la collecte



Compétences requises

De solides compétences botaniques sont requises, au moins concernant la flore des zones humides. Sur le bassin Loire-Bretagne, environ 2 800 espèces sont mentionnées dans le référentiel du bassin. La maîtrise d'environ 1 000 à 1 200 espèces semble donc raisonnable sur l'ensemble du bassin étant donné l'impact modéré des omissions. Pour un opérateur local, étant donné le nombre de placettes et de milieux observés, il est nécessaire de savoir identifier un volume minimal d'espèces allant de 200 à 400.

Impact du niveau de compétences

L'effet des erreurs de détermination ou des omissions d'espèces peut être évalué par quelques données bibliographiques. EWALD (2003) a montré que l'omission de 80 % des espèces les moins abondantes des placettes affecte très peu les valeurs diagnostiques ; en corollaire, les erreurs de détermination sur les espèces abondantes peuvent avoir un impact assez fort.



Opérationnalité de la collecte (suite)



Temps moyen de collecte

En moyenne, le temps de collecte est de 1,5 jour par site.

Temps de validation et de saisie des données

Pour une structure possédant une chaîne de saisie, le temps de saisie est de l'ordre de 1 jour par site, celui de validation des données de l'ordre de 1 heure.

Coût matériel/données / espèces / prestation/ analyse

- GPS ou idéalement tablette de terrain pour permettre la relocalisation précise des placettes entre 2 campagnes de suivi et se situer sur orthophotos aériennes : de 300 € (GPS) à 3 000 € (tablette de terrain de type FieldBook) ;
- Décamètre : environ 10 € ; pour les grands sites, prévoir un matériel complémentaire tel qu'une corde graduée tous les 5 à 10 m et son enrouleur permettant de relever la distance de la placette par rapport au point de départ ;
- bornes de géomètre : environ 40 € par borne (facultatif).
- Topofil + bobine (pas nécessaire si tablette de terrain) : 250 €

En annexe :

- La fiche de relevé de terrain (annexe 2 P02) ;
- Les référentiels nécessaires à la mise en œuvre du protocole (annexe 2 P02).

Le référentiel flore utilisé pour LigéO est actualisé en TAXREF 12 en 2020. Des ajouts (peu nombreux) ont été effectués pour des espèces ou des taxons infra-spécifiques non inclus dans cette version.

À chaque taxon est associé un certain nombre de valeurs indicatrices (valeur d'engorgement, valeur de fertilité, statuts divers...) qui servent pour le calcul des indicateurs. Les valeurs attribuées aux espèces, l'ont été par le CBNBP associé au CBN de Brest et au CBN Massif Central afin de couvrir la majeure partie du bassin de la Loire et de la Bretagne.

L'échelle utilisée dans la BAO RhoMÉO a été conservée pour l'humidité édaphique (I02, 1 à 10). Pour la trophie (I06), l'échelle varie de 1 à 9. Les valeurs les plus fortes correspondent aux milieux les plus humides (aquatiques) ou les plus riches en nutriments (hypertrophe).

Bibliographie

CHYTRY M. & OPTYKOVA Z., 2003. Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. *Journal of Vegetation Science* 14 : 563-570.

EWALD J., 2003. The sensitivity of Ellenberg indicator values to the completeness of vegetation relevés. *Basic and Applied Ecology* 4 : 507-513.

JULVE Ph. 2012. CATMINAT. Document téléchargeable à l'adresse suivante : <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>

LANDOLT E. et al., 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376 p.

PIÉZOMÉTRIE

Description et principes du protocole

Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux

Pour prendre en compte les variations spatiales des effets de la restauration sur la nappe, un seul piézomètre dans la zone de travaux ne suffit pas. A minima, un second piézomètre est nécessaire, voire plusieurs en réseau. « Ce réseau d'impact doit être à la fois les évolutions de la zone humide, potentiel de la restauration, et de la zone humide, si ces deux ensembles ne se superposent pas. La densité de réseau de suivi doit être envisagée en fonction du type de restauration (augmentation des apports d'eau, suppression du drainage, etc.) et du type de zone humide (zone alluviale, tourbière, etc.) ». Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration BAOZH, 2017.

les piézomètres peuvent ne pas excéder deux mètres de hauteur. Ce protocole nécessite d'envisager une mainte-

Principes généraux

Il s'agit de suivre les variations de la nappe d'eau dans le sol et de traduire la dynamique hydrologique de la zone humide. Pour cela, un piézomètre, servant de puits d'observation, est installé et équipé d'une sonde de pression permettant l'enregistrement automatique des valeurs de nappe. Comme il s'agit de mesurer les variations de la nappe à proximité de la surface et non dans les formations profondes,

nance du matériel à moyen et long terme (TAYLOR et ALLEY, 2001).

Type de données collectées*

Les sondes relèvent automatiquement les données selon le pas de temps défini par l'observateur. Un relevé toutes les heures est préconisé. Les fluctuations de la nappe pendant un pas de 4h, par exemple, peuvent ne pas être négligeables (LALOT, 2014). Par convention pour le calcul de cet indicateur, il s'agit, ici, de profondeur par rapport à la surface du sol, les valeurs sont donc positives lorsque la nappe se situe dans le sol et négatives si elle dépasse la surface et inonde le sol.

Type d'échantillonnage

Pour un suivi de l'état, un seul piézomètre équipé peut être installé par site. Bien évidemment, la localisation du piézomètre doit être réfléchi afin de se situer dans un contexte hydrologique et topographique moyen à l'échelle du site. Cela est d'autant plus vrai que le site est vaste.

Méthode de mise en place

Les piézomètres « ouverts » sont de simples tubes, qui permettent depuis la surface d'accéder à l'eau d'une nappe. Fabriqués à partir de tubes métalliques ou en PVC perforés sur toute la longueur présente dans le sol, ils permettent d'observer le niveau piézométrique. Ils peuvent être installés à la tarière manuelle, aidée éventuellement d'une rallonge suivant le type de sol observé. Il est fortement conseillé de recouvrir toute la partie du tube dans le sol et fermer le bas du tube par un géotextile, pour empêcher le ma-

tériel du sol de rentrer dans le tube (colmatage). Les tubes dépassent du sol pour faciliter leur repérage au milieu de la végétation. Une marque est réalisée au niveau du sol pour matérialiser le niveau 0 et vérifier que le piézomètre ne bouge pas au fil du temps. Les tubes sont équipés de sondes à capteur de pression permettant l'enregistrement automatique des valeurs à un pas de temps défini.

La sonde doit être positionnée proche du fond du tube. Celle-ci doit toujours être immergée. Une longue période hors d'eau peut endommager le matériel de mesure.



* Pas de temps horaire : pour la représentation des variations des hauteurs de la nappe, les données journalières sont demandées. Si les données ont été récoltées sur un pas de temps horaire, il est possible de faire la moyenne journalière des hauteurs de nappe.



Méthode de mise en place (suite)



Il est recommandé de mettre un bouchon amovible sur le haut du tube. Attention à employer un tube d'au moins 5 cm de diamètre pour pouvoir enfiler la sonde (exemple d'installation en annexe 2 P03). Le haut du tube peut être élargi (par exemple 10 cm) afin de faciliter la fixation du système de lecture et pour certaines sondes d'enrouler le câble excédentaire.

Différents fabricants proposent aujourd'hui des enregistreurs de niveau de nappes basés sur une sonde de pression (ott, hydreka, aqualyse, schlumberger, paratronic, solinst...).

Si les propositions techniques diffèrent quelque peu, le principe général consiste à mesurer la pression absolue en profondeur, correspondant à la somme de la pression atmosphérique et de la pression due à la colonne d'eau. Il est donc nécessaire de compenser la pression absolue par la pression atmosphérique enregistrée en surface et ainsi isoler la pression uniquement liée au poids de la colonne d'eau. Le logiciel convertit ensuite la pression en centimètres d'eau. Pour établir cette compensation, un baromètre est utilisé. Celui-ci est installé en dehors de toute zone inondable, car ce matériel supporte mal un temps d'immersion trop important. C'est la raison pour laquelle il est déconseillé d'utiliser des sondes avec baromètre intégré, mais d'utiliser un baromètre indépendant qui, le

cas échéant, peut servir pour l'ensemble des piézomètres à l'échelle du site, dans un rayon d'une vingtaine de km.

Aujourd'hui les capacités de stockage des données ne sont plus un facteur limitant, les sondes pouvant stocker plusieurs centaines de milliers de valeurs.

Deux documents annexés précisent la méthode de fabrication des tubes piézométriques et l'utilisation du logiciel de paramétrage des sondes Héron (annexe 2).

Caractériser l'origine de l'eau

Avant d'évaluer l'impact de la gestion de la zone humide sur la nappe d'eau, il convient préalablement d'en définir les modes d'alimentation. S'ils ne sont pas déjà connus, un temps sur le terrain peut être consacré à leur identification. Pour ce faire, il suffit de parcourir la zone humide et de relever les sources, les ruisseaux, les fossés qui alimentent et qui drainent. Ces éléments peuvent être représentés schématiquement sur un croquis. S'ils sont absents, une alimentation par la nappe et/ou atmosphérique (pluie) peut être supposée. Il peut également être intéressant d'interroger les usagers locaux et les riverains sur le fonctionnement hydrologique de la zone étudiée. Les informations recueillies de cette façon ont vocation à contextualiser et renforcer l'analyse et l'interprétation des mesures piézométriques.



Piezomètre équipé d'une sonde de mesure automatique



Méthode de mise en place (suite)

Préconisations quant à la localisation du point d'installation du piézomètre

- Les limites de la zone humide doivent avoir préalablement été définies sur une carte ;
- Les différents modes d'alimentation de la zone humide doivent être identifiés (pluie, ruissellement de surface, débordement d'un cours d'eau, présence de sources...). Ces modes d'alimentation peuvent se confondre et/ou se succéder dans l'année ;
- S'assurer de la compatibilité du dispositif avec la gestion du milieu. S'il y a pâturage, prévoir un enclos de protection. En cas de fauche, rendre le tube visible pour un conducteur de tracteur ;
- Préférer l'installation du piézomètre dans une partie centrale, correspondant à un habitat ou du moins à un milieu très représenté à l'échelle du site. En s'appuyant sur l'observation de la micro-topographie de surface, on évitera de positionner le piézomètre dans un creux ou sur une butte, les bords de fossé, les bosquets d'arbres qui constitueraient une situation singulière à l'échelle du site.

Dans le cadre d'un suivi long terme, compte tenu du fait qu'un seul piézomètre est utilisé, le respect de ces préconisations de mise en œuvre est primordial pour optimiser l'obtention d'une réponse représentative de la dynamique de fonctionnement globale du site.

Avant l'installation d'un piézomètre, la réalisation d'une déclaration préalable de travaux peut être nécessaire. Se rapprocher de la DDT du département afin de connaître leur position sur ce sujet. De plus, la maîtrise foncière est nécessaire afin d'installer de façon pérenne le piézomètre.

Une photographie de la zone d'emplacement du piézomètre est réalisée.

Le jour de l'installation du piézomètre, ainsi que lors de chaque relevé de sonde, il est préférable de vérifier le paramétrage de la sonde en comparant une mesure manuelle de la profondeur de la nappe avec une lecture «en temps réel» fournie par le logiciel. La mesure manuelle avec un mètre ruban est celle

de la profondeur de la nappe visible dans le trou creusé à la tarière avant installation du piézomètre.

La lecture de la profondeur de la nappe en temps réel dépend du logiciel utilisé. Avec le logiciel Heron (annexe 2) il suffit de cliquer sur « REAL TIME READINGS » après avoir installé le piézomètre et paramétré la sonde (annexe 2 : notice d'installation des piézomètres et utilisation de la sonde Héron).

Hors vandalisme ou "casse" (faucheuse, bétail, mammifères sauvages), le colmatage du tube est le principal problème provoquant des erreurs de mesure. Il est donc nécessaire de veiller au bon fonctionnement du dispositif pour éviter les lacunes dans les séries de données qui empêcheraient le calcul de l'indicateur.

Calendrier et relevé des données

Outre un passage régulier dans les premiers mois d'installation afin de vérifier le bon fonctionnement du dispositif, le relevé des données collectées par la sonde peut être réalisé plusieurs fois par an, tous les 2 ou 3 mois environ. Ceci permet de contrôler la bonne prise de mesures de l'appareil et de s'assurer qu'un dysfonctionnement n'a pas engendré de lacunes dans la série de données. L'extraction des données ne prend que quelques minutes et peut donc être mutualisée avec une visite de site dans le cadre d'un des autres protocoles de suivis.

Afin de parfaire l'analyse et l'interprétation des données récoltées par le piézomètre, il convient de recueillir les informations concernant la pluviométrie de l'année sur un site de météorologie, qui seront analysées a posteriori afin d'étayer l'interprétation de l'indicateur.

Validation de la zone d'impact des travaux à l'aide d'un réseau de piézomètre

(Source : Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration)

La zone d'impact des travaux est l'espace de référence pour l'évaluation d'une restauration du milieu.

Méthode de mise en place (suite)

Il est nécessaire de s'assurer de la pertinence de sa délimitation. Pour cela il est proposé une méthode de validation de la zone d'impact qui repose sur un suivi spatialisé des niveaux de la nappe grâce à la mise en place du réseau de piézomètres. Ce réseau de piézomètres permet de suivre de façon ponctuelle, mais régulière l'évolution du niveau de la nappe de la phase de préparation avant travaux jusqu'à la fin du chantier. Cherchant à observer l'impact des travaux sur la saturation en eau en surface, les piézomètres du réseau peuvent être peu profonds (1,5 mètres maximum).

Le nombre et la disposition des piézomètres doivent être envisagés pour observer l'évolution du gradient de profondeur de la nappe. Ce gradient peut-être observé (se référer visuellement au schéma de la fiche I03) :

- longitudinalement (de l'amont vers l'aval) en fonction de la pente de la surface topographique;
- latéralement en fonction de l'incision du lit et de la nature du substrat (perméabilité).

H1 - hauteur du tube hors sol

Elle doit être suffisamment haute pour laisser l'enregistreur hors d'eau (supérieure aux niveaux de crue), celui-ci ayant une capacité de submersion limitée.

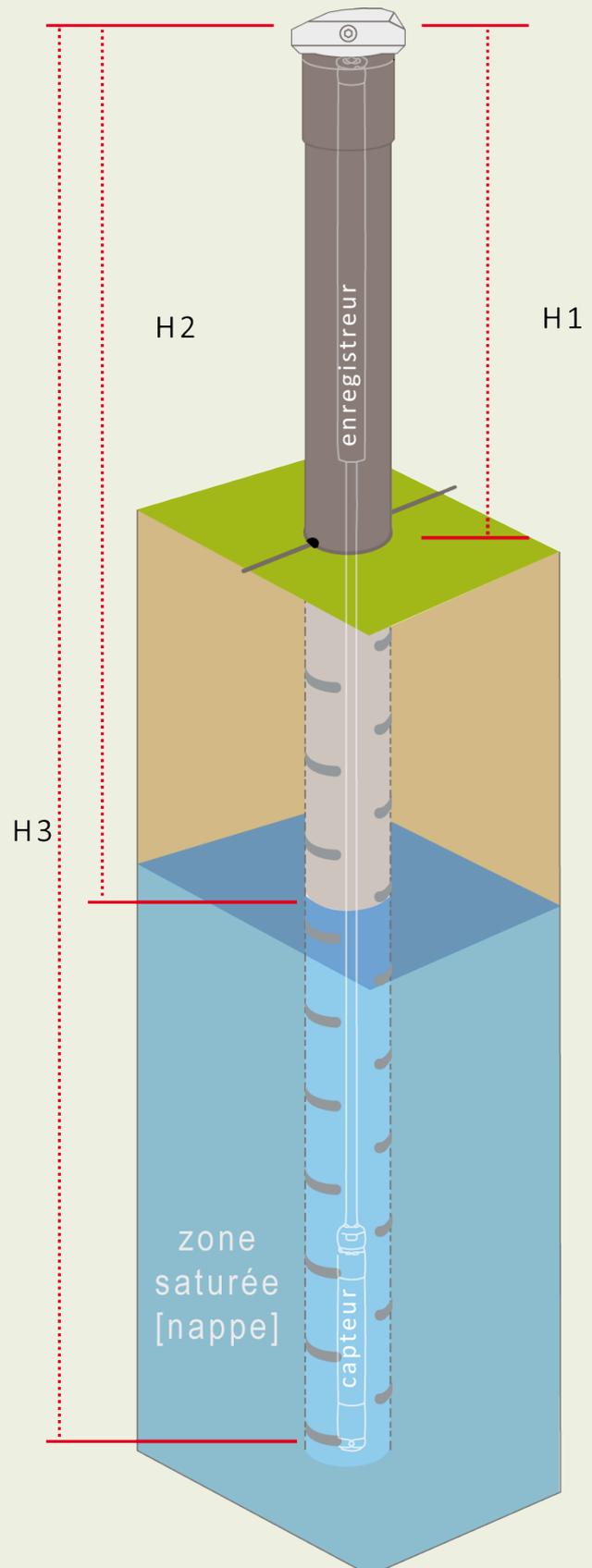
H2 - profondeur de la nappe

Le logiciel convertit les variations de pression au-dessus du capteur en variations de hauteur d'eau. Pour cela, elle soustrait de la pression totale la pression atmosphérique mesurée au niveau de l'enregistreur (compensation).

H3 - profondeur maximale de mesure de la nappe

La profondeur du capteur détermine l'amplitude maximale des mesures possibles.

Figure 1 : principes d'installation d'une sonde de type Héron





Représentativité des données

Précision de l'information

Si les profondeurs de la nappe varient à l'échelle du site, en relation avec la microtopographie, mais également en fonction du gradient hydraulique (pente d'écoulement de la nappe), le suivi de réseau de piézomètres montre le bon niveau de corrélation des niveaux piézométriques en zone humide. Ainsi, en ne suivant sur une longue période, qu'un seul point de la zone humide, une image fidèle du fonctionnement de la dynamique, c'est-à-dire des rythmes et de l'amplitude des variations, peut être obtenue (PORTERET 2008).

Représentativité de l'information collectée

L'impact des modifications des apports d'eau (drainage, prélèvement) d'une zone humide se traduit directement sur les niveaux de la nappe dans le fonctionnement hydrologique du milieu (suivant l'équation du bilan de l'eau). Toutefois, c'est l'ampleur des volumes d'eau soustraits à la zone humide qui détermine l'impact sur la baisse de la nappe. Si cet impact peut être masqué à court terme par les fluctuations des apports atmosphériques (précipitations), cela n'est plus le cas lorsque l'on considère la tendance à moyen terme (5 ans).

Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux*

Le suivi d'un réseau de piézomètres afin de caractériser les dynamiques de la nappe en cours et après travaux peut nécessiter un coût supplémentaire car l'indicateur de la BAO nécessite de collecter à minima une donnée journalière. Ceci est possible avec un équipement de sonde automatique dans les piézomètres. Il est possible pour permettre l'évaluation des effets de la restauration de combiner au sein du réseau de piézomètres, des relevés journaliers automatiques et des relevés manuels ponctuels. Comme cela a été montré dans le programme RhoMéO, mais également dans différents travaux scientifiques (PORTERET, 2008, RAMOND, 2015), il peut être établi que les niveaux de la nappe fluctuent aux différents points du réseau de manière identique. A partir de ces données ponctuelles, un jeu de données journaliers peut-être reconstruit pour le calcul de l'indicateur pour des piézomètres non équipés de sonde automatique. Pour cela, il est nécessaire dans la phase d'état initial d'établir le niveau de corrélation des variations de la nappe des différents piézomètres du réseau. L'ensemble des précautions utiles à l'analyse de données en statistique doit être pris pour s'assurer de la validité des valeurs calculées. Si ces pré-requis sont remplis il est alors possible d'analyser l'évolution de la distribution des niveaux de la nappe de l'ensemble des piézomètres d'un réseau relevé automatiquement et manuellement.

* Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration, 2017

Opérationnalité de la collecte

Compétences requises

La mise en place, le paramétrage et le suivi des sondes demandent des compétences qui peuvent être facilement acquises par les opérateurs. Les différentes notes d'installation et manuels d'utilisation permettent une prise en main rapide des outils (matériel et logiciel). Par ailleurs, certains fabricants de matériels proposent des formations pour leur utilisation.

Temps moyen de collecte (coût)

Au delà de la phase initiale d'installation (1/2 journée) et de vérification du bon fonctionnement du dispositif (2 à 3 passages dans les mois suivant l'installation), le relevé des données ne demande que quelques minutes. Si, avec l'utilisation de pile

lithium, l'autonomie (batterie et mémoire) atteint plusieurs années (jusqu'à 5 ans), il est conseillé d'effectuer les relevés 4 fois par an.

Temps de validation et saisie des données

Les données journalières peuvent être exportées directement du logiciel d'exploitation de la sonde vers un tableur ou une base de données. Comme pour tout dispositif d'enregistrement automatique de mesures, il est toutefois nécessaire de prévoir une vérification de la cohérence globale des données.

Opérationnalité de la collecte (suite)



Coût matériel/données /prestation/analyse

Le coût d'équipement d'un site (sonde + baromètre si nécessaire) est de 1 500 à 2 000 euros ; la maintenance et le suivi représentent 1 journée de travail par an.

Variables météorologiques

La collecte de variables météorologiques, et notamment la pluviométrie, est indispensable au processus d'évaluation de l'indicateur.

Dans le cas d'un suivi de restauration, l'analyse de la réponse attendue du milieu suite à des travaux doit être réalisée dans un temps beaucoup plus restreint que l'évaluation de l'évolution globale du milieu. Pour cela la mobilisation des valeurs de normales climatiques est un bon outil pour contextualiser la situation hydrologique pendant et après restauration.

En annexe

- Note sur la fabrication de piézomètres (annexe 2).
- Note sur le paramétrage du logiciel Héron (annexe 2)

Bibliographie

La Boîte à outil de suivi des zones humides, 2017 - Guideméthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration.

LALOT E., 2014. Analyse des signaux piézométriques et modélisation pour l'évaluation quantitative et la caractérisation des échanges hydrauliques entre aquifères alluviaux et rivières - Application au Rhône. Thèse en Sciences de la Terre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2014.

PORTERET J., 2008. Fonctionnement hydrologique des têtes de bassin versant tourbeuses du Nord-Est du Massif Central - PhD thesis. Université Jean Monnet - Saint-Etienne (2008-12-08), Hervé Cubizolle (Dir.)

RAMOND S., 2015. Réponses hydrologiques de la Loire moyenne aux changements environnementaux. Thèse de doctorat, Université Paris 8.

TAYLOR C.J. & ALLEY W.M., 2001. Ground-water-level-monitoring and the importance of long term water level data - US Geological Survey, Circular 1217 p.



ODONATES

Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux

Les odonates constituent un bon indicateur de la dynamique et de l'impact sur la biodiversité des opérations de restauration d'un milieu humide. Cet indicateur répond rapidement à la création d'habitats odonatologiques favorables (aquatiques).

de temps en appliquant une pression d'observation calibrée et reproductible.

Description et principes du protocole

L'objectif du protocole est de réaliser un inventaire du peuplement d'odonates de la zone humide le plus complet possible dans un minimum

Les données collectées sont des informations de présence des espèces, complétées d'informations semi-quantitatives et qualitatives sur un réseau de points d'observation.

L'échantillonnage est stratifié pour répartir la pression d'observation sur les différents habitats odonatologiques.



Méthode de mise en place



Plan d'échantillonnage

Pour décrire la richesse totale de la zone humide, il est nécessaire d'échantillonner tous les types d'habitats disponibles pour les odonates. Il convient donc d'avoir au préalable une connaissance suffisante de la zone humide et des habitats odonatologiques présents (SFO, 2001 ; GRAND et BOUDOT, 2006 ; DELIRY 2008 ; annexe 2 P06). Il est important de souligner que cette notion d'habitat odonatologique ne se superpose pas à la notion d'habitat au sens de la végétation ou de la phytosociologie.

Des nuances ont été apportées à la typologie SFO pour divers cas de figures ; certains habitats ont été créés ou sous-divisés pour affiner leur vision en rapport avec les cortèges odonatologiques s'y trouvant (annexe 2 P06).

La typologie des habitats est en effet le point le plus névralgique du protocole, le choix et la délimitation des habitats odonatologiques conditionnant sa suite. Certains habitats, s'ils s'avéraient mal ou trop largement définis, pourraient révéler une liste d'espèces moins riche que ce qu'ils contiennent réellement : une vision trop large de l'habitat conduisant à un sous-échantillonnement à l'aide du protocole. Une réadaptation affinée et spécifique pour les habitats de l'ensemble du bassin versant de la Loire a donc été nécessaire.

Une cartographie des surfaces en eau doit être réalisée à l'aide de cartes topographiques, de photographies aériennes et d'une visite préalable du site. Dans l'idéal, les différents habitats odonatologiques identifiés lors de la reconnaissance terrain servent de typologie à cette cartographie.

Une fois ce travail d'identification des habitats odonatologiques effectué et avant de se lancer dans la mise en place effective du plan d'échantillonnage et des relevés de terrain, il est recommandé de vérifier que la liste d'espèces attendues sur cette zone comporte bien des espèces à fort lien avec les habitats de la zone humide. (annexe P06, Calcul de la liste des espèces attendues). En effet, dans quelques cas de zones humides situées dans des départements à la faune odonatologique assez pauvre et ne présentant qu'un seul habitat odonatologique, cette liste ne comporte aucune espèce sténoèce et l'indicateur ne peut alors être calculé. Dans ce cas, il est inutile de lancer la collecte des données.

Le plan d'échantillonnage s'appuie sur la liste des habitats odonatologiques identifiés sur la zone humide. Au sein de chaque habitat, au moins 3 points d'observation seront mis en place et éventuellement jusqu'à 6. Dans le cas d'habitats odonatologiques présentant des nuances significatives (cas des cours d'eau et annexes hydrauliques fluviales courantes), notamment avec les différents faciès du chenal, « radier » et « mouille », seront répartis les points de suivi de manière à échantillonner ces différentes nuances. Pour les habitats fragmentés, on veillera à échantillonner les différents « patchs » présents. Certains habitats faiblement représentés dans la zone humide ne permettent pas l'installation de 3 points d'observation. Ils seront néanmoins échantillonnés au mieux afin de décrire le plus complètement possible le peuplement de la zone humide.

Méthode de mise en place (suite)

Exemple de la Tourbière des Landes

La tourbière des Landes (Cher) est une tourbière acide (type SDAGE 10 : 10,28 ha) gérée par le Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire et la commune de Ménétréol-sur-Sauldre. Le peuplement d'Odonates de cet espace naturel est assez bien connu avec la mention de 28 espèces de libellules. Pour l'échantillonnage, il a été identifié 4 habitats odonatologiques qui présentent suffisamment d'espèces sténoèces attendues sur ce territoire. Un plan d'échantillonnage pour chaque habitat a été défini (tableau et carte) qui permet de réaliser une session en moins de 6 heures.

Cas particuliers

Au cours de l'élaboration du projet RhoMéO, les cas suivants ont été rencontrés sur les sites tests :

- Zone humide attenante à une masse d'eau de type lac : vérifier que l'interface entre la masse d'eau et la zone humide (partie du lac de profondeur inférieure à 3 m abritant des formations d'hélophytes et d'hydrophytes) est bien intégrée dans la zone humide. Dans le cas où plusieurs zones humides attenantes au lac ont été définies séparément, les réunir dans un seul polygone rassemblant toutes les

zones humides riveraines et la frange peu profonde du lac pour définir l'univers d'échantillonnage ;

- Zone humide alluviale : souvent la masse d'eau (= le cours d'eau) est exclue de l'enveloppe zone humide. Il convient, comme pour les lacs, d'intégrer toutes les zones d'interface des berges et parties peu profonde dans l'univers d'échantillonnage. Afin de simplifier le travail de délimitation, il est préconisé d'intégrer l'ensemble du chenal du cours d'eau.
- Le cas des constellations de petites zones humides (marais, mares...), souvent héritées d'une zone humide antérieure plus vaste, réduite ou fragmentée par drainage ou mise en culture, peut être traitée en construisant un univers d'échantillonnage unique réunissant l'ensemble du réseau. Dans ces deux derniers cas de zones humides fragmentées, cette méthode facilite la mise en place d'un nombre de points d'observation suffisant pour atteindre une validité correcte de l'échantillonnage.

Enfin, dans les essais propres au protocole LigéO s'est ajouté le cas suivant, où la pertinence de la réalisation devra être préalablement évaluée :

Liste des habitats odonatologiques de la Tourbière des Landes

Code	Nom de l'habitat odonatologique	Types d'échantillonnage prévus
1a	Sources et suintements de plaine bien exposés	4 transects
1b	Sources et suintements de plaine ombragés à semi-ombragés	1 point
10a	Mares permanentes ouvertes avec présence de végétation aquatique	1 transect
11	Mares permanentes, petits milieux (<0,5 ha) forestiers permanents ombragés	1 point



I10- Intégrité du peuplement d'Odonates

Exemple du plan d'échantillonnage de la Tourbière des Landes

- Habitats
- Mares fermées
 - Mares ouvertes
 - Sources et suintements ombragés
 - Sources et suintements ouverts
 - Points de suivis
 - Transects

BDORTHO WM - D978 2017





Méthode de mise en place (suite)

- mares et marais saumâtres littoraux temporaires (type de zone humide 2 et 3) : il conviendra de définir les potentialités d'accueil du Leste à grands stigmas (*Lestes macrostigma*) avant de projeter une campagne d'échantillonnage dans ce type d'habitats. Les mares à assèchement trop précoce et/ou dépourvues de la végétation héliophyte adéquate (*Bolboschoenus maritimus* et/ou *Juncus maritimus*) devront être écartées d'office.

Surfaces d'observation

L'observateur choisit la surface d'observation en fonction de la configuration du site et des conditions de déplacement. Il peut s'agir :

- **de transects de 25 m de long et 5 m de large** (2,5 m de part et d'autre de l'interface terre/eau). Cette option est à retenir dans tous les cas où l'interface terre/eau est bien marquée et où le déplacement à pied le long du transect est aisé (sol portant, eau peu profonde, zone peu encombrée). Deux transects peuvent être contigus ou proche de quelques dizaines de mètres de manière à optimiser le travail de terrain (par exemple 2 transects proches pour échantillonner un radier et une mouille adjacente sur un cours d'eau) ;
- **de points d'un rayon de 5-10 mètres**, permettant la détermination à vue (éventuellement à l'aide de jumelles) des libellules (anisoptères principalement, les zygoptères moins farouches étant le plus souvent déterminables sans jumelle ou facilement capturables). Les points doivent être distants de 25 m au moins, pour éviter le chevauchement.

Il est important que l'habitat soit homogène au sein de chaque aire d'échantillonnage (point ou transect).

Afin de réaliser les relevés au même endroit au cours d'une saison ainsi que les années suivantes (si le milieu est stable), les aires d'échantillonnage sont localisées géographiquement avec précision (points d'échantillonnage : coordonnées du barycentre ; transects d'échantillonnage : point de départ et point d'arrivée ou alors directement objet de forme ligne ou polyligne).

En cas de variations saisonnières importantes du niveau d'eau (par exemple, un milieu en connexion étroite avec la Loire), les transects d'échantillonnage peuvent être déplacés latéralement afin qu'ils restent au niveau de l'interface terre/eau.

En cas d'assèchement de l'aire d'échantillonnage au cours des sessions de terrain (mare, fossé, source...), le relevé doit être quand même réalisé.

Conditions de réalisation d'un relevé

Pour les transects, les relevés s'effectueront à marche lente. Au cours de la première visite, une durée de référence sera mesurée et restera constante pour les visites ultérieures afin de conserver la même pression d'observation.

Pour les points, le relevé dure au moins 6 minutes et l'inventaire des espèces nouvelles se fait par tranche de 2 minutes. Si la dernière tranche de 2 minutes a permis de détecter au moins une espèce nouvelle, une tranche supplémentaire de 2 minutes d'observation est ajoutée et ainsi de suite. Si cette période n'apporte aucune espèce nouvelle, le relevé est stoppé. Le temps total d'observation est noté.

Le temps passé à la capture et à la détermination d'individus est décompté du temps d'observation. Afin de limiter ces interruptions durant le relevé, il est recommandé de faire une reconnaissance préalable de la zone humide dès l'arrivée, avec capture et identification permettant de faire le point sur les espèces abondantes présentes (notamment les zygoptères) avant de réaliser les relevés définitifs sur les points de suivi.

Les relevés se réaliseront entre 10h et 16h (GMT), période optimale d'activité des imagos. Il est possible de commencer plus tôt (9h) et de finir plus tard (18h) en juin-juillet, par temps chaud (> 30°C) et lorsque les jours sont les plus longs. Les conditions météorologiques devront être « bonnes » le jour du relevé ainsi que, dans la mesure du possible, la veille de celui-ci (tableau 1). Pour un site donné, il est fortement conseillé que l'ensemble des relevés soit réalisé le même jour (limitation du temps de déplacement, conditions météorologiques similaires).

Tableau 1 : conditions météorologiques nécessaires aux relevés odonatologiques de Ligéro

(en partie inspirées de celles définies dans le cadre du STELI)

		Températures		
		≤18° C	18° - 20° C	≥ 20° C
Nébulosité	> ou = 3/4	Non	Non	Oui
	> 3/4	Non	Oui	Oui
Pluie		Non	Non	Non
Force du vent	< ou = 4 Beaufort	Non	Non	Oui
	> 4 Beaufort	Non	Non	Non

Température : prise sur le site météoFrance et exprimée en degré Celsius ;

Nébulosité : estimée et exprimée en quart : (0 - ¼ - ½ - ¾ - 1) ;



Méthode de mise en place (suite)

Force du vent : estimée et exprimée en Beaufort (voir tableau ci-contre).

Force du vent (en Beaufort)	Les indices suivants peuvent être utilisés afin d'estimer cette force;
0	La fumée des cheminées monte droit
1	Vent perceptible sur une fumée mais pas sur une girouette (1 à 5 km/h).
2	Girouette en mouvement et vent perceptible sur le visage (6 à 11 km/h).
3	Les feuilles et brindilles sont constamment en mouvement (12 à 19 km/h).
4	Les petites branches sont en mouvement. Les poussières et les papiers tourbillonnent (20 à 28 km/h). À partir de cette force, le vent ne permet plus de mener un inventaire odonatologique satisfaisant dans tous les cas.
5	Des vagues sont clairement visibles à la surface de l'eau. Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités (29 à 38 km/h). A partir de cette force, le vent ne permet plus de mener un inventaire odonatologique satisfaisant dans tous les cas.

Calendrier d'intervention

Une année de suivi se décompose en 3 visites, pour les sites de l'étage montagnard [500-1500 m] dates données entre parenthèse :

- **1^{re} visite** : avril/mai (juin) : période de vol des espèces précoces (*Brachytron pratense*, *Gomphus vulgatissimus*...)
- **2^e visite** : juin/juillet (juillet)
- **3^e visite** : août/septembre (idem) : période de vol des espèces tardives (*Lestes virens*, *Chalcolestes viridis*, *Aeshna mixta & affinis*...).

Ces périodes sont données à titre indicatif. Le déclenchement des premières investigations doit cependant impérativement se caler sur les périodes de vol des espèces précoces : *Brachytron pratense* pour les eaux stagnantes, et *Gomphus vulgatissimus* pour les eaux courantes. La date précise de la 1^{re} visite est laissée à l'appréciation de l'opérateur, en fonction des conditions climatiques et de la phénologie des espèces précoces dans sa région. Dans le cas d'habitats propices à *Lestes macrostigma*, il est vivement conseillé de réaliser le passage de juin/juillet durant les trois premières semaines de juin ; cette espèce ayant son pic d'émergence puis d'activité imaginale à ce moment, activité qui décroît ensuite rapidement.

D'une année sur l'autre, les dates de prospection devront être identiques ou quasiment (du point de vue de la phénologie des odonates). Une souplesse de plus ou moins 7 jours est permise d'une année sur l'autre, afin d'être en adéquation avec les conditions météorologiques requises plus haut.

Choix des paramètres à collecter

Pour les imagos, le relevé consistera à noter :

- l'espèce observée ;
- la présence d'un ou plusieurs individus ;
- la présence de mâles et de femelles ;
- le comportement reproducteur (autochtonie) le plus

significatif : émergent ou exuvie, néonate ou ponte, accouplement et tandem, défense territoriale. **Il est très important de noter le comportement reproducteur pour l'exploitation des données.**

Les exuvies d'anisoptères seront recherchées attentivement et récoltées durant le deuxième laps de temps du relevé, spécialement dédié à cet effet. Elle est obligatoire pour deux types de zones humides où les exuvies sont indispensables pour repérer des espèces discrètes au stade imago : grands cours d'eau (Gomphidés...) et tourbières d'altitude (*Somatochlora*).

Dans le cas des transects en berge, elle s'effectuera donc au retour, sur une largeur de 1 m à partir de l'eau, ou par prospection des gouilles en tourbière. Les exuvies peuvent être situées sur divers supports ou sur le sol lui-même, parfois à plus d'1,50 m de hauteur par rapport à la surface de l'eau.

Les exuvies seront stockées dans des boîtes (une boîte par point de suivi et date) en attendant d'être déterminées au laboratoire.

Ces boîtes seront référencées avec le code du point de suivi, la date du relevé et le nom de l'observateur.

Pour les exuvies, récoltées puis déterminées en laboratoire, seront notés :

- le niveau taxonomique le plus précis à l'exception de certains *Sympetrum*. *Sympetrum sanguineum*, *S. meridionale* et *S. striolatum* ne peuvent être déterminés au niveau spécifique avec certitude. Ils seront donc notés dans un groupe réunissant ces 3 taxons,
- le nombre d'individus.

Ces observations seront consignées sur une fiche de terrain (annexe 1).



Méthode de mise en place (suite)



Exuvie de libellule

Construction du tableau de résultat

A l'issue de la phase de terrain et de la détermination des exuvies au laboratoire, les données sont saisies dans un outil de type base de données. Dans le cas où certaines observations concernent des taxons qui n'ont pu être déterminés au niveau spécifique (observation furtive d'un anisoptères, exuvies de *Sympetrum*...), il convient de toiletter le tableau de manière à éviter des redondances taxonomiques. Plusieurs cas se présentent (cf. tableau ci-dessous).

Règle de gestion à appliquer en fonction des différents cas d'observation

Cas	Règle de gestion
Un seul taxon observé dans le genre, non déterminé au niveau spécifique. Ex : <i>Sympetrum sp</i>	Le taxon est conservé. Ex : <i>Sympetrum sp</i>
Deux taxons observés dans le genre dont un non déterminé au niveau spécifique. Ex : <i>Aeshna affinis</i> et <i>Aeshna sp</i> ou <i>Aeshna affinis</i> et <i>Aeshna mixta/affinis</i>	Seules les données concernant le taxon formellement déterminé au niveau spécifique sont conservées. Ex : <i>Aeshna affinis</i>
Plus de deux taxons observés dans le genre dont au moins un non déterminé au niveau spécifique. Ex : <i>Sympetrum striolatum</i> , <i>Sympetrum sanguineum</i> et <i>Sympetrum sp.</i>	Les occurrences de taxons non déterminées au niveau spécifique sont attribuées aux taxons formellement identifiés au prorata de la fréquence de contact des taxons déterminés. Ex : Si <i>Sympetrum striolatum</i> est contacté 4 fois et <i>S. sanguineum</i> , une fois, 4/5 des occurrences de <i>Sympetrum sp.</i> sont affectées au premier et 1/5 au second. Si le nombre d'occurrence de <i>Sympetrum sp.</i> est inférieur à 5, toutes les données sont affectées à <i>S. striolatum</i>

Représentativité des données



La méthode proposée est peu sensible à la variabilité temporelle ou spatiale si le plan d'échantillonnage est bien construit et le calendrier phénologique respecté. L'attention des opérateurs doit être attirée sur l'importance de la première campagne qui permet de détecter des espèces à phénologie précoce.

Le premier passage permettant de calibrer le temps de passage pour les deux campagnes suivantes. Celui-ci ne doit pas être trop rapide même si le nombre de taxon est limité. Sur des sites bien connus au préalable, la richesse observée est proche, tout en étant toujours inférieure, à la richesse réelle.



Opérationnalité de la collecte

Compétences requises

Le protocole nécessite une assez bonne connaissance des odonates puisque la détermination à l'espèce est requise. Une personne débutante passera à côté de certaines espèces (confusion entre espèces voisines, moins bonne détection) et passera beaucoup de temps à se former à l'identification, ce qui diminuera l'efficacité du travail sur le terrain. Ainsi, la richesse observée risque d'être inférieure au seuil requis pour valider l'indicateur. Par contre un observateur déjà familiarisé avec ce groupe taxonomique, sans pour autant être spécialiste, pourra rapidement être opérationnel. La disponibilité d'outils de détermination efficaces et robustes, tant pour les imagos que les exuvies, facilite une progression rapide. Deux documents constituent les outils essentiels de détermination (A. WENDLER et J.H. NÜSS, 1997 ; G. DOUCET, 2010). ils sont disponibles auprès de la Société Française d'Odonatologie (<http://www.libellules.org>)

Durée /coût nécessaire aux prospections

Un observateur opérationnel réalise une dizaine de points d'observation en une journée si le temps de déplacement (accès à la zone humide, déplacement entre points) reste peu important. Ainsi une petite zone humide présentant 2 à 3 habitats odonatologiques peut être couverte en 4,5 jours (1 journée de reconnaissance et élaboration du plan d'échantillonnage – qui peut être commune avec d'autres protocoles faune, notamment amphibiens -, 3 journées de collecte des données sur le terrain auxquelles il faut ajouter au maximum une demi-journée pour la détermination des exuvies).

Notons que des zones humides plus étendues et plus diversifiées nécessiteront la mise en place d'un nombre plus élevé de points de suivi : chaque campagne pourra alors s'étaler sur deux jours au lieu d'un (les opérations de terrain totaliseront donc 7,5 jours/an dans ce cas pour l'ensemble du suivi).

Durée / coût de la gestion des données

Le nombre de données collectées est assez peu important (de l'ordre d'une dizaine de taxons par point d'observation et date) ce qui représente au total environ 200 données/an pour une petite zone humide et peut atteindre de l'ordre d'un millier de données/an pour les grandes zones humides diversifiées. Le temps de gestion des données est donc relativement peu important si un outil efficace est à disposition et si la saisie se fait au fur et à mesure de l'acquisition (saisie dès retour au bureau).

Néanmoins, additionné, cela représente tout de même une certaine durée qui devra être prise en compte, il est préconisé de prévoir une demi-journée à une journée par zone humide, selon sa taille et sa diversité.

Coût du matériel

Le matériel spécifique nécessaire à la phase terrain est peu onéreux : waders (ou cuissardes), filet, loupe à main, jumelles, guides de détermination, petites boîtes en plastique pour stocker les exuvies. La détermination des exuvies nécessite une loupe binoculaire. La conception d'échantillonnage et la mise en place des points de suivi nécessitent des outils généralement disponibles dans les structures : SIG, GPS, topofil... En annexe :

- la fiche de relevé de terrain (annexe 1 P06)
- les référentiels (annexe 2 P06)

Bibliographie

AMOROS C., PETTS G.E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson 295 pages.

DELIRY C. (coord), 2008. *Atlas illustré des libellules de la région Rhône-Alpes Dir du Groupe Sympetrum et Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble. Collection Parthénope, Éditions Biotope, 408 pages.*

DIJSKTRA K.-D. B., 2007. *Guide des Libellules de France et d'Europe. Traduction et adaptation française Philippe Jourde. Editions Delachaux et Niestlé, Neuchatel-Paris : 320 p.*

DOUCET G., 2011. *Clé de détermination des exuvies des Odonates de France. 2ème édition revue, corrigée et augmentée. Société française d'Odonatologie, Bois-d'Arcy : 68 p.*

GRAND D., BOUDOT J.-P. & DOUCET G., 2014. *Cahier d'identification des Libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Éditions Biotope : 136 p.*

GRAND D., BOUDOT J.-P., 2006. *Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg Collection Parthénope, Éditions Biotope, 480 pages.*

IORIO E., 2015. – *Éléments de doctrine régionale pour la prise en compte des odonates dans le cadre des études réglementaires en Pays de la Loire. DREAL Pays-de-la-Loire & DREAL Basse-Normandie : 26 p.*

IORIO E. & HERBRECHT F., 2014. *Boîte à outils SeinO, taxon des Odonates : examen et comparaison des protocoles «Rhoméo» et «Steli». Rapport GREZIA pour la DREAL Basse-Normandie, l'Europe et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie : 7 p.*

SFO & MNHN, 2011. *Suivi temporel des Libellules STELI. SFO, OPIE, CEN Nord Pas-de-Calais et MNHN : 5 p.*

SFO, 2001. *Liste des habitats odonatologiques. mise à jour octobre 2001. www.libellules.org, 1 page.*

VANAPPELGHEM C., 2007. *Protocole du nouvel atlas des odonates de la région Nord-Pas-de-Calais. Le Héron, 40 (1) : 43-52.*

WENDLER A., NUSS J.H., 1997. *Guide de détermination des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale. SFP, 129 p.*



AMPHIBIENS

Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux

L'indice d'intégrité du peuplement d'amphibiens est pertinent dans le cas de restauration et notamment de création d'un milieu même s'il présente un domaine d'application restreint. Les communautés amphibies et terrestres réagissent rapidement et significativement à un nouveau fonctionnement initié par des travaux de restauration.

Description et principes du protocole

Il n'existe pas de méthode unique de dénombrement applicable à l'ensemble des espèces d'amphibiens et aux différents stades de leur développement. La recherche des amphibiens, tant pour le suivi que pour l'inventaire, s'appuie sur plusieurs méthodes.

Certaines visent à rechercher les adultes, soit dans l'eau, soit sur terre, à l'aide de lampes, d'épuisettes ou au chant, d'autres à inventorier les larves. Tant pour le suivi que pour l'inventaire, la plupart de ces techniques sont utilisables et sont généralement utilisées de manière combinée par les herpétologues.

L'objectif du protocole est de réaliser un inventaire calibré et reproductible du peuplement d'amphibiens de la zone humide. Pour cela, il est nécessaire que les méthodes d'échantillonnage mises en place lors de la première campagne soient reproduites les années suivantes. Ce dernier doit être le plus complet possible dans un minimum de temps.



Méthode de mise en place

Type de données collectées

Les données collectées sont des informations de présence/absence des espèces (données qualitatives), complétées d'informations semi-quantitatives (voir paragraphe 2). Elles sont collectées sur un réseau de points d'observation afin d'alimenter l'analyse du peuplement sur l'ensemble du site.

Type d'échantillonnage

Afin de répartir la pression d'échantillonnage sur les différents milieux, une stratification est appliquée ; elle vise à échantillonner de manière représentative les différents habitats herpétologiques (annexe A2 P07) ; ils correspondent à une simplification de la liste des habitats odonatologiques produite par la S.F.O. libellules.org.

Limites

L'objectif est de ne pas passer plus d'une demi-journée par site et par session, quelle que soit la taille de la zone humide échantillonnée. Cependant, pour des sites d'une superficie supérieure à 2 000 ha, en fonction de la complexité et de la diversité des habitats, le seuil de 0,5 jour pourra éventuellement être augmenté dans la limite de 1 jour. D'un point de vue opérationnel, il est toutefois

recommandé de ne pas dépasser 4h d'inventaire (½ journée). Compte tenu du fait que certaines sessions sont nocturnes, le temps d'inventaire ne doit pas représenter une charge trop lourde de travail sur le terrain.

Il faut veiller à respecter une pression d'échantillonnage sur les habitats conforme à l'ensemble de la surface et à déployer les suivis de manière équitablement répartie sur la totalité du site.

Le protocole ne sera pas mis en œuvre les jours de pluie ou de vent important (c'est-à-dire présence de vagues même légères à la surface de l'eau).

Exemples : pour un site représentant 4 habitats herpétologiques répartis de manière homogène, un point par habitat sera réalisé, soit au total 4 points.

Pour un site présentant deux habitats herpétologiques, mais répartis de manière non homogène (un ruisseau et 5 mares), nous réaliserons un point (transect) sur le ruisseau et 2 mares seront tirées au sort soit au total 3 points d'échantillonnage pour le site.

Méthode de mise en place (suite)



Il est prévu 3 visites annuelles par zone humide dont une de nuit. Les dates des visites sont déterminées en fonction des saisons de reproduction des espèces les plus représentatives de la région, et ne sont pas identiques sur l'ensemble du bassin de la Loire. La date de la première visite sera calée sur la période de reproduction des espèces dites précoces (*Rana temporaria*, *R. dalmatina*, *Bufo bufo*), elle sera idéalement réalisée de jour afin de faire une visite rapide préalable du site. Celle de la seconde visite sera axée sur la reproduction des espèces de mi-saison (*Bufo calamita*, *Hyla arborea*, *H. meridionalis*). Ces espèces étant plus facilement détectables de nuit grâce à leurs chants, le passage sera réalisé en début de soirée. Celle de la troisième visite visera la reproduction des espèces tardives (type grenouilles vertes) et l'émergence des premiers

imagos ainsi que la capture de larves de tritons bien développées et de gros têtards ; elle sera réalisée en journée. Il est important d'**utiliser les mêmes critères**, d'une année sur l'autre, pour fixer les dates des visites dans une région donnée et sur une zone déterminée (les premières sorties doivent être réalisées à partir de températures nocturnes proches de 4°C et après un épisode pluvieux).

Afin d'aider au déclenchement des prospections, il est possible de s'appuyer sur le tableau présenté ci-dessous résumant la phénologie des espèces pour une situation bioclimatique moyenne de l'ensemble du bassin de la Loire. Les espèces exotiques envahissantes ne sont pas prises en compte dans la saisonnalité des prospections.

Tableau des visites selon les espèces adapté au bassin de la Loire

	JANV.	FÉV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.
<i>Alytes obstetricans</i>											
<i>Bombina variegata</i>											
<i>Bufo bufo</i> , <i>B. spinosus</i>											
<i>Epidalea calamita</i>											
<i>Hyla arborea</i>											
<i>Hyla meridionalis</i>											
<i>Ichthyosaura alpestris</i>											
<i>Lissotriton helveticus</i>											
<i>Lissotriton vulgaris</i>											
<i>Lissotriton</i> (<i>Lissotriton</i> sp.)											
<i>Pelobates cultripes</i>											
<i>Pelobates fuscus</i>											
<i>Pelodytes punctatus</i>											
<i>Pelophylax</i> sp.											
<i>Rana dalmatina</i>											
<i>Rana temporaria</i>											
<i>Salamandra salamandra</i>											
<i>Triturus cristatus</i>											
<i>Triturus marmoratus</i>											



Certaines espèces sont plus facilement détectées de nuit ; c'est le cas notamment du crapaud calamite et des rainettes du fait de la puissance de leurs chants. D'autres informations sont plus accessibles de jour ; c'est le cas des pontes d'anoures que l'on détecte mieux à la lumière du jour. Selon les densités de certaines espèces, il est plus facile de rechercher les larves (100 à 400 fois plus nombreuses que les adultes) ; c'est le cas des tritons. En période de reproduction, les tritons sont plus actifs la nuit.

Ces constatations imposent donc d'utiliser plusieurs méthodes, quatre ayant été retenues ; l'écoute, la pêche à l'épuisette, la recherche à la torche et le piégeage. Ces méthodes sont détaillées dans leurs modalités de mise en œuvre au paragraphe suivant.



Méthode de mise en place (suite)

Le tableau, ci-dessous, résume l'articulation entre les différents protocoles et leur déploiement dans le temps au cours des différentes sessions.

- 1 - Épuisette de pisciculture
- 2 - Épuisette d'aquariophilie

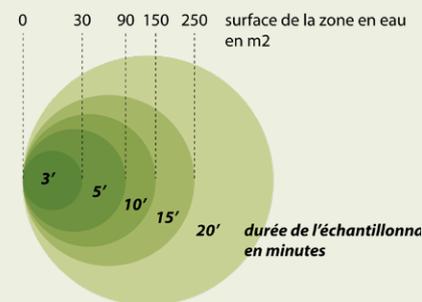
Session 1	Session 2	Session 3
Jour	Nuit	Jour
Écoute	Écoute	Écoute
	Torching	
Épuisette (1)	Épuisettes (1 et 2) ou piégeage	Épuisettes (1 et 2) ou piégeage

Choix des surfaces, linéaires, durée d'échantillonnage

Selon les méthodes employées (point d'écoute, épuisette, torching...), les critères pour déclencher la fin de l'échantillonnage pourront varier :

- **points d'écoutes** : après être arrivé sur le point, on laisse le calme se ré-installer (5 minutes), on en profite pour remplir la fiche terrain et on démarre l'écoute et la prise de notes pendant 10 minutes ;
- **épuisette** : le temps de pêche est proportionnel à la taille de la mare, un maximum de 20 minutes est proposé par point d'eau ; On trouvera dans la figure 1 les correspondances entre surface du point échantillonné et durée de l'échantillonnage. Au delà de 250 m² le temps consacré restera de 20 minutes et des portions caractéristiques du point d'eau seront échantillonnées. Pour les sessions 2 et 3, 1/4 du temps de la pêche à l'épuisette sera réalisé à l'aide d'une épuisette à mailles fines (type aquariophilie) à la recherche des larves et têtards. Le reste du temps (session 1 et 3/4 du temps des sessions 2 et 3), c'est une épuisette de pisciculture qui sera utilisée (tamis métallique à maille inférieure ou égale à 5 mm). Si l'épuisette ne peut être utilisée, l'usage de piège est préconisé.
- **recherche à la torche, « torching »** : 50 mètres de berges seront parcourus lentement en éclairant à l'aide d'une lampe torche puissante une zone de 2 mètres en bord de berge à la recherche des tritons notamment ; une pose de 5 minutes à mi-parcours sera réalisée (temps d'apnée d'un triton palmé).
- **piégeage** : dans les habitats en eau, 1 point d'échantillonnage correspond au maximum à 3 dispositifs de piégeage. Les pièges sont séparés de 5 mètres les uns des autres pour ne pas se priver mutuellement de captures, mais constituer un même lot de pièges non dispersés. Ils sont récupérés à la fin de la tournée des points

Figure 1 : surface des mares et temps d'échantillonnage



d'écoutes, après minimum 2h de pose. Le nombre de pièges à installer doit être en rapport avec la taille du point d'échantillonnage en respectant l'écart de 5 mètres entre 2 pièges, dans la limite maximum de 3 pièges. La mise en place du dispositif de piégeage doit être réfléchi de manière à ne pas porter atteinte aux individus capturés. Dans le cas

d'utilisation de nasses, il faut particulièrement limiter le risque de noyade en disposant des bouteilles en plastiques vides et bouchonnées à l'intérieur afin de garantir sa flottaison et laisser la possibilité aux individus piégés de respirer. De même, pour les nasses, il faut choisir une taille de maille suffisamment fine pour éviter que les tritons ne s'y coincent.

Les effectifs sont donnés de la manière suivante :

- **Adultes** : comptage en présence/absence, nombre en dessous de 10 individus autrement par classe d'abondance ;
- **Pontes** : présence/absence et classes d'abondance ;
- **Larves** : présence/absence et nombre d'individus comptés en dessous de 10 individus, sinon des classes d'abondance.

Classes d'abondance :

- classe 1 : 1 à 10 (indiquer le nombre exact),
- classe 2 : 11 à 50 (le nombre exact peut être noté s'il s'agit d'un suivi fin, pour les grands tritons par exemple),
- classe 3 : 51 à 500,
- classe 4 : + de 500.

Il est possible si souhaité de compter le nombre réel d'individus ou pontes au dessus de 10. Dans ce cas, cela est spécifié et la méthode toujours utilisée lors des autres campagnes.

Représentativité des données

Précision de l'information

La standardisation du protocole vise à éliminer les biais qui pourraient provenir de l'utilisation de protocoles différents et non calibrés. En encadrant la mise en œuvre des protocoles, elle contribue également à faire diminuer, à défaut de supprimer, le biais de l'expérimentateur. L'échantillonnage stratifié utilisant la représentation des différents milieux sur le site contribue également à ne pas sur-échantillonner un milieu plus qu'un autre en fonction de la personne qui réalise le relevé. Il convient de bien respecter le calendrier des sessions d'échantillonnage et de s'adapter à la phénologie des différentes espèces en fonction de la météorologie.

De plus la standardisation de la méthode permet de faciliter l'agrégation des données et d'homogénéiser la pression d'échantillonnage. Elle offre ainsi aux gestionnaires la possibilité de suivre l'évolution des populations à une échelle locale. La comparaison interannuelle de la structure du peuplement pourra permettre d'évaluer l'effet de perturbations en cas de restauration ou de pratiques de gestion sur la capacité

d'accueil en amphibiens. Pour cela, quels que soient les choix réalisés lors de la première campagne, le protocole réalisé doit être reproduit à l'identique les années suivantes.

Dans le cas où un opérateur serait accompagné par une autre personne, notamment en cas de passage nocturne, seules les observations constatées par l'opérateur sont à prendre en compte dans le protocole afin de ne pas créer un biais de pression d'observation.

Représentativité de l'information collectée

Sur le bassin du Rhône, grâce à l'analyse des données collectées via ce protocole sur des sites dont le peuplement amphibien était bien connu par ailleurs, l'efficacité du protocole a pu être estimée. La richesse observée est supérieure à 80 %. Elle passe de 81 à 86 % lorsque l'on intègre les espèces qui n'étaient pas connues avant de déployer le protocole.

Opérationnalité de la collecte

Compétence requise

Le protocole nécessite une assez bonne connaissance des amphibiens puisque outre la détermination de l'espèce à l'âge adulte, il convient de déterminer les têtards et les larves des différentes espèces.

Le faible nombre d'espèces permet à une personne inexpérimentée de donner un nom à une espèce au stade adulte relativement facilement ; cela devient un peu plus délicat au stade larvaire. Il existe aujourd'hui de bons outils (MIAUD C. et MURATET J., 2004 ; MURATET J., 2008) pour réaliser cette diagnose sur le terrain ; elle demande un peu de pratique pour débuter.

Temps moyen de collecte (coût)

Par habitat élémentaire ou point (mare, linéaire de berge...), il convient en moyenne d'estimer à 40 minutes le temps d'application du protocole et du remplissage de la fiche de terrain. Si les sites à échantillonner ne sont pas trop éloignés les uns des autres, il est possible de faire une dizaine de points par jour.

Temps de validation et de saisie des données

Le temps pour saisir les données pour un site sur l'ensemble des trois sessions n'excède pas la demi-journée.

Coût matériel/données/prestation/analyse

L'essentiel du matériel peut se résumer à : une épuisette de pisciculture (pour les imagos) [120 €] + épuisette d'aquariophilie (têtards, larves) [3 à 5 €], 3 dispositifs de piégeage (Amphicaps à fabriquer (MAILLET, 2013)), piège à bouteille ou nasses [10 à 15 € l'unité], enregistreur (pour soumettre ultérieurement l'identification à un expert) [80 €], lampe torche [90 €], loupe à main (x10) [15 €], ouvrages de détermination des têtards et larves [27 et 30 €], waders [60 à 100 €], jumelles...

Autorisations

Le recours à la capture d'amphibiens nécessite la demande préalable d'autorisation auprès de la DREAL de votre région. Il est important d'y préciser la méthode employée en cas de capture par piégeage, en n'hésitant pas à joindre les protocoles spécifiques ainsi que les mesures de précautions sanitaires mises en œuvre (contre la Chytridiomycose notamment, dont le protocole peut également être joint à la demande).

En annexe :

- la fiche de relevé de terrain (annexe 1 P07)
- les référentiels (annexe 2 P07)

Bibliographie

MAILLET, G., 2013. *Protocole commun de suivi des Amphibiens des mares à l'aide d'Amphicaps*. Cen Isère, Réserve naturelle nationale du Grand Lemps, Groupe RNF http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/protocole_amphibiens.pdf

MIAUD C. & MURATET J., 2004. *Identifier les œufs et les larves des amphibiens de France*. INRA Editions 200 p.

MURATET J., 2008. *Identifier les Amphibiens de France Métropolitaine*. Ed ECODIV, 291 p.

SUIVI DE L'ÉTAT TROPHIQUE D'UNE MASSE D'EAU



Description et principes du protocole

Cette fiche présente la méthode de déploiement (stratégie et plan d'échantillonnage) de l'indicateur et les modes opératoires pour la récolte des échantillons. Il s'agit de couvrir un espace à l'aide d'un nombre minimum de points de prélèvements pour obtenir une bonne représentativité des caractéristiques fonctionnelles des milieux aquatiques de la zone humide.

L'évaluation de la santé trophique du compartiment aquatique en marais aménagé à l'aide de cet outil, nécessite de déployer un plan d'échantillonnage de type stratifié. Les points de prélèvement sont positionnés sur des canaux de façon à garantir une réponse pertinente à une question de gestion. Des

critères hydrographiques et hydrologiques président à ces choix (points de confluences et/ou épices de casiers hydrauliques, selon que l'on évalue les zones et/ou les axes d'acheminement de l'eau au sein du marais...). Ils sont également positionnés en prenant en compte des enjeux internes et externes au territoire concerné (ex. présence de rejets de STEP, zone de résurgence ou de fuite dans la nappe d'accompagnement, écoulements agricoles diffus en bordure de marais...) dont on peut évaluer la zone d'influence en se rapprochant de ces sources ponctuelles ou diffuses. Ces éléments pris en compte constituent le cœur de la stratégie d'échantillonnage.

Méthode de mise en place

Plan d'échantillonnage

Le plan minimum d'échantillonnage comprend au moins **6 prélèvements d'eau par an** (janvier / mars-avril / juin / septembre / novembre). En simultané, sont récoltées les données d'environnement décrites ci-après.

Un nombre d'échantillon plus important peut être envisagé afin d'améliorer la finesse du diagnostic. Cela pourra prendre une éventuelle importance dans le cas de régimes hydrologiques très perturbés et/ou désynchronisés par rapport aux régimes naturels.

Type de données collectées

Un prélèvement d'eau est réalisé selon la méthodologie préconisée dans le cadre de la DCE^{1,2}.

Les analyses physico-chimiques classiquement exploitées dans le cadre de la DCE (azote, phosphore, carbone) sont renforcées par deux analyses biologiques : la chlorophylle a par classe de taille et l'abondance bactérienne (Cf. fiche A14). Ces analyses sont réalisées de préférence par un laboratoire accrédité.

La physicochimie est mesurée *in-situ* : température de l'eau, pH, conductivité, concentration et saturation en oxygène dissous.

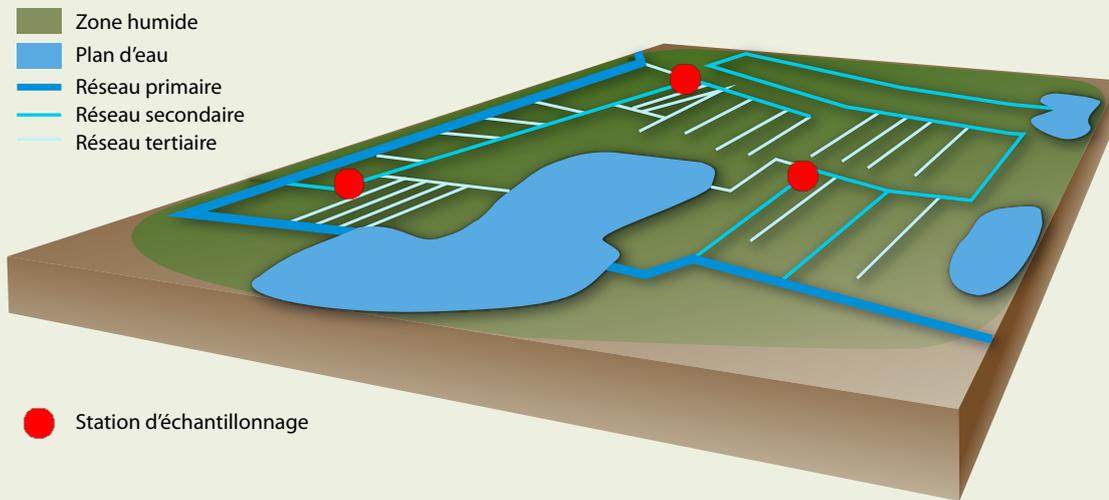
Ces données serviront à établir le statut trophique par le calcul.

Les informations d'environnement immédiat sont également collectées : courant (oui/non), couleur de l'eau, ensoleillement/nébulosité, ombrage du site (absence/faible/fort), présence de macrophytes (absence/faible/fort). Ces descripteurs et les protocoles de relevés sont décrits dans la «Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides» téléchargeable sur le site internet du FMA³.

A l'échelle de l'année hydrologique, le maître d'œuvre du suivi doit consigner toutes les informations utiles pour l'aide à l'interprétation ultérieure : régimes hydrologiques, modes d'écoulement, modes de gestion, date et amplitude des manœuvres d'ouvrages structurant les casiers hydrauliques, etc.

Méthode de mise en place (suite)

Figure 1 : Exemple de plan d'échantillonnage dans un marais aménagé. Selon les questions à traiter, les stations peuvent être placées sur le réseau secondaire qui récapitule les ensembles tertiaires (objectif connaissance). Dans le cadre d'un suivi « tendanciel » (bancaisation) ou « bilan » (CTMA), les stations de prélèvement seront plutôt positionnées à proximité de l'exutoire du marais sur le réseau primaire et leurs résultats pourront ainsi être comparés entre eux.



Représentativité des données

La représentativité des données est très dépendante du plan d'échantillonnage retenu et dimensionné pour répondre spécifiquement à une problématique donnée. Par exemple, dans le cadre d'un suivi « tendanciel » (bancaisation) ou « bilan » (contrats territoriaux), les stations de prélèvement seront plutôt positionnées à proximité de l'exutoire du marais sur les réseaux 1^{aire} et 2^{aire} et

leurs résultats pourront ainsi être comparés entre eux. Pour d'autres approches plus spécifiques (suivi ponctuel de travaux, suivi du confinement de casier hydraulique, suivi de la biodiversité...), les stations pourront être distribuées spatialement (sur le réseau tertiaire par exemple...) et temporellement (maintien des 6 campagnes/an à minima) selon l'échelle des phénomènes étudiés.

Mode opératoire

Prélèvement sur site

Il est important de préciser que les caractéristiques du site échantillonné (dimensions, écoulements...) conditionnent significativement la réponse de l'indicateur.

Le prélèvement d'eau est réalisé en surface (30 premiers centimètres) et conditionné dans un flacon adapté au contexte normatif en vigueur. Dans la mesure du possible, il est préférable de fractionner la prise d'eau (selon les préconisations AQUAREF) afin de recueillir un échantillon « moyen » plus représentatif des conditions de milieu.

De même, l'opérateur s'assurera de prélever à une distance raisonnable depuis les berges en tenant compte du sens d'écoulement de l'eau.

Rappel : Il conviendra également de recueillir simultanément certaines observations relatives aux conditions de prélèvement (météo, présence d'un corps étranger, etc...), mais également, les conditions d'écoulement ou bien encore la présence d'un couvert macrophytiques. Croisées avec les données physico-chimiques, ces éléments de contexte permettent de faciliter l'interprétation des résultats de l'indicateur trophique. S'il s'agit d'un prestataire, il est impératif qu'il soit missionné pour ces observations et qu'il les restitue à l'opérateur de suivi.

Conservation, transport

Les échantillons devront être conservés dans une enceinte isotherme garantissant un transport à de 1 à 5°C jusqu'à leur prise en charge par un laboratoire.



Représentativité des données (suite)

Les analyses chimiques et biologiques sont réalisables par tout laboratoire d'analyse, y compris pour le paramètre spécifique « chlorophylle par classes de taille », ainsi que le paramètre spécifique « dénombrement de la charge en bactéries » s'il dispose d'un cytomètre de flux.

Les analyses physico-chimiques classiques

Parmi les analyses de chimie générale utilisées classiquement dans le cadre de la DCE, les paramètres suivants doivent être dosés pour pouvoir à la fois enrichir le modèle et réaliser l'interprétation les résultats de l'indicateur trophique.

Ces analyses sont de préférence réalisées par un laboratoire accrédité en mesure de travailler selon les normes suivantes :

Ammonium	NF EN ISO 11732
Nitrites	NF EN ISO 13395
Nitrates	NF EN ISO 13395
Azote Kjeldahl	NF EN 25663
Phosphates	NF EN ISO 15681-2
Carbone Organique Dissous	NF EN 1484

Ces analyses sont complétées par les paramètres physico-chimiques *in-situ* : **T°**, **pH**, **Conductivité**, **Oxygène dissous**.

Les paramètres spécifiques

- **La chlorophylle a par classe de taille**

Le protocole de dosage de la chlorophylle a par classe de taille est adapté de la norme NF T90-117. L'échantillon est d'abord filtré « en cascade » sur des filtres de porosité décroissante (20µm, 3µm, 0.7µm). L'étape d'extraction se fait sous agitation à 4°C dans l'acétone pendant 12 à 15h avant dosage par spectrophotométrie.

- **Le dénombrement de la charge en bactérie**

Le dénombrement de la charge en bactérie se fait par cytométrie en flux. Cette méthode consiste à dénombrer les particules contenues dans l'échantillon en étudiant les propriétés de ces dernières lorsqu'elles sont bombardées par un jeu de lasers de différentes couleurs.

Une méthode interne d'analyse a été développée par le Laboratoire QUALYSE (partenaire du projet de développement de l'indicateur trophique). Cette méthode (présentant les conditions de calibration des appareils, de préparation des échantillons, d'analyse et de mise en forme des résultats) est disponible auprès de l'UNIMA pour permettre à tout laboratoire disposant d'un cytomètre en flux de réaliser cette analyse.

Dans un souci de conformité des échanges entre laboratoires et opérateurs de suivis, les deux techniques décrites ci-dessus ont fait l'objet d'une codification par le SANDRE* (Tab.1).

L'ensemble des données de laboratoire et de terrain est finalement recueilli par le maître d'ouvrage pour permettre leur traitement (cf. fiche traitement des données).

Nb : Le Forum des Marais Atlantiques* peut accompagner le maître d'ouvrage dans la rédaction du cahier des charges intégrant les différents aspects relatifs à la collecte et à l'analyse des échantillons.

*SANDRE : le Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau a pour mission d'établir et de mettre à disposition le référentiel des données sur l'eau du SIE (système d'information sur l'Eau).

Analyses chimiques (suite)

Tableau 1 : codification SANDRE associée aux paramètres spécifiques développés dans le cadre de la création de l'indicateur trophique.

Abondance bactérienne par cytométrie en flux				
Paramètre	Fraction	Support	Méthode	Unités
Ab.bact [7728]	Liquide [1]	Eau [3]	Cyto flux [915]	Cellules/mL [451]
Dosage fractionné de la Chlorophylle A				
Paramètre	Fraction	Support	Méthode	Unités
Chla [1439]	Faction algale > 20µm [267]	Eau [3]	Chl.fract [927]	µg/L [133]
Chla [1439]	Faction algale 3 - 20µm [269]	Eau [3]	Chl.fract [927]	µg/L [133]
Chla [1439]	Faction algale < 3µm [268]	Eau [3]	Chl.fract [927]	µg/L [133]

Opérationnalité de la collecte

Compétences requises

L'étape de prélèvement ne présente pas de spécificité particulière. L'opérateur doit toutefois être en mesure de détecter tout phénomène de nature à remettre en cause la pertinence du prélèvement. De même l'opérateur doit être en mesure de décrire les conditions environnementales du prélèvement.

L'étape de collecte peut intégrer la prestation du laboratoire partenaire de la démarche ou être réalisée en régie. Dans ce cas, il est important d'anticiper certains coûts de fonctionnement tels que l'acquisition d'une sonde multiparamètre (son étalonnage et son entretien), d'une perche de prélèvement, etc... A titre informatif, un chiffrage de ces différents éléments est présenté ci-dessous :

Prix indicatif (T.T.C sur la base de 5 stations)		Unité
Sondes multiparamètres		-
achat	3000 €	/an
entretien	300 €	/an
étalonnage	300 €	
Coût de prélèvement	150 €	/st et par date
Matériel de prélèvement	300 €	-

Temps moyen de collecte

La collecte des échantillons est assez rapide. Un opérateur rompu à l'exercice est en mesure de s'acquitter du prélèvement en une dizaine de minutes par station. L'accessibilité à la zone de prélèvement peut évidemment influencer cette durée.

Matériel

Dans le cas où le prélèvement est réalisé en régie, le matériel d'échantillonnage comprend les bidons adaptés à chaque type de paramètres analysés, une perche télescopique de prélèvement, ainsi qu'un système correctement étalonné permettant de relever les paramètres physico-chimiques in situ (T°, pH, Conductivité, Oxygène dissous). Les échantillons seront conservés dans une enceinte isotherme réfrigérée garantissant un transport de 1 à 5°C jusqu'à leur prise en charge par un laboratoire accrédité.

Coûts

Le montant d'un tel suivi est dépendant du type d'organisation choisie au regard des besoins et des ressources du gestionnaire (réalisation des prélèvements en régie, nombre de stations à prélever, etc...). Toutefois, l'enveloppe globale est estimée entre 10 et 15 k€ par an pour un panel de 5 stations.

À raison de 6 prélèvements annuels, le coût global par échantillon est donc estimé entre 330 et 500€, répartis comme suit :

- Prélèvements et mesures in situ : 140 à 160€ / station
- Analyses chimiques : 60 à 70€ / échantillon
- Chlorophylle a fractionnée, abondance bactérienne (dont transfert) : 110 à 200€ / échantillon.

NIVEAU D'HUMIDITÉ DU SOL - PÉDOLOGIE



Description et principes

Les traits d'hydromorphie sont caractérisés pour chaque horizon à l'aide des descripteurs de la fiche de terrain. L'association des différents horizons hydromorphes permet de calculer une note d'hydromorphie. Des outils de requête et calcul automatisés de la note ont été développés, mais ne doivent

pas affranchir l'opérateur d'une validation de la cohérence du résultat au regard de la saisie dans la fiche de terrain. Les valeurs des différents points de relevé d'un site sont agrégées pour obtenir une note globale.

Méthode de calcul

Une série de requêtes sur les classes des différents descripteurs permet de définir le type d'horizon hydromorphe, à saturation temporaire (g) ou permanente (G, Hf, Hm, Hs, K, Organo).

Il peut arriver qu'un horizon puisse être classé dans deux types d'horizons hydromorphes proches (environ 15 % des horizons observés). En effet, un certain nombre d'horizons de transition possèdent des caractéristiques qui permettent de les classer dans deux types d'horizons hydromorphes. Ce cas se présente par exemple entre les tourbes fibriques et

mésiques (27 % des horizons classés tourbeux Hf, Hm ou Hs). Toutefois ces doubles classements ne posent pas de problème pour le calcul de la note d'hydromorphie.

Pour chaque type d'horizon, défini précédemment, est affectée une valeur correspondant au niveau de saturation en eau du sol nécessaire pour qu'apparaissent les traits d'hydromorphie. Ainsi, un horizon réductique qui nécessite une saturation en eau quasi-permanente se voit attribuer une valeur de 2.

Liste des requêtes définissant les types d'horizons hydromorphes

Horizon		Principes de classement	Critères de classement (formules utilisées dans la calculatrice ou à mettre dans un tableur)	OPÉRATEUR (Champs et Valeurs : voir fiche de terrain)
Type	Note			
L	1	Présence de racines et texture organique	ET (F_racines > 1 ; C_texture = 1 ; numero = 1 ; ESTVIDE (Q_von_post))	
G	1	Texture massive de couleur grise à bleue/verdâtre	ET (C_texture > 1 ; OU (G_taches = 3 ; ET (B1_couleur = «GLEY1»;B2_value < 7) ; ET (B_couleur = «GLEY2»; B2_value < 7)))	
g	2	Présence de tache d'oxydation de couleur rouille	ET (C_texture > 1 ; ET (G_taches = 2 ; H_abondance > 0))	
J	1	Horizon sableux homogène	ET (OU (C_texture = 2 ; C_texture = 3) ; O_friabilité > 2 ; D_structure = 1)	
T	3	Concrétions calcaires	ET (B2_value > «4,5» ; Q_von_post < 1 ; O_friabilité < 2 ; M_plasticité = 1)	
Hf	3	Tourbe fibrique claire	ET (C_texture = 1 ; D_structure > 10 ; Q_von_post > 0 ; Q_von_post < 4)	
Hm	2	Tourbe brune mésique	ET (C_texture = 1 ; Q_von_post >= 3 ; Q_von_post < 8)	
Hs	2	Tourbe noire très décomposée	OU(ET(C_texture = 1 ; Q_von_post > 7) ; ET (C_texture >= 3 ; Q_von_post > 2))	
Org	2	Horizon de transition entre tourbe et formation argileuse collante	ET (G_Taches = 1 ; ESTVIDE (Q_von_post) ; OU (ET (C_texture = 1 ; D_structure > 3 ; D_structure < 10) ET (C_texture > 1 ; D_structure > 10)))	
Ha/LH	1	Tourbe déstructurée granuleuse	ET (C_texture = 1 ; OU (D_structure <= 3 ; D_structure = 11) ; ESTVIDE (Q_von_post) ; K_humidité <= 3	

Méthode de calcul (suite)

Un horizon rédoxique prend une valeur de 1, les horizons non hydromorphes une valeur de 0. Les valeurs des horizons proches de la surface, c'est-à-dire dans les 25 premiers centimètres, sont à multiplier par 2.

La note d'hydromorphie du point de relevé est la moyenne des notes des horizons qui composent le sol.

La note d'hydromorphie du site, correspond, à la moyenne des notes des différents relevés effectués sur le site.

Clés d'interprétation de la note indicatrice

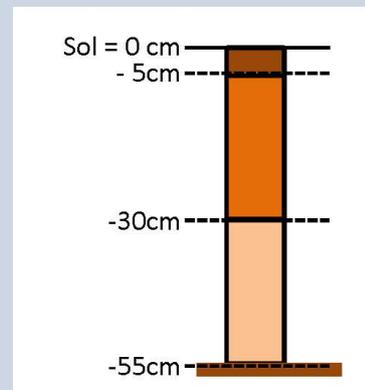
Plus la note d'hydromorphie est importante, plus la saturation en eau du sol est importante. Une diminution de cette note traduit donc un assèchement de la zone humide.

Les valeurs s'échelonnent entre 0, pour un sol non hydromorphe et 6, pour des sols totalement saturés en permanence dans les 50 premiers centimètres.

Exemple de calcul : relevé pédologique et sa correspondance en valeurs (le tableau).

Les valeurs des horizons 1 et 2 qui débutent à moins de 25 cm de profondeur sont multipliées par deux. L'ensemble des notes des différents horizons sont moyennées pour obtenir la note d'hydromorphie du relevé. Dans l'exemple, la note d'hydromorphie du relevé est égale à 2 : $(0*2+1*2+4)/3$.

Pour obtenir la note indicatrice du site, les valeurs des différents relevés réalisés sont moyennées.



N°	Prof.		RQT L	RQT G	RQT g	RQT J	RQT T	RQT Hf	RQT Hm	RQT Hs	RQT Org	RQT Ha/LH	Valeur d'hydromorphie
1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1*2
3	30	55	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4
Moyenne = Note d'hydromorphie du relevé													2

À l'échelle des sites test réalisés sur le bassin de la Loire, les valeurs minimales, moyennes et maximales observées par type de milieu humide sont représentées à la figure 1.

A l'échelle de ce territoire, les valeurs d'humidité varient entre 3,43 et 6. Suivant le type de milieu humide, la saturation en eau du sol varie et, par voie de conséquence, les traces d'hydromorphie et la note d'humidité qui en découlent. Ainsi par exemple, cette note varie de 3,54 à 4,88 pour les marais et landes humides de plaines et

plateaux (type SDAGE 10) dans nos cas d'étude et de 3,48 à 4,8 pour les zones humides de têtes de bassin au-dessus de 450m (type SDAGE 7a).

La figure 1 est un exemple d'amplitude des valeurs observées et mesurées sur les sites test en 2017. Cela ne constitue pas une échelle comparative de valeurs.



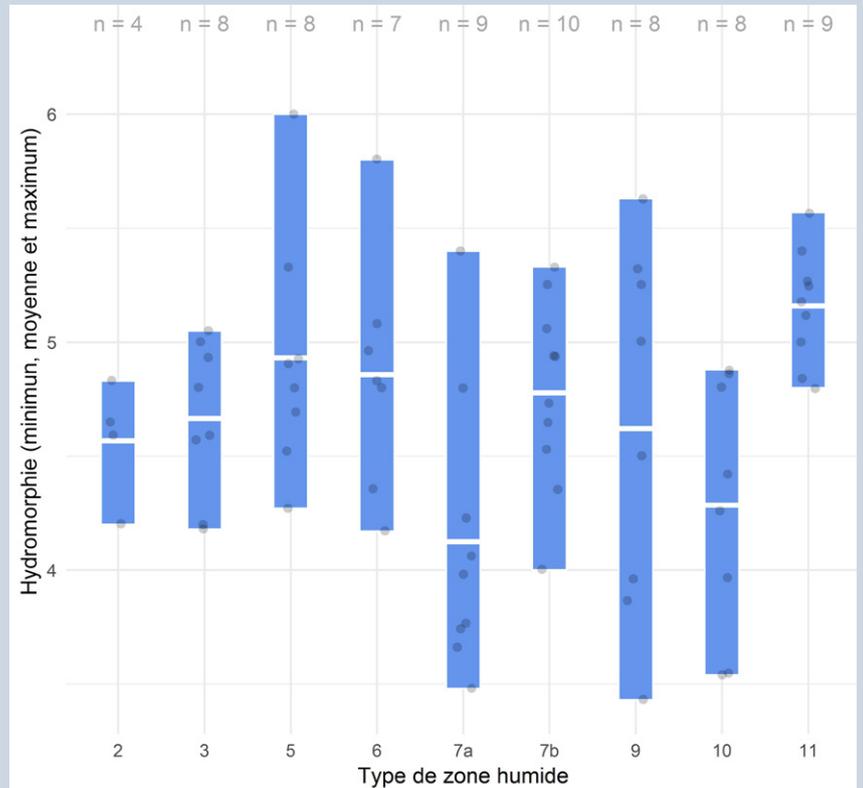
FICHES LIÉES

P01

I01

Clés d'interprétation de la note indicatrice (suite)

Figure 1 : exemples d'amplitude des valeurs observées / hydromorphie par type de zone humide.



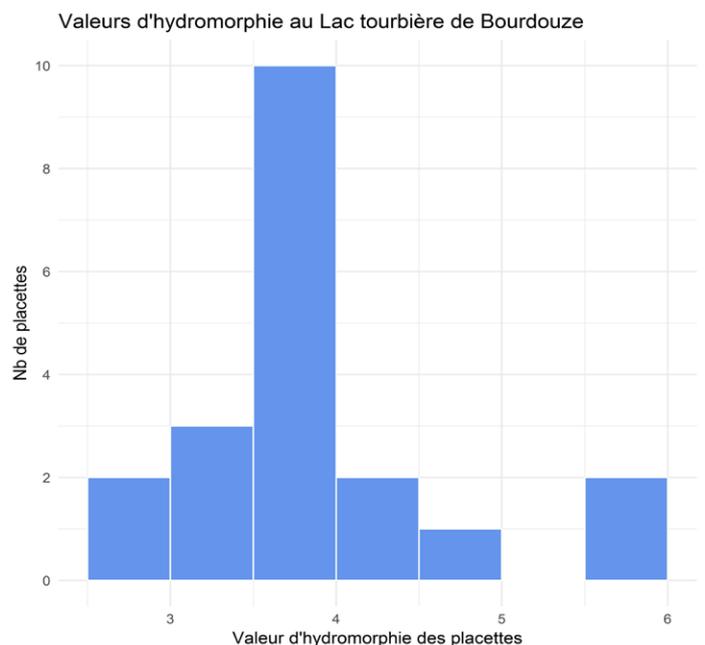
Exemple d'application

Le lac-tourbière de Bourdouze (Puy-de-Dôme) est un espace naturel (37 ha) situé sur la commune de Besse et sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Formé après le retrait d'un glacier il y a 12 000 ans, le lac est recouvert dans sa partie ouest par une vaste tourbière à tous les stades d'évolution (de l'eau libre au haut marais).

Ce site a été rattaché au type SDAGE 9. 20 placettes (sur 3 transects) ont été échantillonnées en 2017. La valeur d'hydromorphie de ce site est de 3,87.

La valeur d'humidité des placettes varie entre 2,75 et 6. La moitié des placettes ont une valeur comprise entre 3.51 et 4 (figure 2). Elles correspondent, pour l'essentiel, à des zones de haut marais (figure 3).

Figure 2 : histogramme des valeurs d'humidité des placettes du site en 2017



Exemple d'application (suite)

Figure 3 : représentation cartographique des valeurs d'hydromorphie des placettes du site en 2017



Application dans le cadre de suivi de travaux : suivi de l'évolution des sols suite à des travaux de restauration

• **Horizon G réductique :**

1- Si le niveau de la nappe augmente, la couleur bleue du sol sera détectée plus superficiellement.

2- Si le niveau de la nappe diminue, la couleur bleue du sol est perdue au moins en partie avec apparition de tâches d'oxydation (rouille) et/ou d'un fond plus gris.

• **Horizon g rédoxique :**

1- Une augmentation du niveau de la nappe se traduit par l'apparition de tâches rouilles et/ou grises.

2- Par contre la diminution du niveau de la nappe ne va pas conduire à la disparition des traces d'hydromorphie (tâches rouilles et/ou grises) précédemment établies (sauf si ces traces ont effectivement été effacées à la suite d'un travail conséquent du sol).

INDICE FLORISTIQUE D'ENGORGEMENT

Description et principes

L'indice de niveau d'engorgement du site est traduit par plusieurs valeurs et graphiques complémentaires permettant de résumer l'information et de conserver l'expression de la variabilité du site :

- la note moyenne de l'indice par placette à partir desquelles est établi la valeur médiane du site ;
- l'histogramme des valeurs diagnostiques de niveau d'engorgement des placettes.

Méthode de calcul

Pour le suivi d'un site dans le temps, il faut au préalable s'assurer que les calculs sont effectués sur les mêmes couples de placettes.

Pour les sites présentant des compartiments aquatiques, il est préconisé d'évaluer séparément ceux-ci des compartiments terrestres ou amphibies.

A l'échelle de la placette, la valeur diagnostique est calculée selon la procédure expliquée dans la fiche indicateur I02.

A l'échelle du site, deux paramètres sont évalués :

- **La tendance globale** calculée par la médiane des valeurs diagnostiques des placettes ;

- **La variabilité**, sous la forme d'un histogramme des valeurs diagnostiques des placettes (figures 1 et 2) ; on compte le nombre de placettes ayant une valeur diagnostique comprise entre la borne inférieure et supérieure d'une classe. Dans l'exemple 1 (figure 1), les prairies de la Baumette (Maine-et-Loire) présentent un indice d'engorgement de 6,23 avec 28 placettes ayant une valeur d'humidité comprise entre 5,5 et 6,49. Dans le cas suivant (figure 2), le Marais de Clussais-La-Pommeraiie (Deux-Sèvres) montre un indice d'engorgement de 6,48 avec 15 placettes ayant une valeur d'humidité comprise entre 5,5 et 6,99.

Figure 1 : valeur diagnostique d'engorgement des placettes de type SDAGE 6 en 2017.

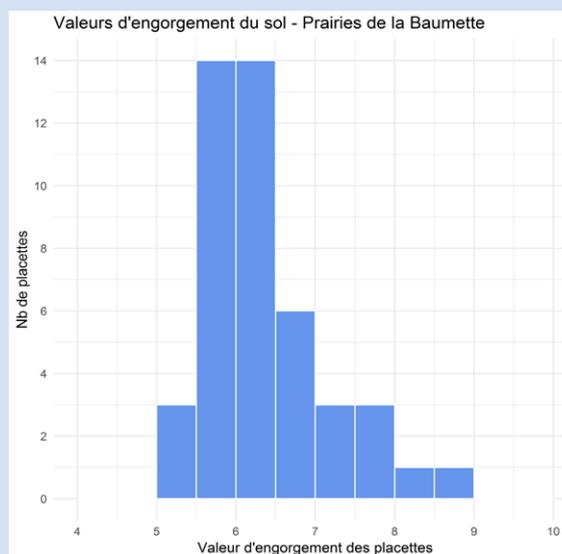
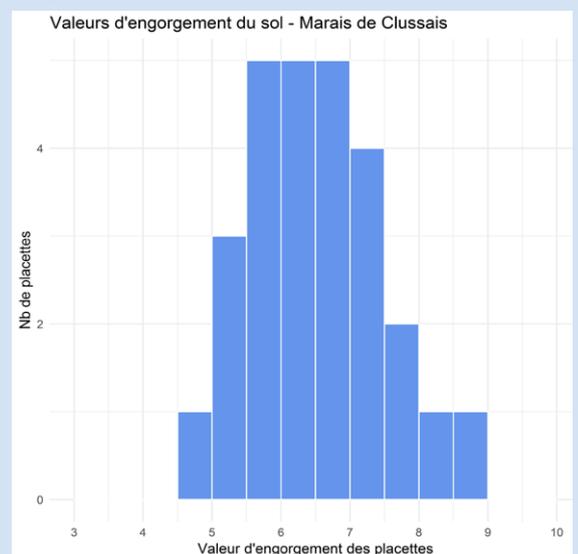


Figure 2 : valeur diagnostique de niveau d'engorgement des placettes de type SDAGE 10 en 2017



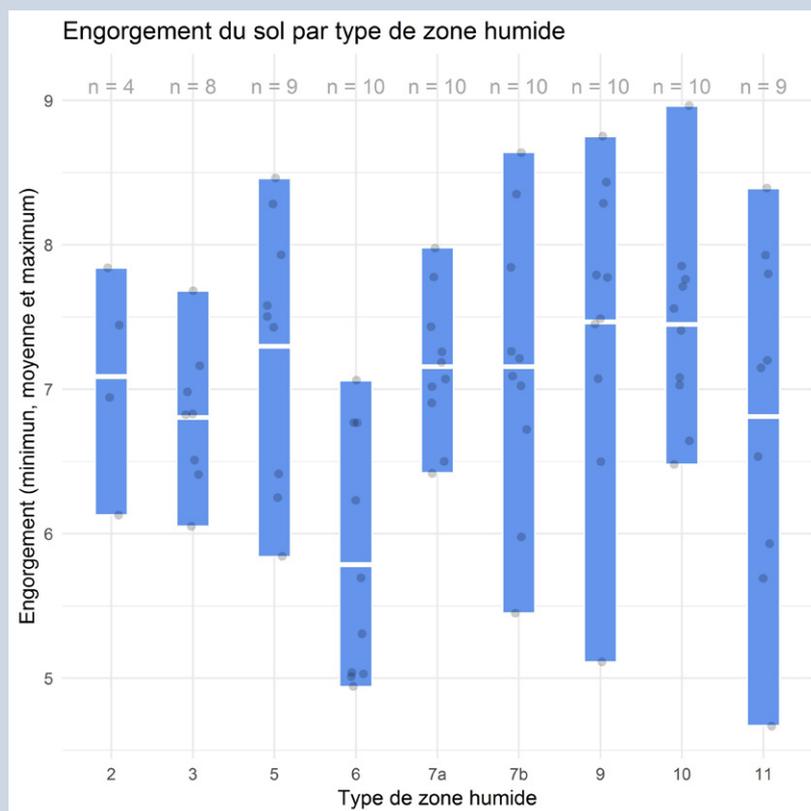
Clés d'interprétation de la note indicatrice

Un examen préalable de l'histogramme des valeurs diagnostiques d'engorgement, permet de déterminer si ces distributions sont symétriques ou au moins unimodales aux deux dates à comparer. Si tel est le cas, un test statistique d'évolution de la tendance centrale (médiane) peut être mis en œuvre. Dans le cas contraire (notamment répartition bimodale à une des deux dates), l'évaluation sera basée sur le calcul d'un indice semi-statistique d'évolution et sur la comparaison de l'écart observé entre les deux dates (cf. annexe 2 A02 A06).

La valeur de l'indice est corrélée positivement avec le niveau moyen annuel ou estival de la nappe : plus sa valeur est élevée, plus le niveau moyen de la nappe est proche de la surface. La gamme de valeur varie de 1 à 10 en théorie. Sur les sites test de 2017, les valeurs médianes pour les milieux humides varient de 4,67 (zones humides du type Grandes Vallées – type 6) à 8,96 (tourbière de plaine et bordures de plan d'eau – type 10 et 9).

A l'échelle des sites test réalisés en 2017 sur le bassin de la Loire, les valeurs minimales, moyennes et maximales observées par type de milieu humide sont représentées à la figure 3. Cette dernière est un exemple d'amplitude des valeurs observées et mesurées sur les sites test en 2017. Cela ne constitue pas une échelle comparative de valeurs.

Figure 3 : exemples d'amplitudes des valeurs observées sur les sites test en 2017.



La **significativité de l'écart observé entre deux dates** peut être analysée de trois manières (exemple A02 de la boîte à outils RhoMÉO) :

- En comparant l'écart observé avec l'erreur moyenne à l'échelle d'un site (due à de mauvaises relocalisations des placettes, des décalages phénologiques, des erreurs de déterminations...). L'erreur moyenne pour le niveau d'engorgement a été estimée à 0,3 en présence/absence et à 0,4 avec prise en compte du recouvrement des espèces. Ces valeurs sont applicables pour tous les types de zones humides. Pour être significatif, l'écart observé doit être supérieur à l'erreur moyenne, donc supérieur à 0,3 ou 0,4 selon le mode de calcul choisi ;
- En calculant l'écart global entre les occurrences observées et attendues comme si ces occurrences étaient indépendantes des années. Il s'agit d'une mesure semi-statistique, le coefficient V de Cramer (Annexe 2, A02, A06 pour un exemple détaillé des calculs) ; pour être "significatif", ce coefficient (qui varie de 0 à 1) doit être au moins supérieur à 0,1 ;

- En comparant statistiquement les valeurs des placettes avec le test non paramétrique des rangs signés de Wilcoxon. Pour être significatif, la statistique du test doit être inférieure à des valeurs seuils données dans des tables spéciales mais facilement disponibles (Annexe 2 pour le détail des calculs et l'obtention des tables A02 A06).

La mécanique des calculs est expliquée dans des manuels statistiques comme DAGNELIE (2011), SOKAL & ROHLF (2012), SPRENT (1993) ou TOMASSONE *et al.* (1993), ou enfin dans les cours de statistiques de l'Université de Lyon de RAKOTOMALALA (2008, 2011).

Pour chaque site, l'évolution à deux dates peut donc être évaluée de trois manières. L'évolution d'un site, que ce soit positivement ou négativement, est considérée probante si au moins deux de ces trois procédures débouchent sur des résultats significatifs.



Exemple d'application

Le lac-tourbière de Bourdouze (Puy-de-Dôme) est un espace naturel (37 ha) géré par le Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne en partenariat avec la commune de Besse et le Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne. Formé après le retrait d'un glacier il y a 12000 ans, le lac est recouvert dans sa partie ouest par une vaste tourbière à tous les stades d'évolution (de l'eau libre au haut marais).

Ce site a été rattaché au type SDAGE 9. 20 placettes (sur 3 transects) ont été échantillonnées en 2017. La valeur de l'indice floristique d'engorgement de ce site est de 7,77, ce qui est proche de la moyenne des sites testés pour ce type SDAGE.

La valeur d'humidité des placettes varie entre 6,19 et 9,78 avec 11 placettes ayant une valeur comprise entre 7 et 8,49 (figure 4).

Les valeurs d'engorgement les plus faibles correspondent à des communautés de haut marais et de nardaie. Les plus élevées, au contraire, à des communautés de tremblant en bordure de lac (figure 5).

Figure 4 : valeur diagnostique de niveau d'engorgement des placettes du site en 2017.

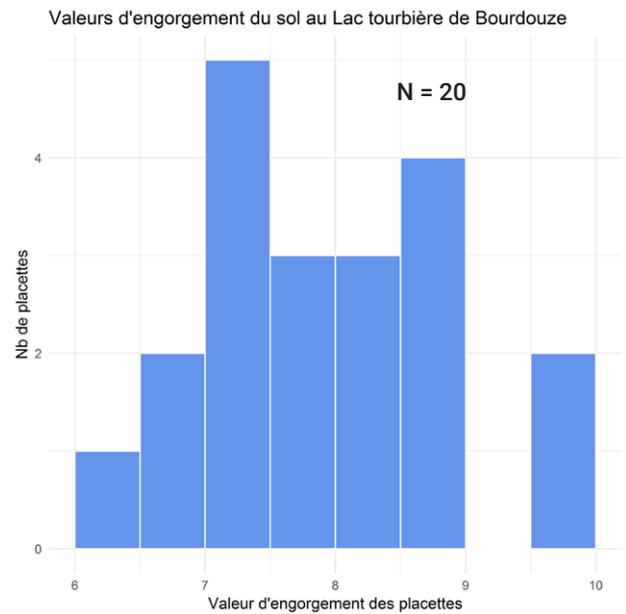


Figure 5 : représentation cartographique des valeurs diagnostiques de niveau d'engorgement des placettes du site en 2017.



Afin d'avoir un exemple de comparaison entre date se reporter à la BAOZH RhoMéo A02 p 94 exemple d'application. Les détails des calculs et tests statistiques sont donnés ci-après en Annexe 2, A02.

Bibliographie

Collectif RhoMéo, 2014 BAOZH RhoméO - Collectif RhoMéo, 2014 BAOZH RhoméO - La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Conservatoire d'espaces naturels de Savoie, 147 pages + annexes.

DAGNELIE P., 2011. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

RAKOTOMALALA R., 2008. Comparaisons de populations. Test, non paramétriques. Version 1, téléchargeable à l'adresse suivante : http://www.academia.edu/24661896/Comparaison_de_populations_Tests_non_paramétriques_Université_Lumière_Lyon_2

RAKOTOMALALA R., 2011. Etude des dépendances - Variables qualitatives. Tableau de contingence et mesures d'association. Version 2, téléchargeable à l'adresse suivante : http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Dependance_Variables_Qualitatives.pdf

SOKAL, R.R. & ROHLF F.J., 2012. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 4th edition, W. H. Freeman and Co. (eds.), New York. 937 p.

SPRENT P., 1993. Statistiques non paramétriques. INRA (ed.), Paris, 294 p.

TOMASSONE R., DERVIN C, MASSON J P..1993. Biometrie. Modélisation de phénomènes biologiques.

DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DE LA NAPPE PIÉZOMÈTRES

Description et principes

L'ensemble des données horaires enregistrées pour l'année hydrologique est utilisé pour le calcul des valeurs statistiques descriptives de la distribution des profondeurs de la nappe : médiane, 1^{er} et 3^e quartile, minimum et maximum.

Ces valeurs sont utilisées pour construire une boîte à moustache qui constitue la représentation graphique de l'indicateur. La médiane des profondeurs constitue la valeur de l'indicateur de l'année.

Méthode de calcul

Les calculs sont effectués sur les valeurs du 1^{er} septembre de l'année n-1 au 31 août de l'année n. Cette période correspond à l'année hydrologique pour le bassin de la Loire. Ce pas de temps permet d'intégrer les périodes de plus hautes eaux et de plus basses eaux dans une période de 12 mois continue.

Comme il est possible qu'il y ait des lacunes dans les enregistrements, le nombre de valeurs pour le calcul de l'indicateur doit être précisé. Les problèmes d'enregistrement des sondes ne sont jamais aléatoires et correspondent à l'absence de plages de données (arrêt des piles, submersion prolongée...). Les problèmes de matériel peuvent également engendrer de longues plages de données manquantes (colmatage de la sonde, vandalisme, pâturage...) si le matériel n'est pas vérifié régulièrement. L'absence de longues plages de données ne permet pas de calculer l'indicateur. En pratique, pour valider une série de données, il ne doit pas manquer plus de 10 % du nombre de données attendues. Il faut donc au minimum 328 valeurs journalières par année hydrologique.

Une année de mesures suffit pour calculer l'indicateur. Mais pour permettre une analyse de la tendance d'évolution du niveau de la nappe il faut au minimum 2 années de relevés voire bien plus (notamment si les années climatiques sont très différentes et font varier la nappe pour d'autres raisons que le fonctionnement hydrologique propre au site).

Une « boîte à moustache » (figure 1) représentant la distribution des valeurs de la nappe, pour chaque année hydrologique considérée. Elle apporte des éléments indispensables de compréhension de l'évolution du fonctionnement.

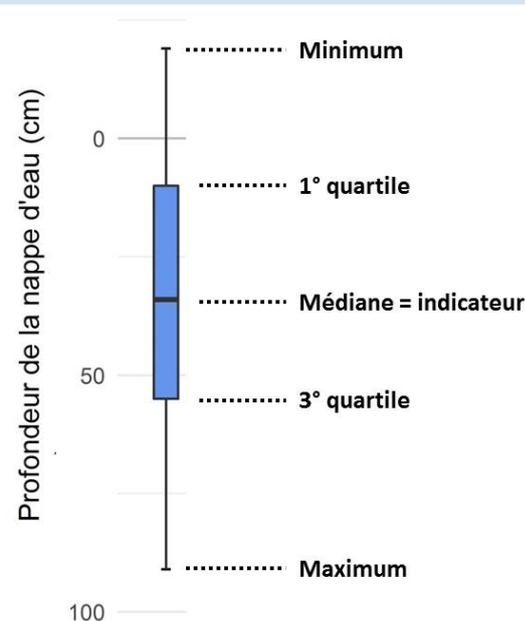


Figure 1 : construction de la Boîte à moustache.

Clés d'interprétation de la note indicatrice

Si les sondes permettent de suivre en continu la situation de la nappe, l'interprétation de l'évolution de la valeur de l'indicateur peut être faite tous les 5 ans afin de permettre la construction d'une tendance linéaire pertinente. Cependant, la situation de l'année considérée peut être analysée au regard de la tendance d'une année précédente (ensemble des valeurs au minimum sur 2 années). Pour cela, au-delà des distributions annuelles de valeurs de la nappe (figure 4), la courbe de tendance de la valeur médiane peut être tracée.

Les valeurs enregistrées étant les profondeurs de la nappe, une diminution de la profondeur signifie une augmentation de l'engorgement (l'eau se rapproche du niveau de référence, le sol), alors qu'une hausse de la profondeur signifie une diminution de l'engorgement du point de vue du fonctionnement hydrologique (figure 2).

Le seuil de significativité de l'évolution de la valeur indicatrice augmente si la série de données présente des lacunes. Avec 5 % de valeurs manquantes, ce seuil de significativité de l'évolution est de 5 % ; il atteint 10 % pour 10 % de valeurs manquantes. L'absence de données en hiver ou au début de printemps est la moins préjudiciable à l'analyse des données.

Sur le bassin de la Loire, les niveaux médians de profondeur de la nappe varient de 10 cm pour un site de type 7a à 109 cm pour un site de type 9 (figure 3).

Figure 2 : représentation de la profondeur de la nappe.

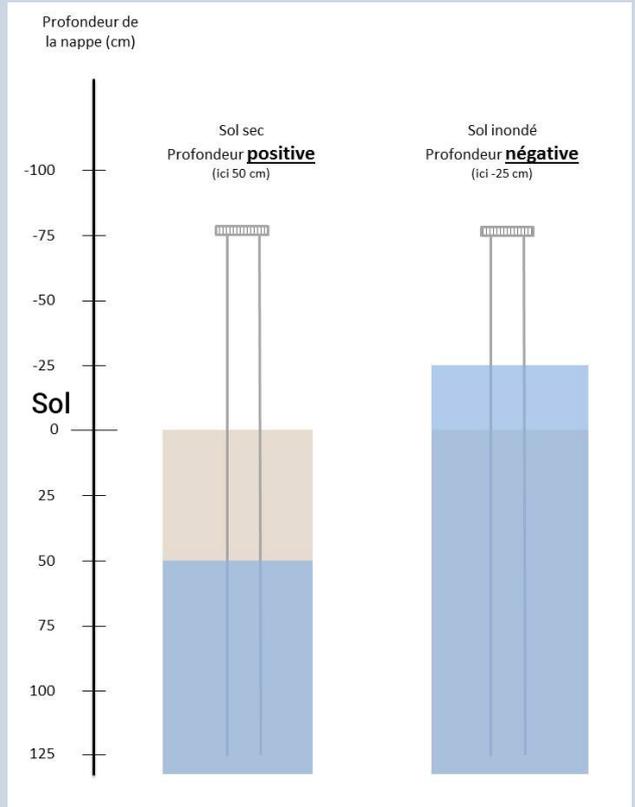
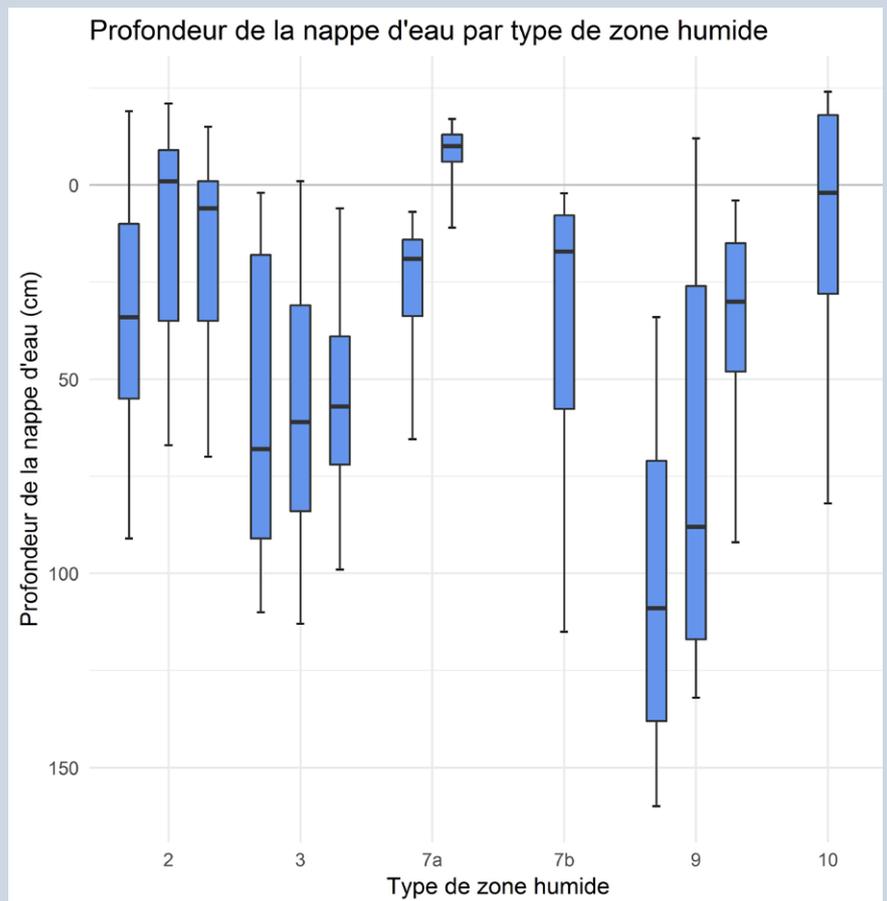


Figure 3 : exemple d'amplitude des valeurs observées par types de zones humides sur les sites test LigéRO.





Exemple d'application

Le Marais de Chavannes (Chavannes, Cher) est situé dans une dépression de Champagne Berrichonne, traversé par un ruisseau, le Chevrier. Celui-ci est alimenté par la résurgence des nappes de Champagne berrichonne (Tertiaire). Le Marais de Chavannes (carte 1) est une propriété de la commune de Chavannes dans le Cher qui en a confié la gestion au Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire. Ce site accueille notamment une des dernières Cladonia à Marisque du département mais semble souffrir d'un fonctionnement hydrologique dégradé.

Le marais a donc fait l'objet d'une étude initiée en 2014 par l'UMR 8591 Laboratoire de Géographie Physique (CNRS, Paris 1), pour comprendre son fonctionnement hydrologique. Plusieurs piézomètres ont été installés et des sondages pédologiques ont été réalisés.

Deux piézomètres installés l'un en amont et l'autre en aval du marais reflètent les variations du niveau de la nappe.

Seules les valeurs piézométriques des années 2015 et 2017 ont été exploitées. Les années 2014 et 2016 ne comportent pas suffisamment de données complètes suite à des mesures irrégulières et du matériel non performant.

D'une manière générale, les profondeurs de nappes sont différentes entre l'amont et l'aval (figure 4). Les

boîtes à moustache de l'amont sont plus proche de la surface du sol (valeur zéro). Ainsi, la nappe est plus proche de la surface du sol dans la partie amont du marais.

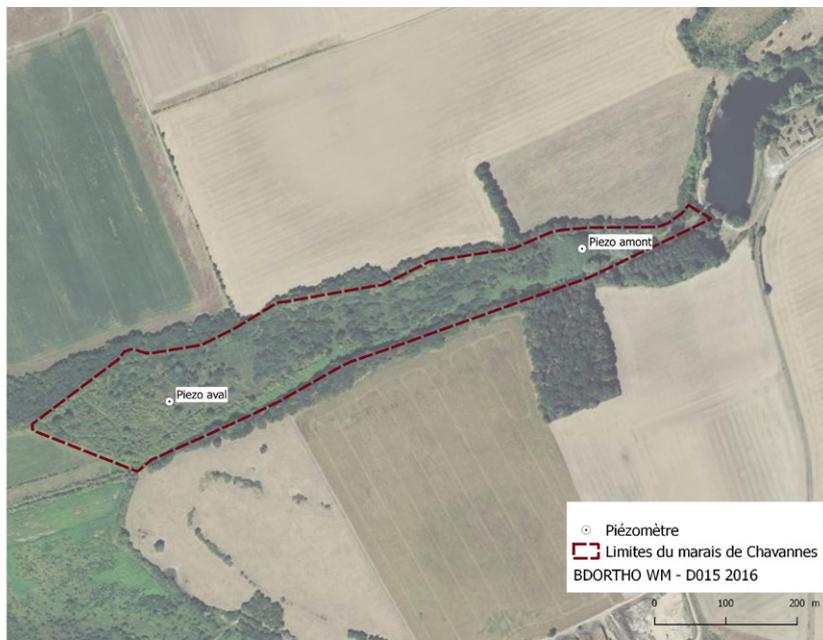
Dans ce même exemple, l'espace inter-quartile est plus faible pour la partie amont que pour les valeurs mesurées à l'aval. Ainsi, sur la partie amont du marais, les niveaux de la nappe varient peu au cours de l'année. L'amplitude des variations annuelles est plus faible en amont qu'en aval du site.

Les deux graphiques de profondeurs de nappes mesurées à l'amont et à l'aval du marais pour les années 2015 et 2017 (figures 5 et 6) confirment ces observations. La courbe amont en 2015 comme 2017 est relativement stable par rapport à la courbe aval. Afin de mieux interpréter les variations hydrologiques mesurées, des données de précipitations sur la même période ont été ajoutées. Les phases d'augmentation du niveau de la nappe à l'aval, suivent une période de précipitations. Il semble donc que la corrélation entre les précipitations et la variation de profondeur de nappe en aval du marais soit forte. Cette corrélation est beaucoup moins marquée à l'amont du marais.

Les sondages pédologiques apportent des éléments de réponses à ces résultats. En effet, dans la partie amont du marais, le sol tourbeux est surmonté de 40 cm de limon alors que dans la partie aval,

la tourbe est surmontée par plus de 2 m d'argile lacustre. L'argile ayant un moins bon pouvoir de rétention d'eau que la tourbe, ceci explique que les battements de nappe soient plus forts en aval, alors que les variations sont tamponnées par la tourbe en amont. L'évolution des niveaux médians de profondeur de la nappe sur le site de Chavannes montrent et confirment non seulement la différence de niveaux de nappe entre l'amont et l'aval du site mais aussi une nette différence entre les deux années de mesures, 2015 et 2017.

Carte 1 : Marais de Chavannes



Exemple d'application (suite)

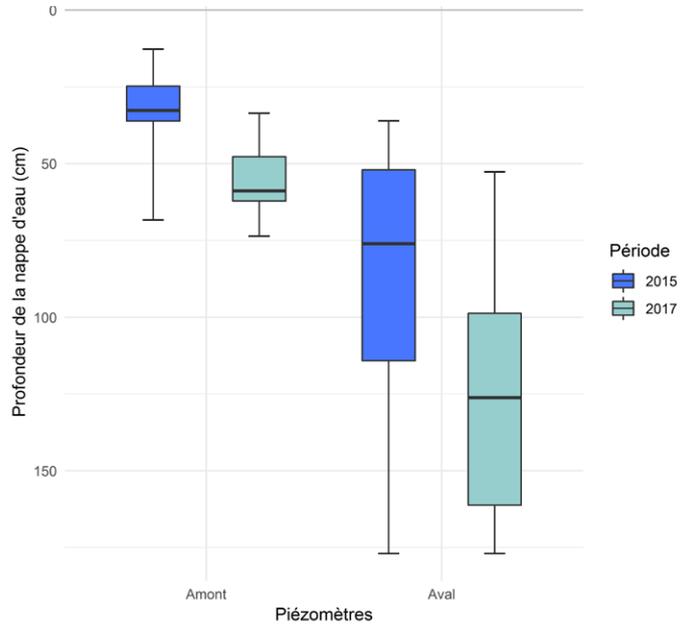
Cette différence s'explique non seulement par la nature des sols hétérogènes entre l'amont et l'aval du site mais aussi du fait de deux années pluviométriques assez différentes. Le cumul des pluies pour l'année 2015 est de 628 mm et de 432 mm¹ pour 2017. Enfin, à l'aval, la nappe subit l'effet du drainage de l'exutoire du ruisseau du Chevrier (ancien fossé de drainage). L'ensemble de ces éléments explique le battement de nappe plus important à l'aval.

L'analyse des niveaux médians et de la forme des boîtes à moustache permet ici d'évaluer l'évolution hydrologique de la nappe. L'interprétation de l'évolution étant appuyée par des données pédologiques, topographique et pluviométriques.

¹ Source : https://www.infoclimat.fr/climatologie/stations_principales.php?

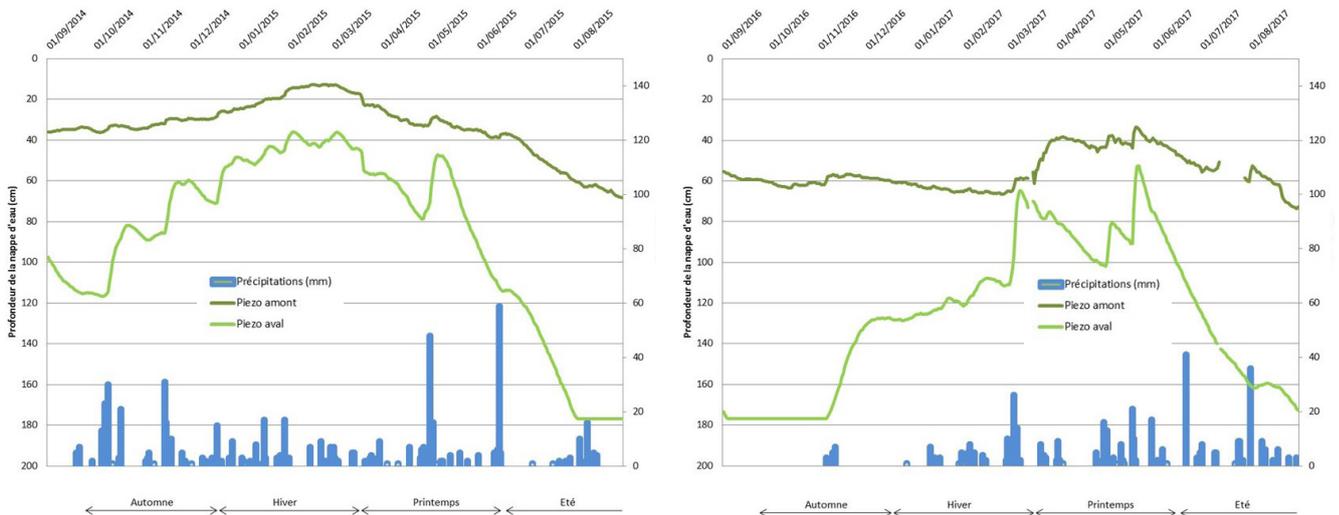
Tableau 1 : valeurs indicatrices de la dynamique hydrologique de la nappe pour le site de Chavannes.

Figure 4 : amplitudes des valeurs observées sur les piézomètres amont et aval du site du Marais de Chavannes (profondeur de la nappe).



Piezomètres	Période	Médiane
Amont	2015	32.63
Aval	2015	76.08
Amont	2017	58.86
Aval	2017	126.16

Figure 5 et 6 : hydrologie du Marais de Chavannes 2015 et 2017.



Bibliographie

MARTIN L. 2014. Étude du fonctionnement hydrologique du Marais de Chavannes (région Centre, France): premiers résultats et éléments d'identification. Master 1 de Géographie, Espaces, Dynamiques des Milieux et des Risques, Université Paris 1, 125p.

RIBAUCOURT E. & JEGU V. 2015. Réalisation d'un modèle numérique de terrain et d'un modèle hydrologique du Marais de Chavannes (18). Licence Pro Géomatique Environnement, Université Paris 1, 24p.

INDICE FLORISTIQUE DE FERTILITÉ DU SOL

Description et principes

L'indice de fertilité du site est traduit par plusieurs valeurs et graphiques complémentaires permettant de résumer l'information et de conserver l'expression de la variabilité du site :

- les valeurs des indices par placette à partir desquelles on établit la valeur médiane du site
- et l'histogramme des valeurs des placettes.

Méthode de calcul

Pour le suivi d'un site dans le temps, il faut au préalable s'assurer que les calculs sont effectués sur les mêmes couples de placettes.

Pour les sites présentant des compartiments aquatiques, il est préconisé d'évaluer séparément ceux-ci des compartiments terrestres ou amphibies.

A l'échelle de la placette, la valeur diagnostique est calculée selon la procédure expliquée dans la fiche "indicateur" I06.

A l'échelle du site, deux paramètres sont évalués :

- la tendance globale calculée par la médiane des valeurs diagnostiques des placettes ;
- la variabilité, sous la forme d'un histogramme des valeurs diagnostiques des placettes (figures 1 et 2).

On compte le nombre de placettes ayant une valeur diagnostique comprise entre la borne inférieure et

supérieure d'une classe. Dans l'exemple 1 (figure 1), la Plaine de Vilaine (Loiret) présente un indice de fertilité de 5,6 avec 9 placettes ayant une valeur de fertilité comprise entre 5,5 et 5,99 ; dans le cas suivant (figure 2), le lac-tourbière de Bourdouze (Puy-de-Dôme) montre un indice de fertilité de 3,45 avec 13 placettes ayant une valeur de fertilité comprise entre 2 et 3,99.

Si la distribution des valeurs diagnostiques des placettes est symétrique ou au moins unimodale aux deux dates à comparer, un test d'évolution de position (médiane) peut être mis en œuvre.

Dans le cas contraire (notamment répartition bimodale à une des deux dates), une évaluation basée sur l'inspection des histogrammes et le calcul d'un indice d'évolution est préférable.

Figure 1 : valeur diagnostique de niveau de fertilité des placettes du type SDAGE 6 en 2017.

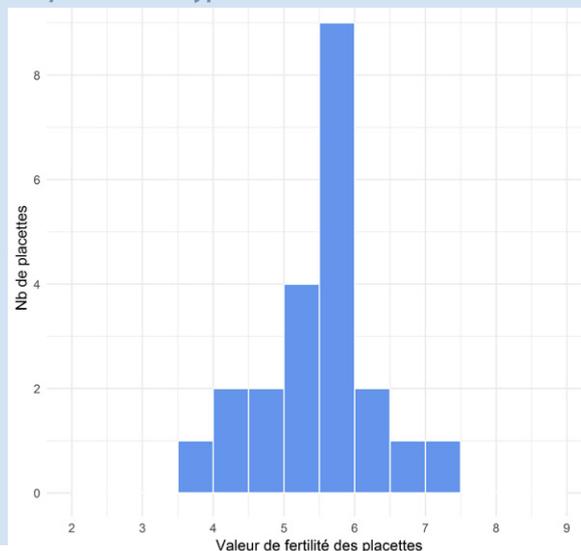
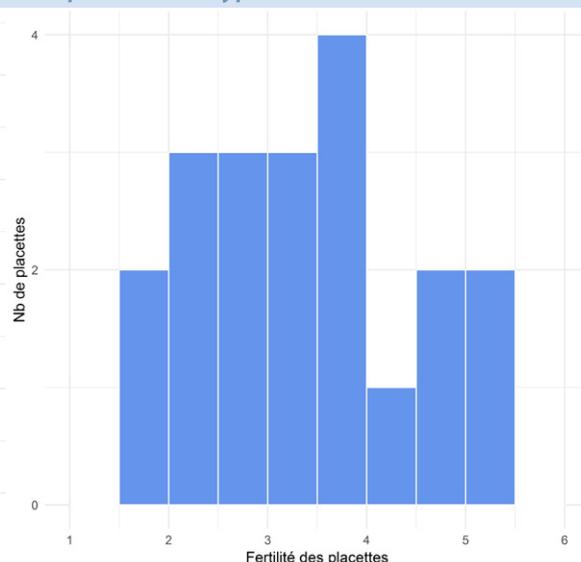


Figure 2 : valeur diagnostique de niveau de fertilité des placettes de type SDAGE 9 en 2017.

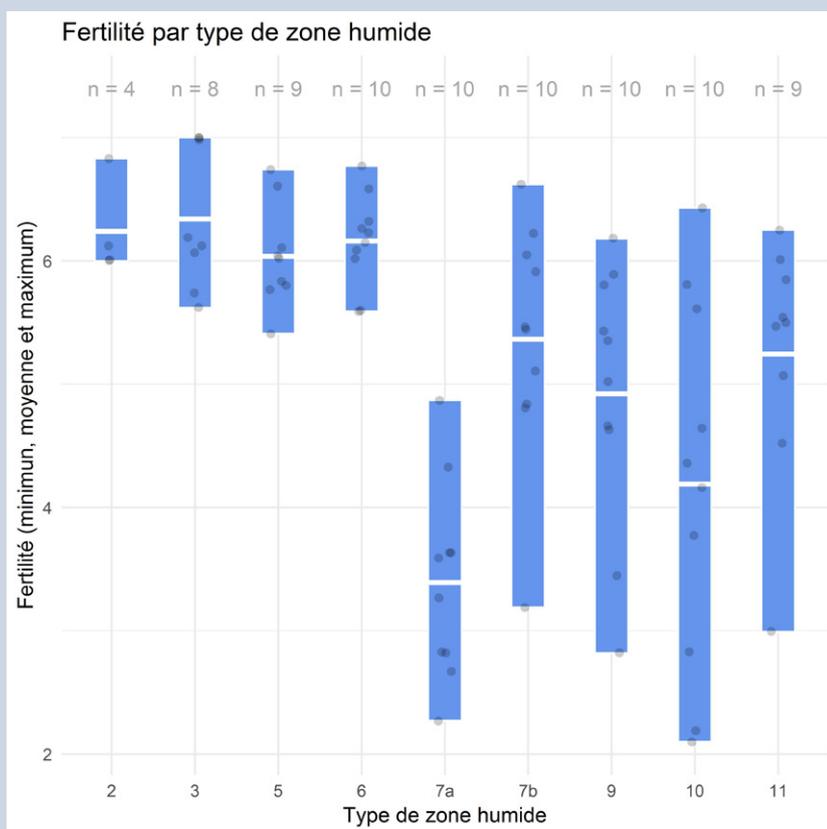


Clés d'interprétation de la note indicatrice

La valeur diagnostique de fertilité est corrélée positivement avec la disponibilité en nutriments (azote et phosphore). La gamme de variation va de 1 (sites très pauvres en nutriments) à 9 (sites très riches). En pratique, les valeurs médianes pour les milieux humides varient de 2,10 (tourbière acide – type 10) à 7 (marais et lagunes côtiers – type 3). A l'échelle des sites test réalisés en 2017 sur le bassin de la Loire, les valeurs minimales, moyennes et maximales observées par type de milieu humide sont représentées à la figure 3.

Cette dernière est un exemple d'amplitude des valeurs observées et mesurées sur les sites test en 2017. Cela ne constitue pas une échelle comparative de valeurs.

Figure 3 : exemples d'amplitudes des valeurs observées sur les sites tests en 2017.



La significativité de l'écart observé entre deux dates peut être analysée de trois manières (A06 de la boîte à outils RhoMéO) :

- En comparant l'écart observé avec l'erreur moyenne à l'échelle d'un site (due à de mauvaises relocalisations des placettes, des décalages phénologiques, des erreurs de déterminations...) **que l'on a estimée approximativement pour la fertilité à 0,2** (chiffre applicable pour tous les types de zones humides, que l'on calcule la valeur en présence/absence ou en prenant en compte le recouvrement des espèces) ; pour être significatif, l'écart observé doit être supérieur à l'erreur moyenne, donc supérieur à 0,2 ;
- En calculant l'écart global entre les occurrences observées et attendues comme si ces occurrences étaient indépendantes des années. Il s'agit d'une mesure semi-statistique, **le coefficient V de Cramer** (Annexe 2 pour un exemple détaillé des calculs) ; pour être significatif, ce coefficient (qui varie de 0 à 1) doit être au moins supérieur à 0,1 ;

- En comparant statistiquement les valeurs des placettes avec **le test non paramétrique des rangs signés de Wilcoxon** ; pour être significatif, la statistique du test doit être inférieure à des valeurs seuils données dans des tables spéciales mais facilement disponibles (Annexe 2 pour le détail des calculs et l'obtention des tables).

La mécanique des calculs est expliquée dans des manuels statistiques comme DAGNELIE (2011), SOKAL & ROHLF (2012), SPRENT (1993) ou TOMASSONE *et al.* (1993), ou enfin dans les cours de statistiques de l'Université de Lyon de RAKOTOMALALA (2008, 2011).

L'évolution d'un site est considérée significative si au moins deux de ces trois méthodes répondent positivement (ou négativement).



Exemple d'application

Le marais de Clussais-la-Pommeraiie (Deux-Sèvres) est un espace naturel (70 ha) dont plus de 30 ha sont acquis et gérés par le Conservatoire d'espaces naturels de Poitou-Charentes. Il correspond à un ensemble remarquable de prairies humides bocagères, avec la présence de plusieurs mares et de parcelles boisées diversifiées (taillis de bourdaine, fourrés à bruyères à balai, frênaies, saussaie marécageuse, chênaies-charmaies).

Ce site a été rattaché au type SDAGE 10. 27 placettes réparties sur 6 transects ont été échantillonnées en 2017. La valeur de l'indice floristique de fertilité de ce site est de 4,64.

La valeur de fertilité des placettes varie entre 2,34 et 5,89 avec 2 pics de valeurs : 6 placettes avec une valeur comprise entre 2,5 et 2,99 et 9 placettes avec une valeur comprise entre 5,5 et 5,99 (figure 4).

Les valeurs de fertilité les plus faibles correspondent à des prairies humides à molinie ; au contraire, les plus élevées correspondent à des prairies humides mésotrophes fauchées ou pâturées (figure 5).

Figure 4 : valeur diagnostique de niveau de fertilité des placettes du site en 2017.

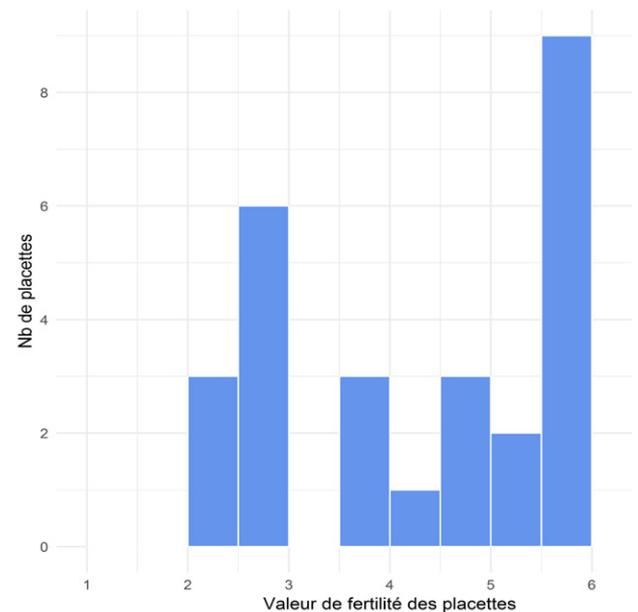
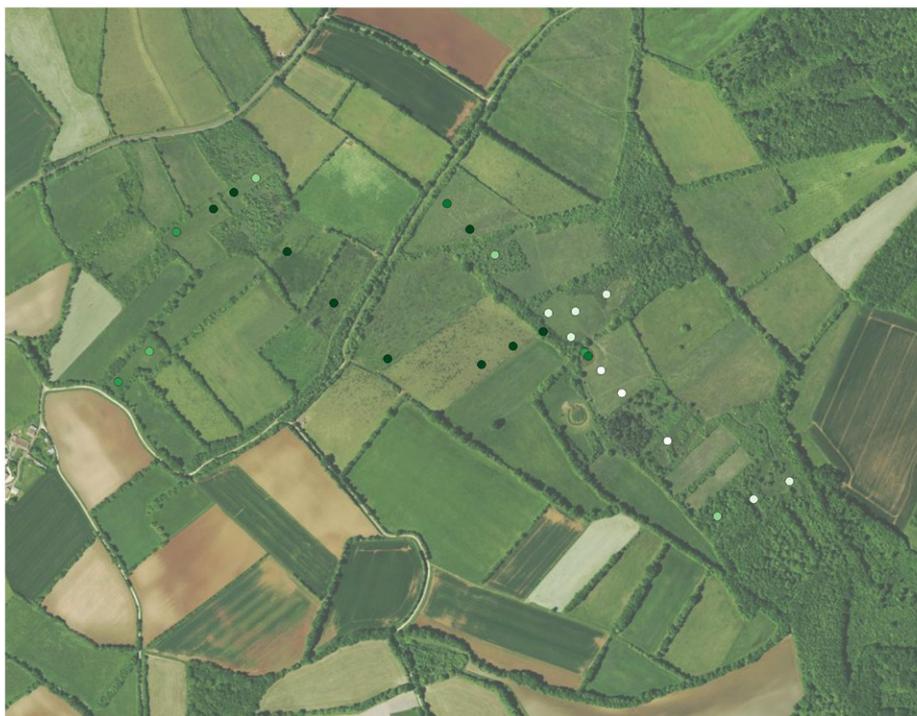


Figure 5 : représentation cartographique des valeurs diagnostiques de niveau de fertilité des placettes du site en 2017.



I06- Indice floristique de fertilité

Exemple du Marais de Clussais-la-Pommeraiie

Fertilité

- 2.34 - 2.50
- 2.50 - 3.00
- 3.00 - 3.50
- 3.50 - 4.00
- 4.00 - 4.50
- 4.50 - 5.00
- 5.00 - 5.50
- 5.50 - 5.99

BDORTHO WM - D978 2017

0 100 200 m

Bibliographie

Collectif RhoMéO, 2014 BAOZH RhoméO

DAGNELIE P., 2011. *Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions.* De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

RAKOTOMALALA R., 2008. *Comparaisons de populations. test non paramétriques. Version 1, téléchargeable à l'adresse suivante : http://www.academia.edu/24661896/Comparaison_de_populations_Tests_non_paramétriques_Université_Lumière_Lyon_2*

RAKOTOMALALA R., 2011. *Étude des dépendances - Variables qualitatives. Tableau de contingence et mesures d'association. Version 2, téléchargeable à l'adresse suivante : http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Dependance_Variables_Qualitatives.pdf*

SOKALI, R.R. & ROHLF F.J., 2012. *Biometry : the principles and practice of statistics in biological research.* 4th edition, W. H. Freeman and Co. (eds.), New York. 937 p.

SPRENT P., 1993. *Statistiques non paramétriques.* INRA (ed.), Paris, 294 p.

TOMASSONE R., DERVIN C, MASSON J.P.1993. *Biométrie. Modélisation de phénomènes biologiques.* Masson (ed.), Paris, 553 p.

INTÉGRITÉ DU PEUPEMENT D'ODONATES

Description et principes de l'indicateur

L'indicateur est construit en comparant la liste des espèces sténoèces observées à une liste des espèces sténoèces attendues sur la zone humide en fonction des habitats odonatologiques qu'elle

contient et de localisation départementale des libellules. La proportion d'espèces au rendez-vous constitue l'expression numérique de l'intégrité du peuplement d'odonates.

Méthode de calcul

Tout d'abord, afin de pouvoir évaluer la **qualité de l'information collectée**, deux analyses sont à effectuer sur le tableau de résultat (P06) :

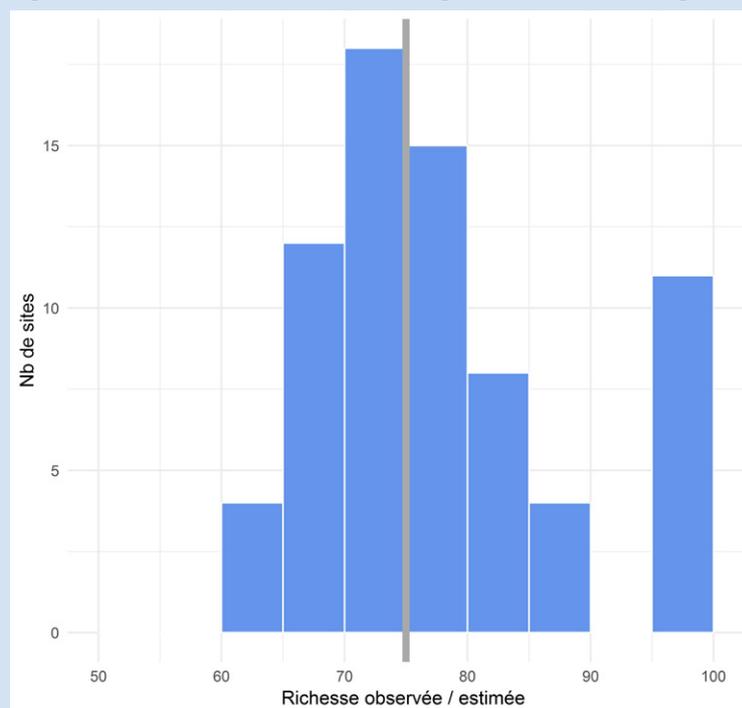
-> **D'une part l'efficacité d'échantillonnage** de la zone humide exprimée par le rapport entre la richesse observée et la richesse estimée à partir de l'estimateur Jackknife I ou II. On peut par exemple utiliser la macro Excel produite dans la cadre du Programme IBEM, téléchargeable à l'adresse suivante : <http://campus.hesge.ch/ibem/calcul.asp> (utiliser indifféremment l'onglet invertébrés, annexe 2 A10).

Sur les 44 sites faisant partie de l'échantillonnage test en 2017, la richesse observée est supérieure à 75 % de la richesse estimée dans la moitié des sites échantillonnés.

L'échantillonnage préconisé par ce protocole est donc considéré comme permettant de détecter au moins 75% de la richesse estimée : ce seuil de 75% a donc été retenu pour qualifier un échantillonnage pertinent. Dans le cas où la richesse détectée sera inférieure à ce seuil de 75% de la richesse estimée, l'indicateur produit sera peu fiable. Dans ce cas, il est recommandé de renouveler le travail l'année suivante en revoyant le plan d'échantillonnage.

-> **D'autre part le degré d'autochtonie du peuplement**, établi à partir des comportements reproducteurs observés pour chaque espèce

Figure 1 : efficacité de l'échantillonnage sur les sites test LigéO.



du cortège. 4 classes d'autochtonie sont définies (certaine, probable, possible et douteuse, tableau 1). Il s'agit, pour chaque espèce contactée sur la zone humide, de lui affecter une des quatre classes d'autochtonie en retenant parmi les informations collectées la classe d'autochtonie le plus fort identifié sur le site. On calculera ensuite le degré d'autochtonie du peuplement qui est le pourcentage d'espèces ayant la classe d'autochtonie certaine ou probable.

Méthode de calcul (suite)

Tableau 1 : classes d'autochtonie adoptées (d'après VANAPPELGHEM (2007) et IORIO (2015)).

Classe d'autochtonie	Critères (code calculette)
Certaine	- Exuvie (8 exuvie/émergent) ; - Émergence (8 exuvie/émergent).
Probable	- Néonate : individu fraîchement émergé (7 immature) ; - Femelle en activité de ponte (6 ponte) ;
Possible	- Accouplement (5 accouplement) ; - Défense territoriale (4 territoriale) ; - Tandem (3 tandem) ; - Présence d'individus mâles et femelles (2 mâles + femelles).
Douteuse	- Individu isolé, sans comportement d'activité de reproduction (1 autre).

Ce calcul du degré d'autochtonie du peuplement (%) est intégré dans la calculette LigéO. Il donne le % des espèces avec une autochtonie « Certaine » ou « Probable ». Si plus de 30 % des espèces se trouvent dans les classes « certaine » ou « probable », la qualité de l'échantillonnage est considérée pertinente. Sinon l'indicateur produit sera peu fiable.

Calcul de l'indicateur : La méthode de calcul de l'indicateur passe par les deux étapes suivantes :

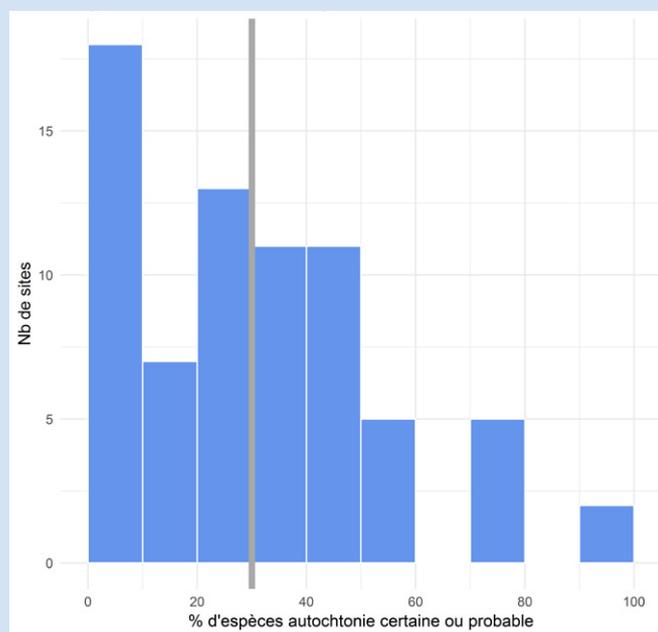
• **Construction de la liste d'espèces sténoèces attendues sur la zone humide**

La calculette LigéO construit la liste des espèces attendues de la zone humide selon 2 étapes :

Etape 1 : sélection des espèces sténoèces pour les habitats odonatologiques présents sur la zone humide.

A l'échelle du bassin de la Loire, un tableau d'affinités des espèces avec les habitats odonatologiques a été réalisé. Ainsi, pour chaque habitat odonatologique, le degré d'affinité à l'habitat de l'espèce a été établi. Cette valeur varie de 1 à 4 (tableau 5). Pour les habitats identifiés sur la zone humide, la liste des odonates sténoèces est celle des espèces présentant une forte affinité avec au moins un des habitats (dites sténoèces), c'est-à-dire les espèces ayant des notes d'affinité de 1 et 2 (Annexe 2 P06).

Figure 2 : degré d'autochtonie sur les sites LigéO en 2017.



Etape 2 : filtre de répartition départementale.

Dans une deuxième étape, est appliqué un filtre de répartition départemental des odonates du bassin de la Loire (Annexes 2 A10) à cette liste d'espèces sténoèces des habitats odonatologiques du site. Cette étape permet de ne conserver que les espèces dont la présence est connue, au moins anciennement, dans ce département (codes 2 à 5, tableau 6).

Tableau 5 : degré d'affinité à l'habitat (DELIRY, 2010).

Code	Intitulé
1	Habitats principaux
2	Affinité forte
3	Affinité moyenne
4	Habitats significativement visités sans qu'aucune certitude de reproduction ne soit acquise



Méthode de calcul (suite)

Tableau 6 : indice de présence et de rareté des odonates dans chaque département (IORIO et al., 2017).

Code	Intitulé
0	Espèce ou sous-espèce absente
1	Citations douteuses ou à confirmer
2	Espèce ou sous-espèce présente avant 1980 mais non-observée depuis
3	Espèce ou sous-espèce assez commune à commune
4	Espèce ou sous-espèce rare ou assez rare
5	Espèce ou sous-espèce très rare ou exceptionnellement observée

On obtient ainsi la liste des espèces stenoèces attendues sur cette zone humide, avec le détail pour chaque habitat.

• Identification des espèces au rendez-vous et calcul de l'indicateur

L'indicateur d'intégrité du peuplement d'odonates est le rapport entre le nombre d'espèces « stenoèces » observées sur le nombre d'espèces stenoèces attendues sur cette zone humide exprimée en %.

Le rapprochement entre la liste d'espèces stenoèces attendues obtenue précédemment et la liste des espèces observées sur la zone humide construite à l'issue de la campagne de terrain permet d'identifier les espèces au rendez-vous et les espèces absentes.

Clés d'interprétation de la note indicatrice

L'indicateur peut varier de 0 % (aucune espèce au rendez-vous) à 100 % (toutes les espèces attendues sont au rendez-vous). Plus la valeur de l'indicateur se rapproche de 100 %, plus le peuplement d'odonates de la zone humide est intègre. Toutefois, la valeur de 100 % n'est atteinte qu'exceptionnellement, essentiellement dans le cas de zones humides de petite taille, ne comportant qu'un seul habitat odonatologique avec une liste d'espèces attendues réduite à quelques espèces. Dans la plupart des cas, cette valeur ne peut être atteinte pour deux raisons :

- d'une part les aléas de la biogéographie qui font que toutes les espèces n'occupent pas systématiquement tous les habitats favorables ;
- d'autre part la sous-estimation de la richesse totale due à l'échantillonnage mis en place. Rappelons que la qualité de l'échantillonnage a été établie seulement si le ratio richesse observée / richesse estimée par Jackknife (S_{obs} / S_{true}) est au moins de 75 %.

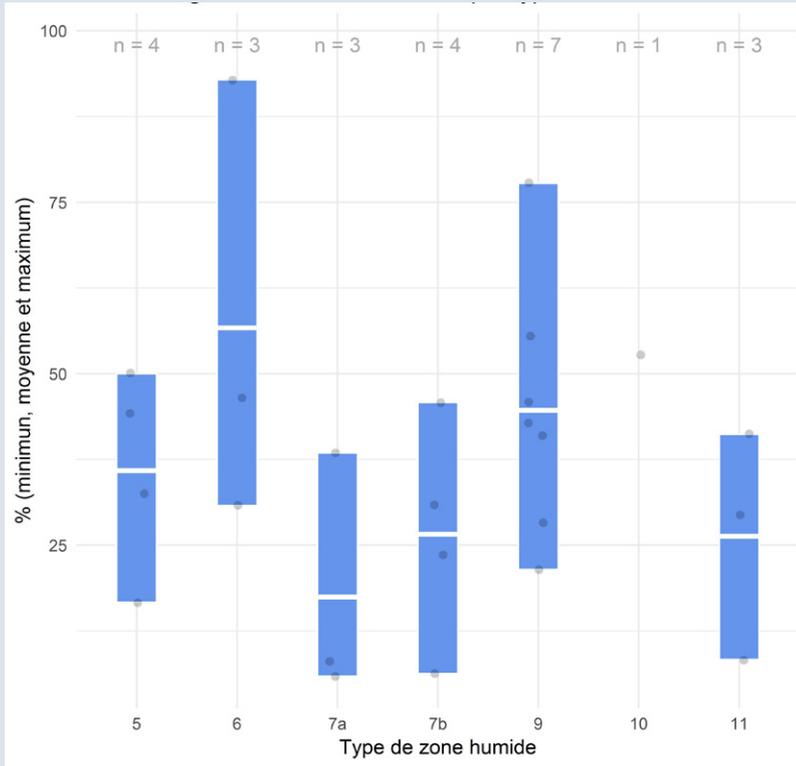
À l'échelle des 25 sites tests du projet LigéO avec un jeu de données validé (efficacité d'échantillonnage et degré d'autochtonie), les valeurs d'intégrité du peuplement d'odonates observées par type de milieu humide sont représentées à la figure 3. Cette dernière est un exemple d'amplitude des valeurs observées et mesurées sur les sites test en 2017.

L'intégrité varie dans les faits entre 5,88 % et 92,86 % ; l'intégrité est comprise entre 30,77 et 92,86 % pour les zones humides de Grandes vallées (type SDAGE 6) ou entre 21,43 et 77,78 % pour les bordures de plan d'eau (type 9).

La valeur de l'indicateur peut être complétée à dire d'expert, par une analyse plus fine des informations liées aux espèces absentes. La prise en compte de la fréquence de ces espèces dans le département (cf tableau de répartition départementale) permet de relativiser la signification de cette absence et les informations sur l'écologie des espèces absentes permet de formuler des hypothèses sur les facteurs d'altération de la zone humide.

Clés d'interprétation de la note indicatrice (suite)

Figure 3 : exemples d'amplitude de valeurs observées sur le bassin de la Loire.



Exemple d'application

Située sur la commune de Champocé-sur-Loire (Maine-et-Loire), la Boire de Champocé est un espace naturel (45 ha) gérée par le Conservatoire d'espaces naturels de Pays de Loire.

Le GREZIA a réalisé en 2017 un échantillonnage avec 9 points de suivi pour 2 habitats odonatologiques identifiés :

- 5c : Grands cours d'eau calmes ou annexes calmes de grands cours d'eau - Annexes lentes ou stagnantes non arborées, relativement perturbées par les crues ;
- 5d : Grands cours d'eau calmes ou annexes calmes de grands cours d'eau - Annexes lentes ou stagnantes arborées, relativement perturbées par les crues.



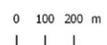
I10- Intégrité du peuplement d'Odonates

Exemple du plan d'échantillonnage de la Boire de Champocé

Habitats

- Annexes lentes de grands cours d'eau arborées
- Annexes lentes de grands cours d'eau non-arborées

BDORTHO WM - D978 2017





Exemple d'application

Au cours des trois sessions, 20 espèces ont été détectées pour un total de 114 observations.

L'efficacité de l'échantillonnage (Jackniffe : richesse observée / richesse estimée) est de 82,5 %.

Parmi les 20 espèces, la classe d'autochtonie est certaine pour 7 espèces, probable pour 9 espèces et douteux pour 4 espèces. Le degré d'autochtonie (certaine et probable) du peuplement est donc de 80 % $(=(7+9)/20)$.

Tableau 7 : espèces observées et comportement reproducteur le plus significatif.

Espèce	Comportement reproducteur	Classe d'autochtonie
<i>Anax imperator</i>	Exuvie	Certain
<i>Calopteryx splendens</i>	Absence de comportement repro	Douteux
<i>Chalcolestes viridis</i>	Ponte et néonate	Probable
<i>Coenagrion puella</i>	Néonate	Probable
<i>Enallagma cyathigerum</i>	Ponte	Probable
<i>Erythromma lindenii</i>	Ponte	Probable
<i>Erythromma najas</i>	Absence de comportement repro	Douteux
<i>Erythromma viridulum</i>	Ponte	Probable
<i>Gomphus flavipes</i>	Exuvie	Certain
<i>Gomphus pulchellus</i>	Néonate	Probable
<i>Ischnura elegans</i>	Ponte et néonate	Probable
<i>Libellula depressa</i>	Absence de comportement repro	Douteux
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	Absence de comportement repro	Douteux
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	Exuvie	Certain
<i>Orthetrum albistylum</i>	Exuvie	Certain
<i>Orthetrum cancellatum</i>	Exuvie	Certain
<i>Platycnemis acutipennis</i>	Néonate	Probable
<i>Platycnemis pennipes</i>	Néonate	Probable
<i>Sympetrum sanguineum</i>	Exuvie	Certain
<i>Sympetrum striolatum</i>	Exuvie	Certain

Avec une efficacité de l'échantillonnage supérieure à 75 % et un degré d'autochtonie supérieure à 30 %, la qualité de l'information collectée est donc validée. L'échantillonnage est jugé pertinent.

Exemple d'application

Tableau 8 : calcul de l'indicateur « intégrité du peuplement d'odonates » pour la boire de Champtocé (Maine-et-Loire).

Espèces	Espèces « sténoèces » attendues	Espèces observées en 2017	Affinité par habitats		Maine-et-Loire
			5c	5d	
<i>Anax imperator</i>	1	1	2	4	3
<i>Calopteryx splendens</i>	1	1	2	2	3
<i>Chalcolestes viridis</i>	1	1	3	2	3
<i>Coenagrion puella</i>	1	1	2	3	3
<i>Enallagma cyathigerum</i>	0	x	3	4	3
<i>Erythromma lindenii</i>	1	1	1	2	3
<i>Erythromma najas</i>	0	x	3	4	3
<i>Erythromma viridulum</i>	1	1	2	3	3
<i>Gomphus flavipes</i>	0	x	3	3	4
<i>Gomphus pulchellus</i>	0	x	3	3	3
<i>Ischnura elegans</i>	1	1	2	3	3
<i>Libellula depressa</i>	0	x	3		3
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	1	1	2	3	3
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	0	x	3	4	4
<i>Orthetrum albistylum</i>	0	x	3	4	3
<i>Orthetrum cancellatum</i>	1	1	2	3	3
<i>Orthetrum coerulescens</i>	1		2	3	3
<i>Platycnemis acutipennis</i>	1	1	2	4	3
<i>Platycnemis pennipes</i>	1	1	1	3	3
<i>Sympetrum sanguineum</i>	1	1	2	4	3
<i>Sympetrum striolatum</i>	1	1	2	4	3
Total des espèces observées		20			
Total des espèces « sténoèces » attendues et observées	14	13			
Intégrité du peuplement		92,86%			

«x» espèces observée; "1" espèce dite «sténoèce» prise en compte dans le calcul de l'indice. Pour la présence départementale, les données sur le département du Maine et Loire ont été utilisées.

Sur la boire de Champtocé, 13 espèces sténoèces ont été observées sur les 14 attendues soit un indice d'intégrité de 92,86 %. Seul *Orthetrum coerulescens* n'a pas été contacté lors du suivi 2017. Le peuplement peut donc être considéré comme intègre en 2017. Le degré d'intégrité étant très fort et la qualité de l'échantillonnage très bon.

Bibliographie

IORIO E, HERBRECHT F, BAETA R., DOUCET G., GUERBAA K., TAILLAND L., 2017. Méthodologie de réalisation des tableaux odonatologiques -indicateur intégrité du peuplement d'odonates pour LigéO, AELB, Région Centre-Val de Loire, 3p.

OERTLI B., 2008. The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats, In *Dragonflies and Damselflies : Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. ed. A. Córdoba-Aguilar, pp. 79-95. Oxford University Press, Oxford, New York.

INTÉGRITÉ DU PEUPELEMENT D'AMPHIBIENS

Description et principes

La valeur de l'indice repose sur 3 composantes :

- L'indice de diversité de SIMPSON calculé pour le site ;
- La sténoécie brute, qui correspond à la proportion d'espèces sténoèces inventoriées contenues dans la liste de référence pour le département donné ;

- La sténoécie relative, qui correspond à la proportion entre les espèces inventoriées sur la zone humide et la liste d'espèces sténoèces de la maille de 10 km² contenant le site inventorié (sources : INPN/SHF)

L'évaluation globale du site est produite par la somme de ces trois paramètres. Elle varie donc de 0 à 3, si l'on excepte les points bonus.

Méthode de calcul

Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson

L'indice de Simpson (D) mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \frac{\sum Ni(Ni-1)}{N(N-1)}$$

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus ou classe.

Pour un site, l'indice de Simpson est calculé en sommant, pour chaque espèce observée, sténoèce ou non, les individus et classes des 3 campagnes. Les classes sont transformées ainsi : classe 2->25, classe 3->250, classe 4->500.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives » et dans la logique de la somme des trois paramètres, l'indice de diversité de Simpson représenté par 1-D a été préféré, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1. Le minimum de diversité par la valeur 0.

Cet indice est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est grand. Et pour un nombre fixé d'espèces, il est d'autant plus grand que la répartition des fréquences est équitable. Cet indicateur prend donc en compte les deux composantes de la diversité spécifique.

Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

La sténoécie brute

Cette valeur est obtenue en comparant la liste des espèces sténoèces inventoriées sur la zone humide à l'issue des trois campagnes de terrain et la liste d'espèces sténoèces contenues dans la liste de référence pour le département donné (annexe 2 A11). Cette valeur évolue de 0 à 1 et traduit l'absence d'espèces à fortes exigences mésologiques jusqu'à la présence de l'ensemble des espèces sténoèces de la liste.

$$SB = \frac{Nb \text{ sp sténoèces liste départementale inventoriées}}{Nb \text{ sp sténoèces liste départementale}}$$

La sténoécie relative

Cette valeur est obtenue en comparant la liste des espèces sténoèces inventoriées sur la zone humide et la liste d'espèces sténoèces de la maille de 10 x 10 km contenant le site inventorié (sources : INPN/SHF). Plus sa valeur est proche de 1, plus le nombre d'espèces contactés est proche du nombre d'espèces sténoèces attendues.

$$SR = \frac{Nb \text{ sp sténoèces liste référence inventoriées}}{Nb \text{ sp sténoèces liste référence présentes dans la maille 10 x 10 km.}}$$

Méthode de calcul (suite)

Cas des espèces très rares

Les espèces sténoèces très rares (code 3), ne sont pas intégrées à la liste des espèces observées utilisées pour le calcul des sténoécies. De même, elles ne sont pas intégrées à la liste des espèces attendues (liste départementale) ainsi qu'à la liste des espèces potentielles (liste par maille).

Cas des espèces non répertoriée sur la maille 10x10 km

Une espèce observée qui n'est pas encore répertoriée sur la maille, n'est pas prise en compte dans le calcul de la sténoécie relative. Elle n'entre pas dans la liste des espèces observée, ni dans la liste des espèces potentielles. Les listes de références étant mises à jour irrégulièrement, il est préconisé, lors d'un suivi, de refaire l'ensemble des calculs des différentes années en se basant sur les derniers référentiels disponibles.

Cas des espèces exotiques

Les espèces exotiques envahissantes ne sont pas prises en compte dans le calcul de l'I2PA. Leur présence, pouvant entraîner des dysfonctionnements au sein des peuplements autochtones, doit être notée.

Bonus

Les espèces sténoèces observées qualifiées de rares ou de très rares à l'échelle départementale apportent chacune 0,1 point de bonus au résultat (annexe 2 A11, liste de référence des amphibiens par département).

La note globale (Indice d'Intégrité du Peuplement Amphibiens) est donc

$$I2PA = (1-D) + SB + SR + Bonus$$

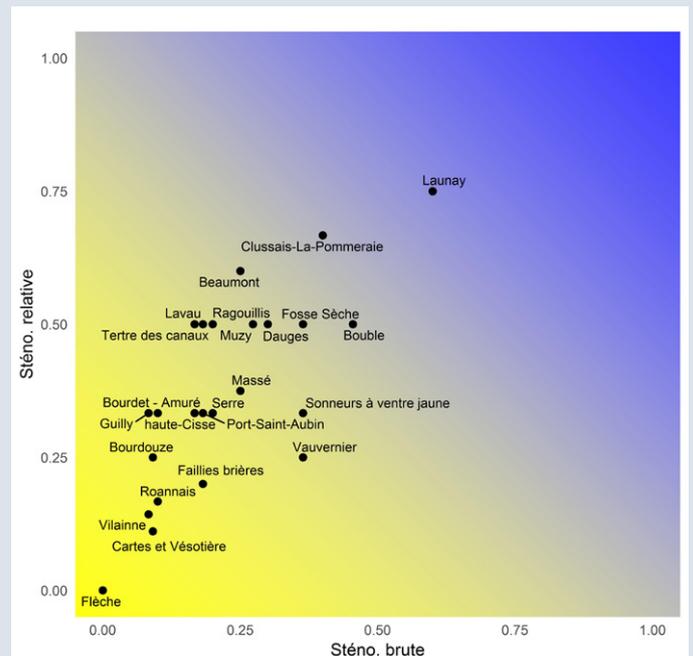
Clés d'interprétation de la note indicatrice

L'I2PA permet en une seule valeur d'intégrer le volet diversité spécifique et contribution des espèces sténoèces. Il présente un biais pour les sites où aucune espèce sténoèce n'a été trouvée ; dans ce cas de figure, seule la valeur de l'indice de Simpson entre en ligne de compte.

Pour les sites présentant au moins une espèce sténoèce de la liste de référence, un mode de représentation des deux valeurs de sténoécies brute (SB) et relative (SR) propose de visualiser la position des sites dans une grille colorimétrique permettant de juger du positionnement du site vis-à-vis de ces deux valeurs (figure 1). Plus la zone humide est située dans les couleurs bleues, plus l'intégrité du peuplement amphibien peut être considérée comme bonne. A l'inverse, plus le positionnement se rapproche de l'origine des axes, plus le peuplement est dégradé.

Ce mode de représentation est intéressant à utiliser pour rendre compte et analyser les trajectoires d'évolution d'un site dans le temps.

Figure 1 : comparaison entre la sténoécie relative (SR) et la sténoécie brute (SB).



La valeur d'intégrité du peuplement d'amphibiens (I2PA) varie entre 0 à 3 en théorie si l'on excepte les points de bonus. A l'échelle des sites test réalisés en 2017 sur le bassin de la Loire, les valeurs d'I2PA observées par type de milieu humide sont représentées à la figure 2. Cette dernière est un exemple d'amplitude des valeurs observées et mesurées sur les sites test en 2017.

L'I2PA varie dans les faits entre 0 et 2,23 ; l'I2PA est compris entre 0,91 et 2,23 pour les zones humides ponctuelles (type SDAGE 11) et entre 0,88 et 1,53 pour les zones humides de bas-fonds en tête de bassin (>450m) (type 7a).

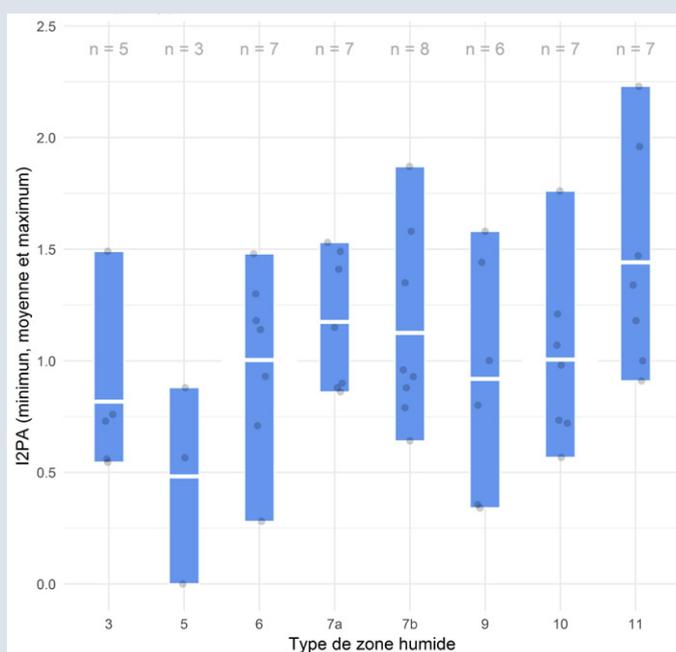
L'indice I2PA est un indice composite qui intègre une dimension de diversité biologique et une dimension fonctionnelle au travers des espèces sténoèces. La comparaison entre les sites est un exercice périlleux ; elle ne peut se concevoir que dans le cadre contextualisé pour un même type de site ou dans le cadre de la représentation SB / SR qui ne fait intervenir qu'une dimension liée aux espèces de la liste de référence.

Les espèces exotiques envahissantes ne sont pas prises en compte dans la liste de référence. Leur présence peut toutefois expliquer une tendance à la diminution de la note indicatrice dans le temps.



Clés d'interprétation de la note indicatrice (suite)

Figure 2 : exemples d'amplitude de valeurs observées de l'I2PA sur le bassin de la Loire.



Exemple d'application

Le Tertre des Canaux (Loir-et-Cher) est un espace naturel (34 ha) géré par le Conservatoire d'espaces naturels de Loir-et-Cher en partenariat avec la commune de la Ferté-Imbault. Ce site abrite une large variété de milieux typiques de la Sologne : landes sèches, landes tourbeuses et prairies humides, mares ainsi que des boisements (8 espèces d'amphibiens sont connues sur ce site). Ce site a été rattaché au type SDAGE 10 (marais et landes humides de plaines et plateaux).

En 2017, 4 points d'observation (Figure 3) ont été échantillonnés pour deux types d'habitats : mares fermées (habitat 11, 3 points) et fossé alimenté (habitat 7, 1 point).

Suite aux trois passages, un tableau de résultat a été dressé :

- 4 espèces ont été observées dont 2 dites sténoèces (Rainette verte et Grenouille agile);

- au niveau départemental, 9 espèces sténoèces étaient attendues. Seules les espèces communes (1) et rare (2) sont prises en compte;

- au niveau de la maille de 10 x 10 km, 2 espèces sténoèces (Rainette verte et Salamandre tachetée) étaient attendues.

L'indice d'intégrité du peuplement I2PA est donc de 1,37.

Indice de diversité de Simpson (1-D)	0,624
Sténoécie brute (SB)	0,22
Sténoécie relative (SR)	0,5
Bonus	0
I2PA	1,34

Exemple d'application

Figure 3 : plan d'échantillonnage du Tertre des Canaux.



I1.1- Intégrité du peuplement d'amphibiens

Exemple du plan d'échantillonnage du Tertre des Canaux

Habitats

- Fossé ombragé
- Mare ombragée
- Points d'observation

BDORTHO WM - D978 2017

Site	Tertre des canaux				
	Taxon	Observé en 2017	Nombre d'individus et classe	Espèce attendue	Espèce potentielle (maille 10 x10 km)
				Indice de rareté pour le dépt 41	
<i>Alytes obstetricans</i>				2	
<i>Bombina variegata</i>				3	
<i>Bufo bufo</i>				1	
<i>Epidalea calamita</i>				2	
<i>Hyla arborea</i>	x	57	1		x
<i>Hyla meridionalis</i>				0	
<i>Ichthyosaura alpestris</i>				2	
<i>Lissotriton helveticus</i>	x	1	1		
<i>Lisotriton vulgaris</i>				2	
<i>Lithobates catesbeianus*</i>				3	
<i>Pelobates cultripes</i>				0	
<i>Pelobates fuscus</i>				3	
<i>Pelodytes punctatus</i>				2	
<i>Pelophylax sp.</i>	x	114	1		x
<i>Rana dalmatina</i>	x	51	1		
<i>Rana temporaria</i>				3	
<i>Salamandra salamandra</i>				1	x
<i>Triturus cristatus</i>				2	
<i>Triturus marmoratus</i>				2	
<i>Xenopus laevis*</i>				0	
Total	4	223			
Total "sténoèce"	2			9	2

En noir : espèces "sténoèce"

En gris : espèces non «sténoèce», utilisées seulement pour l'indice de Simpson;

En gris*: espèce invasive non utilisées pour les calculs

Indice de Simpson

$$\frac{57 \times (57-1)}{223 \times (223-1)} + \frac{1 \times (1-1)}{223 \times (223-1)} + \frac{114 \times (114-1)}{223 \times (223-1)} + \frac{51 \times (51-1)}{223 \times (223-1)}$$

= 0,376

Indice de diversité de Simpson

$$1 - 0,376$$

= 0,624

Sténoécie Brute

$$\frac{2}{9}$$

= 2,22

Sténoécie Relative

$$\frac{1}{2}$$

= 0,5

La Grenouille agile (*R. dalmatina*) n'a pas été prise en compte dans le calcul car elle n'était pas une espèce attendue (non connue dans la maille 10 x 10 km).

Bonus

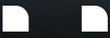
Aucune espèce rare (2) ou très rare (3) n'a été observée.

Sur le site du Tertre des canaux, le ré-équilibre pourra se faire par un nombre plus important de *Lissotriton helveticus* par exemple. Pour la sténoécie relative, la Grenouille agile a été observée mais n'est pas connue actuellement dans la maille. Lors de la seconde campagne et de l'analyse

de l'évolution du peuplement et du fonctionnement du milieu humide, il est donc préférable de renouveler les calculs de la première campagne afin de se baser sur les mêmes listes de référence.



SUIVI DE L'ÉTAT TROPHIQUE D'UNE MASSE D'EAU



Description et principe

L'indicateur s'attache à décrire la dynamique trophique d'une masse d'eau. Cette dernière est représentée par une alternance d'états trophiques calculés pour chaque prélèvement. La chronique de données ainsi obtenue est comparée à un sché-

ma d'alternance standard. Le cas échéant, un écart à cette référence est susceptible de traduire un fonctionnement altéré de la masse d'eau.



Principes



Principes

En règle générale, une station passe par différents stades de 'maturation' de la chaîne trophique représentés ci-après par un gradient de couleurs (fig. 1) :

1. **HIVER**. Durant la période hivernale, les espèces planctoniques peuplant la colonne d'eau ne disparaissent pas totalement. En réalité, un réseau trophique minimal subsiste.

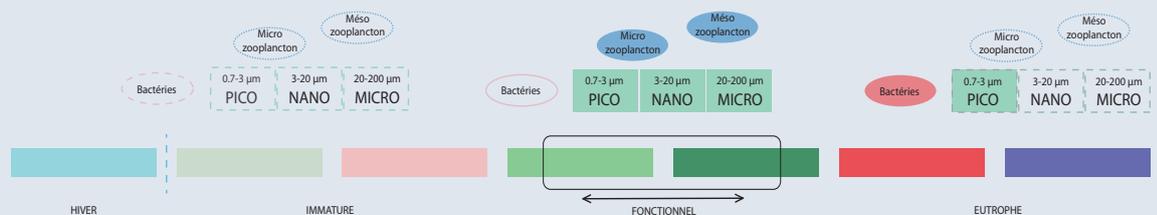


Figure 1 : alternance des stades de maturation trophique au cours des saisons, et représentation des contributions des compartiments micro et méso-biologiques à l'expression du stade trophique.

C'est ce pool d'organismes qui va permettre, lorsque les conditions de milieu le permettront, d'initier le développement de la chaîne trophique aquatique.

Durant cette période, l'activité biologique est réduite au strict minimum, la masse d'eau entre en quelque sorte en dormance.

L'apparition de ce type de réseau en dehors de la période hivernale a déjà été observée lorsque la masse d'eau est colonisée par des macrophytes. Ces dernières entrent en compétition avec le phytoplancton dont le développement est alors perturbé.

2. **STADE IMMATURE**. Au début du printemps, la biomasse des différents compartiments est faible, les interactions entre ces compartiments le sont aussi. Toutefois, l'ensemble des acteurs étant présent, le réseau est qualifié de mutivore faible. Ce dernier présente d'ores et déjà des potentialités intéressantes vis-à-vis de l'écosystème.

Le développement des microalgues assure l'abattement des teneurs en sels nutritifs tout en main-

tenant des conditions d'habitat satisfaisantes.

3. **MATURATION**. La saison avançant, la biomasse des différents compartiments augmente et les interactions entre ces derniers deviennent plus intenses. L'importante quantité de prédateurs (zooplancton) permet d'éviter le développement massif de microalgues, créant en quelques sortes un équilibre dynamique de type proies-prédateurs.

D'un point de vue fonctionnel, ces réseaux présentent un fort potentiel écologique.

L'abattement des teneurs en sels nutritifs est important et le développement conjoint des différents compartiments planctoniques permet de favoriser la fonction de nourricerie de ces milieux, offrant un large spectre de ressources aux mailles supérieures tout en préservant une fonction habitat satisfaisante (absence d'anoxie, etc.).

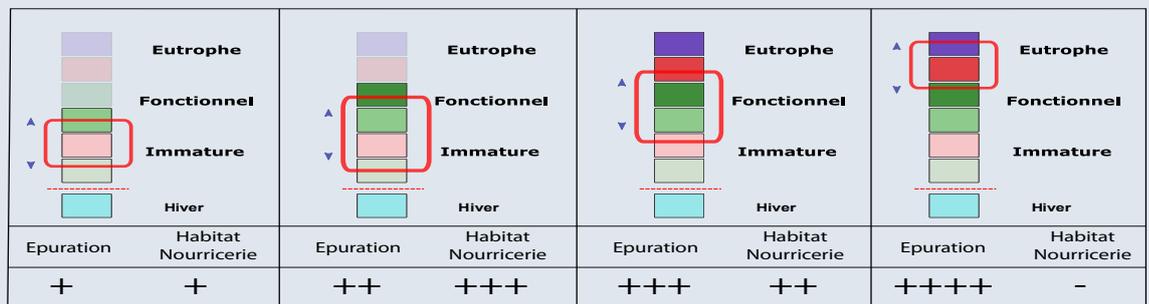
Principes (suite)

4. **STADE EUTROPHE.** Sous certaines conditions (absence de réalimentation, fortes teneurs en sels nutritifs, etc.) l'équilibre entre production et consommation est rompu, le développement massif de microalgues n'est plus compensé par la prédation et la situation évolue vers la dystrophie.

En termes de fonctionnalités, c'est généralement dans les masses d'eau eutrophes que l'abattement des sels nutritifs est le plus important. Toutefois, cette forte capacité épuratoire se fait au détriment des autres fonctions écologiques associées aux marais. Ces réseaux sont le siège d'une production importante de matière organique dont la dégradation (recyclage) par les bactéries entraîne une chute drastique de la saturation en oxygène.

La capacité de la masse d'eau à offrir des conditions d'habitat satisfaisante est dès lors remise en question. En situation eutrophe, la chaîne trophique s'articule principalement autour du compartiment bactérien et de la fraction picophytoplanctonique, l'aspect nourricerie du milieu est également compromis.

En l'absence d'un renouvellement significatif de la masse d'eau, le retour à des fonctionnements plus équilibrés (dématuration) est improbable. L'alternance des réseaux trophiques décrite ci-dessus est certes classique en marais doux, mais ne représente pas l'intégralité des situations rencontrées en milieu naturel.



Mode de calcul et méthode d'interprétation

Les données biologiques et chimiques sont traitées simultanément à l'aide d'un modèle statistique capable de caractériser le stade trophique de la masse d'eau à une date précise (cf. chap. Opérationnalité, ci-après).

Nb : Ce modèle est explicité dans le rapport final d'étude 2019, disponible sur le site Internet du FMA et prochainement à partir de l'interface de traitement des données en ligne, qui sera mis à disposition des utilisateurs.

La dynamique trophique d'une station est ensuite reconstruite à l'échelle d'une année et comparée à un des patrons standardisés propres à 5 grands types de marais retro-littoraux déjà identifiés (Fig. 3).

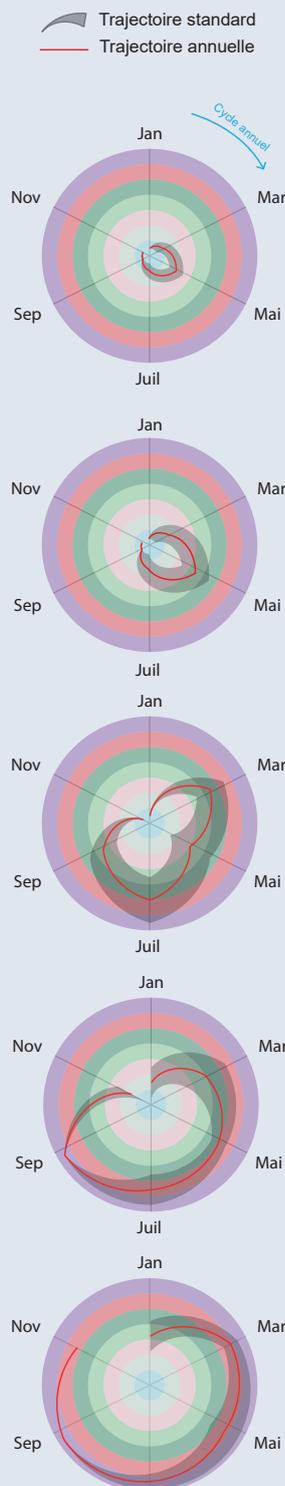
Il est important de souligner que la «trajectoire trophique» standard de chaque patron est étroitement liée aux conditions hydrologiques qui participent à déterminer le degré de confinement de la masse d'eau.

Ceci induit une certaine variabilité pour chacune des 5 trajectoires de référence.

A l'instar d'un intervalle de confiance, la zone grisée suggère une amplitude de variation admissible vis-à-vis de cette trajectoire standard dans laquelle la succession annuelle de la station étudiée (ligne rouge) vient se positionner.



Interprétation (suite)



Les figures suivantes présentent 5 types de schémas d'alternances courants.

Type 1. Dans ce type de schéma d'alternance, le compartiment planctonique présente une très faible activité. Ce type de fonctionnement est observé sur des hydrosystèmes très fortement réalimentés comme des rivières canalisées ou plus ponctuellement sur des marais mouillés au cours d'années présentant une hydrologie favorable. Il faut souligner que ce type de fonctionnement peut révéler une altération comme par exemple la présence d'entrées salines régulières limitant le développement d'un réseau trophique mature et fonctionnel.

Type 2. Le compartiment planctonique présente en période de production un caractère immature alors qu'en période hivernale il perd son activité. La mise en action d'un réseau mature peut être observée ponctuellement une nouvelle fois au gré d'un changement climatique (printemps) ou hydrologique (limitation des écoulements). Ces blooms correspondant à un optimum de fonctionnalité du compartiment planctonique, le système reste résilient et peut revenir à un fonctionnement moins mature au regard de l'évolution des conditions environnementales. Ce type de fonctionnement est observé sur des marais présentant une très forte réalimentation (artificielle ou naturelle) et sans rupture significative d'écoulement.

Type 3. Le compartiment planctonique présente en période de production un caractère mature fonctionnel tout en perdant son activité en période hivernale. Le système reste résilient et peut revenir à un fonctionnement moins mature au regard de l'évolution des conditions environnementales. Ainsi, les blooms planctoniques sont majoritairement observés au printemps avec des conditions favorables (température et lumière) ainsi qu'au cœur de l'étiage (renouvellement d'eau limité). Si ces facteurs de maturation sont un peu plus marqués, des réseaux eutrophes peuvent apparaître ponctuellement. Ce type de fonctionnement est observé dans des marais disposant d'une réalimentation en eau significative. Il est toutefois aussi rencontré sur des grands canaux stagnants où la lame d'eau (de l'ordre de 2 m) tamponne les phénomènes de maturation.

Type 4. Le compartiment planctonique mature progressivement tout au long de la saison et présente un réseau eutrophe en fin d'étiage. En hiver, le retour à un réseau en dormance n'est pas systématique et il est fréquent d'observer lors d'hivers secs le maintien de réseaux immatures. Dans ces cas, les réseaux eutrophes peuvent souvent apparaître plus précocement dans la saison et se maintenir toute la période de production. Ce schéma est caractéristique des marais non réalimentés avec un renouvellement hivernal plus ou moins marqué.

Type 5. Le compartiment planctonique se maintient presque systématiquement dans des réseaux eutrophes. La période hivernale peut connaître éventuellement un retour vers des conditions de réseau trophique immature. Ce schéma traduit un état très altéré de la masse d'eau lié à du sur-confinement ou des intrants très significatifs (STEP).

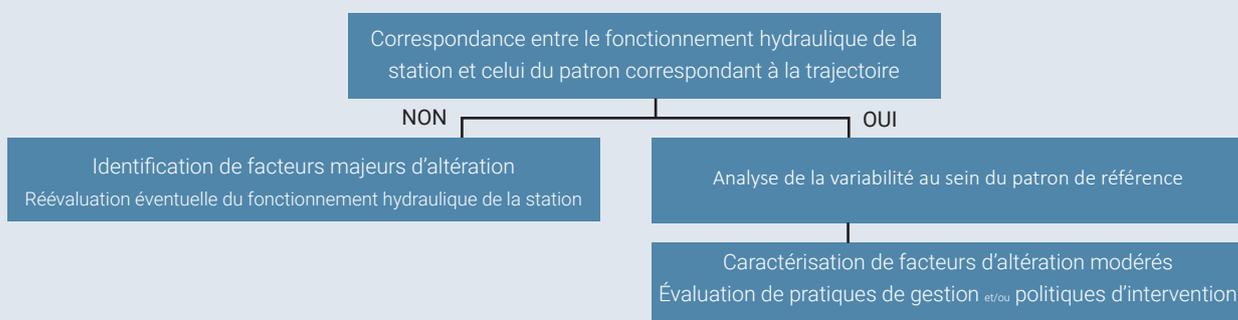
Figure 3 : types de schémas d'alternances

Interprétation (suite)

Tableau 1 : clefs de lecture des typologies de fonctionnement des marais littoraux

	Périodes de production	Période hivernale	Variabilité
Fonctionnement à pic immature	Absence d'activité	Absence d'activité	Apparition ponctuelle d'un pic immature (selon climatologie et hydrologie)
Fonctionnement à pic mature	Réseaux immatures	Absence d'activité	Apparition ponctuelle d'un pic mature (selon climatologie et hydrologie)
Fonctionnement mature à blooms multiples	Alternance entre réseaux immatures et matures	Absence d'activité	Apparition des phénomènes matures en début (climatologie) et fin de saison de production (hydrologie)
Fonctionnement eutrophe à maturation progressive	Maturation progressive jusqu'au réseau eutrophe	Maintien régulier d'un réseau immature	Maturation plus ou moins rapide selon le renouvellement hivernal (proportion de réseau mature vs eutrophe)
Fonctionnement dystrophe	Réseau eutrophe	Maintien régulier d'un réseau mature	Maintien possible d'un réseau eutrophe pendant toute la période de production

Le travail d'interprétation s'appuie sur le principe suivant :



Opérationnalité

Accès aux outils numériques

A l'heure actuelle, l'équipe en charge du développement technique de l'indicateur travaille sur l'élaboration d'une plateforme web permettant un accès simplifié aux ressources propres à cet outil.

Cette plateforme aura pour vocation de centraliser toute la documentation produite dans le cadre du projet mais également d'offrir un point d'entrée unique vers l'interface de traitement des données.

L'utilisateur aura notamment la possibilité de générer un support interactif de visualisation de ses données. Un exemple fonctionnel de ce type de rendu est disponible à l'adresse suivante :

https://unima.fr/ex_tdb.html



Contact

Unima, 28 avenue de Vaucanson, ZI de Périgny, 17180 Périgny. 05 46 34 34 10
Forum des Marais Atlantiques, Quai aux vivres, 17300 Rochefort. 05 46 87 08 00



Références Introduction « Clés d'entrée »

Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône Méditerranée. Volume 1 : méthode et clés d'identification. Volume 2 : fiches écorégions et clés d'identification. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, Conseil Aménagement Espace Ingénierie. Juin 2012.

Les milieux

Agir pour les zones humides en RMC, politique d'inventaires : objectifs et méthodologie ; Note méthodologique SDAGE N°5 - Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse - octobre 2000.

Guide d'inventaire des zones humides dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des Sage - Agence de l'eau Loire Bretagne - janvier 2010.

Système de caractérisation des zones humides de moyenne montagne : Document méthodologique de synthèse en vue de la constitution d'un atlas des zones humides du Cantal - DDEA Cantal - Alter Eco - mai 2000.

I01

Arrêté du 1er octobre 2009 - critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement

(http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_hors-sol_02-05-13_light-1.pdf)

AFES, 2009 - Référentiel pédologique, Baize D. & Girard M.C. cor. éd. Quae

BAIZED. & JABIOL B., 1995. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

VIZIER J.F., 2009 - Éléments pour l'établissement d'un référentiel pour les solums hydromorphes, in : Référentiel pédologique, 2008 - AFES, D. Baize & M. C. Girard cor., éd. Quae, 2009.

BAIZE D. & C. DUCOMMUN C., 2014. Reconnaître les zones humides, Difficultés d'application des textes réglementaires, in : étude et gestion des sols, AFES, http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/egs_21_1_2107_baize_ducommun_85_102.pdf

I02

BOCK B & al., 2014. Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine Ministère de l'Écologie / MNHN / FCBN / Tela Botanica. Tela Botanica. Version 2.01. Aussi dénommé Baseflor dans ce document,

téléchargeable sur <http://www.tela-botanica.org/projets/1/telechargement/20503>

BRAUN-BLANQUET J. & JENNY H., 1926. Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralpen (Klimaxgebiet des *Caricion curvulae*). Denkschr. d. Schweiz Naturf. Ges., LWIII, Abt. 2

DIEKMANN M., 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review. *Basic and Applied Ecology* 4 : 493-506.

ELLENBERG H., 1974. Zeigerwerte des Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9 : 1-97.

ELLENBERG H., WEBER H., DULL R., WIRTH H., WERNER W. & PAULISSEN D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas. Ed 3. *Scripta Geobotanica* 18 : 1-258.

HILL M. O., MOUNTFORD J.O., ROY D.B., BUNCE R.G.H 1999. Ellenberg's indicator values for British plants. *ECOFAC* Vol.2, 46p.

LANDOLT E. et al., 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376p.

OKLAND R. H., 1990. *Vegetation ecology : theory, methods and application with reference to Fennoscandia*. *Sommerfeltia Suppl.* 1 : 1-233.

OOMES M.J.M, OLFF H. & ALTENA H. J., 1996. Effect of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamic and vegetation change in a wet grassland. *Journal of Applied Ecology* 33 : 576-588.

PAUTOUG., 1970. *Ecologie des formations riveraines de la Basse Isère. Application à l'étude d'une nappe phréatique et de ses risques de pollution*. Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes VIII : 73-114.

SCHAFFERS A. P. & SYKORA K. V., 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction : a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11 : 225-244.

TER BRAAK C.J.F. & WIERTZ J., 1994. On the statistical analysis of vegetation change : a wetland affected by water extraction and soil acidification. *Journal of Vegetation Science* 5 : 361-372.

WITTE J. P. M., & VON ASMUTH J. R., 2003. Do we really need phytosociological classes to calibrate Ellenberg indicator values ? *Journal of Vegetation Science* 14 : 615-618.



I03

Collectif RhoMéo, 2014 - La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. www.rhomeo-bao.fr - Conservatoire d'espaces naturels de Savoie. 147 pages + annexes. Publication février 2014 / Version 1

GENTIL S., KOSMELJ K., LACHET B., LAPORTE P. & PAUTOU G., 1983. Classification statistique et modélisation des niveaux de la nappe phréatique près de Brégnier-Cordon, en relation avec les apports en eau et la température. In: *Revue de géographie alpine*. Tome 71 N°4 : 353-362.

GILVEAR D.J. & BRADLEY C., 2000. Hydrological monitoring and surveillance for wetland conservation and management; a UK perspective, *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 25, Issues 7-8* : 571-588.

MUSYA A. & HIGY A., 2004. Hydrologie: une science de la nature, *Science & ingénierie de l'environnement, Collection Gérer l'environnement, volume 21 - PPUR presses polytechniques*, 314 p.

PAUTOU G., GIREL J., PEIRY J.-L., HUGHES F., RICHARDS K., FOUSSADIER R., GARGUET-DUPOURT B., HARRIS T. & BARSOUM N., 1996. Les changements de végétation dans les hydrosystèmes fluviaux. L'exemple du Haut-Rhône et de l'Isère dans le Grésivaudan - *Revue d'écologie alpine* 3 41- 66.

I06

BOCK B & al., 2014. Référentiel des trachéophytes de France métropolitaine Ministère de l'Écologie / MNHN / FCBN / Tela Botanica. *Tela Botanica*. Version 2.01. Aussi dénommé Baseflor dans ce document, téléchargeable sur <https://www.tela-botanica.org/projets/referentiel-des-tracheophytes-de-metropole-isff-bdnff-bdtfx-taxref/>

BRAUN-BLANQUET J. & JENNY H., 1926. *Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralpen (Klimaxgebiet des Caricion curvulae)*. Denkschr. d. Schweiz Naturf. Ges., LWIII, Abt. 2

DIEKMANN M. & FALKENGREN-GRERUP U., 1998. A new species index for forest vascular plants : development of functional indices based on mineralization rates of various forms of soil nitrogen. *Journal of Ecology* 86 : 269-283.

ELLENBERG H., 1974. *Zeigerwerte des Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. *Scripta Geobotanica* 9 : 1-97.

ELLENBERG H., WEBER H., DULL R., WIRTH H., WERNER W. & PAULISSEN D.; 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropas*. Ed 3. *Scripta Geobotanica* 18 : 1-258.

ERTSEN A. C. D., ALKEMADE J. R. M., & WASSEN M J., 1998. Calibrating Ellenberg indicator values for moisture, acidity, nutrient availability and salinity in the Netherlands. *Plant Ecology* 135 : 113-124.

FALKENGREN-GRERUP U. & SCHOTTELNDREIR M., 2004. Vascular plants as indicators of nitrogen enrichment in soils. *Plant Ecology* 172 : 51-62.

HILL M. O., et al., 1999. *Ellenberg's indicator values for British plants*. *ECOFACT Vol.2*, 46 p.

LANDOLT E. et al., 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376 p.

MONTICOLO J., BESLIN O. (CBNBP), LACROIX P. (CBNB), ANTONNETTI P. (CBNMC), 2017. *Ligéro _ Référentiel taxonomique de la flore et valeurs indicatrices pour l'étude des zones humides du bassin de la Loire _ Table et notice V2*. CBNBP/MNHN, CBNB, CBNMC, CEN Centre-Val de Loire. *Tableau et notice flore* 13 p.

OKLAND R. H., 1990. *Vegetation ecology : theory, methods and application with reference to Fennoscandia*. *Sommerfeltia Suppl. 1* : 1-233.

RUTHSATZ B., 1998. *Sukzessionsveränderungen in Seggen-reidgürtel um ein vermoortes Maar des Vulmanceifel (NSG Mürmes) und ihre möglichen ursachen*. *Tuxenia* 18 : 237-259.

SCHAFFERS A. P. & SYKORA K. V., 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction : a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11 : 225-244.

I10

CHOVANEC A & WARINGER J., 2001. Ecological integrity of river-floodplains systems- assesment by dragonfly survey. *Regul. Riv. Res. Mgmt.* 17:493-507.

CHOVANEC A., WARINGER J., RAAB R. & LAISTER G., 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale



by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14, 163- 178.

CHOVANEC A, WARINGER J, STRAIF, M., GRAF W., RECKENDORFER W., WARINGER-LÖSCHENKOHL A., WAIDBACHER H., & SCHULTZ H., 2005. The Floodplain Index - a new approach for assessing the ecological status of river/floodplain-systems according to the EU Water Framework Directive. *Large Rivers* 15, 169-185.

DOUCET G., 2010. Clé de détermination des exuvies des odonates de France - Société française d'odonatologie.

INDERMUEHLE N., ANGÉLIBERT S. & OERTLI B., 2008. IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et Mares. Manuel d'utilisation. Ecole d'Ingénieurs HES de Lullier, Genève. 33 p.

MASSELOT G., NEL A., 2003. Les odonates sont-ils des taxons bio-indicateurs ? . *Martinia* 19(1):5-38.

OERTLI B., AUDERSET JOYE D. A., CASTELLA E., JUGE R., LEHMANN A. & LACHAVANNE J.-B., 2005. PLOCH: a Standardized Method for Sampling and Assessing the Biodiversity in Ponds. In: *Conservation and monitoring of pond biodiversity. Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosystems. Special issue Vol 15 (6): 665-680.*

SCHMIDT E., 1985. Habitat inventarization, characterization and bioindication by a «representative spectrum of Odonata Species (RSO)». *Odonatologica* 14, 127-133.

OERTLI B., 2008. The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats, In *Dragonflies and Damselflies : Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research.* ed. A. Córdoba-Aguilar, Oxford University Press, Oxford, New York. pp. 79-95.

I11

SCHLUPP I. & PODLOUCKY R., 1994. Changes in breeding site fidelity: A combined study of conservation and behaviour in the common toad *Bufo bufo*. *Biological Conservation* 69 (3): 285–291.

SEWELL D. & GRIFFITHS R. A., 2009. Can a Single Amphibian Species Be a Good Biodiversity Indicator ? *Diversity* 2009, 1: 102-117.

SINCH U., 1992. Amphibians, in *Animal Homing*, Ed. F. Papi Chapman & Hall Animal Behaviour Series p. 213 – 233.

SMITH G.F., GITTINGS T., WILSON M., FRENCH L., OXBROUGH A., O'DONOGHUE S., O'HALLORAN J., KELLY D.L., MITCHELL F.J.G., KELLY T., IREMONGER S., MCKEE A.M. & GILLER P., 2008. Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. *Biodivers. Conserv.* 17: 991-1015.

SPARLING D.W. LINDER G. & BISHOP C.A., 2000. *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles.* Pensacola, FL: SETAC Press.

U.S. EPA., 2002. *Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands.* Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-022.

BODON C. (1995). *Ecologie des Chironomidae (Diptera, Nematocera) d'un marais charentais: structure spécifique, phénologie, et densité des populations d'adultes.* Thèse Université de Rennes I, Muséum National d'Histoire Naturelle, France. N°1113. 170 pp + annexes.

NIQUIL N., CHAUMILLON E., JOHNSON G.A., BERTIN X., GRAMI B., DAVID V., BACHER C., ASMUS H., BAIRD D., ASMUS R. (2012) The effect of physical drivers on ecosystem indices derived from ecological network analysis: comparison across estuarine ecosystems, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 108, 132-143.

FENCHEL T.B., JORGENSEN B.B. (1977). Detritus food chain of aquatic ecosystems : the role of bacteria. IV. Anaerobic decomposition. Dans : *Advances in Microbial Ecology*, (ALEXANDER M., Ed.), Plenum Press, New-York. 1-58.

MOSSE J. (1985). Le phytoplancton des marais du secteur de Moëze-Brouage (Charente-maritime), *Mémoire de D.E.A., Univ. Paris VI.*

TORTAJADA S., NIQUIL N., BLANCHET H., GRAMI B., MONTANIE H., DAVID V., GLE C., SAINT-BEAT B., JOHNSON G.A., MARQUIS E., DEL AMO Y., DUBOIS S., VINCENT D., DUPUY C., JUDE F., HARTMANN H.J., SAUTOUR B. (2012) Network analysis of the planktonic food web during the spring bloom in a semi enclosed lagoon (Arcachon, SW France), *Acta Oecologica*, 40, 40-50.

TORTAJADA S. (2013). *De l'étude du fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques des marais de Charente Maritime vers la recherche d'indicateurs.* Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, 2011. 270pp.

BIBLIOGRAPHIE



P01

La Charte de couleurs des sols MUNSELL et le Référentiel pédologique 2008, AFES.

AFES, D. BAIZE M. C. & GIRARD C., 2008. Référentiel pédologique, éd. Quae, 2009.

BAIZE D. & JABIOL B., 1994. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

JABIOL B., GIRARD M.-C. & SCHVARTZ C., 2011. Etude des sols - Description, cartographie, utilisation: Description, cartographie, utilisation. Dunod. 432 p.

GAYET G et al, 2016. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, 190p.

P02

CHYTRY M. & OPTYKOVA Z., 2003. Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. Journal of Vegetation Science 14 : 563-570.

EWALD J., 2003. The sensivity of Ellenberg indicator values tp the completness of vegetation relevés. Basic and Applied Ecology 4 : 507-513.

JULVE Ph. 2012. CATMINAT. Document téléchargeable à l'adresse suivante : <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>

LANDOLT E. et al., 2010. Flora indicativa. CJB Genève, Haupt, Berne, 376 p.

P03

TAYLOR C.J. & ALLEY W.M., 2001. Ground-water-level-monitoring and the importance of long term water level data - US Geological Survey, Circular 1217 p.

La Boîte à outil de suivi des zones humides, 2017 - Guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration.

PORTERET J., 2008. Fonctionnement hydrologique des têtes de bassin versant tourbeuses du Nord-Est du Massif Central - PhD thesis. Université Jean Monnet - Saint-Etienne (2008-12-08), Hervé Cubizolle (Dir.)

RAMOND S., 2015. Réponses hydrologiques de la Loire moyenne aux changements environnementaux. Thèse de doctorat, Université Paris 8.

P06

AMOROS C., PETTS G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Masson 295 pages.

DELIRY C. (coord), 2008. Atlas illustré des libellules de la région Rhône-Alpes Dir du Groupe Sympetrum et Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble. Collection Parthénope, Éditions Biotope, 408 pages.

DIJSKTRA K.-D. B., 2007. Guide des Libellules de France et d'Europe. Traduction et adaptation française Philippe Jourde. Editions Delachaux et Niestlé, Neuchatel-Paris : 320 p.

DOUCET G., 2011. Clé de détermination des exuvies des Odonates de France. 2ème édition revue, corrigée et augmentée. Société française d'Odonatologie, Bois-d'Arcy : 68 p.

GRAND D., BOUDOT J.-P. & DOUCET G., 2014. Cahier d'identification des Libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Éditions Biotope : 136 p.

GRAND D., BOUDOT J.-P., 2006. Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg Collection Parthénope, Éditions Biotope, 480 pages.

IORIO E., 2015. – Eléments de doctrine régionale pour la prise en compte des odonates dans le cadre des études réglementaires en Pays de la Loire. DREAL Pays-de-la-Loire & DREAL Basse-Normandie : 26 p.

IORIO E. & HERBRECHT F., 2014. Boîte à outils SeinO, taxon des Odonates : examen et comparaison des protocoles «Rhoméo» et «Steli». Rapport GREZIA pour la DREAL Basse-Normandie, l'Europe et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie : 7 p.

SFO & MNHN, 2011. Suivi temporel des Libellules STELI. SFO, OPIE, CEN Nord Pas-de-Calais et MNHN : 5 p.

SFO, 2001. Liste des habitats odonatologiques. mise à jour octobre 2001. www.libellules.org, 1 page.

SFO, 2001. Liste des habitats odonatologiques. mise à jour octobre 2001. www.libellules.org, 1 page.

VANAPPELGHEM C., 2007. Protocole du nouvel atlas des odonates de la région Nord-Pas-de-Calais. Le Héron, 40 (1) : 43-52.

BIBLIOGRAPHIE



WENDLER A., NUSS J.H., 1997. *Guide de détermination des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale*. SFP, 129 p.



P07

MIAUD C. & MURATET J., 2004. *Identifier les œufs et les larves des amphibiens de France*. INRA Editions 200 p.

MURATET J., 2008. *Identifier les Amphibiens de France Métropolitaine*. Ed ECODIV, 291 p.

MAILLET, G, 2013. *Protocole commun de suivi des Amphibiens des mares à l'aide d'Amphicapt*. Cen Isère, Réserve naturelle nationale du Grand Lemps, Groupe RNF http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/protocole_amphibiens.pdf

A02

Collectif RhoMéo, 2014 BAOZH RhoméO - *La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée*. Conservatoire d'espaces naturels de Savoie, 147 pages + annexes.

DAGNELIE P., 2011. *Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions*. De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

DAGNELIE P., 2011. *Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions*. De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

RAKOTOMALALA R., 2011. *Etude des dépendances - Variables qualitatives. Tableau de contingence et mesures d'association. Version 2, téléchargeable à l'adresse suivante : http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Dependance_Variables_Qualitatives.pdf*

SOKAL, R.R. & ROHLF F.J., 2012. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 4th edition, W. H. Freeman and Co. (eds.), New York. 937 p.

SPRENT P., 1993. *Statistiques non paramétriques*. INRA (ed.), Paris, 294 p.

TOMASSONE R., DERVIN C, MASSON J P. 1993. *Biométrie. Modélisation de phénomènes biologiques*.

A03

MARTIN L. 2014. *Étude du fonctionnement hydrologique du Marais de Chavannes (région Centre, France): premiers résultats et éléments d'identification*. Master 1 de Géographie, Espaces, Dynamiques des Milieux et des Risques, Université Paris 1, 125p.

RIBAUCOURT E. & JEGU V. 2015. *Réalisation d'un modèle numérique de terrain et d'un modèle hydrologique du Marais de Chavannes (18)*. Licence Pro Géomatique Environnement, Université Paris 1, 24p.

A06

Collectif RhoMéo, 2014. *La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée*. Conservatoire d'espaces naturels de Savoie, 147 pages + annexes.

DAGNELIE P., 2011. *Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions*. De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

RAKOTOMALALA R., 2008. *Comparaisons de populations. test non paramétriques. Version 1, téléchargeable à l'adresse suivante : http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Comp_Pop_Testes_Nonparametriques.pdf*

RAKOTOMALALA R., 2011. *Etude des dépendances - Variables qualitatives. Tableau de contingence et mesures d'association. Version 2, téléchargeable à l'adresse suivante : http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Dependance_Variables_Qualitatives.pdf*

SOKALI, R.R. & ROHLF F.J., 2012. *Biometry : the principles and practice of statistics in biological research*. 4th edition, W. H. Freeman and Co. (eds.), New York. 937 p.

SPRENT P., 1993. *Statistiques non paramétriques*. INRA (ed.), Paris, 294 p.

TOMASSONE R., DERVIN C, MASSON J P. 1993. *Biométrie. Modélisation de phénomènes biologiques*. Masson (ed.), Paris, 553 p.



A10

OERTLI B., 2008. *The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats*, In *Dragonflies and Damselflies : Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. ed. A. Córdoba-Aguilar, pp. 79-95. Oxford University Press, Oxford, New York.

Affinité des espèces pour les habitats :

- *Pour la Bretagne : Picard L. & David J., 2020 - Intégrité du peuplement d'odonates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne (programme LigérO) : Ajustement du référentiel pour le secteur Bretagne (répartition / affinités écologiques). Note d'accompagnement réalisée à la demande du CEN Centre Val-de-Loire et s'inscrivant dans le cadre de la démarche d'observatoire des invertébrés continentaux de Bretagne (GRETIA, Bretagne-Vivante et Vivarmor-Nature, avec le soutien de l'Europe, de la région Bretagne et de la DREAL Bretagne, 12 p.*

- *Pour le Cantal : Lecomte R. & Soissons A., 2020 - Intégrité du peuplement d'odonates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne (programme LigérO) : Ajustement du référentiel 'répartition' pour le département du Cantal. Conservatoire d'espaces naturels Auvergne, 7p.*

GLOSSAIRE



Analyse spatiale : fonctionnalités spécifiques aux logiciels SIG, qui permettent de mesurer les relations entre objets en fonction de leur forme, localisation, distance, caractéristiques.



CCR, CRR, CCS, RRR, RRS, RSS, SSS, CSR, :

C est l'aptitude à la compétition, **R** est pour les espèces rudérales et **S**, les espèces qui tolèrent les milieux contraignants (stressants).



En combinant les trois stratégies de base, on évalue chaque espèce avec trois notes : si c'est que une compétitrice, elle sera notée **CCC**, si c'est que une rudérale elle sera notée **RRR**, si elle a des traits d'espèce rudérale (par exemple production de beaucoup de petites graines persistantes) et de traits de compétitrices, on combine en **CCR** ou **CRR** selon que la stratégie C ou R soit la plus développée, en mettant toujours par ordre alphabétique croissant (**CRR** et **RRC** sont donc la même chose mais on emploie la première combinaison). **CCC** : espèce à stratégie compétitrice.



Ce qui donne :

- **CCR et CRR** : espèce à stratégie compétitrice et rudérale ;
- **CCS** : espèce à stratégie compétitrice et tolérante au stress ;
- **RRR** : espèce à stratégie rudérale ;
- **RRS et RSS** : espèce à stratégie rudérale et compétitrice ;
- **SSS** : espèce à stratégie de tolérance au stress ;
- **CSR** : espèce à stratégie mixte.

Dilatation / Érosion : ces deux processus sont utilisés pour établir des liens de proximité entre objets et combler les trous interstitiels, résultants de la fusion de plusieurs polygones ne se superposant pas totalement.

Dans un premier temps, la dilatation, qui consiste à grossir les formes en créant une zone tampon, permet d'effacer les trous et de fusionner des objets proches. Ensuite, l'érosion, qui est le processus inverse (zone tampon négative), permet de retrouver l'extension initiale du polygone (moins les trous), en conservant les liens de proximité établis par la dilatation. Les deux processus doivent utiliser une distance de tampon, positive et négative, similaire.

Dans le cas des objets bâtis, le processus de dilatation/érosion permet de tenir compte de officialisation du terrain qui est souvent plus large que les objets bâtis initiaux et/ou de modéliser l'emprise spatiale d'un habitat dense ou groupé.

Dulçaquicole : organismes vivants et se reproduisant en eau douce.

Fibrique : couche organique la moins décomposée, contenant de grandes quantités de fibres végétales non décomposées.

Géomatique : Discipline dont l'objet est la gestion numérique de l'information géographique par l'intégration des savoirs et technologies reliées à leur acquisition, stockage, traitement et diffusion. Principalement : topométrie, cartographie, photogrammétrie, télédétection, géodésie.

Histosols : en pédologie, sol correspondant aux tourbes et traduisant un engorgement permanent en eau. Les histosols sont caractérisés par une importante accumulation de matières organiques peu ou pas décomposées.

Homing : Préférence marquée des adultes à retourner à leur site de naissance au moment de la reproduction.

Horizon : couche de sol d'une couverture pédologique qui résulte d'un découpage par la pensée en fonction de propriétés homogènes (couleur, texture, structure, etc.).

Hydromorphie : en pédologie, modifications du sol dues à la présence d'eau de façon temporaire ou permanente.

Imago : état (ou stade) adulte de la libellule.

Mésique : en pédologie, texture correspondant à des fibres mélangées à des éléments plus fins, provenant d'une dégradation plus poussée des végétaux.

Monotonique : distribution strictement croissante ou strictement décroissante.

Nappe captive : Nappe d'eau souterraine qui circule entre deux couches de terrains imperméables. Elle est recouverte, totalement ou partiellement, par une couche de terrain imperméable. Ces nappes sont sous pression.

Nappe libre : Nappe d'eau souterraine non recouverte, alimentées sur toute sa surface. Elle circule sous un sol perméable.

Nutriments : Substance organique ou minérale, directement assimilable sans avoir à subir les processus de dégradation de la digestion

Potentiel rédox : Le potentiel d'oxydoréduction en abrégé potentiel rédox est une grandeur thermodynamique qui mesure le pouvoir oxydant ou réducteur d'un système.

Rudérales : plantes qui poussent spontanément dans les friches, les décombres le long des chemins, souvent à proximité des lieux habités par l'homme.

Saprique : en pédologie, texture plastique et peu fibreuse.

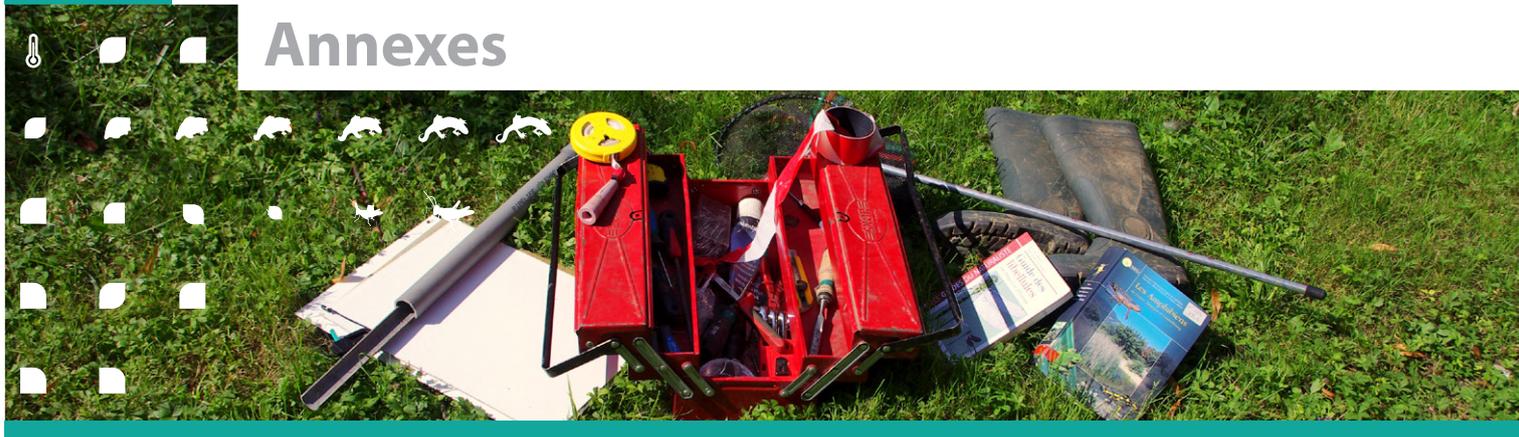
Sténoèces : êtres vivants qui présentent une niche écologique étroite et présentant une faible capacité d'adaptation lors de variations de facteurs écologique propre à son habitat.

Turfigénèse : production de tourbe dans une tourbière dite active.

Ubiquiste : se dit d'une espèce qui peut se développer dans des habitats variés.

Unimodale : qualifie une distribution statistique s'effectuant selon un mode unique.

Annexes



SOMMAIRE

- Annexe 1 : fiches techniques de terrain
- Annexe 2 : autres outils techniques
- Annexe 3 : les sites tests
- Annexe 4 : liste des types SDAGE LigéRO

L'ensemble des données informatisées est disponible sur la base de données accessible en ligne sur : <http://www.ligero-zh.org/>

SITE

Id. _____ Nom _____

Date ____/____/____ Observateur _____

N° du sondage : _____

CONTEXTE DU SONDAGE

N° du relevé floristique : _____
 Conditions d'observation : _____
 - type de temps : ensoleillé variable précipitations
 - ambiance : humide sèche froide chaude

1 - Type d'observation fosse pédologique tarière
 2 - Nappe non visible observable dans la fosse
 3 - Cause de l'arrêt : _____
 profondeur : _____ cm

DESCRIPTION PEDOLOGIQUE

Q Von-Post
 1 eau limpide
 2 eau peu colorée
 3 eau trouble pâle
 4 eau trouble foncée
 5 eau trouble et particules
 6 1/3 du matériel passe entre les doigts
 7 1/2 du matériel passe entre les doigts
 8 2/3 du matériel passe entre les doigts
 9 Presque tout le matériel
 10 Tout le matériel

- A Limites**
 1 régulière
 2 ondulée
 3 irrégulière
 4 interrompue
- B Couleur**
 1 Teinte
 2 clarté
 3 pureté
- C Texture**
 1 organique
 2 sableuse
 3 limoneuse
 4 argileuse
- D Structure**
 1 particulaire
 2 grumelleuse
 3 grenue
 4 massive
 5 lamellaire
 6 prismatique
 7 en colonnes
 8 polyédrique
 9 blocs cubiques
 10 en fuseaux
 11 fibreuse
 12 feuilletée
 13 lithologique

N°	Profondeurs	Caractéristiques de l'horizon			Hydromorphie				Propriétés											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
1	-	Limites	B1 Teinte hue	B2 Clarté value	B3 Pureté chroma	Texture	Structure	Éléments grossiers	Racines	Tâches	Abondance	Taille	Forme	Humidité	Compacité	Plasticité	Adhésivité	Friabilité	Altération de la M. O.	Von-Post
2	-																			
3	-																			
4	-																			
5	-																			
6	-																			
7	-																			

- P Altération de la M.O**
 1 végétaux identifiables
 2 identifiables avec traces de décompression
 3 peu d'organes végétaux identifiables
 4 non identifiable
- O Friabilité (pouce/index)**
 1 ne seffrite pas
 2 sous forte pression
 3 seffrite facilement
 4 très légère pression
- N Adhésivité (pouce/index)**
 1 non collant
 2 colle sans adhérer
 3 adhère aux doigts
 4 s'étire nettement

E Éléments grossiers
 1 sans
 2 graviers <2cm
 3 cailloux 2 à 6cm
 4 pierres et blocs <6cm

F Racines
 1 sans
 2 <8/dm²
 3 8à 32/dm²
 4 >32/dm²

G Tâches
 1 sans
 2 oxydation
 3 réduction

H Abondance
 1 <5%
 2 5 à 15%
 3 15 à 40%
 4 > 40%

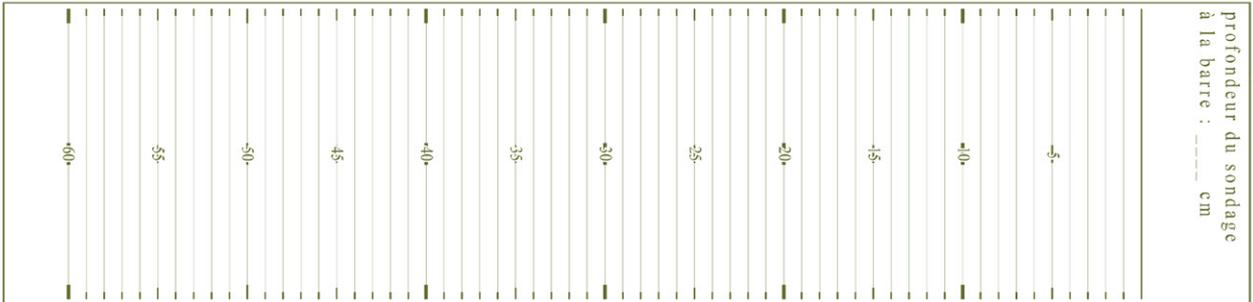
I Taille
 1 >2mm
 2 2 à 6 mm
 3 6 à 20 mm
 4 >20 mm

J Forme
 1 irrégulières
 2 arrondies
 3 traînées horizontales
 4 traînées verticales

K Humidité
 1 sec
 2 frais
 3 humide
 4 saturé

L Compaticité (couteau)
 1 pénètre sans effort
 2 avec effort
 3 incomplètement
 4 pas ou de quelques mm

M Plasticité (boudin)
 1 impossible de la former
 2 se brise sous son poids
 3 sous faible déformation
 4 ne rompt pas



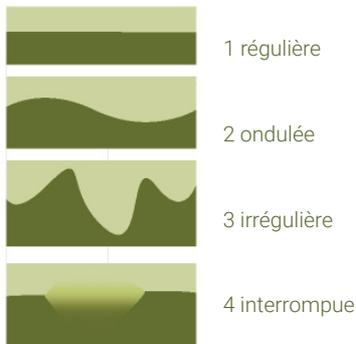
Pédologie

X Critères facultatifs

notice pour l'utilisation fiche de terrain pédologique

A Limites

Correspond à la régularité des limites des horizons seulement visible dans une fosse..



B Couleur

C'est la couleur du fond, généralement gris ou brun, en dehors des taches (voir G). en climat tempéré, les couleurs de fond se trouve pages 7.5YR, 10YR, 2.5 YR et Gley. De façon très localisée, les terres rouges en 5YR

C Texture

La texture dominante. Un seul choix

D Structure (de 1 à 13)

Matériel peu ou pas cohérent

- 1- Particules libres
- 2- Arrondies, poreuse, surfaces irrégulières
- 3- Grains arrondis, peu poreux, sans orientation

Matériel cohérent

- 4- absence d'agrégats, plus ou moins induré
- 5- faces planes horizontales
- 6- anguleuse, verticale
- 7- prismatique à sommet arrondi
- 8- arêtes vives
- 9- arêtes vives de même dimension
- 10- en fuseaux
- 11- résidus organiques
- 12- résidus de feuilles
- 13 – héritée de la roche mère

Pour le calcul, il est important de distinguer, le matériel peu ou pas cohérent (1 à 3, les sables), ou 11- les résidus organiques ou 12- résidus de feuilles, des autres catégories.

E Éléments grossiers

A la tarière, les plus gros éléments sont peu extraits. Si lors du prélèvement, des éléments grossiers sont entendus ou ressentis, il faut les noter.

F Racines

Critère concernant les premiers horizons. Tant que l'on voit des racines on marque la densité de racines par dm².

Les critères **H, I et J** sont à remplir uniquement en cas de présence de tâches d'oxydation.

G Tâches

Généralement, il est renseigné le champ 1-sans tache ou 2- taches d'oxydation (tache rouille), le 3-réduction et déferification transparentent dans la couleur «B» de fond.

H Abondance



I Taille



Q Von-Post

Ce critère concerne uniquement les sols organiques profonds, sols tourbeux (horizons histiques). Pour la mise en oeuvre, voir p.162 et 163 du «Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides». 190p. GAYET G *et al*, 2016.

<http://zones-humides.org/guide-de-la-methode-nationale-devaluation-des-fonctions-des-zones-humides>

SITE

Id. _____ Nom _____

POINT D'OBSERVATION

Altitude ----- m
 Coordonnées X = -----
 Y = -----

RELEVÉ FLORISTIQUE

N° de relevé _____
 Surface du relevé (m²) _____
 Relevé emboîté
 N° du relevé de taille supérieure _____
 Durée d'observation _____

Date ____/____/____ Observateur _____
 Remarques diverses _____

1 - Situation terrain plat en pente forte
 N NW W SW S SE NE E

Espèce et sous-espèce	1		2		Espèce et sous-espèce	3		Abond.
	Cocher si récolté	(A, a, sa) (de + à 5)	Cocher si récolté	(A, a, sa) (de + à 5)		Cocher si récolté	(A, a, sa) (de + à 5)	
01	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		26	<input type="checkbox"/>		
02	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		27	<input type="checkbox"/>		
03	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		28	<input type="checkbox"/>		
04	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		29	<input type="checkbox"/>		
05	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		30	<input type="checkbox"/>		
06	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		31	<input type="checkbox"/>		
07	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		32	<input type="checkbox"/>		
08	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		33	<input type="checkbox"/>		
09	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		34	<input type="checkbox"/>		
10	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		35	<input type="checkbox"/>		
11	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		36	<input type="checkbox"/>		
12	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		37	<input type="checkbox"/>		
13	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		38	<input type="checkbox"/>		
14	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		39	<input type="checkbox"/>		
15	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		40	<input type="checkbox"/>		
16	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		41	<input type="checkbox"/>		
17	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		42	<input type="checkbox"/>		
18	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		43	<input type="checkbox"/>		
19	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		44	<input type="checkbox"/>		
20	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		45	<input type="checkbox"/>		
21	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		46	<input type="checkbox"/>		
22	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		47	<input type="checkbox"/>		
23	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		48	<input type="checkbox"/>		
24	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		49	<input type="checkbox"/>		
25	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		50	<input type="checkbox"/>		

Structure de la végétation	Recouvrement (%)		Hauteur (m)
Strate arborée (A)			
arborescente (a)			
sous-arborescente (sa)			
herbacée (h)			
muscinale (m)			

Physionomie (cocher)	
<input type="checkbox"/> AQ	<input type="checkbox"/> BM
<input type="checkbox"/> EC	<input type="checkbox"/> HM
<input type="checkbox"/> EX	<input type="checkbox"/> GH
<input type="checkbox"/> FO	<input type="checkbox"/> MC
<input type="checkbox"/> RB	<input type="checkbox"/> PH
	<input type="checkbox"/> MG
	<input type="checkbox"/> PM
	<input type="checkbox"/> OF
placette surface (2 x 2) 4	(4 x 4) 16
	(7 x 7) 49
	(15 x 15) 225

Description du milieu (en français) _____

N° de transect : _____

localiser les relevés et sondages pédologiques
noter la distance entre les différents habitats et les codes CB

Début X =
Y = Fin

X = _____
 Y = _____
 échelle : _____



SITE

Id. :	Nom :	N° du point/transect de suivi :
--------------	--------------	--

CONTEXTE

Observateur : _____
 Date : _____ Heure : _____
 N° passage : 1er 2^e 3^e
 Durée d'observation : _____min

Attention : durée identique lors des 3 passages

Présence d'exuvies : oui non

DESCRIPTIF DU SUIVI

Type de point d'observation : point transect
 Si point, rayon = _____m (5 à 10 m)
 Si transect = 25 m x 5 m de large à l'interface végétation terrestre ou hélophytes/eau

Habitats (codes SFO modifié) : _____

Conditions météo

Station météo la plus proche _____
 Température : _____ °C

 Nébulosité : 0 1/4 1/2 3/4
 Vent : 1 2 3 4 5
 Force du vent (échelle de Beaufort) :
 1 : vent perceptible sur une fumée mais pas sur une girouette (1 à 5 km/h)
 2 : girouette en mouvement et vent perceptible sur le visage (6 à 11 km/h)
 3 : feuilles et brindilles constamment en mouvement (12 à 19 km/h)
 4 : petites branches en mouvement et poussières tourbillonnantes (20 à 28 km/h)
 5 : vagues clairement visibles à la surface de l'eau. Les petits arbres balancent. **Les sommets de tous les arbres sont agités (29 à 38 km/h) >> Pas de relevé odonate**

Coordonnées GPS X : _____
 (barycentre ou point de départ) Y : _____

Nom de l'ensemble fonctionnel pour les grands sites (facultatif) :
 (nom de l'étang, de la mare, du ruisseau prospecté)

Photos : _____

Orientation : _____

Si point, N° tranche 2 min	RELEVÉ		Sexe présent*		Comportement reproducteur le plus significatif (la case la plus à droite sera retenue ; ne rien noter si absence de comportement reproducteur)					
	Espèce	Nb Adultes "1" si individu isolé Nb si ind. multiples	1-Mâle	2-Femelle	3-Tandem	4-Défense territoriale	5-Accouplement	6-Ponte	7-Immature/ Néonate	8-Exuvie/ Emergence

* cocher la ou les cases correspondantes

Pour les exuvies, après détermination au laboratoire :

Espèce	Nb

Informations, remarques, autres espèces contactées :



Tableau des correspondances des valeurs indicatrices pour l'humidité édaphique (CBNBP)

Valeur transformée pour LigéO	Valeur brute BASEFLOR	Signification BASEFLOR 2014	Valeur brute FLORA INDICATIVA	Signification FLORA INDICATIVA 2010
1	1	hyperxérophiles (sclérophylles, ligneuses microphylles, réviscentes)	1	des milieux très secs
2	2	perxérophiles (caulocrassulescentes subaphylles, coussinets)	1,5	des milieux secs
3	3	xérophiles (velues, aiguillonnées, cuticule épaisse)	2	des milieux assez secs
4	4	mésoxérophiles	2,5	des milieux frais
5	5	mésohydriques	3	des milieux assez humides
6	6	mésohygrophiles	3,5	des milieux humides
7	7	hygrophiles (courtement inondables, en semaines)	4	des milieux très humides
8	8	hydrophiles (longuement inondables, en mois)	4,5	des milieux inondés une partie de l'année
9	9	amphibies saisonnières (hélrophytes exondés une partie minoritaire de l'année)	5	milieux inondés (dont submergés)
10	10	amphibies permanentes (hélrophytes semi-émergés à base toujours noyée)	5u	pour les plantes à organes submergés hors fleurs et fruits
10	11	aquatiques superficielles (0-50cm)	5v	pour les plantes à feuilles flottant à la surface de l'eau
10	12	aquatiques profondes (1-3m)		

MONTICOLO J., BESLIN O. (CBNBP), LACROIX P. (CBNB), ANTONNETTI P. (CBNMC), 2017. LigéO _ Référentiel taxonomique de la flore et valeurs indicatrices pour l'étude des zones humides du bassin de la Loire _ Table et notice V2. CBNBP/MNHN, CBNB, CBNMC, CEN Centre-Val de Loire. Tableau et notice flore 13 p.

Tableau des correspondances des valeurs indicatrices du niveau trophique pour le programme LigéO, échelle 1 à 9

Valeur LigéO, échelle 1 à 9 transformée pour LigéO	Valeur transformée BASEFLOR Valeur brute BASEFLOR	Valeur brute BASEFLOR	Signification BASEFLOR 2014	Valeur brute FLORA INDICATIVA	Signification FLORA INDICATIVA 2010
1	1	hyper-oligotrophiles	1	1	très infertile / oligotrophe
2	2	oligotrophiles			
3	3	intermédiaires (oligotrophiles à méso-oligotrophiles)	3	2	infertile / oligotrocline
4	4	méso-oligotrophiles			
5	5	mésotrophiles	5	3	milieu stérile à moyen fertile / oligo-mésotrophe à mésotrophe
6	6	méso-eutrophiles			
7	7	intermédiaires (méso-eutrophiles à eutrophiles)	7	4	fertile / mésotrophe à eutrocline
8	8	eutrophiles			
9	9	polytrophiles	9	5	très fertile et plus riche / eutrophe et hypertrophe

MONTICOLO J., BESLIN O. (CBNBP), LACROIX P. (CBNB), ANTONNETTI P. (CBNMC), 2017. LigéO _ Référentiel taxonomique de la flore et valeurs indicatrices pour l'étude des zones humides du bassin de la Loire _ Table et notice V2. CBNBP/MNHN, CBNB, CBNMC, CEN Centre-Val de Loire. Tableau et notice flore 13 p.

Méthode de relevé à la tarière Edelman



A. Après avoir dégagé la surface du sol litière, si nécessaire, prélever l'intégralité de la première carotte dans la tête de la tarière.



B. Lorsque la tête de la tarière est remplie, cela correspond à un avancement de 20 cm.



C. Nettoyer la surface pour éliminer les éventuelles sa-lissures.



D. Déposer ces 20 premiers centimètres dans la gouttière aux graduations correspondantes.



E. Les 20 premiers centimètres de sol sont prélevés !



F. Recommencer les étapes A à C. À partir de là, on ne conserve que les 10 cm situés dans la partie inférieure de la tête de la tarière. En effet, le reste correspond à du matériau qui a été remanié lors de la réalisation du sondage.



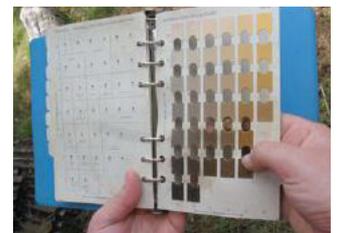
G. Déposer de nouveau la carotte dans la gouttière. Le dépôt est effectué suite à la mesure dans le trou de la profondeur du sondage. Il est préconisé de mesurer directement dans le trou à l'aide d'un mètre ruban afin de positionner correctement le prélèvement dans la gouttière.



H. Répéter les opérations A à C puis F à G jusqu'à ce qu'on ne puisse plus creuser (roche atteinte, cailloux empêchant d'avancer, 60 cm atteints). Une fois le sondage réalisé, nous disposons, dans la gouttière, d'une vision d'ensemble du profil reconstitué. Dans le protocole, il est recommandé de creuser jusqu'à 60 cm de fond. Lorsque vous effectuez les premiers sondages sur un site non connu du point de vue pédologique, il est recommandé de le faire plus profond (120 cm).



I. On enregistre la position géographique du point à l'aide d'un GPS (le cas échéant, le repérer sur une carte IGN au 1/25 000).



J. Prendre la couleur des différents horizons et taches du profil reconstitué. La couleur est estimée sur un sol humide au soleil et si celui-ci est sec, ne pas hésiter à l'humidifier.

K. Décrire l'environnement du sondage (pente à l'aide du clinomètre, orientation à l'aide de la boussole...) et les différents horizons du profil reconstitué sur la fiche terrain.

Un test colorimétrique peut nous indiquer l'état du fer dans le sol au moment de l'observation. Dans des milieux où l'excès d'eau est quasi-permanente (zone de fonds de vallée par exemple), on peut parfois observer des soles gris bleuâtres ou gris verdâtres. Cette couleur peut être héritée de la roche mère qui a donné naissance au sol ou peut être liée à la présence de la forme réduite du fer (fer ferreux Fe^{2+}). Un test rapide et simple nous permet de déterminer si la couleur claire de l'horizon que l'on observe est liée à la réduction du fer ou à une faible quantité de fer.

Le réactif utilisé est une solution d'ortho-phénantroline à 2 % dans de l'éthanol pur.

Une coloration rouge, plus ou moins vive, apparaît en présence de fer ferreux.



copyright Anna-Laure Le Bris (Agrocampus Rennes)



Physionomie des formations végétales

(source : BAO RhoMéo)

Quatre types de physionomie dite simplifiée (ou formation végétale = physionomie au sens strict) sont définies comme étant, chacune, une formation végétale dominée par une seule strate de végétation. Nous avons retenu ici les quatre strates de végétation d'usage courant dans les travaux phytosociologiques : herbacée, sous-arbustive, arbustive et arborescente, sans pour autant avoir rassemblé des éléments de définition clairs. A défaut de documentation sur les critères utilisés, on peut considérer que chaque strate correspond à un ou plusieurs types biologiques dominants :

- Herbacée : thérophytes, geophytes, hémicryptophytes, nano-chaméphytes
- Sous-arbustive : autres chaméphytes, nano-phanérophytes
- Arbustive : mésophanérophytes
- arborescente : méga-phanérophytes

Ces physionomies simplifiées sont déclinées en physionomies détaillées dans le tableau ci-dessous.

Légende des couleurs

	aquatique
	humide
	humide pour partie
	non humide

Caractérisation des physionomies détaillées

Code	Libellé	Descriptif	ZH
Physionomie simplifiée ARBORESCENTE (FT)			
BFM	Boisement feuillu (médophile à sec)	Formation dominée par des espèces feuillues (> 75 % de recouvrement) caducifoliées des autres situations, sèches ou mésophiles	NH
BFH	Boisement feuillu humide	Formation dominée par les conifères (>75 % recouvrement) des situations sèches ou mésophiles. Les pré-bois de Mélèze, Arolle, Pin à crochet et de Thurifère sont considérés comme des formations arborescentes dès 15% de recouvrement (au lieu de 30 % pour les autres essences).	H
BCM	Boisement de conifères (mésophile à sec)	Formation dominée par les conifères (>75 % recouvrement) des sols humides ou engorgés. Les pré-bois de Pin à crochet sur tourbe sont considérés comme des formations arborescentes dès 15% de recouvrement (au lieu de 30% pour les autres essences).	NH
BCH	Boisement de conifères humide	Formation dominée par les conifères (>75 % recouvrement) des sols humides ou engorgés. Les pré-bois de Pin à crochet sur tourbe sont considérés comme des formations arborescentes dès 15 % de recouvrement (au lieu de 30 % pour les autres essences)	H
BMI	Boisement mixte	Formation mixte conifères/feuillus ou feuillus sempervirents/feuillus caducifoliés dans laquelle aucune des essences atteint individuellement 75 % de la surface. Les combinaisons mixtes d'essences sont retenues dans la liste du peuplements.	NH
BFS	Boisement feuillu sempervirent	Formation dominée par des espèces feuillues (>75 % de recouvrement) sempervirentes	NH
BA	Boisement artificiel		P
Physionomie simplifiée ARBUSTIVE (FA)			
FM	Fourré mésophile à sec	Formation dominée des espèces caducifoliées des autres situations (Coryllaie, coudraie, accru à..., fourré à Amelanchier...).	NH
FR	Fourré artificiel	ex. : haie bocagère	NH
FS	Fourré sempervirent	Formation dominée par des espèces à feuillage persistant, épineuses ou non (Buxaie, Juniperaie, ...)	NH
FU	Fourré humide	Formation dominée des espèces caducifoliées des sols engorgés, des bordures d'eaux calmes et courantes (caulaie arbustive, fourré à bourdaine, ...). Les aulnaies vertes sont traitées sous FM.	H
Physionomie simplifiée SOUS-ARBUSTIVE (FSA)			
LA	Lande et landine	Formation végétale dominée par des petits chaméphytes (landines) ou des grands chaméphytes (landes). Les seuils de recouvrement de la strate sous-arbustive sont donnés dans «Physionomies complexes».	P

Physionomie des formations végétales (suite)

Physionomie simplifiée HERBACÉE (FH)			
AQ	Végétation aquatique	Ensemble vaste de formations végétales strictement aquatiques (non héliophytiques), des eaux stagnantes et courantes, enracinées ou libres, immergées ou submergées. Comprend les herbiers des eaux saumâtres.	H
BM	Bas-marais et marais de transition	Formation basse dominée par des cypéracées de petites et moyennes taille à nappe d'eau proche ou juste au dessus de la surface	H
DA	Dalles rocheuses (Végétation pionnière des)	Formation herbacée ouverte pionnière des affleurements rocheux (souvent tabulaires avec pente peu marqué), riche en plantes grasses et à composition mixte vivaces et annuelles. Elle comprend la végétation pionnière des lapiaz vifs.	NH
EB	Éboulis (Végétation des)	Formation très ouverte pionnière des éboulis et chaos rocheux, actifs ou stabilisés, comprenant la végétation colonisant les moraines. Formation caractérisée par la (quasi) absence de sol. Ne comprend pas les formations pionnières à sautes nains des chaos rocheux longuement enneigés qui sont à coder sous CN (combes à neige)	NH
EC	Bordure d'eaux courantes (Végétation pionnière des)	Formation amphibie vivace dense (petits héliophytes souvent) et entremêlée occupant les petits cours d'eau et leurs berges ainsi que les lones et bras-mort à courant faible (comprend les herbiers à <i>Glyceria</i>)	H
EX	Grèves exondées (Végétation pionnière des)	Formation pionnière annuelle et vivace de petite taille (<i>Eleocharis acicularis</i> , <i>Littorella</i> , <i>uniflora</i> , <i>Ludwigia palustris</i> , <i>Juncus bulbosus</i> ...) ou plus haute (<i>Polygonum lapathifolium</i> , <i>Bidens pl.sp.</i> etc.) des zones périodiquement exondées des eaux stagnantes et courantes, végétation à caractère amphibie souvent marqué.	H
FO	Végétation fontinale	Formation en majorité dominée par les bryophytes, avec végétation vasculaire peu diversifiée mais parfois assez recouvrante (<i>Epilobium alsinifolium</i> , <i>saxifraga aizoides</i> , <i>Carex frigida</i>); colonisant les sources, les bords de ruisselets et les rochers suintants, milieux imbibé en permanence	H
GH	Grands héliophytes (communauté de)	Formation souvent dense de grands héliophytesgraminoïdes (roselières au sens large à Phramites, <i>Phalaris</i> , <i>Typha</i> , <i>Schoenoplectus</i> , <i>Cladium</i> ...) comprenant à la fois les communautés franchement aquatiques et les communautés terrestres (atterries).	H
HM	Haut-marais	Formation mixte bryophytique (sphaignes), herbacée (cypéracée) et sous-arbustive (éricacées) formant un paysage lâchement moutonné de buttes de sphaignes et de creux plus ou moins inondés	H
MC	Magnocariçaie	Formation haute dominée par des héliophytes de la famille des cypéracées comprenant à la fois les communautés franchement aquatiques et des communautés terrestres à sol mouillé une partie de l'année.	H
MG	Mégaphorbiaie	Formation dense et haute dominée par des dicotylédones à feuillage très recouvrant des milieux frais à humides, riches en éléments minéraux. Comprend aussi les formations montagnardes à subalpines mésophiles composition mixte entre graminées et dicotylédones (<i>Calamagrostis</i> sp. souvent), d'origine naturelle (praires de couloirs d'avalanche). Plaine, montagnard et subalpin. <i>Urtica</i> , <i>Anthriscus</i> , <i>Convolvulus</i> .	H
OF	Coupes et ourlets forestiers	Formation intraforestière, constituée de grandes dicotylédones vivaces colonisant les coupes forestières récentes et les clairières à sol riches, ou de dicotylédones moins grande en situation de lisière et de clairière (<i>Aegopodium</i> , ...). Comprend également les formations de lisière intraforestières dominées par des graminées (<i>Festuca gigantea</i> , <i>Bromus ramosus / benekenii</i> , <i>Calamagrostis varia</i> , <i>Elytrigia / Roegneria</i> ou encore à <i>Hordelymus europaeus</i>). Comprend les ronciers forestiers. Les formations riveraines à <i>Petasites albus</i> (souvent intraforestières à sont codées sous MG - Mégaphorbiaie. Les formations de lisère humides à <i>Petasites albus</i> sont quant à elles traités ici.	P
OU	Ourlet herbacé maigre	Formation mésophile à méso-xérophile, peu élevée, développées sur des terrains maigres en bordure externe de végétations arbustives et forestières (conditions héliophiles) ou colonisant d'ancien espaces agro-pastoraux, dominée par des espèces à développement tardif, parmi lesquels les graminées sont (co-)dominantes. Les formations à <i>Rubus</i> sont codés OU ou OF en fonction de leur situation. Les manteaux arbustifs sont traités dans les fourré quand le recouvrement arbustif > 25 %, < 25 %, ils sont traités ici.	NH
PH	Prairie humide (et pelouse humide)	Formation herbacée d'origine anthropique diversifiée, dense à dominante graminéenne, fauchée et /ou pâturée, humide à mouillée (nappe affleurante) une partie de l'année, périodiquement inondée. Les prairies alluviales à <i>Arrhenatherum elatius</i> à tendance mésohygrophile des niveaux topo supérieurs sont traitées sous PM. Les pelouses humides intègrent cette physionomies (dont celles de la zone aérohaline).	H

Physionomie des formations végétales (suite)

PM	Prairie (mésophile et mésoxérophile)	Formation diversifiée d'origine anthropique, dense et haute à dominante graminéenne de hauteur supérieure à 50 cm, fauchée et/ou pâturée, temporairement humide, exceptionnellement inondée et mouillée. Les formations semi hautes pâturées d'altitude ne sont pas comprises. La hauteur de certaines formations (ex. formation dense à Brome érigé) doit être examinées attentivement pour distinguer la pelouse de la prairie. Les formations naturelles montagnardes à hautes herbes mixtes (graminées et dicotylédones) sont à coder sous MG Mégaphorbiaie.	P
PS	Pelouse (de basse et moyenne altitude)	Formation basse diversifiée, de hauteur moyenne inférieure à 50 cm à dominante graminéenne, des sols maigres des étages planitiaire, collinéen et montagnard. Recouvrement minéral variable, comprend aussi les pelouses rocailleuses de colonisation d'éboulis et des roches altérées. La hauteur de certaines formations (ex. formation dense à Brome érigé) doit être examinées attentivement pour distinguer la pelouse de la prairie.	
RB	Petits hélophytes (Communauté de)	Formation souvent clairsemée de petits hélophytes non graminoides des eaux stagnantes peu profondes à niveau variable (<i>Sparganium spp.</i> , <i>Alisma spp.</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Oenanthe aquatica</i> , <i>Rorippa amphibia</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Sagittaria sagitifolia</i>), également appelé roselière basse.	H
RO	Parois et façades rocheuses (Végétation des)	Formation clairsemée des anfractuosités rocheuses, végétation saxicole au sens strict, incluant la végétation des rochers frais méridionaux mais pas les suintements quasi permanents	
TH	Pelouse pionnière annuelle	Formation très ouverte primaire dominée par espèces annuelles de petite taille à cycle court, fréquemment sur substrats fins et mobiles secs. Elle exclut ainsi les pelouses hygrophiles et gazons amphibies à annuelles associées aux végétations exondées EX. Les végétations annuelles des eaux saumâtres et salées sont incluses.	
Zones anthropisées			
CU	Cultures (végétation des)	Formation basse et très ouverte dominée par des plantes annuelles (à bisannuelles) des terrains agricoles exploités et les cultures arboricoles à terre retournée.	
HY	Végétation rase hyperpiétinée	Formation dominée par des plantes annuelles prostrées supportant le piétinement régulier de toute nature	
MU	Murs (Végétation anthropique des)	Formation colonisant les murs	
RU	Friche herbacée et végétation rudérale	Formation dominée par des espèces annuelles et/ou bisannuelles des terrains agricoles, urbains, industriels irrégulièrement perturbé, souvent nitrophile. Comprend aussi la végétation rudérale vivace des reposoirs à bestiaux et des friches à graminées (chiendent) sur anciens terrains agricoles. Comprend également les formations vivaces de substitution de xénopytes (<i>Reynoutria japonica / bohémica</i> ou <i>Impatiens glandufera</i>).	
AR	Autre formation herbacée artificielle		
rmq	Certaines physionomies de LIGERO sont présentes mais non associées à une alliance dans le référentiel. En effet, comme la végétation du référentiel ne liste que les végétations des zones humides, il arrive que certaines physionomies ne soient pas représentées dans ce référentiel (ex: végétation des murs)		
Physionomies de Rhoméo non représentées dans le référentiel			
AL	Alluvions		
GA	Garrigue (incluant les ourlets herbacés méditerranéens)	Formation végétale dominée par des chaméphytes des secteurs supra-et oroméditerranéens	
CN	Combe à neige (Végétation des)	Formation à degré d'ouverture variable des zones longuement enneigées de l'étage alpin (rare au subalpin) souvent dominée par des nanonphanérophytes du genre <i>Salix</i> . Substrat variable, formes minérales caractérisées par le tassement des éléments du substrat (fins à moyens)	
PA	Pelouse alpine et pâturage d'altitude	Pelouse des étages supérieurs (subalpin et alpin). Recouvrement minéral souvent important, comprend aussi les pelouses rocailleuses de colonisation d'éboulis et des roches altérées. L'altitude est le critère déterminant.	

Physionomie des formations végétales (suite)



Une mise en correspondance entre cette typologie et d'autres largement utilisées a été faite. En ce qui concerne la phytosociologie au niveau de l'alliance, chaque unité de la typologie physionomique correspond à plusieurs alliances. Ceci n'a rien d'étonnant. Dans l'autre sens, c'est l'inverse qui est la règle, c'est-à-dire qu'une alliance n'est comprise que dans une seule unité physionomique. Il existe quelques exceptions cependant où une alliance peut être traitées suivant les cas dans deux physionomies distinctes. Ces alliances « problématiques » sont listées dans le tableau suivant :

Liste des alliances rattachables à deux physionomies

	PhysioDet1	PhysioDet2
<i>Acerion pseudoplatani</i>	BFM - Boisement feuillu (médophile à sec)	BFH - Boisement feuillu humide
<i>Agrostion curtisii</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Arrhenatherion elatioris</i>	PM - Prairie (mésophile et mésoxérophile)	PH - Prairie humide (et pelouse humide)
<i>Atropion belladonnae</i>	FU - Fourré humide	FM - Fourré mésophile à sec
<i>Berberidion vulgaris</i>	FM - Fourré mésophile à sec	FS - Fourré sempervirent
<i>Betulion pubescentis</i>	BFH - Boisement feuillu humide	BCH - Boisement de conifères humide
<i>Brachypodio rupestris - Centaureion nemoralis</i>	PM - Prairie (mésophile et mésoxérophile)	PH - Prairie humide (et pelouse humide)
<i>Carici arenariae - Festucion filiformis</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Carici piluliferae - Epilobion angustifolii</i>	FU - Fourré humide	FM - Fourré mésophile à sec
<i>Crithmo maritimi - Armerion maritimae</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Danthonio decumbentis - Serapiadion linguae</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Deschampsion mediae</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PM - Prairie (mésophile et mésoxérophile)
<i>Eleocharition parvulae</i>	EX - Grèves exondées (Végétation pionnière des)	AQ - Végétation aquatique
<i>Frangulo alni - Pyrrion cordatae</i>	FU - Fourré humide	FM - Fourré mésophile à sec
<i>Fraxino excelsioris - Quercion roboris</i>	BFH - Boisement feuillu humide	BFM - Boisement feuillu (médophile à sec)
<i>Galio saxatilis - Festucion filiformis</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Lolio perennis - Plantaginion majoris</i>	PM - Prairie (mésophile et mésoxérophile)	PH - Prairie humide (et pelouse humide)
<i>Lonicero - Rubion sylvatici</i>	FU - Fourré humide	FM - Fourré mésophile à sec
<i>Mesobromion erecti</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Piceion excelsae</i>	BCH - Boisement de conifères humide	BCM - Boisement de conifère (mésophile à sec)
<i>Potamion polygonifolii</i>	AQ - Végétation aquatique	EX - Grèves exondées (Végétation pionnière des)
<i>Pruno spinosae - Rubion radulae</i>	FU - Fourré humide	FM - Fourré mésophile à sec
<i>Quercion robori - pyrenaicae</i>	BFM - Boisement feuillu (médophile à sec)	BFH - Boisement feuillu humide
<i>Ranunculion aquatilis</i>	AQ - Végétation aquatique	EX - Grèves exondées (Végétation pionnière des)
<i>Ruppion maritimae</i>	AQ - Végétation aquatique	EX - Grèves exondées (Végétation pionnière des)
<i>Saginion maritimae</i>	EX - Grèves exondées (Végétation pionnière des)	TH - Pelouse pionnière annuelle
<i>Sambuco racemosae - Salicion capreae</i>	FU - Fourré humide	FM - Fourré mésophile à sec
<i>Sileno maritimae - Festucion pruinosa</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Tilio platyphylli - Acerion pseudoplatani</i>	BFM - Boisement feuillu (médophile à sec)	BFH - Boisement feuillu humide
<i>Trisetio flavescens - Polygonion bistortae</i>	PM - Prairie (mésophile et mésoxérophile)	PH - Prairie humide (et pelouse humide)
<i>Violion caninae</i>	PH - Prairie humide (et pelouse humide)	PS - Pelouse (de basse et moyenne altitude)
<i>Zannichellion pedicellatae</i>	AQ - Végétation aquatique	EX - Grèves exondées (Végétation pionnière des)

Légende des couleurs

	aquatique
	humide
	humide pour partie
	non humide

Physionomie des formations végétales (suite)

Correspondances entre physionomies et alliances phytosociologiques
(la nomenclature est celle du Prodrome des végétations de France)

Code	Alliance	Indice présence
AQ Végétation aquatique	<i>Batrachion fluitantis</i>	Pres
	<i>Charion canescentis</i>	Pres
	<i>Charion fragilis</i>	Pres
	<i>Charion vulgaris</i>	Pres
	<i>Eleocharition parvulae</i>	Poss
	<i>Hydrocharition morsus-ranae</i>	Pres
	<i>Lemnion minoris</i>	Pres
	<i>Lemno trisulcae - Salvinion natantis</i>	Pres
	<i>Nitellion flexilis</i>	Pres
	<i>Nitellion syncarpo - tenuissimae</i>	Pres
	<i>Nymphaeion albae</i>	Pres
	<i>Potamion pectinati</i>	Pres
	<i>Potamion polygonifolii</i>	Pres
	<i>Ranunculion aquatilis</i>	Pres
	<i>Ruppion maritimae</i>	Pres
	<i>Scorpidio scorpioidis - Utricularion minoris</i>	Pres
	<i>Sphagno cuspidati - Utricularion minoris</i>	Pres
<i>Zannichellion pedicellatae</i>	Pres	
<i>Zosterion marinae</i>	Poss	
BCH Boisement de conifères humide	<i>Betulion pubescentis</i>	Pres
	<i>Piceion excelsae</i>	Pres
BCM Boisement de conifère"	<i>Piceion excelsae</i>	Pres
BFH Boisement feuillu humide	<i>Acerion pseudoplatani</i>	Pres
	<i>Alnion glutinosae</i>	Pres
	<i>Alnion incanae</i>	Pres
	<i>Betulion pubescentis</i>	Pres
	<i>Fraxino excelsioris - Quercion roboris</i>	Pres
	<i>Molinia caeruleae - Quercion roboris</i>	Pres
	<i>Quercion robori - pyrenaicae</i>	Pres
	<i>Rubo caesii - Populion nigrae</i>	Pres
	<i>Salicion albae</i>	Pres
	<i>Sphagno - Alnion glutinosae</i>	Pres
	<i>Tilio platyphylli - Acerion pseudoplatani</i>	Pres
BFM Boisement feuillu (médophile à sec)	<i>Acerion pseudoplatani</i>	Pres
	<i>Carpinion betuli</i>	Pres
	<i>Fagion sylvaticae</i>	Pres
	<i>Fraxino excelsioris - Quercion roboris</i>	Pres
	<i>Luzulo luzuloidis - Fagion sylvaticae</i>	Pres
	<i>Polysticho setiferi - Fraxinon excelsioris</i>	Pres
	<i>Quercion robori - pyrenaicae</i>	Pres
	<i>Quercion roboris</i>	Pres
	<i>Tilio platyphylli - Acerion pseudoplatani</i>	Pres
BM Bas-marais et marais de transition	<i>Caricion davallianae</i>	Pres
	<i>Caricion fuscae</i>	Pres
	<i>Caricion lasiocarpae</i>	Pres
	<i>Hydrocotylo vulgaris - Schoenion nigricantis</i>	Pres
	<i>Rhynchosporion albae</i>	Pres
EC Bordure d'eaux courantes (Végétation amphibie des)	<i>Apion nodiflori</i>	Pres
	<i>Glycerio fluitantis - Sparganion neglecti</i>	Pres

Physionomie des formations végétales (suite)

Code	Alliance	Indice présence
EX Grèves exondées (Végétation pionnière des)	<i>Atriplicion littoralis</i>	Pres
	<i>Bidention tripartitae</i>	Pres
	<i>Centaurio - Blackstonion perfoliatae</i>	Pres
	<i>Chenopodium rubri</i>	Pres
	<i>Cicendion filiformis</i>	Pres
	<i>Crassulo vaillantii - Lythron borysthenici</i>	Pres
	<i>Elatino triandrae - Damasonion alismatis</i>	Pres
	<i>Eleocharition acicularis</i>	Pres
	<i>Eleocharition parvulae</i>	Poss
	<i>Eleocharition soloniensis</i>	Pres
	<i>Elodo palustris - Sparganion</i>	Pres
	<i>Frankenion pulverulentae</i>	Pres
	<i>Heleochoion schoenoidis</i>	Pres
	<i>Littorellion uniflorae</i>	Pres
	<i>Nanocyperion flavescens</i>	Pres
	<i>Ophioglosso lusitanici - Isoëtion histricis</i>	Poss
	<i>Potamion polygonifolii</i>	Pres
	<i>Radiolion linoidis</i>	Pres
	<i>Ranunculon aquatilis</i>	Pres
	<i>Ruppion maritimae</i>	Pres
<i>Saginion maritimae</i>	Pres	
<i>Salicornion dolichostachyo - fragilis</i>	Pres	
<i>Salicornion europaeo - ramosissimae</i>	Pres	
<i>Samolo valerandi - Baldellion ranunculoidis</i>	Pres	
<i>Spartinion anglicae</i>	Pres	
<i>Zannichellion pedicellatae</i>	Pres	
FM Fourré mésophile à sec	<i>Amelanchiero ovalis - Buxion sempervirentis</i>	Pres
	<i>Berberidion vulgaris</i>	Pres
	<i>Clematido vitalbae - Acerion campestris</i>	Pres
	<i>Corylo avellanae - Populion tremulae</i>	Pres
	<i>Frangulo alni - Pyrion cordatae</i>	Pres
	<i>Lonicerion periclymeni</i>	Pres
	<i>Mespilo germanicae - Illicion aquifolii</i>	Pres
	<i>Pruno spinosae - Rubion radulae</i>	Pres
	<i>Rubion grabowski - vestiti</i>	Pres
	<i>Rubo ulmifolii - Viburnion lantanae</i>	Pres
	<i>Sambuco racemosae - Salicion capreae</i>	Pres
FO Végétation fontinale	<i>Cardamino amarae - Montion fontanae</i>	Pres
	<i>Caricion remotae</i>	Pres
	<i>Cratoneurion commutati</i>	Pres
	<i>Epilobio nutantis - Montion fontanae</i>	Pres
	<i>Pellion endiviifoliae</i>	Pres
<i>Riccardio pinguis - Eucladion verticillati</i>	Pres	
"FS Fourré sempervirent"	<i>Berberidion vulgaris</i>	Pres
FU Fourré humide	<i>Dioscoreo communis - Salicion atrocinereae</i>	Pres
	<i>Frangulo alni - Pyrion cordatae</i>	Pres
	<i>Halimionion portulacoidis</i>	Pres
	<i>Humulo lupuli - Sambucion nigrae</i>	Pres
	<i>Lonicero - Rubion sylvatici</i>	Pres
	<i>Osmundo regalis - Myricion gale</i>	Pres
	<i>Pruno spinosae - Rubion radulae</i>	Pres
	<i>Rubo idaei - Viburnion opuli</i>	Pres
	<i>Salici cinereae - Rhamnion catharticae</i>	Pres
	<i>Salicion cinereae</i>	Pres
	<i>Salicion pentandrae</i>	Pres
	<i>Salicion triandrae</i>	Pres
	<i>Sambuco racemosae - Salicion capreae</i>	Pres
	<i>Sorbo mougeotii - Lonicerion alpigenae</i>	Pres
	<i>Tamaricion africanae</i>	Pres
GH Grands héliophytes (Communauté de)	<i>Phalaridion arundinaceae</i>	Pres
	<i>Phragmition communis</i>	Pres
	<i>Scirpion compacti</i>	Pres
HM Haut-marais	<i>Ericion tetralicis</i>	Pres
	<i>Oxycocco palustris - Ericion tetralicis</i>	Pres
	<i>Sphagnion magellanici</i>	Pres

Physionomie des formations végétales (Suite)

LA Lande et landine	<i>Calluno vulgaris</i> - <i>Arctostaphylyon uvae-ursi</i>	Pres
	<i>Cisto salviifolii</i> - <i>Ericion cinereae</i>	Pres
	<i>Dactylido oceanicae</i> - <i>Ulicion maritimi</i>	Pres
	<i>Genistio tinctorio</i> - <i>germanicae</i>	Pres
	<i>Genisto pilosae</i> - <i>Vaccinion uliginosi</i>	Pres
	<i>Juniperion nanae</i>	Pres
	<i>Ulicion minoris</i>	Pres
MC Magnocariçaie	<i>Carici pseudocyperii</i> - <i>Rumicion hydrolopathi</i>	Pres
	<i>Caricion gracilis</i>	Pres
	<i>Magnocaricion elatae</i>	Pres
MG Mégaphorbiaie	<i>Achilleo ptarmicae</i> - <i>Cirsion palustris</i>	Pres
	<i>Adenostylyon alliariae</i>	Pres
	<i>Arunco dioici</i> - <i>Petasition albi</i>	Pres
	<i>Calamagrostion arundinaceae</i>	Pres
	<i>Calystegio sepium</i> - <i>Althaeion officinalis</i>	Pres
	<i>Convolvulion sepium</i>	Pres
	<i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Chaerophyllion hirsuti</i>	Pres
	<i>Petasition officinalis</i>	Pres
	<i>Thalictro flavi</i> - <i>Filipendulion ulmariae</i>	Pres
	OF Coupes et ourlets forestiers	<i>Aegopodion podagrariae</i>
<i>Atropion belladonnae</i>		Pres
<i>Carici piluliferae</i> - <i>Epilobion angustifolii</i>		Pres
<i>Geo urbani</i> - <i>Alliarion petiolatae</i>		Pres
<i>Impatienti noli-tangere</i> - <i>Stachyion sylvaticae</i>		Pres
OU Ourlet herbacé maigre	<i>Conopodio majoris</i> - <i>Teucrion scorodoniae</i>	Pres
	<i>Holco mollis</i> - <i>Pteridion aquilini</i>	Pres
	<i>Melampyryon pratensis</i>	Pres
	<i>Melampyro sylvatici</i> - <i>Poion chaixii</i>	Pres
	<i>Potentillo erectae</i> - <i>Holcion mollis</i>	Pres
PH Prairie humide (et pelouse humide)	<i>Agrostion curtisii</i>	Pres
	<i>Alopecurion pratensis</i>	Pres
	<i>Alopecurion utriculati</i>	Pres
	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	Pres
	<i>Brachypodio rupestris</i> - <i>Centaureion nemoralis</i>	Pres
	<i>Bromion racemosi</i>	Pres
	<i>Calthion palustris</i>	Pres
	<i>Danthonio decumbentis</i> - <i>Serapiadion linguae</i>	Pres
	<i>Deschampsio mediae</i> - <i>Molinion arundinaceae</i>	Pres
	<i>Galio saxatilis</i> - <i>Festucion filiformis</i>	Pres
	<i>Galio saxatilis</i> - <i>Potentillion aureae</i>	Pres
	<i>Juncion acutiflori</i>	Pres
	<i>Junco gerardi</i> - <i>Bromion racemosi</i>	Pres
	<i>Lolio perennis</i> - <i>Plantaginion majoris</i>	Pres
	<i>Loto tenuis</i> - <i>Trifolion fragiferi</i>	Pres
	<i>Mentho arvensis</i> - <i>Eleocharition palustris</i>	Pres
	<i>Mentho longifoliae</i> - <i>Juncion inflexi</i>	Pres
	<i>Mesobromion erecti</i>	Pres
	<i>Molinion caeruleae</i>	Pres
	<i>Nardo strictae</i> - <i>Juncion squarrosi</i>	Pres
	<i>Oenanthion fistulosae</i>	Pres
	<i>Potentillion anserinae</i>	Pres
	<i>Ranunculo ophioglossifolii</i> - <i>Oenanthion fistulosae</i>	Pres
	<i>Ranunculo repentis</i> - <i>Cynosurion cristati</i>	Pres
	<i>Scirpoido holoschoeni</i> - <i>Juncion inflexi</i>	Pres
	<i>Trifolio fragiferi</i> - <i>Cynodontion dactyli</i>	Pres
	<i>Violion caninae</i>	Pres
PM Prairie (mésophile et mésoxérophile)	<i>Armerion maritimae</i>	Pres
	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	Pres
	<i>Brachypodio rupestris</i> - <i>Centaureion nemoralis</i>	Pres
	<i>Crithmo maritimi</i> - <i>Armerion maritimae</i>	Pres
	<i>Cynosurion cristati</i>	Pres
	<i>Glauco maritimae</i> - <i>Juncion maritimi</i>	Pres
	<i>Lolio perennis</i> - <i>Plantaginion majoris</i>	Pres
	<i>Puccinellion maritimae</i>	Pres
	<i>Sileno maritimae</i> - <i>Festucion pruinosa</i>	Pres
	<i>Trisetto flavescens</i> - <i>Polygonion bistortae</i>	Pres

Physionomie des formations végétales (suite)

Code	Alliance	Indice présence
PS Pelouse (de basse et moyenne altitude)	<i>Agrostion curtisii</i>	Pres
	<i>Crithmo maritimi - Armerion maritimae</i>	Pres
	<i>Danthonio decumbentis - Serapiadion linguae</i>	Pres
	<i>Diantho gratianopolitani - Melicion ciliatae</i>	Pres
	<i>Galio saxatilis - Festucion filiformis</i>	Pres
	<i>Koelerio macranthae - Phleion phleoidis</i>	Pres
	<i>Mesobromion erecti</i>	Pres
	<i>Sileno maritimae - Festucion pruinosa</i>	Pres
	<i>Xerobromion erecti</i>	Pres
RB Petits héliophytes	<i>Oenanthion aquaticae</i>	Pres
RO Parois et façades rocheuses (Végétation des)	<i>Adiantion capilli-veneris</i>	Pres
	<i>Polypodium serrati</i>	Pres
RU Friche herbacée et végétation rudérale	<i>Agropyron pungentis</i>	Pres
	<i>Arction lappae</i>	Pres
	<i>Brachypodio pinnati - Agropyron pungentis</i>	Pres
	<i>Convolvulo arvensis - Agropyron repentis</i>	Pres
	<i>Falcaria vulgaris - Poion angustifoliae</i>	Pres
	<i>Rumicion pseudalpini</i>	Poss
TH Pelouse pionnière annuelle	<i>Atriplici laciniatae - Salsolion kali</i>	Pres
	<i>Euphorbion peplis</i>	Pres
	<i>Saginion maritimae</i>	Pres

Structure de la végétation et taille des placettes

(source : BAO RhoMéo, modifié pour le bassin de la Loire)

Type de structure	Code	Libellé	Description	Placette	Remarques
Végétation herbacée aquatique et terrestre rase	AQ	Végétation aquatique	Ensemble vaste de formations végétales strictement aquatiques (non héliophytes), des eaux stagnantes et courantes, enracinées ou libres, immergées ou submergées. Comprend les herbiers des eaux saumâtres.	4 m ² (2x2)	Comprend aussi les gouilles à Utriculaires des tourbières des hauts-marais. Observation visuelle et par grapinage
	EC	Bordures d'eaux courantes (Végétation amphibie des)	Formation amphibie vivace dense (petits héliophytes souvent) et entremêlée occupant les petits cours d'eau et leurs berges ainsi que les annexes hydrauliques et bras-mort à courant faible (comprend les herbiers à <i>Glyceria</i> , <i>Berula</i> , <i>Apium</i> , <i>Nasturtium</i> et <i>Leersia</i>).	4 m ² (2x2)	
	EX	Grèves exondées (végétation pionnière des)	Formation pionnière annuelle et vivace de petite taille (<i>Eleocharis acicularis</i> , <i>Littorella uniflora</i> , <i>Ludwigia palustris</i> , <i>Juncus bulbosus</i> ...) ou plus haute (<i>Polygonum lapathifolium</i> , <i>Bidens</i> pl.sp etc.) des zones périodiquement exondées des eaux stagnantes et courantes, végétation à caractère amphibie souvent marqué.	4 m ² (2x2)	Taille maximale. Le plus souvent des placettes rectangulaires avec le moins de déclivité possible, sont préférables
	FO	Végétation fontinale	Formation en majorité dominée par les bryophytes, avec végétation vasculaire peu diversifiée mais parfois assez recouvrante (<i>Epilobium alsinifolium</i> , <i>Saxifraga aizoides</i> , <i>Carex frigida</i>), colonisant les sources, les bords de ruisselets et les rochers suintants, milieux imbibés en permanence.	4 m ² (2x2)	Sources, suintements, tuffières
	RB	Petits héliophytes (communauté de)	Formation souvent clairsemée de petits héliophytes non graminoides des eaux stagnantes peu profondes à niveau variable (<i>Sparganium</i> spp., <i>Alisma</i> spp., <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Oenanthe aquatica</i> , <i>Rorripa amphibia</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Sagittaria sagitifolia</i>), également appelé roselière basse.	4 m ² (2x2)	Des placettes rectangulaires avec le moins de déclivité possible, sont préférables
Végétation herbacée moyenne et haute Végétation	BM	Bas-marais et marais de transition	Formation basse dominée par des cypéracées de petites et moyennes taille à nappe d'eau proche ou juste au-dessus de la surface.	16 m ² (4x4)	Comprend les bas-marais alcalins et ceux à tendance acide (à <i>Carex nigra</i> , <i>Eriophorum</i> sp) et ceux de transition (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i>)
	GH	Grands héliophytes (communautés des)	Formation souvent dense de grands héliophytes graminoides (roselières au sens large à <i>Phragmites</i> , <i>Phalaris</i> , <i>Typha</i> , <i>Schoenoplectus</i> , <i>Cladium</i> ...) comprenant à la fois les communautés franchement aquatiques et terrestres (atterries).	16 m ² (4x4)	Comprend les roselières aquatiques ou sèches et les scirpales maritimes
	HM	Haut-marais	Formation mixte bryophytique (sphaignes), herbacée (cypéracées) et sous-arbustive (éricacées) formant un paysage lâchement moutonné de buttes de sphaignes et de creux plus ou moins inondés.	16 m ² (4x4)	
	MC	Magnocariçaie	Formation haute dominée par des héliophytes de la famille des cypéracées comprenant à la fois les communautés franchement aquatiques et des communautés terrestres à sol mouillé une partie de l'année.	16 m ² (4x4)	Caricaies à <i>C.acuta</i> , <i>C.riparia</i> , <i>C.acutiformis</i> , <i>C.elata</i> , <i>C.vesicaria</i> , <i>C.pseudocyperus</i> et Cladiaies

Structure de la végétation et taille des placettes

Type de structure	Code	Libellé	Description	Placette	Remarques
Végétation herbacée moyenne et haute	MG	Mégaphorbiaie	Formation dense et haute dominée par des dicotylédones à feuillages très recouvrants des milieux frais à humides, riches en éléments minéraux. Comprend aussi les formations montagnardes à subalpines mésophiles à composition mixte entre graminées et dicotylédones (<i>Calamagrostis</i> sp. souvent), d'origine naturelle (prairies de couloirs d'avalanche). Plaine, montagnard et subalpin. <i>Urtica</i> , <i>Anthriscus</i> , <i>Convolvulus</i> .	16 m ² (4x4)	
	OF	Coupes et ourlets forestiers	Formation intraforestière, constituée de grandes dicotylédones vivaces colonisant les coupes forestières récentes et les clairières à sols riches, ou de dicotylédones moins grandes en situation de lisière et de clairière (<i>Aegopodium</i> ...). Comprend également les formations de lisières intraforestières dominées par des graminées (<i>Festuca gigantea</i> , <i>Bromus ramosus / benekenii</i> , <i>Calamagrostis varia</i> , <i>Elytrigia / Roegneria</i> ou encore à <i>Hordelymus europaeus</i>). Comprend les ronciers forestiers.	16 m ² (4x4)	
	PH	Prairie humide à dominante de graminées	Formation herbacée d'origine anthropique diversifiée, dense et haute à dominante graminéenne, fauchée et/ou pâturée, humide à mouillée (nappe affleurante) une partie de l'année, périodiquement inondée. Les prairies alluviales à <i>Arrhenatherum eliatum</i> à tendance mésohygrophile des niveaux topo supérieurs sont traitées sous PM. Les pelouses humides intègrent cette physionomie (dont celle de la zone aérohaline).	16 m ² (4x4)	Moliniaies et prairies inondables des grandes vallées alluviales à <i>Hordeum secalinum</i> ou <i>Oenanthe fistulosa</i>
	PM	Prairie (mésophile et mésoxérophile)	Formation diversifiée d'origine anthropique, dense et haute à dominante graminéenne de hauteur supérieure à 50 cm, fauchée et/ou pâturée, temporairement humide, exceptionnellement inondée et mouillée. Les formations semi-hautes pâturées d'altitude ne sont pas comprises. La hauteur de certaines formations (ex. formation dense à <i>Brome érigé</i>) doit être examinée attentivement pour distinguer la pelouse de la prairie. Les formations naturelles montagnardes à hautes herbes mixtes (graminées et dicotylédones) sont à coder sous MG - Mégaphorbiaie.	16 m ² (4x4)	
Végétation de landes ou de fourrés	FU	Fourré humide	Formation dominée par des espèces caducifoliées des sols engorgés, des bordures d'eaux calmes et courantes (saulaie arbustive, fourré à bourdaine...). Les aulnaies vertes sont traitées sous FM.	49 m ² (7x7)	Aulnaies vertes les plus humides, fourrés de Saules (<i>S. cinerea</i> , <i>S. purpurea</i> , <i>S. daphnoides</i> , <i>S. breviserrata</i> , <i>S. myrsinifolia</i> ...)
	LA	Landes et landines	Formation végétale dominée par des petits chaméphytes (landines) ou des grands chaméphytes (landes). Les seuils de recouvrement de la strate sous-arbustive sont donnés dans "Physionomies complexes"	49 m ² (7x7)	
Boisements	BCH	Boisement de conifères humide	Formation dominée par les conifères (>75% de recouvrement) des sols humides ou engorgés. Les pré-bois de Pin à crochet sur tourbe sont considérés comme des formations arborescentes dès 15% de recouvrement (au lieu de 30% pour les autres essences).	225 m ² (15x15)	Pessière à sphaigne, Pinède à Molinie les plus humides
	BFH	Boisement feuillu humide	Formation dominée par des espèces feuillues (>75% de recouvrement) caducifoliées des sols engorgés (nappe affleurante ou peu profonde) et des situations alluviales et riveraines (nappe circulante à niveau variable et crues). Les boisements à sous-bois de mégaphorbiaie non riverain ou alluviaux sont traités sous BFM.	225 m ² (15x15)	Aulnaie glutineuse ou blanche, Saulaie blanche, Peupleraie blanche, Boulaie à sphaigne, Chênaie à Molinie

Méthode de fabrication et d'installation des piézomètres

Fabrication des piézomètres

Les piézomètres sont des puits d'observation du niveau de la nappe dans le sol.

Ils peuvent être réalisés à partir de tube en PVC que l'on perce suffisamment pour que le niveau d'eau dans le tube soit en équilibre avec celui de la nappe. Nous proposons d'utiliser des tubes en PVC de 50 mm de diamètre, d'une longueur de 2,5 à 3 mètres, l'objectif étant de mesurer les variations du niveau de la nappe dans la partie supérieure du sol qui permet le développement d'espèces hygrophiles.

Les tubes doivent suffisamment dépasser du sol pour être repérable, mais surtout pour abriter l'enregistreur de la sonde de mesure automatique. Ce dernier qui possède une capacité de submersion de quelques jours doit être positionné au-dessus des niveaux de submersion les plus fréquents.

En pratique :

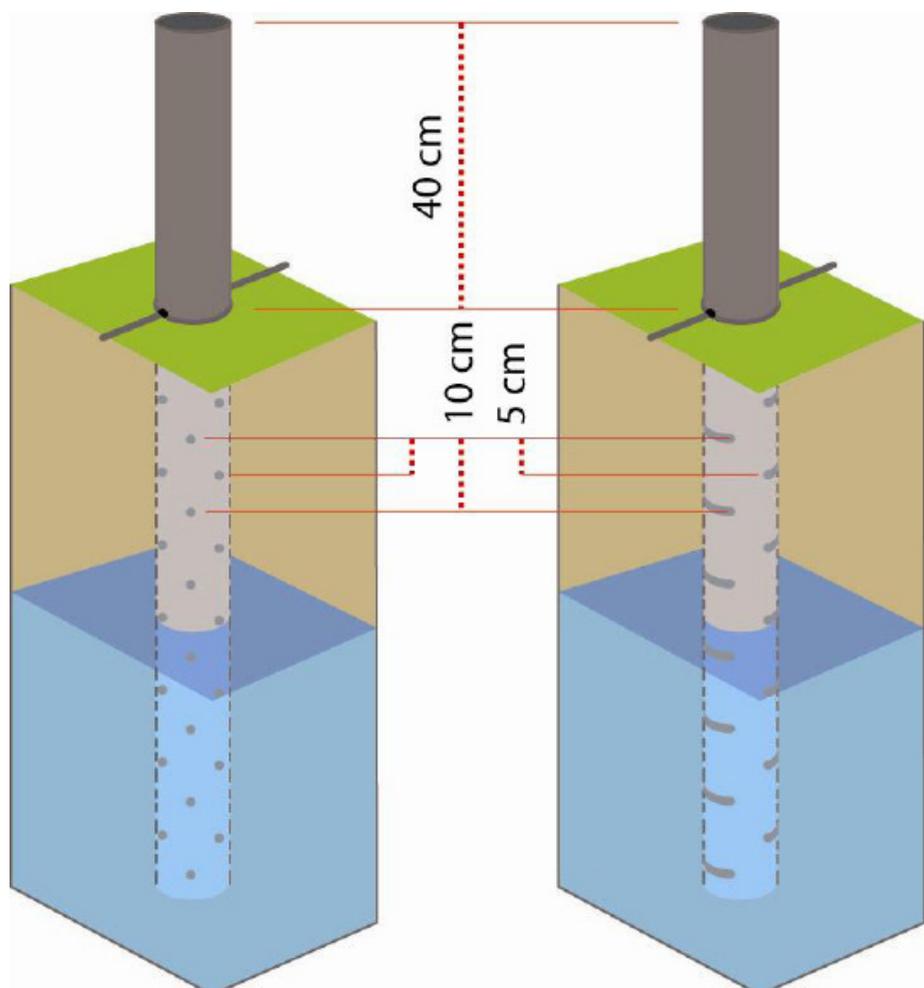
- pour les sites sans submersion notable, le tube dépasse du sol d'au moins 50 cm.
- pour les sites à submersion (plan d'eau, crue, etc.), le sommet du tube doit se situer à plus de 50 centimètres (voire 1 mètre) au-dessus du niveau d'eau le plus haut connu (ou probable).

Les mesures de profondeur de la nappe étant relatives à la surface du sol, une marque ou un repère autour du tube permet de vérifier que le tube n'a pas bougé entre deux relevés. En conséquence, toute submersion se traduit par une valeur négative de profondeur de la nappe.

Deux méthodes de perforations peuvent être utilisées :

trous circulaires ($\varnothing \approx 5$ mm)
réalisés à la perceuse

encoches (1 à 2 mm)
réalisés à la meuleuse

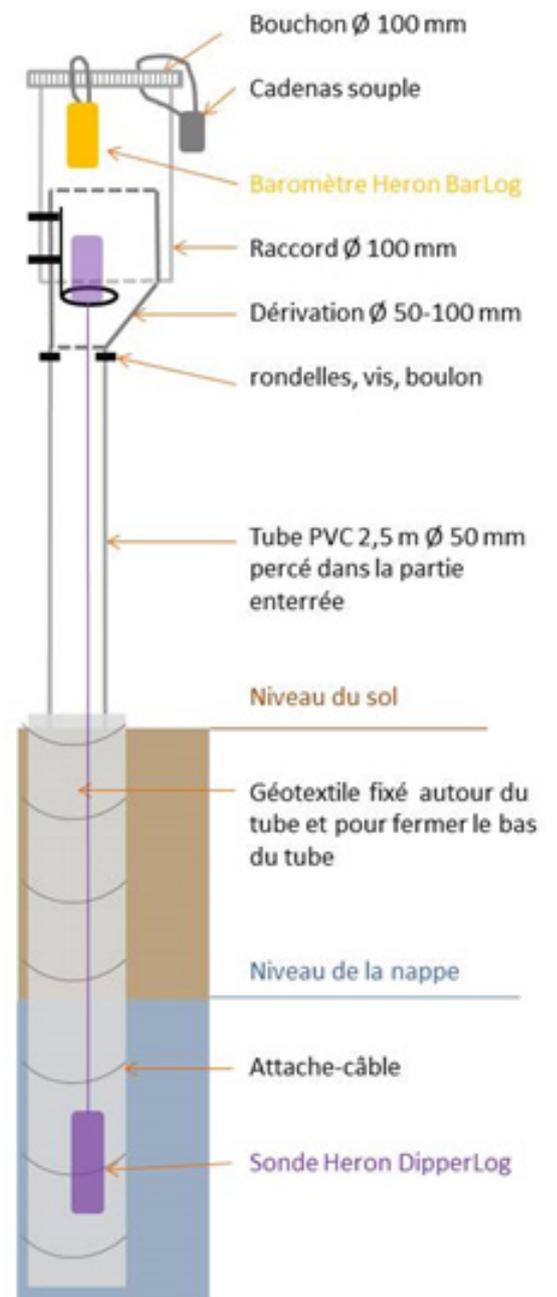


Méthode de fabrication et d'installation (suite)

Installation

L'installation est réalisée après un sondage à la barre pour vérifier que l'on pourra bien enfoncer le tube à la profondeur souhaitée dans le sol. Un trou à la tarière est ensuite réalisé pour mettre en place le tube jusqu'au niveau du sol matérialisant le niveau 0.

Nos essais ont montré que mettre du géotextile tout autour de la partie du tube dans le sol (et replié à la base du tube) était indispensable pour éviter le colmatage de la sonde.



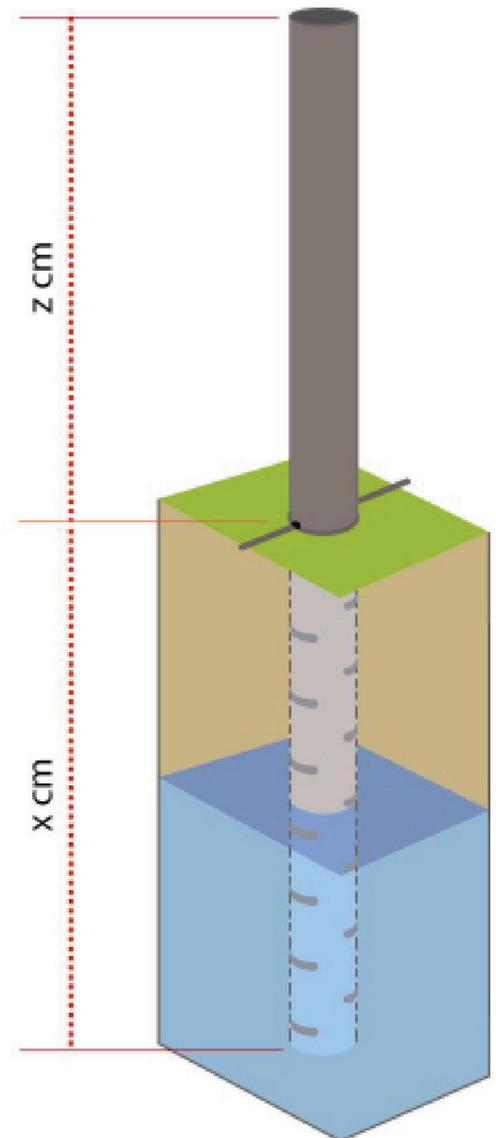
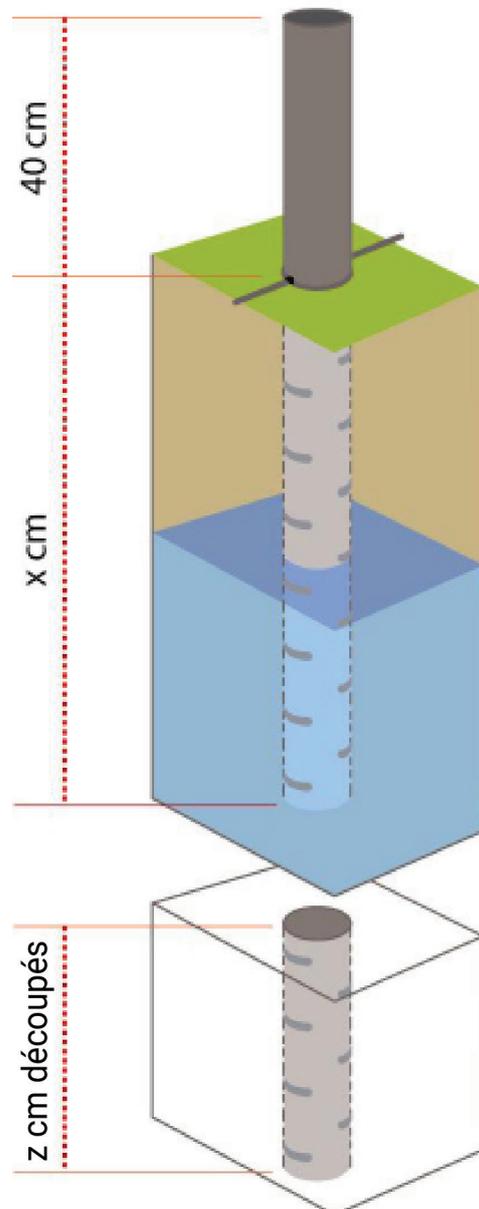
Si l'on ne peut pas enfoncer le tube entièrement dans le sol, deux cas de figure (illustré ci-dessous) se présentent suivant qu'il s'agisse d'un tube pour la mise en place d'une sonde automatique ou d'un tube pour le contrôle manuel de la représentativité spatiale des données de la sonde. La sonde est ensuite mise en place à l'aide de son support et de l'obturateur fourni.

Méthode de fabrication et d'installation (suite)



Piézomètre pour l'installation de sonde orpheus le tube doit, quoi qu'il arrive avoir une longueur minimale de 2 m. Par conséquent, on augmente la hauteur du tube qui dépasse du sol.

Piézomètre pour relevés manuels le tube est découpé pour obtenir la profondeur souhaitée. Il dépasse du sol de 40 cm.





Méthode de relevé piézométrique



Suivi automatique par sonde de pression. Notice pour la sonde Heron dipperLog.

Pour un exemple avec une sonde OTT- Orpheus mini, voir l'annexe P03 de la BAO RhoMéO.



Méthode

Le relevé des données nécessite un ordinateur portable. Il s'effectue en utilisant un câble de communication USB et le logiciel dipperLog Program. Lors de ces relevés, il faut vérifier la bonne correspondance du niveau d'eau (mesure manuelle) et de l'heure indiqué par la sonde. Les sondes Heron dipperLog nécessite un baromètre Heron barLog qui corrige les mesures de pression d'eau par les variations de la pression atmosphérique. Un baromètre peut corriger plusieurs sondes dipperLog installées dans un rayon de 20 kilomètres maximum. Il doit être installé à l'abri de la pluie. Il peut être installé sous un bouchon fermant le tube du piézomètre par exemple.

Fréquence

Il est conseillé de vérifier le fonctionnement de la sonde après l'installation par un relevé dans les jours ou semaines suivant l'installation. Des relevés réguliers (2 à 4 fois par an) sont recommandés malgré la grande autonomie des sondes. A cette occasion, il est bon de vérifier qu'il n'y a pas de colmatage de la sonde (par des sédiments) en la retirant complètement du tube.

Autonomie de la mémoire : 32 000 données, soit une mesure de niveau par heure pendant plus de 3 ans.

Autonomie des piles : estimée à 10 ans

Relevé ponctuel par opérateur



Protocole de vérification de la représentativité spatiale des valeurs de la sonde automatique.

Identifier le piézomètre. Son numéro, indiqué sur la photo aérienne du site, est inscrit sur tube et/ou à l'intérieur du bouchon. Mesurer et noter : Profondeur de la nappe = H2 - H1

H1- Hauteur du tube dépassant du sol

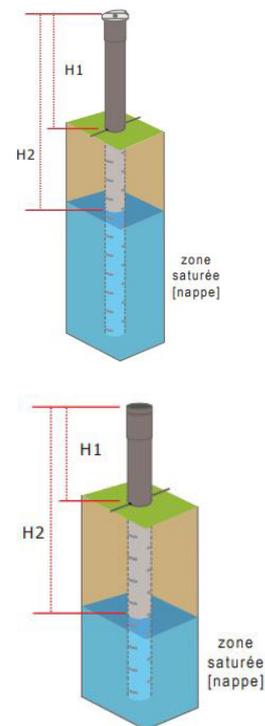
Cette hauteur est fixe. Le niveau du sol étant matérialisé par une marque ou un repère au niveau du sol, le piézomètre peut avoir bougé, il faut noter sa hauteur.

H2 - Profondeur de la nappe par rapport au sommet du tube.

- Elle peut être mesurée à l'aide d'une sonde piézométrique fixée à un mètre ruban qui indique par un signal sonore ou lumineux le contact avec l'eau.

- Lorsque l'on ne dispose pas de ce matériel et pour des profondeurs inférieures à 2 m, on peut mesurer le niveau de la nappe en observant le mouvement de l'eau au contact d'un mètre ruban. Pour faciliter l'observation, on peut utiliser une lampe de poche. D'autres dispositifs peuvent être utilisés (tige graduée).

Comme il s'agit ici de vérifier la relation entre les niveaux de nappe en différents points de la zone humide, la régularité des relevés n'est pas nécessaire. Il faut essayer de constituer un échantillon de données représentatif de la diversité des situations météorologiques possibles.



Méthode de paramétrage des sondes Heron dipperLog et barLog



Caractéristiques des sondes Heron dipperLog

L'enregistreur de niveau Heron dipperLog est basé sur une sonde de pression. Il est équipé d'une sonde de pression, ainsi que d'une sonde de température. L'enregistreur, configurable individuellement, mémorise et contrôle les valeurs mesurées dans une mémoire importante, d'une capacité d'environ 32 000 données (3 ans de mesure si 1 mesure par heure). Les données peuvent être exportées et la mémoire remise à jour lors du relevé des données.

Les sondes Heron dipperLog fonctionnent en tandem avec un baromètre Heron barLog qui corrige les mesures de pression d'eau par les variations de la pression atmosphérique, on parle de données « compensées ».

Paramétrage des sondes

Le baromètre barLog doit être paramétré avant la sonde dipperLog.

1-Démarrer le logiciel Heron (qui doit avoir été préalablement installé sur l'ordinateur).

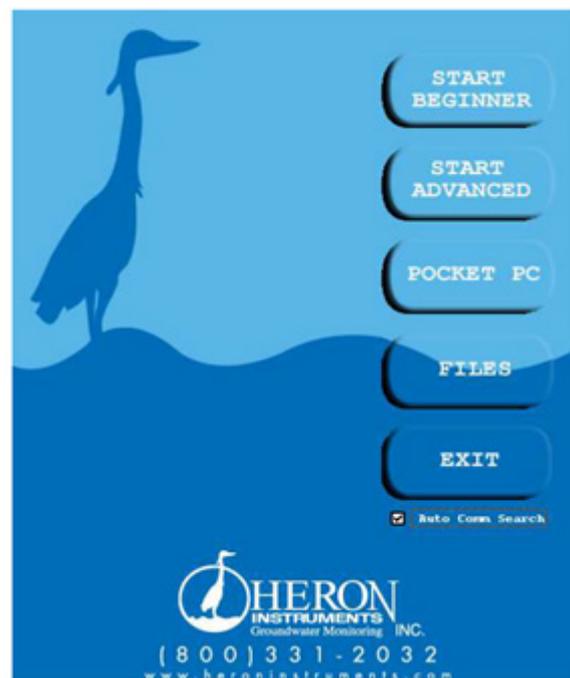
2-Brancher le câble de connexion entre l'ordinateur et le baromètre barLog

3-Cliquer sur le bouton START BEGINNER

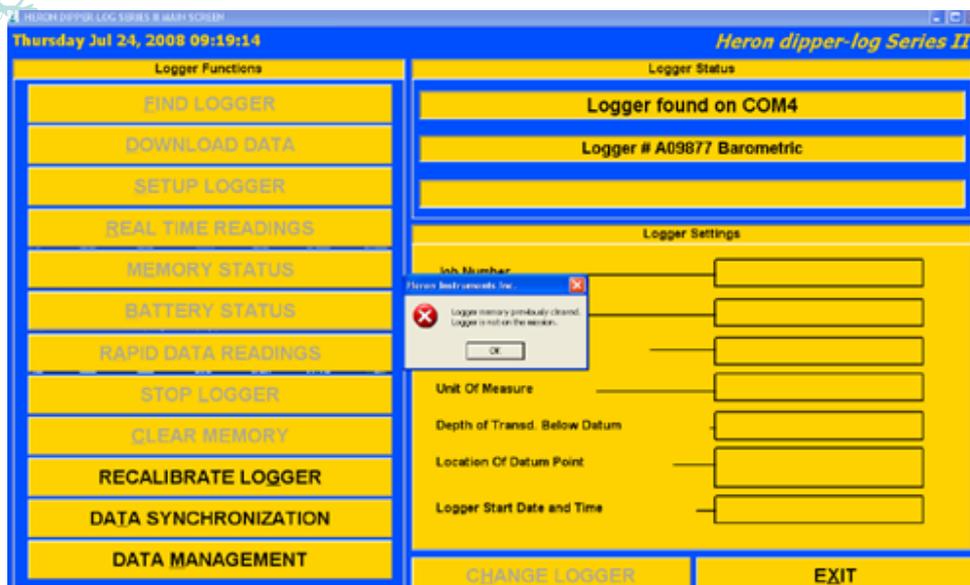
4-Le logiciel cherche automatiquement la sonde ou le baromètre

5-Cliquer OK sur le message qui s'affiche indiquant que la mémoire est vide et que la sonde n'est pas en marche

Note : cet écran affiche le numéro de la sonde (ici A09877) qu'il faut archiver pour la gestion des données exportées par site.



Méthode de paramétrage des sondes Heron dipperLog et barLog



6-Cliquer sur "SETUP LOGGER" pour paramétrer le baromètre

7-Par défaut la sonde se synchronise avec l'heure de l'ordinateur.

Le « Job number » est la seule information à remplir. Cette information sert à relier un baromètre à une (ou plusieurs) sonde(s) qui possède(nt) le même « Job number », ce qui permet de compenser automatiquement les données exportées. Elle est donc très importante et ne doit comporter que des chiffres ou des lettres.

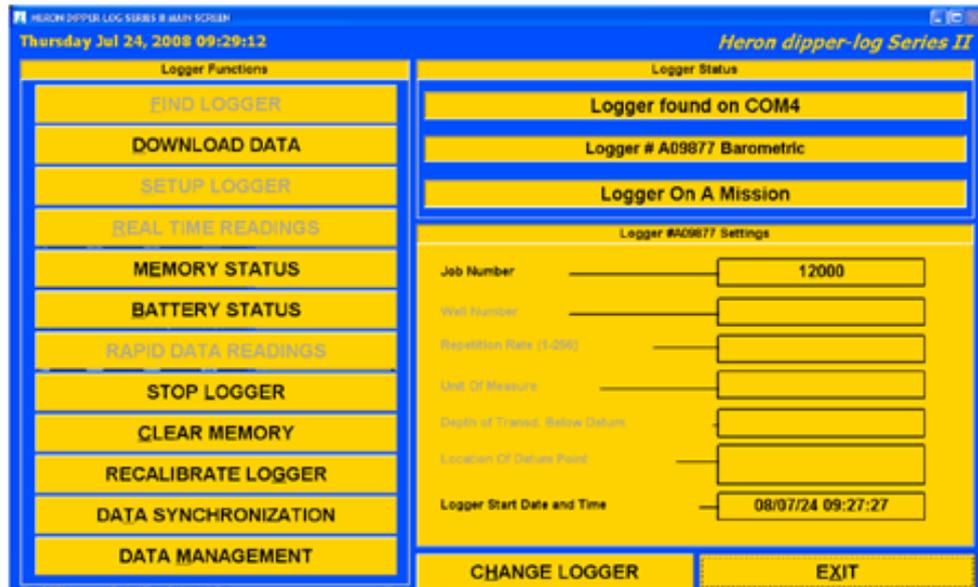


8-Une fois le « Job number » saisi, cliquer sur "Load Info. Into Logger", et sur "Yes" dans le message qui s'affiche.

9-Cliquer sur « Start Logger » et sur « Yes » dans le message qui s'affiche. Le baromètre enregistre maintenant une mesure par heure.

Méthode de paramétrage des sondes Heron dipperLog et barLog

10-Cliquer sur « Return to Main Screen » pour retourner à l'écran d'accueil qui est maintenant mis à jour avec les paramètres du baromètre.



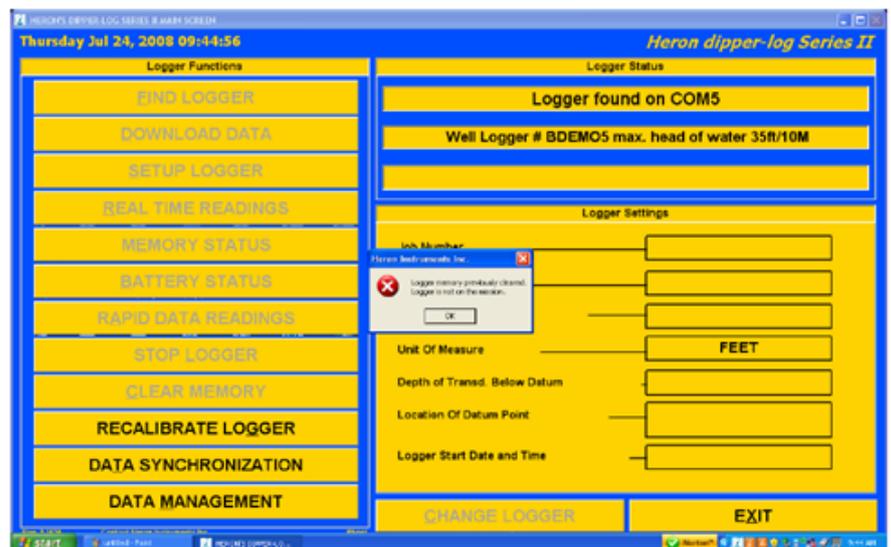
11-Cliquer sur « CHANGE LOGGER » et débrancher le câble du baromètre

12-Connecter le câble à la sonde dipperLog et cliquer sur « FIND LOGGER ».

Attention ! La sonde ne doit pas être dans l'eau avant que cela soit spécifiquement demandé.

13-Cliquer OK sur le message qui s'affiche qui indique que la mémoire est vide et que la sonde n'est pas en marche

Note : cet écran affiche le numéro de la sonde (ici BDEMO5) qu'il faut archiver pour la gestion des données exportées par site.



14-Cliquer sur "SETUP LOGGER" pour paramétrer la sonde

15-Saisir le « Job number ». Attention il doit être identique à celui du baromètre.

16-Saisir le « well number » qui peut servir à identifier le piézomètre

Méthode de paramétrage des sondes Heron dipperLog et barLog

17-Saisir l'intervalle de mesure (sampling interval) et le taux de répétition (repetition rate). Par exemple si l'intervalle est en heure et le taux de répétition est 2 alors la sonde prendra une mesure toutes les 2 heures.

The screenshot displays the Heron DipperLog software interface with the following configuration details:

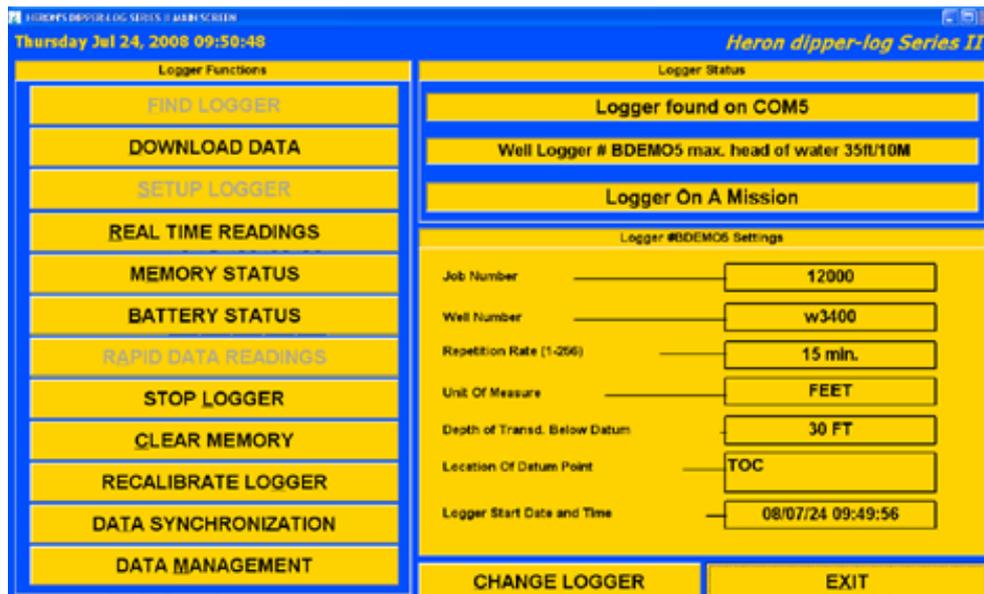
- Date and Time:** 08/07/24 09:48:22 (PC Time selected)
- Transducer Depth Below Datum Point:** 0030.00F
- Job Number:** 12000
- Well Number:** W3400
- Sampling Interval:** 15 (Minutes selected)
- Repetition Rate (1-256):** 15
- Location of Datum Point:** TOC
- LOGGED Start Date and Time (optional):** (Empty)
- Status:** LOGGED STOPPED MEMORY CLEARED

18-Saisir la profondeur de la sonde sous le point de référence (Transducer Depth below Datum) dans l'unité indiquée (F=feet, M= mètre).

Le point de référence est celui à partir duquel les mesures sont faites. Le point de référence peut être le niveau du sol.

Méthode de paramétrage des sondes Heron dipperLog et barLog

- 19-Indiquer la localisation du point de référence (Location of Datum point). C'est une simple description, par exemple SOL.
- 20-Le départ différé (delayed start date and time) est optionnel.
- 21-Cliquer sur "Load Info. Into Logger", et sur "Yes" dans le message qui s'affiche.
- 22-Cliquer sur « Return to Main Screen » pour retourner à l'écran d'accueil qui est maintenant mis à jour avec les paramètres de la sonde.



- 23-Vous pouvez maintenant mettre la sonde dans l'eau
- Note : vous pouvez vérifier si la sonde fonctionne en cliquant sur « REAL TIME READINGS »
- 24-Cliquer sur « EXIT »
- 25-Cliquer sur "OK", déconnecter le câble de la sonde.

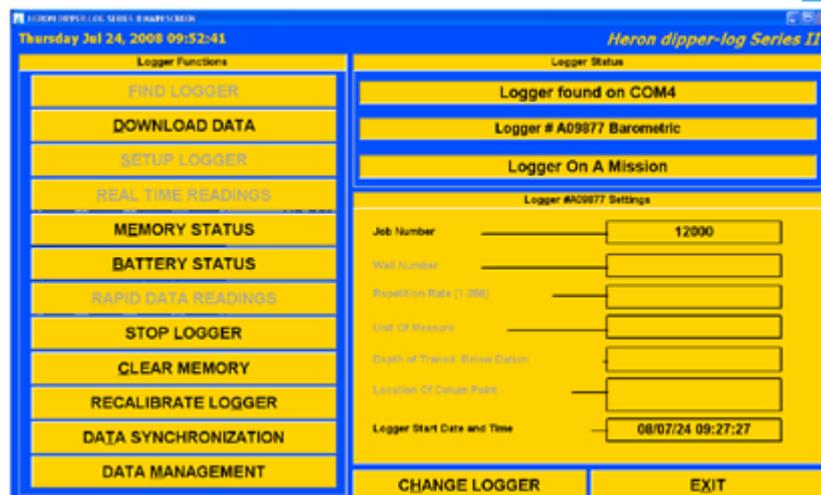
Relevé et exportation des données



Les données du baromètre barLog doivent être exportées avant celles de la (les) sonde(s) dipperLog qui lui correspondent.

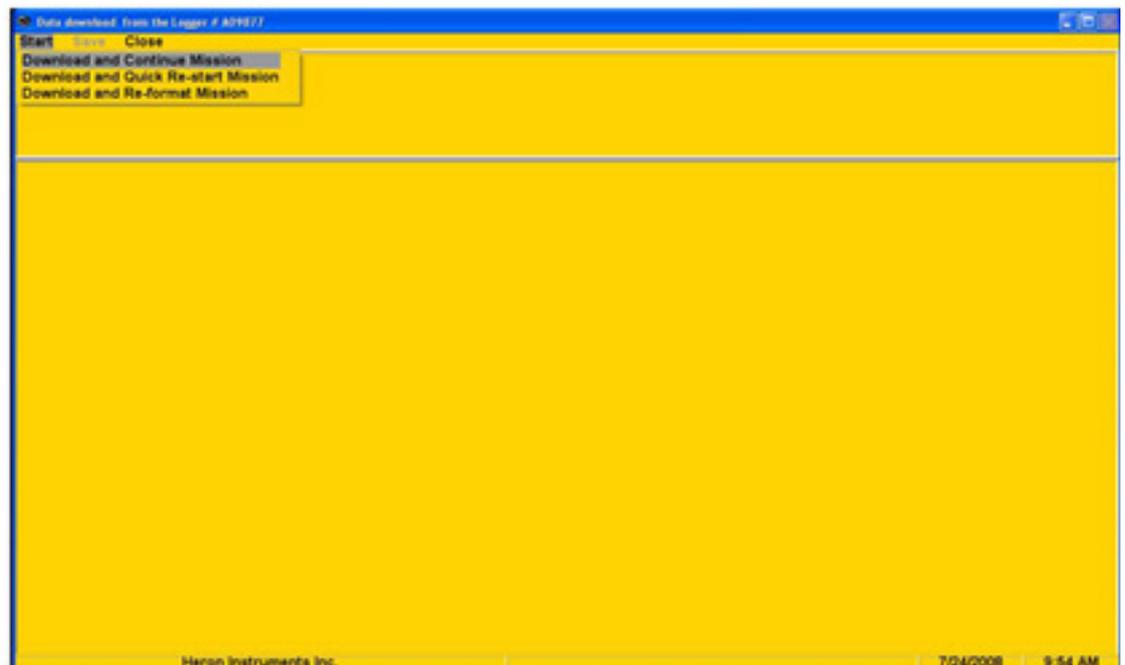
1-Brancher le câble de connexion entre l'ordinateur et le baromètre barLog et démarrer le logiciel Heron

2-Cliquer sur le bouton START BEGINNER



3-Le logiciel cherche automatiquement la sonde ou le baromètre

4-Une fois qu'il l'a détecté, cliquer sur « DOWNLOAD DATA »

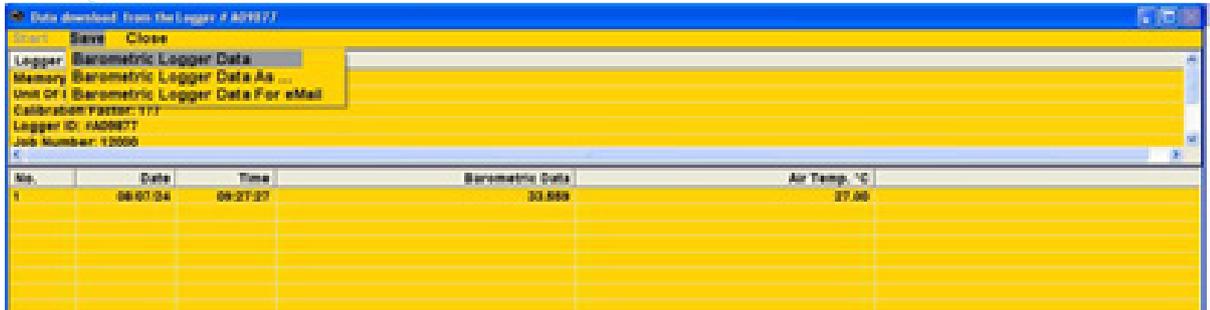


5-Cliquer en haut à gauche sur « Start » et « Download and Continue Mission »

6-Une fois que les données ont été téléchargées, cliquer sur « Save » et « Barometric Logger Data »

Relevé et exportation des données

(source : BAO RhoMéo)



7-Lorsque les données sont enregistrées cliquer sur « Close »

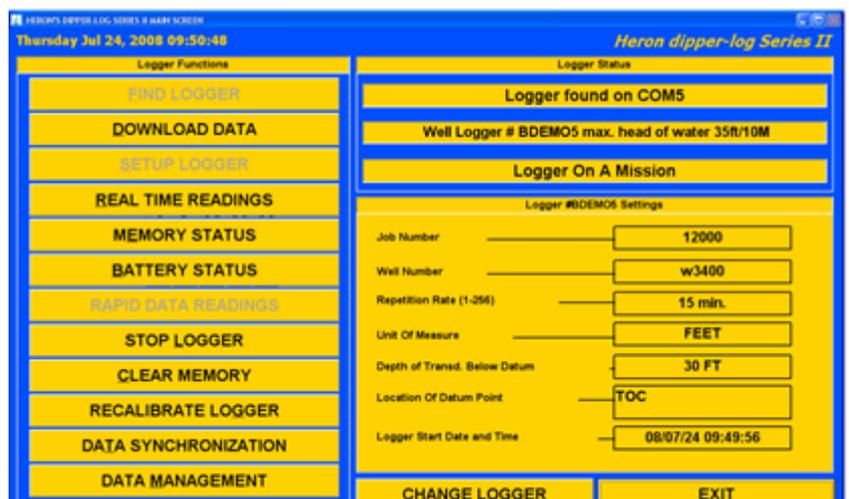


8-Retourner sur l'accueil et cliquer sur "CHANGE LOGGER", déconnecter le baromètre.

9-Connecter la sonde et cliquer sur « FIND LOGGER », répéter ensuite les mêmes étapes qu'avec le baromètre

Note : par défaut, les données sont enregistrées sur l'ordinateur dans le dossier C:\Program Files (x86)\Dipper-Log Series II sur des fichiers .txt.

C'est la colonne « Comp. DEPTH WTR To Datum » qui contient les données utiles dans le cadre du programme LigerO (la profondeur de la nappe en mètre, à convertir en cm).



Liste des habitats odonatologiques

INVOD modifié	Types	Précisions et commentaires	LigéO	
			Types	Code
1	Zones des sources et suintements	Écoulements permanents des sources et suintements (petit bassin éventuel en amont) ; parfois présence de sphaignes. Rq: la zone de source/suintement s'arrête à partir du moment où les eaux empruntent un écoulement formé (ruisselet, ruisseau...).	Sources de plaine bien exposées	1a
			Sources de plaine ombragées à semi-ombragées	1b
		Étages montagnards et subalpins. Rq: la zone de source/suintement s'arrête à partir du moment où les eaux empruntent un écoulement formé (ruisselet, ruisseau...).	Sources d'altitude bien exposées	1c
			Sources d'altitude ombragées à semi-ombragées	1d
2	Ruisselets / ruisseaux	Cours d'eaux vives et fraîches de quelques décimètres à 2-3 m de large. Assèchement estival possible (mais présence de vasques, flaques et micro-mares) ou écoulement permanent.	Secteur ouvert	2a
			Secteur fermé (sous-bois, taillis)	2b
3	Rivières à eaux vives	Milieux de 2-3 à 25 m de large. Secteurs à courant vif (rapides : vitesse d'écoulement > 0,5 m/s).	Secteur ouvert	3a
			Secteur ombragé (présence ripisylve)	3b
24	Rivières à eaux calmes	Milieux de 2-3 à 25 m de large. Secteurs calmes du cours d'eau (moulins, barrages naturels, etc.).	Secteur ouvert	24a
			Secteur ombragé (présence ripisylve)	24b
21	Rivières et torrents d'altitude	Eaux courantes vives en général, des étages montagnard et sub-alpin.		21
4	Grands cours d'eau vifs ou annexes vives de grands cours d'eau	Parties vives à berges non arborées des fleuves et des grandes rivières (chenal principal ou principaux bras), de plus de 25 m de large. (Radier - vitesse d'écoulement > 0,5 m/s)	Cours principal non arboré des grands cours d'eau vifs	4a
		Parties vives à berges arborées des fleuves et des grandes rivières (chenal principal ou principaux bras), de plus de 25 m de large. (Radier - vitesse d'écoulement > 0,5 m/s)	Cours principal arboré des grands cours d'eau vifs	4b
		Parties vives à berges non arborées des annexes hydrauliques courantes connectées de manière permanente au chenal par l'amont et par l'aval.	Annexes fluviales vives, non arborées, avec flux entrant par l'amont	4c
		Parties vives à berges arborées des annexes hydrauliques courantes connectées de manière permanente au chenal par l'amont et par l'aval.	Annexes fluviales vives, arborées, avec flux entrant par l'amont	4d
		Parties vives à berges non arborées des annexes hydrauliques avec alimentation par la nappe phréatique, en conséquence courantes, connectées de manière permanente au chenal uniquement par l'aval avec un régime de perturbation modéré lié aux crues annuelles.	Annexes fluviales vives non arborées, modérément perturbées avec flux rétrograde par l'aval	4e
		Parties vives à berges arborées des annexes hydrauliques avec alimentation par la nappe phréatique, en conséquence courantes, connectées de manière permanente au chenal uniquement par l'aval avec un régime de perturbation modéré lié aux crues annuelles.	Annexes fluviales vives arborées, modérément perturbées avec flux rétrograde par l'aval	4f
		Parties vives à berges non arborées des annexes hydrauliques courantes connectées de manière permanente au chenal uniquement par l'aval avec un régime de perturbation faible lié aux crues élevées (> crue annuelle), avec alimentation par la nappe phréatique. Situation généralement liée à des aménagements.	Annexes fluviales vives non arborées, peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval	4g
		Parties vives à berges arborées des annexes hydrauliques courantes connectées de manière permanente au chenal uniquement par l'aval avec un régime de perturbation faible lié aux crues élevées (> crue annuelle), avec alimentation par la nappe phréatique. Situation généralement liée à des aménagements.	Annexes fluviales vives arborées, peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval	4h
5	Grands cours d'eau calmes ou annexes calmes de grands cours d'eau	Parties calmes non arborées des fleuves et des grandes rivières (de plus de 25 m de large). Les bras morts ou boires (en communication périodique avec le cours d'eau) sont précisées ci-dessous.	Cours principal des grands cours d'eau calmes, portion non arborée	5a
		Parties calmes arborées des fleuves et des grandes rivières (de plus de 25 m de large). Les bras morts ou boires (en communication périodique avec le cours d'eau) sont précisées ci-dessous.	Cours principal des grands cours d'eau calmes, portion arborée	5b
		Annexes lentes ou stagnantes avec un régime de perturbation moyen à fort dès les crues annuelles : berges non arborées (ou grande portion à berges non arborées)	Annexes lentes ou stagnantes non arborées, relativement perturbées par les crues	5c
		Annexes lentes ou stagnantes, avec un régime de perturbation moyen à fort dès les crues annuelles : berges arborées (ou grande portion à berges arborées)	Annexes lentes ou stagnantes arborées, relativement perturbées par les crues	5d
		Annexes stagnantes avec un régime de perturbation faible à très faible aux crues annuelles : berges non arborées (ou grande portion à berges non arborées)	Annexes stagnantes non arborées, peu perturbées par les crues	5e
		Annexes stagnantes, avec un régime de perturbation faible à très faible aux crues annuelles : berges arborées (ou grande portion à berges arborées)	Annexes stagnantes arborées, peu perturbées par les crues	5f

Liste des habitats odonatologiques (suite)

INVOD modifié	Types	Précisions et commentaires	LigéO		
			Types	Code	
6	Canaux navigables	Milieux artificiels entretenus pour la navigation fluviale.		6	
7	Canaux, douves, fossés alimentés	Fossés et canaux d'irrigation, d'alimentation (étang), puits artésien, etc.		7	
8	Canaux, douves, fossés non alimentés	Canaux et fossés de drainage, réseau hydraulique des marais de plaine, etc. Eau douce		8	
9	Plans d'eau douce temporaires	Stagnants en général, assèchement estival : petits étangs, mares, bassins d'orage, etc. Rq: ces habitats peuvent être de dimension assez importante dans quelques cas.			
		Etages planitiaires à collinéens	Milieux temporaires de plaine	9	
10	Mares permanentes ouvertes	Petits milieux (<0,5ha) bien ensoleillés et permanents : mares, abreuvoirs, lavoirs, lavognes anciennes (non entretenues), etc. bien végétalisés	Mares avec présence de végétation aquatique	10a	
		Petits milieux (<0,5ha) bien ensoleillés et permanents mais peu végétalisés. On y retrouve des lavognes entretenues	Mares dénuées de végétation aquatique	10b	
11	Mares permanentes fermées	Petits milieux (<0,5 ha) forestiers permanents ombragés		11	
19	Petits plans d'eau permanents d'altitude	Petits lacs et mares (ou dépressions permanentes) des étages montagnard (alt.>500m) et sub-alpin, non assimilables à une tourbière		19	
27	Bassins d'eau douce (eaux chargées)	Bassins de lagunage ou de décantation (stations d'épuration, routier, carrière...), souvent riches en métaux ou autres polluants.	Station d'épuration	27a	
			Bassin de lagunage ou de décantation route/ autoroute	27b	
			Bassin de décantation de carrière s. l.	27c	
13	Autres milieux artificiels (eaux claires)	Récents, en général peu colonisés par la végétation aquatique : gravières, sablières, ballastières, réserves collinaires, etc.		13	
25	Milieux aquatiques "cultivés"	Rizières, cressonnières en exploitation, etc.		25	
14	Plans d'eau ou portions de plan d'eau "naturels" ou artificiels anciens ("renaturés") >0,5ha, planitiaires et collinéens	Milieux fortement boisés (forestiers), rives ombragées. Secteurs d'alimentation, d'évacuation et annexes (mares et fossés) à distinguer comme des habitats particuliers (cf. plus haut)	Ombragés/arborés	14a	
			Milieux ouverts avec phragmitaies, magnocariçaies, etc.	Hélophytes hauts	14b
			Milieux ouverts à végétation plus basse (et/ou les eaux acides permettent le développement de queues ou anses tourbeuses à sphaignes).	Hélophytes bas ou seulement hydrophytes	14c
20	Lacs et grands réservoirs	Grande surface d'eau libre de basse ou moyenne altitude (jusqu'à 1000 m en général). Généralement plus de 20 m de profondeur		20	
12	Milieux saumâtres	Marais littoraux et continentaux saumâtres (salinité moyenne de plus de 0,5 mg/l de NaCl), bien ensoleillés, eaux permanentes ou assèchement estival : lagunes, marais salants ou salés, bassins aquacoles, marais à salicornes, pannes dunaires, etc.	Lagunes/salines en activité	12a	
			Lagunes/salines abandonnées	12b	
			Pannes dunaires saumâtres	12c	
			Fossés et canaux en eau salée	12d	
16	Milieux palustres dulcicoles	Dépressions en eau bien végétalisée, marécages en contexte de marais ou de bas-marais. Végétation hélophytique généralement bien développée, envasement et niveau trophique souvent élevés		16	
17	Tourbières acides de plaine	Tourbières à sphaignes (bombées) avec gouilles, fosses d'exploitation, etc. de l'étage collinéen (500 m maxi) et en dessous.		17	
18	Tourbières acides d'altitude	Tourbières à sphaignes (bombées) avec gouilles, fosses d'exploitation, effluents, fossés, etc. des étages montagnards et sub-alpin.			
		Ces surfaces peuvent être localisées par rapport à l'ensemble, mais sont propices à modifier la liste des espèces présentes.	Tourbières acides avec présence de surfaces significatives d'eau libre	18a	
		Dans quelques cas, les gouilles peuvent être temporaires et suffire au développement des Odonates.	Tourbières acides avec gouilles seulement	18b	

Calcul de l'estimateur de richesse vrai Jackknife

Exemple de tableau de résultats en présence / absence, tiré d'un jeu de données

Taxon / point de suivi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Calopteryx splendens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Ischnura elegans</i>	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chalcolestes viridis</i>	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cercion lindenii</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Platycnemis pennipes</i>	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
<i>Coenagrion puella</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
<i>Erythromma viridulum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Orthetrum cancellatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Sympetrum striolatum</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Anax imperator</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Crocothemis erythraea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Libellula depressa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Libellula fulva</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthetrum albistylum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Aeshna mixta</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthetrum coerulescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Sympetrum sanguineum</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Libellula quadrimaculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Coenagrion pulchellum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aeshna cyanea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aeshna isoceles</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Boyeria irene</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Oxygastra curtisii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Pour estimer la richesse du peuplement d'odonates de la zone humide, via l'estimateur Jackknife, il est possible d'utiliser la macro Excel produite dans le cadre du Programme IBEM (<http://campus.hesge.ch/ibem/calcul.asp>).

Pour juger de l'efficacité de l'échantillonnage réalisé, il est proposé de comparer la richesse estimée (Jackknife) avec la richesse observée.

La copie du tableau ci-dessus dans la macro, indique que la richesse estimée du peuplement d'odonates sur cette zone humide est de 33,7 pour une richesse observée de 27. L'écart entre ces deux richesses est dans ce cas de 6,7 taxons et 80 % (=27/33,7) de la richesse estimée à été détectée.

Par ailleurs, ce site bien connu présente une richesse réelle de 32 espèces reproductrices. Le protocole P06, mis en œuvre a donc permis de détecter 84 % de la richesse réelle.

Liste des habitats amphibiens

On se réfère ici à une typologie simplifiée issue de la liste des habitats odonatologiques établie par la S.F.O.

Programma INVOD		Précisions et commentaires	LigéO Amphibiens	
Code	Types		Types	Code
1	Zones des sources	Petits bassins et écoulements (permanents) des sources; parfois présence de sphaignes; souvent ombragés.		1
			Sources de plaine	01a
		Étages montagnards et subalpins.	Sources d'altitude	01b
2	Ruisselets / ruisseaux fermés	Eaux vives et fraîches de 0,5 à 4 à 5 m de large situées en milieux fermés (sous-bois, forêts, taillis, etc.). Parfois coulant sur des pentes abruptes. Assèchement estival possible (mais présence de vasques, flaques et micro-mares).		2
23	Ruisselets / ruisseaux ouverts	Eaux vives et fraîches de 0,5 à 4 à 5 m de large situées en milieux ouverts (champs, prairies, etc.) Présence d'hélophytes et parfois d'hydrophytes.		2
3	Rivières à eaux vives	Milieux de 5 à 25 m de large. Secteurs à courant vif (rapides). Bien ensoleillées avec les rives plus ou moins ombragées.		4
24	Rivières à eaux calmes	Milieux de 5 à 25 m de large. Secteurs calmes du cours d'eau (moulins, barrages naturels, etc.). Bien ensoleillées avec les rives plus ou moins ombragées.		5
21	Rivières d'altitude	Eaux courantes vives en général, des étages montagnard et sub-alpin.		4
4	Grands cours d'eau vifs	Parties vives des fleuves et des grandes rivières, de plus de 25 m de large. (Radier)	Cours principal des grands cours d'eau vifs	04a
		Parties vives des annexes hydrauliques courantes connectées de manière permanente au chenal par l'amont et par l'aval avec un régime de perturbation régulier.	Annexes perturbées avec flux entrant par l'amont	04b
		Parties vives des annexes hydrauliques avec alimentation propre au fil de la nappe, en conséquence courantes connectées de manière permanente au chenal uniquement par l'aval avec un régime de perturbation lié aux crues simplement faibles.	Annexes perturbées avec flux rétrograde par l'aval	04c
		Parties vives des annexes hydrauliques courantes connectées de manière permanente au chenal par l'aval avec un régime de perturbation lié aux crues élevées, avec l'alimentation propre au fil de la nappe.	Annexes peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval	04d
5	Grands cours d'eau calmes	Parties calmes des fleuves et des grandes rivières (de plus de 25 m de large). Les bras morts, lônes ou boires (en communication périodique avec le cours d'eau) sont précisées ci-dessous (05b-05c).	Cours principal des grands cours d'eau calmes	05a
		Parties calmes des annexes hydrauliques peu courantes avec alimentation propre au fil de la nappe ou annexes hydrauliques stagnantes connectées de manière temporaire au chenal avec un régime de perturbation par les crues moyennes.	Annexes lentes ou stagnantes perturbées	05b
		Parties calmes des annexes hydrauliques courantes avec alimentation propre au fil de la nappe ou annexes hydrauliques stagnantes connectées de manière temporaire au chenal avec un régime de perturbation par les crues élevées. De telles annexes peuvent exister sur des cours d'eau vif si elles sont particulièrement déconnectées du lit principal ou isolées par des digues.	Annexes lentes ou stagnantes peu perturbées	05c
6	Canaux navigables	Milieux artificiels entretenus pour la navigation fluviale.		7
7	Fossés alimentés	Canaux d'irrigation (débit moyen), puits artésiens, etc.		7
8	Suintements	Résurgences de débit insignifiant mais permanent; Suintements de digues d'étangs, etc. Généralement bien ensoleillés.		8
9	Milieux temporaires	Stagnants en général, assèchement estival : petits étangs, mares, fossés, annexes hydrauliques stagnantes connectées de manière exceptionnelle au chenal avec un régime de perturbation faible, etc.	Préciser 09a et 09b	
		Ces habitats peuvent être de dimension assez importante dans quelques cas.	Milieux temporaires de plaine	09a
		Étages montagnards et subalpins. En général de faible dimension (mares).	Milieux temporaires d'altitude	09b

Liste des habitats amphibiens (suite)

Programma INVOD		Précisions et commentaires	LigéO Amphibiens	
Code	Types		Types	Code
29	Prairies humides	Milieux humides, mouillères, etc. (à proximité ou non de milieux aquatiques).		3
10	Mares ouvertes	Bien ensoleillées et permanentes : mares, abreuvoirs, lavoirs, lavognes anciennes (non entretenues), etc.	Préciser 10a et 10b	
		On y retrouve des lavognes entretenues	Mares pauvres en végétation aquatique	10a
			Mares avec présence de végétation aquatique	10b
11	Mares fermées	Milieux forestiers très ombragés (et généralement permanents).		11
12	Milieux saumâtres	Marais littoraux et continentaux saumâtres de plus de 0,5 mg/l de NaCl, bien ensoleillés, eaux permanentes ou assèchement estival : lagunes, marais salants, prés salés, bassins piscicoles, marais à salicornes, pannes dunaires, etc.		12
13	Milieux artificiels	Récents en général peu colonisés par la végétation aquatiques : gravières, sablières, ballastières, étangs collinaires, etc.		13
27	Bassins lagunaires	Bassins d'effluents routiers, de décantation (stations d'épuration, etc.), souvent riches en métaux ou autres polluants.		13
25	Milieux aquatiques cultivés	Rizières, cressonnières en exploitation, etc.		13
14	Etangs "naturels" ouverts (annexes comprises)	Milieux bien ensoleillés (peu de végétation arbustive littorale). Végétation aquatique et sub-aquatique typique. Situés à l'étage collinéen et parfois plus haut dans le sud. Secteurs d'alimentation, d'évacuation et annexes (mares et fossés) compris si nécessaire, mais à distinguer comme des habitats particuliers quand ils sont nombreux et significatifs		14
15	Etangs "naturels" fermés (annexes comprises)	Milieux fortement boisés (forestiers), rives ombragées. Situés à l'étage collinéen et parfois plus haut dans le sud. Secteurs d'alimentation, d'évacuation et annexes (mares et fossés) compris si nécessaire, mais à distinguer comme des habitats particuliers quand ils sont nombreux et significatifs	Absence de queues tourbeuses et ceinture d'hélophyte haute	15a
		La ceinture d'hélophyte est inférieure généralement à la magnocariçaie : Carex ou Juncus, voire gazons des rives temporairement inondés.	Absence de queues tourbeuses et ceinture d'hélophyte basse	15b
		La ceinture d'hélophyte est généralement basse, les eaux acides permettent le développement de queues ou anses tourbeuses à sphaignes.	Présence de queues tourbeuses	15c
16	Marais de plaine	Étangs marécageux (- de 50 % d'eau libre), marais (biotopes diversifiés), canaux stagnants, effluents, fossés, tourbières plates alcalines de l'étage collinéen, étendues importantes de roselières ou de Carex.		16
17	Tourbières acides de plaine	Tourbières à sphaignes (bombées) avec gouilles, fosses d'exploitation, effluents, fossés, etc. de l'étage collinéen, exceptionnellement en dessous.		17
18	Tourbières acides d'altitude	Tourbières à sphaignes (bombées) avec gouilles, fosses d'exploitation, effluents, fossés, etc. des étages montagnards et sub-alpin	Préciser 18a et 18b	
		Ces surfaces peuvent être localisées par rapport à l'ensemble, mais sont propices à modifier la liste des espèces présentes.	Tourbières acides avec présence de surfaces significatives d'eau libre	18a
		Dans quelques cas, les gouilles peuvent être temporaires et suffire au développement des odonates.	Tourbières acides avec gouilles seulement	18b
19	Milieux stagnants d'altitude	Étangs, marais, petits lacs des étages montagnard et sub-alpin. Parfois avec des secteurs (queues) présentant des formations particulières (radeaux tourbeux...).		19
20	Lacs et grands réservoirs	Grande surface d'eau libre de basse ou moyenne altitude (jusqu'à 1000 m en général).		20



Calcul du coefficient V de Cramer

(source : BAO RhoMéo)



La question posée : les occurrences des valeurs d'indice suivent-elles une distribution identique entre l'année 1 et l'année n du suivi ? Autrement dit, y a-t-il un lien (ou dépendance) entre les valeurs des indices et les années ?

Pour cela, on doit comparer nos données à un jeu de données simple à calculer et qui représente le nombre d'occurrences d'espèces ayant une valeur indicatrice en cas de distribution identique entre les deux années : c'est le jeu de données attendu s'il n'y avait aucune différence de distribution. Dans le cas attendu, les occurrences ne dépendent que de la fréquence relative de la valeur indicatrice et du nombre d'observations de l'année concernée (pour la méthode précise de calcul, voir les exemples ci-dessous).

On calcule ensuite l'écart global (appelé Khi deux) entre les occurrences observées et les occurrences attendues comme :

$$\text{Khi deux} = \left(\sum (\text{occurrences observées})^2 / \text{occurrences attendues} \right) - \text{effectif total}$$

Plus la valeur est élevée, plus l'écart entre valeurs attendues et observées est fort, et donc, plus les occurrences des valeurs indicatrices sont différentes entre les années. En théorie, cette valeur suit une loi du Khi deux et on peut tester statistiquement si la valeur observée est compatible avec l'hypothèse d'indépendance entre les valeurs et les années. Mais, comme les placettes sont appariées et que les individus statistiques ne sont pas clairement définis, le test statistique n'est pas applicable. Un coefficient normalisé (qui ne dépend pas du nombre de catégories ni de l'effectif total) dérivé de la valeur du Khi deux, appelé **coefficient V de Cramer**, est donc calculé pour évaluer le niveau d'association entre les occurrences des valeurs indicatrices et les années. Il vaut 0 si les effectifs sont égaux (ou proportionnels) et tend d'autant vers 1 que les occurrences sont dissemblables entre les années. Empiriquement, on qualifie le niveau d'association entre années et occurrences de :

association forte	si $V > 0.5$
association modérée	si V compris entre 0.3 et 0.5
association faible	si V compris entre 0.1 et 0.3
pas d'association	si $V < 0.1$

Attention, les valeurs fortes indiquent une association, c'est-à-dire une dépendance, entre années et valeurs indicatrices, et non pas entre années. Autrement dit, plus l'association est forte, moins la « corrélation » entre années est bonne, c'est-à-dire que la répartition relative des occurrences de valeurs indicatrices est très différente et l'évolution du site significative.



Calcul du coefficient V de Cramer

(source : BAO RhoMéo)

Application au niveau d'engorgement

Exemple issu de la BAOZH RhoMéo : site des Mièges (74).

Les données disponibles pour 2010 sont les données réelles, celles pour 2015 ont été obtenues en simulant une diminution globale de 10%. Pour calculer le nombre d'occurrences attendues en 2010 pour la valeur indicatrice 5, on procède ainsi :

- ✓ on a 41 occurrences de la valeur 5 toutes années confondues et 293 observations en 2010, pour un effectif total cumulé sur les deux années de 564 observations ;
- ✓ le nombre d'occurrences attendu en cas d'indépendance est donc de $41 \times 293 / 564 = 21.3$

Lorsque les effectifs attendus d'une valeur indicatrice sont inférieurs à 5, il est préférable de regrouper des valeurs indicatrices en sommant les effectifs.

Valeur indicatrice	Occurrences 2010 observées	Occurrences 2015 observées	Totaux occurrences observées	Occurrences 2010 attendues	Occurrences 2015 attendues
3 et 4	14	20	34	17.66	16.34
5	16	25	41	21.30	19.70
6	41	55	96	49.87	46.13
7	107	85	192	99.74	92.26
8	82	71	153	79.48	73.52
9	33	15	48	24.94	23.06
Totaux	293	271	564	293	271

$$\text{Khi deux} = (((14^2)/17.66) + ((16^2)/21.3) + \dots + ((33^2)/24.94) + ((20^2)/16.34) + \dots + ((15^2)/23.06)) - 564 = 14.30$$

On calcule le V de Cramer comme :

$$V = \sqrt{ [(\text{Khi deux}) / ((\text{effectif total}) * (\text{minimum} (\text{ligne}-1 ; \text{colonnes}-1)))] }$$

Soit avec 6 lignes et 2 colonnes (minimum = 2 donc, minimum-1 = 1)

$$V = \sqrt{ (14.3 / 564) } = 0.159$$

Il existe une liaison entre les occurrences des valeurs indicatrices et les années. Cette association est faible (V compris entre 0.1 et 0.3). Les occurrences des valeurs indicatrices ne sont donc pas réparties de la manière identique entre les deux années. Le niveau d'engorgement du site évalué par la flore a donc évolué de façon significative.

Calcul du coefficient V de Cramer

(source : BAO RhoMéo)

Application au niveau de fertilité

Exemple issu de la BAOZH RhoMéo : site des Mièges (74).

Les données disponibles pour 2010 sont les données réelles, celles pour 2015 ont été obtenues en simulant une augmentation globale de 1%. Pour calculer le nombre d'occurrences attendues en 2010 pour la valeur indicatrice 2, on procède ainsi :

✓ on a 194 occurrences de la valeur 2 toutes années confondues et 293 observations en 2010, pour un effectif total cumulé sur les deux années de 581 observations ;

✓ le nombre d'occurrences attendu en cas d'indépendance est donc de $194 \times 293 / 581 = 97.8$

Lorsque les effectifs attendus d'une valeur indicatrice sont inférieurs à 5, il est préférable de regrouper des valeurs indicatrices en sommant les effectifs.

Fertilité	Occurrences 2010 observées	Occurrences 2015 observées	Totaux observés	Occurrences 2010 attendues	Occurrences 2015 attendues
2	104	90	194	97.8	96.2
3	124	115	239	120.5	118.5
4	65	83	148	74.6	73.4
Total	293	288	581	293	288

On calcule ensuite l'écart global (appelé Khi deux) entre les occurrences observées et les occurrences attendues comme :

$$\text{Khi deux} = ((104/97.8) + ((124)/120.5) + \dots + ((90)/96.2) + \dots + ((83)/73.4)) - 581 = 3.49$$

On calcule le V de Cramer comme :

$$V = \sqrt{ [(\text{Khi deux}) / ((\text{effectif total}) * (\text{minimum}(\text{ligne}-1 ; \text{colonnes}-1)))] }$$

Soit avec 3 lignes et 2 colonnes (minimum = 2 donc, minimum-1 = 1)

$$V = \sqrt{ (3.49 / 581) } = 0.006$$

Il existe une liaison entre les occurrences des valeurs indicatrices et les années, c'est-à-dire que les occurrences ne sont pas réparties de manière identique entre les deux années, mais cette liaison est faible.



Mise en œuvre du test des rangs signés de Wilcoxon

(source : BAO RhoMéo)



La question posée : existe-t-il une différence de distribution des valeurs de fertilité entre les deux dates de suivi ? Autrement dit, observe-t-on des valeurs inférieures ou supérieures de fertilité (on parle de test bilatéral car il ne préjuge ni de l'un ni de l'autre) à une date donnée par rapport à l'autre ou, au contraire, ces valeurs sont-elles homogènes ? Il s'agit donc surtout d'un test de tendance centrale.

Pour cela, on utilise le test des rangs signés de WILCOXON. Il est fondé non sur les valeurs mais sur leurs rangs, ce qui permet de s'affranchir des problèmes de non normalité et de non symétrie et est surtout peu sensible aux données extrêmes, tout en étant suffisamment puissant (efficacité d'environ 95 % par rapport au test t de Student et supérieure à 100 % pour des distributions non normales, asymétriques ou assez fortement étalées). Ce test suppose que les placettes sont suffisamment bien re-localisées pour pouvoir considérer les couples de placettes comme appariées (non indépendantes).

Soit n le nombre de placettes pour lesquelles on a des relevés pour les deux années. On calcule l'écart observé entre la première date et la seconde, puis on classe ces écarts de la plus petite valeur vers la plus grande, sans tenir compte du signe, et on leur attribue le rang correspondant. Si deux placettes ont la même valeur, elles sont exclues du calcul et on réduit l'effectif de 1.

Pour les écarts, si on a des ex-aequo, on leur attribue le rang moyen.

On calcule ensuite la somme des rangs des écarts positifs d'une part, et celle de la somme des rangs des écarts négatifs d'autre part. Si les deux distributions sont identiques ou voisines, ces sommes sont proches de $n(n+1)/4$, soit 105 dans les exemples ci-dessous (où $n = 20$), et plus l'une ou l'autre des sommes est différente de cette valeur attendue, plus l'écart observé sera significatif. Des valeurs critiques sont disponibles sur :

<http://www.cons-dev.org/elearning/stat/Tables/Tab5.html>.

Lorsque les effectifs sont suffisants (au moins 25 placettes par date), une approximation normale est applicable.

Valeurs critiques du test des rangs pour échantillons appariés, de Wilcoxon

N	Niveau de signification, test unilatéral		
	0,025	0,01	0,005
	Niveau de signification, test bilatéral		
	0,05	0,02	0,01
6	0		
7	2	0	
8	4	2	0
9	6	3	2
10	8	5	3
11	11	7	5
12	14	10	7
13	17	13	10
14	21	16	13
15	25	20	16
16	30	24	20
17	35	28	23
18	40	33	28
19	46	38	32
20	52	43	38
21	59	49	43
22	66	56	49
23	73	62	55
24	81	69	61
25	89	77	68



Mise en œuvre du test des rangs signés de Wilcoxon

(source : BAO RhoMéo)

Application à l'indice de niveau d'engorgement

Exemple : site des Mièges (74) ; les données disponibles pour 2010 sont les données réelles, celles pour 2015 ont été obtenues en simulant une diminution globale de 10 %.

Placette	Valeur 2010	Valeur 2015	Ecart	Ecart absolu	Rang «+»	Rang «-»
1	7.038	6.622	0.416	0.416	7	
2	7.179	6.530	0.649	0.649	11	
3	7.038	7.131	-0.093	0.093		4
4	7.125	6.444	0.681	0.681	12	
5	7.154	6.541	0.613	0.613	9	
6	8.333	7.279	1.054	1.054	16	
7	5.821	5.331	0.490	0.490	8	
8	7.273	6.235	1.038	1.038	15	
9	7.750	7.456	0.295	0.295	5	
10	7.333	7.355	-0.022	0.022		1.5
11	7.348	7.350	-0.002	0.002		1.5
12	7.550	7.521	0.029	0.029	3	
13	7.154	6.540	0.614	0.614	10	
14	7.125	6.333	0.792	0.792	14	
15	7.750	7.022	0.728	0.728	13	
16	7.778	6.555	1.223	1.223	19	
17	7.800	6.702	1.098	1.098	17	
18	7.857	6.666	1.191	1.191	18	
19	7.867	6.542	1.325	1.325	20	
20	6.258	5.855	0.403	0.403	6	

Dans notre cas, les sommes des rangs positifs et négatifs sont égales à 203.0 et 7.0 respectivement. Pour un test bilatéral et avec un effectif de 20, les valeurs limites sont de 52 et 38 pour un risque de 5 % et 1 % respectivement. Comme la plus petite des sommes (7 pour les rangs négatifs) est inférieure aux valeurs critiques, on rejette l'hypothèse d'égalité des distributions tant au niveau de 5 % qu'à celui de 1 %.

La distribution des données entre les deux années ne sont pas égale. Il y a une évolution significative des valeurs d'engorgement entre les deux dates.

Mise en œuvre du test des rangs signés de Wilcoxon

Application au niveau de fertilité

Exemple : site des Mièges (74) ; les données disponibles pour 2010 sont les données réelles, celles pour 2015 ont été obtenues en simulant une augmentation globale de 1 %.

Placette	Valeur 2010	Valeur 2015	Ecart	Ecart absolu	Rang «+»	Rang «-»
1	3.625	3.658	-0.033	0.033		5.5
2	3.143	3.356	-0.213	0.213		17.0
3	2.577	2.601	-0.024	0.024		3.0
4	3.000	2.981	0.019	0.019	1.0	
5	2.643	2.401	0.242	0.242	19.0	
6	2.750	2.980	-0.230	0.23		18.0
7	2.500	2.780	-0.280	0.28		20.0
8	2.727	2.760	-0.033	0.033		5.5
9	2.923	3.020	-0.097	0.097		12.0
10	3.129	3.150	-0.021	0.021		2.0
11	3.750	3.780	-0.030	0.03		4.0
12	3.001	3.050	-0.051	0.051		8.0
13	3.333	3.500	-0.167	0.167		16.0
14	3.455	3.561	-0.106	0.106		14.0
15	2.913	2.801	0.112	0.112	15.0	
16	2.429	2.351	0.078	0.078	11.0	
17	3.000	2.950	0.050	0.05	7.0	
18	3.143	3.080	0.063	0.063	10.0	
19	2.800	2.700	0.100	0.1	13.0	
20	2.667	2.605	0.062	0.062	9.0	

Dans notre cas, les sommes des rangs positifs et négatifs sont égales à 85.0 et 86.0 respectivement. Pour un test bilatéral et avec un effectif de 20, les valeurs limites sont de 52 et 37 pour un risque de 5 % et 1 % respectivement. Comme la plus petite des sommes (85 pour les rangs négatifs) est supérieure aux valeurs critiques, on accepte l'hypothèse d'égalité des distributions tant au niveau de 5 % qu'à celui de 1 %.

Abaque de changement significatif

(source : BAO RhoMéo)

Nb espèces attendues	S obs/S true=75%	S obs/S true=80%	S obs/S true=85%	S obs/S true=90%
1	200%	200%	200%	200%
2	100%	100%	100%	100%
3	67%	67%	67%	67%
4	50%	50%	50%	50%
5	60%	40%	40%	40%
6	50%	50%	33%	33%
7	43%	43%	43%	29%
8	38%	38%	38%	25%
9	44%	33%	33%	22%
10	40%	30%	30%	20%
11	36%	36%	27%	27%
12	33%	33%	25%	25%
13	38%	31%	23%	23%
14	36%	29%	29%	21%
15	33%	27%	27%	20%
16	31%	31%	25%	19%
17	35%	29%	24%	18%
18	33%	28%	22%	17%
19	32%	26%	21%	16%
20	30%	25%	20%	15%
21	33%	29%	24%	19%
22	32%	27%	23%	18%
23	30%	26%	22%	17%
24	29%	25%	21%	17%
25	32%	24%	20%	16%
26	31%	27%	19%	15%
27	30%	26%	22%	15%
28	29%	25%	21%	14%
29	31%	24%	21%	14%
30	30%	23%	20%	13%
31	29%	26%	19%	16%
32	28%	25%	19%	16%
33	30%	24%	18%	15%
34	29%	24%	21%	15%
35	29%	23%	20%	14%
36	28%	25%	19%	14%
37	30%	24%	19%	14%
38	29%	24%	18%	13%
39	28%	23%	18%	13%
40	28%	23%	18%	13%
41	29%	24%	20%	15%
42	29%	24%	19%	14%
43	28%	23%	19%	14%
44	27%	23%	18%	14%
45	29%	22%	18%	13%
46	28%	24%	17%	13%
47	28%	23%	19%	13%
48	27%	23%	19%	13%
49	29%	22%	18%	12%
50	28%	22%	18%	12%

Affinités des espèces pour les habitats - odonates



Code - intitulé (d'après DELIRY, 2010)

- 1 - Habitats principaux
- 2 - Affinité forte
- 3 - Affinité moyenne
- 4 - Habitats significativement visités sans qu'aucune certitude de reproduction ne soit acquise

Habitat odonotologique	Code Habitat															
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	3a	3b	24a	24b	21	4a	4b	4c	4d	4e
<i>Aeshna affinis</i>										4	3					
<i>Aeshna cyanea</i>										3	3					
<i>Aeshna grandis</i>																
<i>Aeshna isocetes</i>																
<i>Aeshna juncea</i>																
<i>Aeshna mixta</i>																
<i>Anax ephippiger</i>																
<i>Anax imperator</i>					4				3	3						
<i>Anax parthenope</i>										4						
<i>Boyeria irene</i>					3	2	4	1	3	1	3		3		4	
<i>Brachytron pratense</i>									3	4						
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>					2	3	3	3	2	2						
<i>Calopteryx splendens</i>			4	4	2	3	3	4	2	1	4	3	3	3	2	3
<i>Calopteryx virgo</i>	4	4	2	2	1	1	2	1	3	2	3	4	3	2	3	3
<i>Calopteryx xanthostoma</i>					3	4	2	3	2	3						
<i>Ceriagrion tenellum</i>	2				4				4							
<i>Chalcolestes viridis</i>		4		4	4	3			4	3			4		4	
<i>Coenagrion caerulescens</i>	2	4	3		2	4	4		3	4						
<i>Coenagrion hastulatum</i>																
<i>Coenagrion lunulatum</i>																
<i>Coenagrion mercuriale</i>	2	4	3		1	4	2	4	3	4				3		4
<i>Coenagrion ornatum</i>	2		4		1	3										
<i>Coenagrion puella</i>					4	4			3	4						
<i>Coenagrion pulchellum</i>									3							
<i>Coenagrion scitulum</i>					4											
<i>Cordulegaster bidentata</i>	3	3	2	1	3	2					4					
<i>Cordulegaster boltonii</i>	3	2	3	2	2	1	3	1	4	3	3	4	4			4
<i>Cordulia aenea</i>										3						
<i>Crocothemis erythraea</i>									4							
<i>Enallagma cyathigerum</i>			4						3	4		4		4		4
<i>Epitheca bimaculata</i>																
<i>Erythromma lindenii</i>					4		4		2	3		3		3		3
<i>Erythromma najas</i>									3	3						
<i>Erythromma viridulum</i>									2	3		4		4		3
<i>Gomphus flavipes</i>							3	3	3	3		2	2	2	2	2
<i>Gomphus graslinii</i>									2	1						
<i>Gomphus pulchellus</i>					3	3			2	2						
<i>Gomphus simillimus</i>					3		1	2	1	2		3	3	3	3	3
<i>Gomphus vulgatissimus</i>					3	2	3	2	2	1		3	2	3	3	4
<i>Ischnura elegans</i>	2	4	4		2	4	3	4	2	3		3	4	3	4	3

Affinités des espèces pour les habitats - odonates (suite)

Code - intitulé (d'après DELIRY, 2010)

- 1 - Habitats principaux
 2 - Affinité forte
 3 - Affinité moyenne
 4 - Habitats significativement visités sans qu'aucune certitude de reproduction ne soit acquise

Habitat odonatologique	Code Habitat															
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	3a	3b	24a	24b	21	4a	4b	4c	4d	4e
<i>Ischnura pumilio</i>	3	1		4		3	4									
<i>Lestes barbarus</i>																
<i>Lestes dryas</i>	4					4										
<i>Lestes macrostigma</i>																
<i>Lestes sponsa</i>	4															
<i>Lestes virens</i>																
<i>Leucorrhinia albifrons</i>																
<i>Leucorrhinia caudalis</i>																
<i>Leucorrhinia dubia</i>																
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>																
<i>Libellula depressa</i>	3			4		3						4		4		4
<i>Libellula fulva</i>	3			4		1	4	3		1	4			4		4
<i>Libellula quadrimaculata</i>						4				4						
<i>Macromia splendens</i>								4	3	4	2					
<i>Onychogomphus forcipatus</i>						2	3	1	1	2	3	1	2	2	2	2
<i>Onychogomphus uncutus</i>						1	3	1	2	4	4					
<i>Ophiogomphus cecilia</i>								2	2	4	4	1	1	1	2	3
<i>Orthetrum albistylum</i>										3	4					
<i>Orthetrum brunneum</i>	1	4				2	4			3	4					
<i>Orthetrum cancellatum</i>						3	4			3	4			4		4
<i>Orthetrum coerulescens</i>	1	3	2			2	4			3	4	4		4		4
<i>Oxygastra curtisii</i>						4	4	4	2	3	1					
<i>Platycnemis acutipennis</i>						3	4	3		1	3	3		2		2
<i>Platycnemis latipes</i>						4				1	4					
<i>Platycnemis pennipes</i>	3	4				2	3	2	3	1	3	3		3		2
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	2	3	2	3		3	4			2	4			4		4
<i>Somatochlora arctica</i>																
<i>Somatochlora flavomaculata</i>						3										
<i>Somatochlora metallica</i>							2		3	3	2					
<i>Sympecma fusca</i>		4				4	4				4					
<i>Sympetrum danae</i>																
<i>Sympetrum depressiusculum</i>																
<i>Sympetrum flaveolum</i>																
<i>Sympetrum fonscolombii</i>										4						
<i>Sympetrum meridionale</i>						4				4						
<i>Sympetrum pedemontanum</i>																
<i>Sympetrum sanguineum</i>								4	4	3	4	4		4		3
<i>Sympetrum striolatum</i>	3	4				3				3		4		4		3
<i>Sympetrum vulgatum</i>	3	4														

Affinités des espèces pour les habitats - odonates (suite)

Habitat odonatologique																			
	Annexes fluviales vives arborées, modérément perturbées avec flux rétrograde par l'aval																		
	Annexes fluviales vives non arborées, peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval																		
	Annexes fluviales vives arborées, peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval																		
	Cours principal des grands cours d'eau calmes, portion non arborée																		
	Cours principal des grands cours d'eau calmes, portion arborée																		
	Annexes lentes ou stagnantes non arborées, relativement perturbées par les crues																		
	Annexes lentes ou stagnantes arborées, relativement perturbées par les crues																		
	Annexes stagnantes non arborées, peu perturbées par les crues																		
	Annexes stagnantes arborées, peu perturbées par les crues																		
	Canaux navigables																		
	Canaux, douves, fossés alimentés																		
	Canaux, douves, fossés non alimentés																		
	Milieux temporaires de plaine																		
	Mares permanentes avec présence de végétation aquatique																		
	Mares permanentes dénuées de végétation aquatique																		
	Petits milieux (<0,5 ha) forestiers permanents ombragés																		
	Petits plans d'eau permanents d'altitude																		
Code Habitat	4f	4g	4h	5a	5b	5c	5d	5e	5f	6	7	8	9	10a	10b	11	19		
<i>Aeshna affinis</i>		4		4		3	3	2			3	1	1	1		3			
<i>Aeshna cyanea</i>					3	4	3	3	2	4	3	3	3	2	3	1	3		
<i>Aeshna grandis</i>	4				4		4		3	4				3	3	3	2		
<i>Aeshna isoceles</i>								4	4	4	4	4	3	2		3			
<i>Aeshna juncea</i>																	2		
<i>Aeshna mixta</i>				4		4		3	3		4	3	3	1		1			
<i>Anax ephippiger</i>														4					
<i>Anax imperator</i>	3	3	3	3		2	4	2	3	3	3	2	3	1	3	4	4		
<i>Anax parthenope</i>		3		3				2		4		4	4	2	4	3			
<i>Boyeria irene</i>	4		3		3		4												
<i>Brachytron pratense</i>								3		4	4	3	3	2		3			
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>				4	4						3								
<i>Calopteryx splendens</i>	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3		4		4			
<i>Calopteryx virgo</i>	4	3	3	4	4	4	4				3					4			
<i>Calopteryx xanthostoma</i>																			
<i>Ceriagrion tenellum</i>		3		4		4		4			3	4		2	4	3			
<i>Chalcolestes viridis</i>	4		3		3	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	2	4		
<i>Coenagrion caerulescens</i>																			
<i>Coenagrion hastulatum</i>														4			1		
<i>Coenagrion lunulatum</i>																	2		
<i>Coenagrion mercuriale</i>											2	4		4					
<i>Coenagrion ornatum</i>											2								
<i>Coenagrion puella</i>		4		3	4	2	3	2	3	2	2	2	3	1	4	3	4		
<i>Coenagrion pulchellum</i>		4				4		4			3	3		2		3	4		
<i>Coenagrion scitulum</i>				4		3		3		4	3	2	3	1					
<i>Cordulegaster bidentata</i>																			
<i>Cordulegaster boltonii</i>	4	4								4	3					4			
<i>Cordulia aenea</i>		4						4	3					2	4	1	2		
<i>Crocothemis erythraea</i>		4				4		2		4	3	3	3	2					
<i>Enallagma cyathigerum</i>		3		3		3	4	2	4	3	3	2	4	1	3	3			
<i>Epitheca bimaculata</i>															4	3			
<i>Erythromma lindenii</i>		3		2	3	1	2	1	2	2	3	2	4	2	4				
<i>Erythromma najas</i>				3	4	3	4	2	3	3	3	3		2		3			
<i>Erythromma viridulum</i>	4	3	3	3	4	2	3	2	3	3	2	1		2		3			
<i>Gomphus flavipes</i>	2	2	2	1	1	3	3	4	4										
<i>Gomphus graslinii</i>				3	2	4	4			4									
<i>Gomphus pulchellus</i>				3	2	3	3	2	2	2	3	2	4	2	2	3			
<i>Gomphus simillimus</i>	3	3	3	2	3	3	4												
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	3	4	3	3	2														
<i>Ischnura elegans</i>	4	2	4	3	3	2	3	2	3	2	2	1	2	1	3	3	3		

Affinités des espèces pour les habitats - odonates (suite)



Code - intitulé (d'après DELIRY, 2010)

- 1 - Habitats principaux
- 2 - Affinité forte
- 3 - Affinité moyenne
- 4 - Habitats significativement visités sans qu'aucune certitude de reproduction ne soit acquise

Habitat odonatologique	Annexes fluviales vives arborées, modérément perturbées avec flux rétrograde par l'aval	Annexes fluviales vives non arborées, peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval	Annexes fluviales vives arborées, peu perturbées avec flux rétrograde par l'aval	Cours principal des grands cours d'eau calmes, portion non arborée	Cours principal des grands cours d'eau calmes, portion arborée	Annexes lentes ou stagnantes non arborées, relativement perturbées par les crues	Annexes lentes ou stagnantes arborées, relativement perturbées	Annexes stagnantes non arborées, peu perturbées par les crues	Annexes stagnantes arborées, peu perturbées par les crues	Canaux navigables	Canaux, douves, fossés alimentés	Canaux, douves, fossés non alimentés	Milieux temporaires de plaine	Mares permanentes avec présence de végétation aquatique	Mares permanentes dénuées de végétation aquatique	Petits milieux (<0,5 ha) forestiers permanents ombragés	Petits plans d'eau permanents d'altitude
Code Habitat	4f	4g	4h	5a	5b	5c	5d	5e	5f	6	7	8	9	10a	10b	11	19
<i>Ischnura pumilio</i>		4						3			3	3	1	4	2	4	
<i>Lestes barbarus</i>						3		4			4	3	1	3			4
<i>Lestes dryas</i>												3	2	3		4	3
<i>Lestes macrostigma</i>																	
<i>Lestes sponsa</i>												3	1	2		3	2
<i>Lestes virens</i>						4		4				3	2	2		3	
<i>Leucorrhinia albifrons</i>														2			
<i>Leucorrhinia caudalis</i>														2			
<i>Leucorrhinia dubia</i>																	
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>														2		3	
<i>Libellula depressa</i>		4		3		3		2		3	3	1	3	2	1	3	3
<i>Libellula fulva</i>		3		3	4	3		3	4	4	1	2		2		3	
<i>Libellula quadrimaculata</i>				4		3	4	3	4	4	3	2	2	2	3	3	2
<i>Macromia splendens</i>																	
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	2	3	3	1	1	2	3	3	3	3	3						
<i>Onychogomphus uncatus</i>																	
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	3	3	4	1	2	3	4										
<i>Orthetrum albistylum</i>				4	4	3	4	3	3	4	2	2		2	2	3	
<i>Orthetrum brunneum</i>						3		3			2	4	3	3	2		4
<i>Orthetrum cancellatum</i>		4		3	4	2	3	2	3	2	3	1	4	2	2	3	
<i>Orthetrum coerulescens</i>		3		3	4	2	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	
<i>Oxygastra curtisii</i>				4	3						4	4					
<i>Platycnemis acutipennis</i>		2		2	3	2	4	2	3	3	1	2		3			
<i>Platycnemis latipes</i>				3	4			3			2	3		3			
<i>Platycnemis pennipes</i>		2		2	3	1	3	1	3	2	1	2	3	2	3	2	
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>		3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	1	4	1	3	2	4
<i>Somatochlora arctica</i>																	4
<i>Somatochlora flavomaculata</i>														4		3	2
<i>Somatochlora metallica</i>				4	3									4		3	1
<i>Sympecma fusca</i>							3	3	3		4	2	2	1		2	
<i>Sympetrum danae</i>													4	3		3	2
<i>Sympetrum depressiusculum</i>										4	4		2				
<i>Sympetrum flaveolum</i>											4		4	4	4	4	3
<i>Sympetrum fonscolombii</i>						4		3				3	2	2	3		
<i>Sympetrum meridionale</i>						3	4	3	4		3	2	1	2	3		
<i>Sympetrum pedemontanum</i>																	
<i>Sympetrum sanguineum</i>		3		3		2	4	2	3	3	3	2	2	1	2	3	
<i>Sympetrum striolatum</i>		3		3	4	2	4	3	4	3	2	2	1	2	3	3	4
<i>Sympetrum vulgatum</i>								3					3	2	4	3	3

Affinités des espèces pour les habitats - odonates (suite)

Habitat odonatologique																		
	Code Habitat	27a	27b	27c	13	25	14a	14b	14c	20	12a	12b	12c	12d	16	17	18a	18b
<i>Aeshna affinis</i>		3	4	2				2	2	2		3	3		2			
<i>Aeshna cyanea</i>		3	3	3			2	3	3	3					3	2	2	4
<i>Aeshna grandis</i>							1	2	2	3					3	3	2	4
<i>Aeshna isoceles</i>		3		3			4	1	2	3		3	3		3			
<i>Aeshna juncea</i>																	1	2
<i>Aeshna mixta</i>		2	3	2			3	1	2	2		4	4		3	3		
<i>Anax ephippiger</i>				4				3	4			4						
<i>Anax imperator</i>		2	3	2	4		3	1	1	2		4	4	4	3	2	2	
<i>Anax parthenope</i>		3		2			3	2	2	2		4		4	4			
<i>Boyeria irene</i>							4			4								
<i>Brachytron pratense</i>				3			3	1	2	3		3	4		3	4		
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>																		
<i>Calopteryx splendens</i>		4	4	4			4	4		4					4			
<i>Calopteryx virgo</i>							4											
<i>Calopteryx xanthostoma</i>																		
<i>Ceragrion tenellum</i>			3	3			3	3	2	3					2	1	3	3
<i>Chalcolestes viridis</i>	4	3	4	3			1	2	2	3		4	4		2	3	3	
<i>Coenagrion caerulescens</i>																		
<i>Coenagrion hastulatum</i>									4						4		2	3
<i>Coenagrion lunulatum</i>																	2	
<i>Coenagrion mercuriale</i>						2									4			
<i>Coenagrion ornatum</i>																		
<i>Coenagrion puella</i>		3	3	2			3	2	1			4			3	2	3	3
<i>Coenagrion pulchellum</i>				3			3	2	2						3	3	3	
<i>Coenagrion scitulum</i>		4		3	2			3	2			4			3	2		
<i>Cordulegaster bidentata</i>																		
<i>Cordulegaster boltonii</i>				4	3		4	4	4	4								
<i>Cordulia aenea</i>	4			3			2	2	3	3					2	3		
<i>Crocothemis erythraea</i>	3	2	2	1				3	2	3		3	3	3	4	4		
<i>Enallagma cyathigerum</i>	3	2	4	1	2		3	2	1	2		3			2	3		
<i>Epitheca bimaculata</i>				3			2	2	2	3					2			
<i>Erythromma lindenii</i>	3	2	2	2	2		3	3	1	2					2	3		
<i>Erythromma najas</i>		3		3			3	3	1	2					3	3	3	
<i>Erythromma viridulum</i>	3	2		1			4	4	1	3		4			3	3	3	
<i>Gomphus flavipes</i>				4														
<i>Gomphus graslinii</i>							4											
<i>Gomphus pulchellus</i>	3	2	3	2	3		2	1	1	3					3	4	4	
<i>Gomphus simillimus</i>																		
<i>Gomphus vulgatissimus</i>										4								
<i>Ischnura elegans</i>	3	2	3	2	2		3	2	1	2		3	2	3	2	2	3	3

Affinités des espèces pour les habitats - odonates (suite)

Code - intitulé (d'après DELIRY, 2010)

- 1 - Habitats principaux
 2 - Affinité forte
 3 - Affinité moyenne
 4 - Habitats significativement visités sans qu'aucune certitude de reproduction ne soit acquise

Habitat odonatologique	Station d'épuration	Bassin de lagunage ou de décantation route/autoroute	Bassin de décantation de carrière sensu lato	Autres milieux artificiels (eaux claires) : gravières, sablières, etc.	Milieux aquatiques "cultivés"	Plans d'eau "naturels" >0,5 ha (ou portion) ombragés/arborés	Plans d'eau "naturels" >0,5 ha (ou portion) avec héliophytes hauts	Plans d'eau "naturels" >0,5 ha (ou portion) avec héliophytes bas ou seulement hydrophytes	Lacs et grands réservoirs	Lagunes/salines en activité	Lagunes/salines abandonnées	Pannes dunaires saumâtres	Fossés et canaux en eau salée	Milieux palustres dulcicoles	Tourbières acides de plaine	Tourbières acides d'altitude avec surfaces significatives d'eau libre	Tourbières acides d'altitude avec gouilles seulement
Code Habitat	27a	27b	27c	13	25	14a	14b	14c	20	12a	12b	12c	12d	16	17	18a	18b
<i>Ischnura pumilio</i>		2	3	1		3	3	3	3		2	2		2	3		
<i>Lestes barbarus</i>		3		3		4	4	3			1	2	3	2	3		
<i>Lestes dryas</i>		4		3		4	4	3	3		3			2	1	1	2
<i>Lestes macrostigma</i>										4	1	2	3				
<i>Lestes sponsa</i>		4		2		4	3	2	2		3			2	1	2	3
<i>Lestes virens</i>		4	4	2		4	3	2	2		3	3		2	2	2	
<i>Leucorrhinia albifrons</i>				4		4	2	1									
<i>Leucorrhinia caudalis</i>				3		3	2	1						4	2		
<i>Leucorrhinia dubia</i>								3								2	2
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>				3		3	3	1						3	1	3	4
<i>Libellula depressa</i>	3	1	2	1		3	2	2	3		4	3		2	3	3	3
<i>Libellula fulva</i>		3	4	2		3	3	2						3	2		
<i>Libellula quadrimaculata</i>	3	2	4	2	2	3	2	2	3	4	3	3		2	2	2	3
<i>Macromia splendens</i>																	
<i>Onychogomphus forcipatus</i>									4								
<i>Onychogomphus uncatus</i>									4								
<i>Ophiogomphus cecilia</i>																	
<i>Orthetrum albistylum</i>	3	3	3	1		4	2	1	2					2	3		
<i>Orthetrum brunneum</i>		3	3	2				3	4					4	4		
<i>Orthetrum cancellatum</i>		2	3	1	2	3	2	1	2		4		4	2	3		
<i>Orthetrum coerulescens</i>		3	3	1	3	3	3	3	4					3	3	3	4
<i>Oxygastra curtisii</i>				2		3	4	4	3								
<i>Platycnemis acutipennis</i>		4		3			4	3	3					3			
<i>Platycnemis latipes</i>								4									
<i>Platycnemis pennipes</i>	3	2	3	2		3	2	2	3					2	3		
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	4	3	4	2	2	2	3	2	2		3	3	3	2	2	2	3
<i>Somatochlora arctica</i>																2	1
<i>Somatochlora flavomaculata</i>						3	2	2						2	2	2	3
<i>Somatochlora metallica</i>				4		1	3	3	2					4		2	
<i>Sympetma fusca</i>	3	3		2		3	2	2						3	3		
<i>Sympetrum danae</i>				3		3	4	3	4					4	1	1	1
<i>Sympetrum depressiusculum</i>		4		4		4	4	4	2					4			
<i>Sympetrum flaveolum</i>				4				3						4	4	3	3
<i>Sympetrum fonscolombii</i>		2	3	1			3	2	3		3			4	4		
<i>Sympetrum meridionale</i>	3	2	4	2			3	2	2		1	3	3	1	3		
<i>Sympetrum pedemontanum</i>									2								
<i>Sympetrum sanguineum</i>	3	2	3	2		3	2	1	2		2	3		1	2		
<i>Sympetrum striolatum</i>	3	2	3	2		3	2	2	2		3	3	3	2	3	3	
<i>Sympetrum vulgatum</i>		4	4	3		4	3	2	4					3	2	2	3

Pour la Bretagne : Picard L. & David J., 2020 - Intégrité du peuplement d'odonates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne (programme LigéRO) : ajustement du référentiel pour le secteur Bretagne (répartition / affinités écologiques). Note d'accompagnement réalisée à la demande du CEN Centre Val-de-Loire et s'inscrivant dans le cadre de la démarche d'observatoire des invertébrés continentaux de Bretagne (GRETIA, Bretagne-Vivante et Vivarmor-Nature), avec le soutien de l'Europe, de la région Bretagne et de la DREAL Bretagne, 12 p.

Pour le Cantal : Lecomte R. & Soissons A., 2020 - Intégrité du peuplement d'odonates à l'échelle du bassin Loire-Bretagne (programme LigéRO) : ajustement du référentiel 'répartition' pour le département du Cantal. Conservatoire d'espaces naturels Auvergne, 7 p.



Répartition départementale des espèces / odonates



Code - intitulé

- 5 - espèce ou sous-espèce très rare ou exceptionnellement observée
- 4 - espèce ou sous-espèce rare ou assez rare
- 3 - espèce ou sous-espèce assez commune à commune
- 2 - espèce ou sous-espèce présente avant 1980 mais non-observée depuis
- 1 - citations douteuses ou à confirmer
- 0 - espèce ou sous-espèce absente

Espèce	Allier	Ardèche	Cantal	Cher	Côte d'Or	Creuse	Côtes d'Armor	Deux-sèvres	Eure-et-Loir	Finistère	Ille-et-Vilaine	Indre	Indre-et-Loire	Loir-et-Cher	Loire	Haute-Loire	Loire-Atlantique	Loiret	Maine-et-Loire	Mayenne	Morbihan	Nièvre	Orne	Puy-de-Dôme	Sarthe	Saône-et-Loire	Vendée	Vienne	Haute-Vienne	Yonne
<i>Aeshna affinis</i>	3	4	4	3	4	4	5	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4
<i>Aeshna cyanea</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Aeshna grandis</i>	5	0	3	5	4	3	0	0	3	0	0	5	0	5	5	4	0	4	0	5	0	4	4	3	5	4	0	2	4	3
<i>Aeshna isoceles</i>	5	5	5	4	4	5	5	2	5	4	0	3	4	4	4	5	4	4	5	0	5	4	0	5	5	3	4	4	2	5
<i>Aeshna juncea</i>	5	3	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Aeshna mixta</i>	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4
<i>Anax ephippiger</i>	0	5	5	0	5	0	5	0	0	4	5	5	5	0	5	0	5	0	5	5	4	5	0	0	5	5	5	0	5	5
<i>Anax imperator</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Anax parthenope</i>	4	3	4	3	4	5	5	4	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
<i>Boyeria irene</i>	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	4
<i>Brachytron pratense</i>	3	5	5	3	4	5	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	5	3	4	5	3	4	4	3	3	5	4
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	5	4	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Calopteryx splendens</i>	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Calopteryx virgo</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Calopteryx xanthostoma</i>	4	3	3	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	2	1	0	0	0	3	0	0	5	0	4	0
<i>Ceragrion tenellum</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4
<i>Chalcolestes viridis</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Coenagrion caerulescens</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrion hastulatum</i>	0	5	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrion lunulatum</i>	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrion mercuriale</i>	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3
<i>Coenagrion ornatum</i>	5	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	4
<i>Coenagrion puella</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Coenagrion pulchellum</i>	5	4	5	5	5	4	4	5	0	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5
<i>Coenagrion scitulum</i>	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4
<i>Cordulegaster bidentata</i>	5	4	4	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	5	0	4	0	5	0	0	4	5
<i>Cordulegaster boltonii</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4
<i>Cordulia aenea</i>	3	4	3	3	3	3	3	4	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
<i>Crocothemis erythraea</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4

Répartition départementale des espèces / odonates (suite)



Code - intitulé

- 5 - espèce ou sous-espèce très rare ou exceptionnellement observée
- 4 - espèce ou sous-espèce rare ou assez rare
- 3 - espèce ou sous-espèce assez commune à commune
- 2 - espèce ou sous-espèce présente avant 1980 mais non-observée depuis
- 1 - citations douteuses ou à confirmer
- 0 - espèce ou sous-espèce absente

Espèce	Allier	Ardèche	Cantal	Cher	Côte d'Or	Creuse	Côtes d'Armor	Deux-sèvres	Eure-et-Loir	Finistère	Ille-et-Vilaine	Indre	Indre-et-Loire	Loir-et-Cher	Loire	Haute-Loire	Loire-Atlantique	Loiret	Maine-et-Loire	Mayenne	Morbihan	Nièvre	Orne	Puy-de-Dôme	Sarthe	Saône-et-Loire	Vendée	Vienne	Haute-Vienne	Yonne
<i>Enallagma cyathigerum</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
<i>Epitheca bimaculata</i>	4	0	0	4	5	5	0	0	0	0	0	3	3	4	5	0	0	3	0	0	0	5	0	5	0	5	0	5	4	5
<i>Erythromma lindenii</i>	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
<i>Erythromma najas</i>	3	5	3	3	4	3	3	4	3	5	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4
<i>Erythromma viridulum</i>	3	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4
<i>Gomphus flavipes</i>	5	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5	3	3	5	0	5	3	4	0	0	4	0	0	5	5	0	5	0	0
<i>Gomphus graslinii</i>	0	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	3	3	5	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	5	0	0	4	2	0
<i>Gomphus pulchellus</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4
<i>Gomphus simillimus</i>	4	4	0	3	5	5	0	4	5	0	5	3	3	4	4	4	5	4	4	5	5	4	1	4	4	4	5	3	4	4
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	3	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4
<i>Ischnura elegans</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Ischnura pumilio</i>	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4
<i>Lestes barbarus</i>	3	4	5	3	5	5	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	5	4	3	4	5	3	3	4	5	
<i>Lestes dryas</i>	4	3	3	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	5	3	5	4	3	5	5	4	4	4	5
<i>Lestes macrostigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Lestes sponsa</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4
<i>Lestes virens</i>	5	4	4	3	5	5	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	5	4	4	4	4	5	3	3	4	5
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	5	4	4	4	0	0	0	4	5	5	5	0	0	0	5	5	2	5	2	5
<i>Leucorrhinia dubia</i>	5	4	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	5	5	5	4	5	5	0	5	0	0	0	4	4	4	5	0	0	4	5	0	0	5	1	5	0	5	2	5	2	5
<i>Libellula depressa</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Libellula fulva</i>	4	3	5	3	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	5	4
<i>Libellula quadrimaculata</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Macromia splendens</i>	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
<i>Onychogomphus uncatus</i>	0	3	4	4	0	3	4	4	0	3	5	4	4	5	0	0	1	5	0	0	3	5	5	5	0	0	5	3	3	5
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	4	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	5	5	3	4	0	0	4	0	0	5	5	0	0	0	0



Répartition départementale des espèces / odonates (suite)

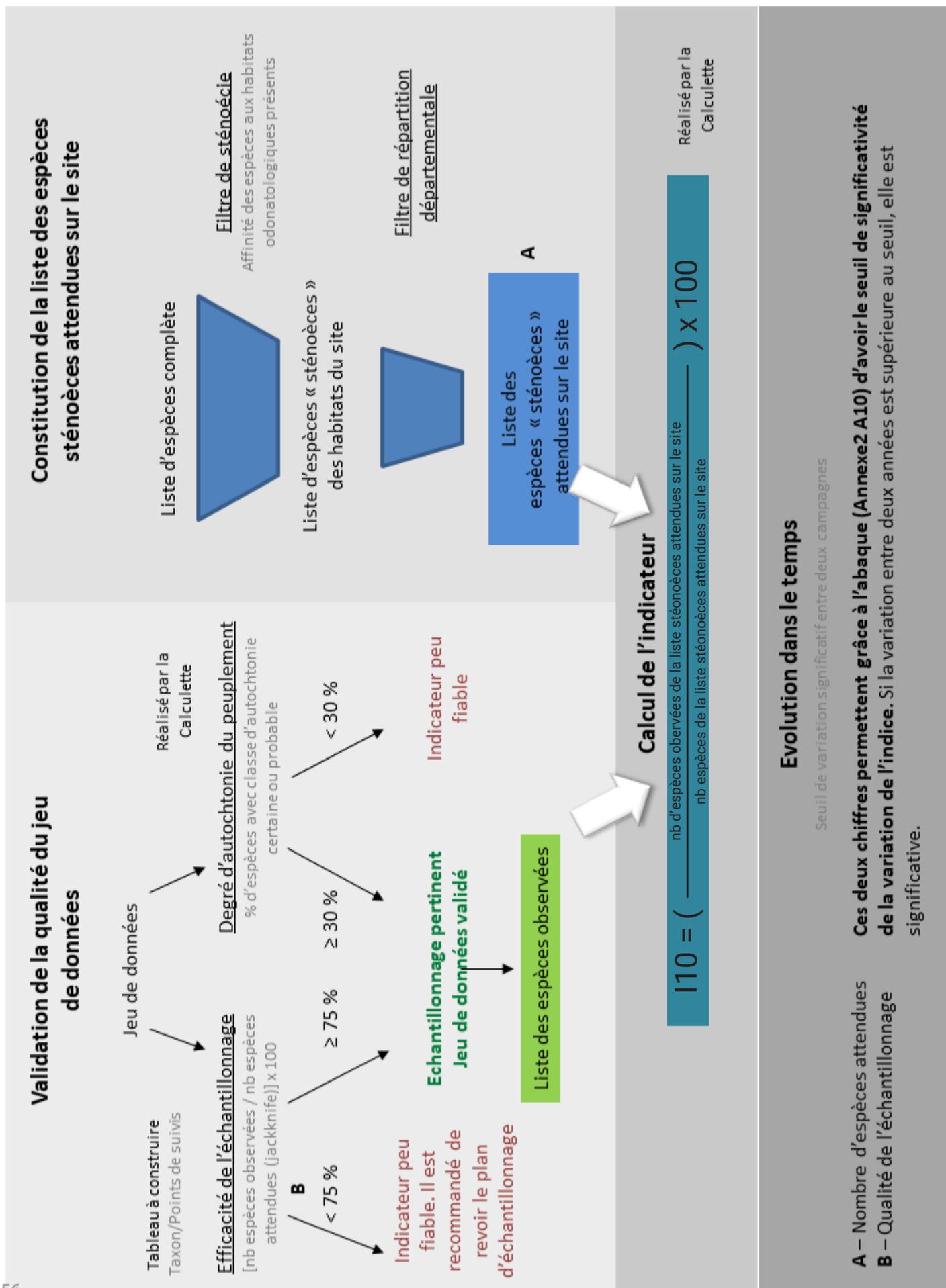


Code - intitulé

- 5 - espèce ou sous-espèce très rare ou exceptionnellement observée
- 4 - espèce ou sous-espèce rare ou assez rare
- 3 - espèce ou sous-espèce assez commune à commune
- 2 - espèce ou sous-espèce présente avant 1980 mais non-observée depuis
- 1 - citations douteuses ou à confirmer
- 0 - espèce ou sous-espèce absente

Espèce	Allier	Ardèche	Cantal	Cher	Côte d'Or	Creuse	Côtes d'Armor	Deux-sèvres	Eure-et-Loir	Finistère	Ille-et-Vilaine	Indre	Indre-et-Loire	Loir-et-Cher	Loire	Haute-Loire	Loire-Atlantique	Loiret	Maine-et-Loire	Mayenne	Morbihan	Nièvre	Orne	Puy-de-Dôme	Sarthe	Saône-et-Loire	Vendée	Vienne	Haute-Vienne	Yonne
<i>Orthetrum albistylum</i>	3	4	3	3	4	3	0	3	5	0	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	0	3	5	3	4	3	3	3	3	3
<i>Orthetrum brunneum</i>	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4
<i>Orthetrum cancellatum</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Orthetrum coerulescens</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4
<i>Oxygastra curtisii</i>	4	3	5	4	5	5	4	4	4	3	3	3	3	4	5	4	3	5	4	4	3	5	4	4	4	5	4	4	4	5
<i>Platycnemis acutipennis</i>	4	3	3	4	0	5	3	3	0	3	3	4	3	4	5	4	3	4	3	4	3	5	4	4	4	0	3	4	4	5
<i>Platycnemis latipes</i>	0	4	5	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	5	5	0
<i>Platycnemis pennipes</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Somatochlora arctica</i>	5	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	5	0	4	0	5	0	0	5	0
<i>Somatochlora flavomaculata</i>	0	0	4	4	5	5	0	5	0	0	0	3	4	4	0	0	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
<i>Somatochlora metallica</i>	4	5	4	4	4	5	4	4	0	5	3	4	5	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	3	4	4	4
<i>Sympecma fusca</i>	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4
<i>Sympetrum danae</i>	5	4	4	0	5	4	5	5	0	4	5	5	5	5	5	4	2	5	5	5	5	5	5	4	5	0	0	5	5	0
<i>Sympetrum epressiusculum</i>	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	4	5	0	0	2	1	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0
<i>Sympetrum flaveolum</i>	5	3	3	5	0	4	5	5	0	5	5	2	0	0	5	4	5	0	5	5	0	5	0	4	5	0	5	0	5	0
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	3	3	4	3	5	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	5	4	3	4	5	3	5	4	5
<i>Sympetrum meridionale</i>	3	4	5	3	5	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	5	5	3	4	5	3	4	4	5
<i>Sympetrum pedemontanum</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sympetrum sanguineum</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Sympetrum striolatum</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4
<i>Sympetrum vulgatum</i>	5	4	4	4	5	4	0	0	0	0	5	4	4	4	4	4	2	5	2	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5

Schema de constitution de la liste des espèces sténoèces



Liste de référence amphibiens régionalisée



La liste des espèces présentes par département a été établie à partir des données fournies par la Société Herpétologique de France (SHF). Une convention a été établie entre L'Escurio - CPIE des Pays Creusois et la SHF. Ces données indiquent la présence des espèces par maille de 10km x 10km du système de coordonnées de référence RGF93 (Lambert-93).

Pour chaque département, afin d'élaborer un indice de rareté pour chacune des espèces, nous avons défini 6 classes de rareté : Très rare (TR), Rare (R), Assez rare (AR), Assez commun (AC), Commun (C) et Très commun (TC).

Une espèce se verra attribuer la classe de rareté « Très rare » si sa présence est avérée dans moins de 1/6 des mailles du département, « Rare » si sa présence est avérée dans un intervalle compris entre 1/6 et 2/6 des mailles du département, « Assez rare » si sa présence est avérée dans un intervalle compris entre 2/6 et 3/6 des mailles du département, et ainsi de suite.

Pour caractériser le degré de rareté de chaque espèce, la note la plus élevée, 3, correspondant aux espèces les plus rares a été attribuée à la classe TR ; la note 2 a été attribuée aux espèces des classes AR et R et la note de 1 aux espèces des classes AC, C et TC.

La note 0 a été attribuée aux espèces non signalées sur le département concerné.

! Les tableaux sont sur deux pages.

Légende des couleurs

Classe de rareté	Nombre de mailles « présence »	Note d'indice
Très rare	« nombre de mailles » < 1/6	3
Rare	1/6 < « nombre de mailles » < 2/6	2
Assez rare	2/6 < « nombre de mailles » < 3/6	
Assez commun	3/6 < « nombre de mailles » < 4/6	1
Commun	4/6 < « nombre de mailles » < 5/6	
Très commun	5/6 < « nombre de mailles »	

LB_NOM	CD_NOM	Nouvelle-Aquitaine					Pays de la Loire					Centre-Val-de-Loire					
		16	23	79	86	87	44	49	53	72	85	18	28	36	37	41	45
<i>Alytes obstetricans</i>	197	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2
<i>Bombina variegata</i>	212	2	2	3	3	1	0	3	3	3	0	2	3	2	0	3	3
<i>Bufo spinosus</i>	774678	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
<i>Epidalea calamita</i>	459628	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	2
<i>Hyla arborea</i>	281	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2
<i>Hyla meridionalis</i>	292	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	444430	0	3	0	3	0	3	3	2	2	0	3	2	3	3	2	3
<i>Lissotriton helveticus</i>	444432	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
<i>Lissotriton vulgaris</i>	444431	0	0	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	2	3
<i>Lithobates catesbeianus</i>	459618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
<i>Pelobates cultripes</i>	235	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Pelobates fuscus</i>	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3
<i>Pelodytes punctatus</i>	252	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
<i>Pelophylax sp.</i>	317	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
<i>Rana dalmatina</i>	310	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
<i>Rana temporaria</i>	351	2	1	2	2	1	2	3	2	2	3	2	3	2	3	3	2
<i>Salamandra salamandra</i>	92	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2
<i>Triturus cristatus x T. marmoratus</i>	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triturus cristatus</i>	139	3	3	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2
<i>Triturus marmoratus</i>	163	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2
<i>Xenopus laevis</i>	79265	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB taxon par département :		14	14	15	16	14	15	17	15	15	15	15	15	16	15	17	17
NB d'espèces sténonèces par département (liste de référence)		11	11	10	11	10	11	12	11	11	11	11	11	12	11	12	12

Dans le calcul de l'Indice I2PA, l'observation d'une espèce ayant un indice de rareté de 2 (rare) ou 3 (très rare), entraîne l'attribution d'un bonus de 0,1 par espèce rare ou très rare en fin de calcul.

Liste de référence amphibiens régionalisée

LB_NOM	CD_NOM	Auvergne-Rhône-Alpes							Bourgogne-Franche-Comté		Normandie	Occitanie	Bretagne			
		3	7	15	42	43	63	69	58	71	61	48	22	29	35	56
<i>Alytes obstetricans</i>	197	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	3
<i>Bombina variegata</i>	212	2	2	3	2	2	2	1	2	1	0	3	0	0	0	0
<i>Bufo spinosus</i>	774678	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Epidalea calamita</i>	459628	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	3	2
<i>Hyla arborea</i>	281	1	0	3	3	3	3	3	1	1	1	0	2	2	1	1
<i>Hyla meridionalis</i>	292	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	444430	3	3	3	2	2	2	1	2	1	1	3	2	3	1	3
<i>Lissotriton helveticus</i>	444432	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lissotriton vulgaris</i>	444431	3	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	3	0	2	3
<i>Lithobates catesbeianus</i>	459618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pelobates cultripis</i>	235	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pelobates fuscus</i>	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pelodytes punctatus</i>	252	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
<i>Pelophylax sp.</i>	317	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1
<i>Rana dalmatina</i>	310	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	3	1	2	1	1
<i>Rana temporaria</i>	351	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Salamandra salamandra</i>	92	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
<i>Triturus cristatus x T. marmoratus</i>	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Triturus cristatus</i>	139	2	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	2	2	3
<i>Triturus marmoratus</i>	163	2	0	2	0	3	3	0	3	3	2	0	2	0	1	2
<i>Xenopus laevis</i>	79265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB taxon par département :		15	14	14	13	14	14	14	15	15	14	13	15	12	15	14
NB d'espèces sténoèces par département (liste de référence)		11	11	11	10	11	11	11	11	11	10	10	11	9	11	10

Légende des couleurs

Classe de rareté	Nombre de mailles « présence »	Note d'indice
Très rare	« nombre de mailles » < 1/6	3
Rare	1/6 < « nombre de mailles » < 2/6	2
Assez rare	2/6 < « nombre de mailles » < 3/6	
Assez commun	3/6 < « nombre de mailles » < 4/6	1
Commun	4/6 < « nombre de mailles » < 5/6	
Très commun	5/6 < « nombre de mailles »	

NB : Seules les espèces surlignées en jaune (espèces sténoèces) serviront pour le calcul des sténoécies et font donc office de liste de référence. L'indice de rareté des autres espèces est mentionné à titre indicatif.

Sur le territoire Loire-Bretagne, seul *Bufo spinosus* est présent. Pour les départements en limite de répartition, des formes hybrides (*B. bufo* et *B. spinosus*) peuvent être observées. Dans le doute, il est conseillé de noter *Bufo spinosus*.

Du fait de la grande difficulté d'identification des espèces du genre *Pelophylax*, elles ont toutes été regroupées dans le taxon « *Pelophylax sp.* ».

Les individus déterminés au genre ne sont pas pris en compte dans les calculs via la Calcuette, à l'exception du genre *Pelophylax*. Les individus observés de ce genre rentrent dans le calcul de l'indice de Simpson. Néanmoins, pour ne pas perdre d'information, vous pouvez noter les genres des individus que vous ne parvenez pas à déterminer à l'espèce. Cela pourra vous servir lors de l'interprétation.

Les espèces surlignées en rouge ont comme statut « espèce introduite envahissante ». Elles ne comptent pas dans le calcul de l'indice mais il est important de les signaler si leur présence est détectée lors des campagnes d'inventaires.

ANNEXES 3 : Les sites tests



Caractéristiques de l'échantillon des sites tests



Afin de tester le caractère opérationnel des protocoles, des mesures et des calculs ont été réalisés sur des milieux humides tests. Les milieux humides ont été choisis :

- par type SDAGE. Tous les types SDAGE retenus (annexe 4) ont été échantillonnés.

- autant que possible, les sites sont localisés sur un Contrat Territorial (outils de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne)

- les sites où des travaux étaient prévus en fin 2016 ont aussi été privilégiés.

Type SDAGE	Nbre de sites
Type 2	5
Type 3	10
Type 5	9
Type 6	10
Type 7a	10
Type 7b	10
Type 9	10
Type 10	10
Type 11	10

La surface des milieux humides support des tests varie de 1 ha à plus de 650 ha. Sur les 84 sites font entre 10 et 50 ha.

« Région »	Nbre de site
Rhône-Alpes	4
Auvergne	14
Bourgogne	8
Limousin	3
Centre-Val de Loire	18
Poitou-Charentes	7
Normandie	4
Pays de la Loire	26
TOTAL	84

Comme il peut être observé sur la carte des sites test 2017, la répartition des sites est assez homogène sur le bassin de la Loire. Certains type de par leur nature (type 2 et 3 notamment), ne se retrouve qu'à l'aval du bassin. La répartition régionale est ainsi influencée par la répartition non homogène des types de zones humides sur le bassin ainsi que par la surface de la région présente sur le bassin de la Loire. Les « régions » Pays de la Loire, Centre-Val de Loire et Auvergne présentent le plus de sites.

ANNEXES 3 : Les sites tests



Détail des types de SDAGE

Région	Dépt.	Type de Zone Humide	Type ZH	Code FMA	Code site	Nom du site	Code postal	Commune	X	Y	Superficie du site (ha)
Pays de la Loire	85	Baies et estuaires moyens et plats	2	012	2-1	Les Mizottes	85 580	Triaize	-1,194133	46.313843	1,4
Pays de la Loire	44	Baies et estuaires moyens et plats	2	007	2-2	Île de Pierre Rouge	44 260	Lavau-sur-Loire	-1,197360	47.301553	1,5
Pays de la Loire	44	Baies et estuaires moyens et plats	2	006	2-3	Île Chevalier	44 480	Donges	-2,028357	47.305988	3,5
Pays de la Loire	44	Baies et estuaires moyens et plats	2	083	2-4	Imperlay	44 560	Corsept	-2,032800	47,1642	
Pays de la Loire	44	Baies et estuaires moyens et plats	2	037	2-5	Cul de l'angle (type2)	44 560	Corsept	-2,0	47,1642	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	014	3-1	Marais Garandon	44 260	Lavau-sur-Loire	-1,982507	47.297187	3,7
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	028	3-2	Vieux Pont	44 260	Prinquiau	-2,010168	47.342572	1,43
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	001	3-3	Belle Île	44 640	Le Pellerin	-1,899576	47.274367	6,275
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	064	3-4	Pré de Lavau	44 260	Lavau-sur-Loire	-1,5755	47,1828	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	049	3-5	Les Lèches	44 260	La Chapelle-Lau-nay	-1,5814	47,2224	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	069	3-6	Rohars	44 260	Bouée	-1,5431	47,1918	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	052	3-7	Maison Verte	44 560	Corsept	-2,032800	47,1642	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	038	3-8	Cul de l'angle (type 3)	44 560	Corsept	-2,032800	47,1642	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	051	3-9	Les vases	44 320	Frossay	-1,5559	47,1442	
Pays de la Loire	44	Marais et lagunes côtiers	3	048	3-10	Le Migron	44 320	Frossay	-1,5559	47,1442	
Auvergne	63	Petites vallées	5	022	5-01	Roselière de la Vernède	63 450	Le Crest	3,157182	45,694093	1,5
Centre-Val de Loire	36	Petites vallées	5	019	5-02	Prairies du Montet	36 130	Déols	1,717860	46,829621	19
Pays de la Loire	72	Petites vallées	5	021	5-03	RNR Prairies et roselière des Dureaux	72 500	Vaas	0,289539	47,662712	13
Auvergne	63	Petites vallées	5	079	5-04	Val d'Ambène	63 410	Charbonnière les Varennes	2,953861	45,907820	14,3
Rhône-Alpes	42	Petites vallées	5	060	5-05	Petite vallée du Roannais	42 153	Riorges	4.0364	46.0529	10
Bourgogne	58	Petites vallées	5	081	5-06	Vallée de la Tal-vanne	58 350	Colmery / Donzy	3,189463	47,366873	7
Bourgogne	58	Petites vallées	5	082	5-07	Vallée de l'Acotin	58 220	Sainte Colombe des Bois	3,149670	47,319890	7
Centre-Val de Loire	37	Petites vallées	5	062	5-08	Prairie de la Bou-chère	37 250	Veigné	0,688670	47,284070	20,5

ANNEXES 3 : Les sites tests



Détail des types de SDAGE

Région	Dépt.	Type de Zone Humide	Type ZH	Code FMA	Code site	Nom du site	Code postal	Commune	X	Y	Superficie du site (ha)
Centre-Val de Loire	37	Petites vallées	5	062	5-08	Prairie de la Bouchère	37 250	Veigné	0,688670	47,284070	20,5
Poitou-Charentes	86	Petites vallées	5	036	5-09	Clouère	"86340 86370"	Aslonnes Château Larcher	0,328660	46,429320	2,7
Auvergne	43	Grande vallée	6	016	6-1	Méandre de Précaillé	43 100	Lamothe	3,402714	45,322378	30
Centre-Val de Loire	45	Grande vallée	6	017	6-2	Plaine de Vilaine	45 570	Ouzouer-sur-Loire	2,452185	47,764989	71,4
Centre-Val de Loire	45	Grande vallée	6	002	6-3	Benne	45 570	Dampierre-en-Burly	2,489170	47,743101	60,6
Pays de la Loire	44	Grande vallée	6	003	6-4	Boire de Champtocé	49 123	Champto-cé-sur-Loire	-0,872294	47,408833	45
Auvergne	03	Grande vallée	6	031	6-5	Boire de Port-Saint-Aubin	03290	Beaulon/Dompierre-sur-Besbre	3,737146	46,577887	21,4
Poitou-Charentes	86	Grande vallée	6	055	6-6	Marais des Ragouillis	86 470	Montreuil-Bonin	0,147297	46,547550	17,3
Poitou-Charentes	79	Grande vallée	6	076	6-7	Tourbière du Bourdet - Amuré	79 210	Amuré	-0,606485	46,234000	7,3
Centre-Val de Loire	41	Grande vallée	6	063	6-8	Prairies du Fouzon	41 110	Couffy	1,420219	47,252932	71
Centre-Val de Loire	37	Grande vallée	6	080	6-09	Val de Langeais-Ile Thibaud	37 130	Langeais/ Villandry	0,410590	47,316780	
Pays de la Loire	44	Grande vallée	6	030	6-10	Basses vallées angevines : Prairies de la Baumette	49 130	Sainte-Gemmes-sur-Loire	-0,598755	47,433197	188,7
Auvergne	63	Tête de bassin > 450 m	7a	026	7a-1	Vallée des Reblats	"63600 "	Valcivière	3,821734	45,624610	27
Auvergne	03	Tête de bassin > 450 m	7a	025	7a-2	Tourbière du Muzy	42 310	Saint-Bonnet-des-Quarts	3,808782	46,103430	2
Bourgogne	71	Tête de bassin > 450 m	7a	024	7a-3	Tourbière de fontaine sainte	71 479	Saint-Sernin-du-Bois	4,434880	46,856540	6
Rhône-Alpes	42	Tête de bassin > 450 m	7a	077	7a-4	Tourbière du Chaud	42 380	La Chapelle-en-Lafaye	3,9982	45,4745	10
Auvergne	15	Tête de bassin > 450 m	7a	073	7a-5	Tourbière d'Entremont	15 300	Chastel sur Murat	2,819278	45,145097	3,2
Auvergne	63	Tête de bassin > 450 m	7a	050	7a-6	Les Sagnes	63 230	Pulvérières	2,929823	45,866111	16,7
Auvergne	03	Tête de bassin > 450 m	7a	070	7a-7	Carrière de la Bosse	03330	Echassières	2,967412	46,181560	35
Limousin	87	Tête de bassin > 450 m	7a	068	7a-8	Réserve naturelle nationale de la Tourbière des Dauges	87 340	Saint léger la Montagne	1,417680	46,012355	200
Limousin	87	Tête de bassin > 450 m	7a	072	7a-9	tourbière de mallety	87 340	Saint Pierre la Montagne	1,450140	46,041700	65
Limousin	87	Tête de bassin > 450 m	7a	071	7a-10	tourbière de la Serre	87 340	Saint léger la Montagne	1,444541	46,018159	22
Auvergne	03	Tête de bassin < 450 m	7b	018	7b-1	Praries humides de l'étang de Souys	03210	Saint Menoux	3,181945	46,595274	11
Centre-Val de Loire	28	Tête de bassin < 450 m	7b	013	7b-2	Les Marais	28 200	Donnemain-Saint-Mamès	1,362100	48,110200	14

ANNEXES 3 : Les sites tests



Détail des types de SDAGE

Région	Dépt.	Type de Zone Humide	Type ZH	Code FMA	Code site	Nom du site	Code postal	Commune	X	Y	Superficie du site (ha)
Basse-Normandie	61	Tête de bassin < 450 m	7b	008	7b-3	La Tablière	61 700	Lonlay-l'Abbaye	-0,762672	48,644027	2
Auvergne	03	Tête de bassin < 450 m	7b	056	7b-4	Marais salé de Vauvernier	03800	Jenzat	3,171126	46,158512	24,2
Bourgogne	71	Tête de bassin < 450 m	7b	075	7b-5	Tourbière des prés feuillant	71 340	Mailly	4,107767	46,242400	1,7
Centre-Val de Loire	18	Tête de bassin < 450 m	7b	061	7b-6	Prairie de Guzon	18 330	Saint-Laurent	2,208164215	47,212874662	4,6
Centre-Val de Loire	41	Tête de bassin < 450 m	7b	054	7b-7	Marais de la haute-Cisse	41 330	Averdon, Champigny-en-Beauce	1,294091	47,702513	25
Centre-Val de Loire	28	Tête de bassin < 450 m	7b	059	7b-8	Moronville	28 140	Courbehaye, Cormainville	1,582332	48,149095	41,1
Poitou-Charentes	86	Tête de bassin < 450 m	7b	032	7b-9	Bois de l'Hospice-Prairies de Poillieux	86 500	Saulgé	0,821627	46,349236	37,3
Pays de la Loire	72	Tête de bassin < 450 m	7b	045	7b-10	Fontaine de la Coudre	72 500	Jupilles	0,371904	47,793741	21,3
Auvergne	63	Bordure d'étang	9	011	9-1	Lac tourbière de Bourdouze	63 610	Besse	2,926215	45,469039	77
Centre-Val de Loire	41	Bordure d'étang	9	004	9-2	Étang de Beaumont	41 210	Neung-sur-Beuvron / Montrieux-en-Sologne	1,766667	47,550000	36
Centre-Val de Loire	36	Bordure d'étang	9	005	9-3	Étang Ex-Chèvres	36 800	Migné	1,346208	46,681290	14
Pays de la Loire	44	Bordure d'étang	9	009	9-4	RNR Lac de Grandlieu	44 310	Saint-Philbert-de-Grand-Lieu	-1,652125	47,076886	656
Pays de la Loire	44	Bordure d'étang	9	046	9-5	Petit Vioreau	44 440	Joué-sur-Erdre	-1,252600	47,312500	
Pays de la Loire	49	Bordure d'étang	9	040	9-6	Étang de la Possonnière	49 170	La possonnière	-0,698403	47,386766	0,9
Rhône-Alpes	42	Bordure d'étang	9	043	9-7	Étang Royons	42 440	Les salles	3,781300	45,837500	12,5
Bourgogne	18	Bordure d'étang	9	041	9-8	Étang de la Noue	21 500	Marmagne	4,396520	46,871470	32
Poitou-Charentes	79	Bordure d'étang	9	039	9-9	Étang de Beau-repaire	"49560 79150"	"Cléré/Layon St Maurice-Etussou"	-0,481403	47,070128	71
Basse-Normandie	61	Bordure d'étang	9	042	9-10	Étang de Vaugelé	61 290	Longny-au-Perche	0,767643	48,525547	15
Auvergne	43	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	010	10-001	Lac de Lorlanges	43 360	Lorlange	3,271180	45,343840	5
Centre-Val de Loire	41	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	023	10-002	Tertre des canaux	41 300	La Ferté Imbault	1,950000	47,383333	21
Pays de la Loire	72	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	027	10-003	Vallée des Cartes	72 800	Savigné-sous-le-Lude, Thorée-les-Pins	0,080208	47,644082	16
Bourgogne	71	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	078	10-004	Tourbières de Cronat	71 140	Cronat	3,764610	46,726200	7,6
Centre-Val de Loire	18	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	074	10-005	Tourbière des Landes	18 147	Ménétréol/Sauldre	2,29732265	47,44590009	10,3

ANNEXES 3 : Les sites tests



Détail des types de SDAGE



Région	Dépt.	Type de Zone Humide	Type ZH	Code FMA	Code site	Nom du site	Code postal	Commune	X	Y	Superficie du site (ha)
Poitou-Charentes	79	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	053	10-006	Marais de Clussais-La-Pommeraiie	79 190	Clussais-La-Pommeraiie	0,057776	46,196163	25
Centre-Val de Loire	37	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	033	10-007	Butte de Raguenerrie	37 370	Saint-Parterne-Racan	0,50359762	47,56105722	1
Pays de la Loire	72	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	085	10-008	Aérodrome de la Flèche	72 800	Thorée-les-Pins	-0,000772	47,692606	58,6
Pays de la Loire	44	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	047	10-009	Landes humides des Faillies brières	44 350	Guérande	-2,368991	47,383997	29,8
Basse-Normandie	61	Marais et landes humides de plaine et plateaux	10	034	10-010	Butte des Rocs, Perche	61 130	Igé	0,527436	48,333574	7
Auvergne	63	ZH ponctuelle	11	015	11-001	Marais salé de St-Nectaire	63 710	Saint-Nectaire	2,990853	45,584213	7,5
Centre-Val de Loire	45	ZH ponctuelle	11	020	11-002	Réseau de mares à Guilly	45 600	Guilly	2,266667	47,800000	137,079
Centre-Val de Loire	37	ZH Ponctuelle	11	084	11-011	Mares de Fosse Sèche	37 250	Veigné	0,726858	47,312105	
Rhône-Alpes	42	ZH ponctuelle	11	066	11-004	Réseau de mares chez BAROIN	42 310	Sail-les-Bains	3,8097	46,2481	ponctuel
Bourgogne	71	ZH ponctuelle	11	067	11-005	Réseau de mares de Tavernay	71 400	Tavernay	4,215570	46,991800	5 mares
Bourgogne	58	ZH ponctuelle	11	065	11-006	Réseau de mares à Saint Bonnot	58 700	St Bonnot	3,318390	47,240440	4 mares
Centre-Val de Loire	36	ZH ponctuelle	11	044	11-007	Étang Massé	36 173	Rosnay	1,212300126	46,73601968	154,482
Poitou-Charentes	79	ZH ponctuelle	11	035	11-008	Champs-Pourris	79 800	Bougon	-0,045908	46,369601	11,7493
Pays de la Loire	72	ZH ponctuelle	11	057	11-009	Mares à Sonneurs à ventre jaune	72140, 72130	Mont-Saint-Jean, Montreuil-le-Chétif	-0,049953	48,233135	
Basse-Normandie	61	ZH ponctuelle	11	058	11-010	Mares potières de Launay	61 700	Domfront-en-Poiraie	-0,686708	48,593411	8

ANNEXES 4 : Typologies ZH



Typologie des zones humides



N° de type	Libellé	Description du type SDAGE principal	Autres types SDAGE présents potentiellement	Exemple de Site sur le bassin de la Loire	Sous-types	CORINE Biotope	CODE EUNIS	CODE CORNIER
1	Grands estuaires	Larges embouchures de fleuve dans les eaux marines, soumises à l'action des marées (< à 6m) Il s'agit exclusivement des estuaires des grands fleuves français. Le type comprend au minimum une partie aquatique et les vasières associées.	Selon les cas : - marais et lagunes côtiers (type 3) - marais saumâtres aménagés (type 4) - bordures de plans d'eau (type 9) - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	non concerné : l'estuaire de la Loire est rattaché aux eaux marines et il est donc hors périmètre				
2	Baies et estuaires moyens et plats	Embouchures de cours d'eau dans les eaux marines où l'influence de la marée n'est pas prépondérante, deltas Zones plus ou moins étendues, localisées en fond de baies ou à l'embouchure de fleuves. Le type comprend au minimum une partie aquatique et des zones intertidales (vasières, bancs sableux).	Selon les cas : - marais et lagunes côtiers (type 3) - marais saumâtres aménagés (type 4) - bordures de plans d'eau (type 9) - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	Localisé sur la façade atlantique Exemple : Baie de L'Aiguillon	Vasières, Herbiers, Prés-salés	Vasières, Herbiers, Prés-salés		
3	Marais et lagunes côtiers	Milieu littoral salés à saumâtres à faible renouvellement des eaux et au fonctionnement globalement naturel comprenant : - les lagunes : plans d'eau peu profonds (souvent de l'ordre du mètre, ne dépassant pas 10 mètres) permanents ou temporaires, alimentés en eau marine de façon permanente ou temporaire, par des communications étroites ; - les marais : zones à submersion temporaire ou permanente (la hauteur d'eau est faible ne dépassant pas 1 mètre), qui ne sont pas alimentés en eau par le milieu marin, mais par le débordement de lagunes, les remontées des nappes ou parfois des eaux douces. Inclus les panes dunaires.	Selon les cas : - marais saumâtres aménagés (type 4) - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	Marais arrière-littoraux et dunaires des différentes baies de type 2, Localisé en Pays de la Loire Exemple : marais de Garandon	Marais Prés-salés Lagunes Arrières-dunes Roselières	Marais Prés-salés Lagunes Arrières-dunes Roselières		

En gris : typologies de zones humides non-échantillonnées dans le cadre de LigéO.

ANNEXES 4 : Typologies ZH



Typologie des zones humides

N° de type	Libellé	Description du type SDAGE principal	Autres types SDAGE présents potentiellement	Exemple de Site sur le bassin de la Loire	Sous-types	CORINE Biotope	CODE EUNIS	CODE CORNIER
4	Marais aumâtres aménagés	Milieux résultant d'aménagements anciens ou récents dans les zones d'estuaires ou de lagunes permettant la production de sel, l'aquaculture intensive ou extensive, allant jusqu'aux dispositifs de pêche. Les mouvements d'eau douce ou salée peuvent être (ou ont pu être) contrôlés (présence de canaux, d'ouvrages, éventuellement abandonnés). Les étendues d'eau ont des formes géométriques régulières et des faibles profondeurs. Diffère des zones humides artificielles (type 13) par le but de leur mise en valeur.		Non concerné	Marais salants Bassins aquacoles	89 Lagunes et réservoirs industriels, canaux		
5	Petites vallées (type SDAGE "Bordures de cours d'eau")	Ensemble des zones humides du lit majeur des cours d'eau dont le n° d'ordre (Strahler) est inf. ou égal à 2. Ce sont les zones humides situées le long d'un cours d'eau ayant une relation (permanente ou non) avec les eaux du cours d'eau. On peut distinguer : - les zones humides liées au lit mineur inondées quasiment en permanence - les zones humides liées au lit majeur inondées saisonnièrement - les annexes alluviales	Selon les cas : - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	Exemples Auvergne : vallée de la Besbre Exemples Allier : Sichon, Bouble, Aumance, Queune Exemples Centre : Yèvre, Arnon, Indre	Grèves nues ou végétalisées Annexes fluviales Ripisylves Prairies inondables	24 Eaux courantes 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 44 Forêts et fourrés alluviaux très humides 53 Végétation de ceinture de bord des eaux	C2 Eaux courantes de surface E3 Prairies humides prairies et humides saisonnières F9 Fourrés ripicoles et des bas-marais G1 : Forêt de feuillus caducifoliés C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales	100 (sable), 210 (eau courante) 1200 (hélrophytes), 1240 (amphiphytres) 4110,4111,4112, 4120,4130,4140, 4141,4150,4200, 4211,4220 (forêts alluviales) 1220 (phalaridaie), 1230 (magnocariçaie), 1250 (autres hélrophytes)
6	Grandes vallées (type SDAGE "Plaine alluviale")	Ensemble des zones humides du lit majeur des cours d'eau dont le n° d'ordre (Strahler) est sup. ou égal à 3. Ce sont les zones humides situées le long d'un cours d'eau ayant une relation (permanente ou non) avec les eaux du cours d'eau. On peut distinguer : - les zones humides liées au lit mineur inondées quasiment en permanence - les zones humides liées au lit majeur inondées saisonnièrement - les annexes alluviales	Selon les cas : - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	Exemples Auvergne : vallée alluviale de l'Allier, de la Loire, de la Dore, de la basse-Sioule, de l'Alagnon et du Cher Exemples Loire et Cher	Grèves nues ou végétalisées Annexes fluviales Ripisylves Prairies inondables	24 Eaux courantes 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 44 Forêts et fourrés alluviaux très humides 53 Végétation de ceinture de bord des eaux	C2 Eaux courantes de surface E3 Prairies humides prairies et humides saisonnières E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides F9 Fourrés ripicoles et des bas-marais G1 : Forêt de feuillus caducifoliés C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales	100 (sable), 210 (eau courante) 1200 (hélrophytes), 1240 (amphiphytres) 4110,4111,4112, 4120,4130,4140, 4141,4150,4200, 4211,4220 (forêts alluviales) 1220 (phalaridaie), 1230 (magnocariçaie), 1250 (autres hélrophytes)

En gris : typologies de zones humides non-échantillonnées dans le cadre de LigéRO.

ANNEXES 4 : Typologies ZH



Typologie des zones humides



N° de type	Libellé	Description du type SDAGE principal	Autres types SDAGE présents potentiellement	Exemple de Site sur le bassin de la Loire	Sous-types	CORINE Biotope	CODE EUNIS	CODE CORNIER
7a	Zones humides de bas-fonds en tête de bassin (>450m)	Zones humides de tête de bassin au dessus de 450m d'alt. Zones, souvent de petite ou moyenne taille, dispersées et localisés dans les régions montagneuses ou de collines. Ces zones sont alimentés en eau par des débordements de ruisseaux, ou par des ruissellements d'eaux superficielles. Certaines ne sont alimentées que par les pluies.	Selon les cas : - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	Comprend : - les sources (forestières ou non), soient ponctuelles, soit diffuses (chevelus et limitées dans ce cas aux zones figurant en tireté discontinu sur les cartes IGN 1/25000) - les zones humides liées aux sources - les tourbières d'altitude. Exemples Auvergne : tourbières du Cézallier, source de la Besbre, sources salées de St-Nectaire	Tourbières Milieux fontinaux Prairies humides Prairies tourbeuses	37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 51 Tourbières bombées à communautés très acides 52 Tourbières de couverture 54 Bas-marais, tourbières de transition et sources 15 Marais salés	E3 Prairies humides prairies et humides saisonnières E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides C1 : eaux dormantes de surfaces D1 : tourbières hautes G5 : Stade initiaux de boisement et taillis C2 : Eaux courantes de surface D2 : Tourbières de vallées, bas-marais acides et tourbière de transition D4 : Bas-marais riche en bases et tourbières des sources calcaires	1200 (hélophytes), 1240 (amphiphytes)
7b	Zones humides de bas-fonds en tête de bassin (<450m)	Zones humides de tête de bassin en dessous de 450m d'alt. Zones, souvent de petite ou moyenne taille, dispersées et localisés dans les régions montagneuses ou de collines. Ces zones sont alimentés en eau par des débordements de ruisseaux, ou par des ruissellements d'eaux superficielles. Certaines ne sont alimentées que par les pluies.		Comprend : - les sources (forestières ou non), - les tourbières de plaine. - les marais tufeux Exemples Centre : Aigre et Conie, tourbières de Sologne, marais de Champagne berrichonne				
8	Régions d'étang	Groupe de plusieurs plans d'eau peu profonds d'origine anthropique Désigne une zone comprenant plusieurs plans d'eau, les marais associés et les territoires entre les plans d'eau. La zone comporte un réseau hydrologique plus ou moins important.	Selon les cas : - bordures de plan d'eau (type 9) - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13) Peut contenir aussi : - zones humides liées aux cours d'eau (5 et 6)	Non concerné Exemples : Brenne, Sologne, Sologne bourdonnaise, plaine du Forez; La taille de ces zones est très importante. La mise en place des protocoles à cette échelle est difficile. Les étangs peuvent être échantillonnés notamment dans le type 9 : bordure de plans d'eau.	Étangs isolés	22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 44 Forêts et fourrés alluviaux très humides 53 Végétation de ceinture de bord des eaux	E3 Prairies humides prairies et humides saisonnières E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides C1 : eaux dormantes de surfaces C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales D1 : tourbières hautes G5 : Stade initiaux de boisement et taillis D2 : Tourbières de vallées, bas-marais acides et tourbière de transition D4 : Bas-marais riche en bases et tourbières des sources calcaires	220 (eau stagnante), 222 (plan d'eau artificiel), 1110 (peuplements algaux), 1120 (communauté à lentille d'eau), 2100, 2300 (communauté des vases humides) 1200 (hélophytes), 1240 (amphiphytes) 4110 (saulaie arbustive) 1220 (phalaridaie), 1230 (magnocariçaie), 1250 (autres hélophytes)

En gris : typologies de zones humides non-échantillonnées dans le cadre de LigéRO.

ANNEXES 4 : Typologies ZH



Typologie des zones humides

N° de type	Libellé	Description du type SDAGE principal	Autres types SDAGE présents potentiellement	Exemple de Site sur le bassin de la Loire	Sous-types	CORINE Biotope	CODE EUNIS	CODE CORNIER
9	Bordure de plans d'eau	Plan d'eau isolé Désigne soit un plan d'eau douce peu profond et les marais associés, soit les marais associés à un plan d'eau profond.	Selon les cas : - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)	Divers étangs anthropiques "historiques"; Exemples Auvergne : Étang de la forêt de Tronçais, Lac-tourbière de Bourdouze Exemples Allier : Sologne bourbonnaise, Bocage bourbonnais, Étang de Goule Exemples Centre : Étang de Beaumont, Étang Ex-Chèvres, RNR Massé-Foucault	Bordures de lacs Prairies humides Prairies tourbeuses	22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 44 Forêts et fourrés alluviaux très humides 53 Végétation de ceinture de bord des eaux	E3 Prairies humides et prairies humides saisonnières E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides C1 : eaux dormantes de surfaces C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales D1 : tourbières hautes G1 : Forêt de feuillus caducifoliés G5 : Stade initiaux de boisement et taillis D2 : Tourbières de vallées, bas-marais acides et tourbière de transition D4 : Bas-marais riche en bases et tourbières des sources calcaires D5 : Roselières sèches et cariçaies, normalement sans eau libre F9 : Fourrés ripicoles et des bas-marais	220 (eau stagnante), 222 (plan d'eau artificiel), 223 (gravière), 1110 (peuplements algaux), 1120 (communauté à lentille d'eau), 2100, 2300 (communauté des vases humides) 1200 (hélophytes), 1240 (amphiphytes) 4110 (saulaie arbustive) 1220 (phalaridaie), 1230 (magnocariçaie), 1250 (autres hélophytes)
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Zones humides localisées dans des dépressions de plaines ou de plateaux naturellement mal drainés, pouvant être exondés à certaines périodes. Elles sont déconnectées des cours d'eau et souvent alimentées par des nappes.	Selon les cas : - marais aménagés dans un but agricole (type 12) - zones humides artificielles (type 13)		Plateaux imperméables Zones de sources Tourbières	31 Landes, broussailles, recrus 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 51 Tourbières bombées à communautés très acides 52 Tourbières de couverture 54 Bas-marais, tourbières de transition et sources	F4 : Landes arbustives tempérés E3 Prairies humides prairies et humides saisonnières E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides C1 : eaux dormantes de surfaces D1 : tourbières hautes G5 : Stade initiaux de boisement et taillis C2 : Eaux courantes de surface D2 : Tourbières de vallées, bas-marais acides et tourbière de transition D4 : Bas-marais riche en bases et tourbières des sources calcaires	1200 (hélophytes), 1240 (amphiphytes)
11	Zones humides ponctuelles	Correspond le plus souvent à des mares. Petits plans d'eau plus ou moins stagnants, permanents ou temporaires, d'origine anthropique ou naturelle. Peuvent être isolés ou regroupés.	Selon les cas : - zones humides artificielles (type 13)	Exemples : - mares abreuvoir en région d'élevage, - mares d'affaissement Exemples Auvergne : mares du bocage bourbonnais Exemples Centre : mares Eure-et-Loir et autres	Réseau de mares ou mares permanentes ou temporaires, naturelles ou créées par l'homme	22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares)	C1 : eaux dormantes de surfaces C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales	220 (eau stagnante)
12	Marais aménagés dans un but agricole	Zones humides aménagées dans un but agricole et sylvicole. Désigne des zones humides aménagées pour la culture et/ou l'élevage, y compris extensif. Ces zones sont souvent drainées et comportent des ouvrages permettant de gérer les alimentations et/ou les évacuations d'eaux douces.		Non concerné Ils peuvent être inclus dans d'autres types	Prairie amendée (T6 ou T10) Peupleraie (T6 et T10)	81 Prairies fortement amendées et ensemencées 82 Cultures 83 Vergers (dont Plantations de peupliers)	E2 : Prairie mésique I1 : Cultures et jardin maraîcher C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales G1 : Forêt de feuillus caducifoliés	5200 (robinaie), 5400 (peupleraie plantée), 5500 (autres plantation d'arbres), 6400 (grande culture), 6500 (autres cultures), 6610 (jachère)
13	Zones humides artificielles	Milieux humides d'eau douce résultats d'activités anthropique dont le but premier n'est pas la création de zone humide		Exemples : gravières, sablières, plans d'eau de loisir (dont la chasse), plan d'eau de barrages, bassins de lagunage, mares d'abreuvement... Exemples Auvergne : station de lagunage sucrerie de Clermont-Fd	Contre-canaux, Carrières en eau Bassins aquacoles intensifs	22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) 89 Lagunes et réservoirs industriels, canaux	C1 : eaux dormantes de surfaces C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales J5 : plans d'eau construit très artificiels et structures connexes J6 : dépôt de déchet	222 (plan d'eau artificiel), 223 (gravière)

En gris : typologies de zones humides non-échantillonnées dans le cadre de LigéO.



Typologie des zones humides



N° de type	Libellé	Description du type SDAGE principal	Autres types SDAGE présents potentiellement	Exemple de Site sur le bassin de la Loire	Sous-types	CORINE Biotope	CODE EUNIS	CODE CORNIER
11	Zones humides ponctuelles	Correspond le plus souvent à des mares. Petits plans d'eau plus ou moins stagnants, permanents ou temporaires, d'origine anthropique ou naturelle. Peuvent être isolés ou regroupés.	Selon les cas : - zones humides artificielles (type 13)	Exemples : - mares abreuvoir en région d'élevage, - mares d'affaissement Exemples Auvergne : mares du bocage bourbonnais Exemples Centre : mares Eure-et-Loir et autres	Réseau de mares ou mares permanentes ou temporaires, naturelles ou créées par l'homme	22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares)	C1 : eaux dormantes de surfaces C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales	220 (eau stagnante)
12	Marais aménagés dans un but agricole	Zones humides aménagées dans un but agricole et sylvicole. Désigne des zones humides aménagées pour la culture et/ou l'élevage, y compris extensif. Ces zones sont souvent drainées et comportent des ouvrages permettant de gérer les alimentations et/ou les évacuations d'eaux douces.		Non concerné Ils peuvent être inclus dans d'autres types	Prairie amendée (T6 ou T10) Peupleraie (T6 et T10)	81 Prairies fortement amendées et ensemencées 82 Cultures 83 Vergers (dont Plantations de peupliers)	E2 : Prairie mésique I1 : Cultures et jardin maraîcher C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales G1 : Forêt de feuillus caducifoliés	5200 (robineraie), 5400 (peupleraie plantée), 5500 (autres plantation d'arbres), 6400 (grande culture), 6500 (autres cultures), 6610 (jachère)
13	Zones humides artificielles	Milieux humides d'eau douce résultats d'activités anthropique dont le but premier n'est pas la création de zone humide		Exemples : gravières, sablières, plans d'eau de loisir (dont la chasse), plan d'eau de barrages, bassins de lagunage, mares d'abreuvement... Exemples Auvergne : station de lagunage sucrière de Clermont-Ferrand	Contre-canaux, Carrières en eau Bassins aquacoles intensifs	22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) 89 Lagunes et réservoirs industriels, canaux	C1 : eaux dormantes de surfaces C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales J5 : plans d'eau construit très artificiels et structures connexes J6 : dépôt de déchet	222 (plan d'eau artificiel), 223 (gravière)

En gris : typologies de zones humides non-échantillonnées dans le cadre de LigéO.

LA BOÎTE A OUTILS LIGÉRO

Ce document est une déclinaison de la boîte à outils, version RhoMéo
Les références de la BAOZH du programme RhoMéo sont présentes ci-contre.

RÉALISATION

Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire,
avec la collaboration du Forum des Marais Atlantiques

COORDINATION ÉDITORIALE

Brigitte RUAUX, Anaïs GIRAUD, Serge GRESSETTE

MISE EN PAGE DES FICHES

Brigitte RUAUX, Isabelle GRAVRAND,
Corentin BOUSSARD (base Rhoméo),
Loïc ANRAS pour les fiches I14

COMITÉ DE RELECTURE

Audrey DURIEZ, Christophe DUCOMMUN, Damien PUJOL,
Emmanuèle GAUTHIER, Etienne IORIO, Franck HERBRECHT,
Mathieu NEZEN, Anaëlle TAVERNIER, Anne VILLEMEY,
Stéphane CORDONNIER, Sabrina MAIANO, Julie LEBRASSEUR

CRÉDITS PHOTOS

Cen Centre-Val de Loire/Benoît ALLARD, Perrine BLANC,
Ophélie BRETTE, Sylvain GARBAR, Isabelle GRAVRAND,
Serge GRESSETTE, François HERGOTT, Marie HOUESSÉ,
Rolland PAILLAT, Brigitte RUAUX, Emmanuelle SPEH,
Matthieu TROUVÉ, Anne VILLEMEY ; Sylvie BERTHE, Claude
CHOTTIN, Romain LEGRAND, Conservatoires d'espaces
naturels, Forum des Marais Atlantiques

RÉDACTEURS DES FICHES

INDICATEUR	REDACTEURS	Mise à jour des fiches	PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS
I01	Jérôme PORTERET (CEN Savoie)	C. DUCOMMUN (Agrocampus Ouest)	Antoni ARDOUIN, Delphine DANANCHER
I02	Gilles PACHE (CBNA)	D. PUJOL, O. BESLIN (CBNBP)	Héloïse VANDERPERT, Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER, CBN de Brest, CBN Massif central
I03	Jérôme PORTERET (CEN Savoie)	E. GAUTIER	Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER
I06	Gilles PACHE (CBNA)	D. PUJOL, O. BESLIN (CBNBP)	Héloïse VANDERPERT, Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER
I10	Bernard PONT (RNN Platière)	E. IORIO (GRETIA)	Cyrille DELIRY, Beat OERTLI, Pascal DUPONT, Cedric VANAPELGHEM, Delphine DANANCHER
I11	Jean-Luc GROSSI (CEN Isère)	M. NEZEN, A. TAVERNIER (CPIE Pays Creusois)	Delphine DANANCHER, Claude MIAUD
I14	Loïc ANRAS (FMA), Olivier PHILIPPINE (UNIMA)		Olivier PHILIPPINE, François-Xavier ROBIN (UNIMA)

ONT PARTICIPE A LA COLLECTE DE DONNÉES

Du Cen Auvergne : Vincent LEGE, Céline ROUBINET, Romain LEGRAND, Emilie DUPUY, Aurélie SOISSONS, Stéphane CORDONNIER, Renaud BARIAU, Tadjani DIALLO, Sylvain POUVARET.

Du Cen Allier : Emeline CADE, Marion GIRARD, Julien MAINAUD, Bruno SCHIRMER.

Du Cen Bourgogne : Antoni ARDOUIN, Guillaume DOUCET, Aurélien POIREL, Samuel GOMEZ, Cécile DIAZ

Du Cen Basse Normandie : Alexandre FERRE, Samuel VIGOT, Roald HARIVEL.

Du Cen Centre Val de Loire : Marie HOUESSÉ, Adrien CHOREIN, Serge GRESSETTE, François HERGOTT, Brigitte RUAUX, Rolland PAILLAT, Matthieu TROUVÉ, Anne VILLEMEY.

Du Cen Limousin : Murielle LENCROZ, Anaïs LEBRUN

Du Cen Loir et Cher : Dimitri MULTEAU, Julie LEBRASSEUR

Du Cen Pays de la Loire : Denis LAFAGE, Eric LANTUEJOU, Johannic CHEVREAU, Nolwenn VIVERET, Solène SACRE, Adeline LEPOULTIER, Estelle NGOH.

Du Cren Poitou-Charentes : Raphael GRIMALDI, Sabrina MAIANO, Justine VIDAL, Marie DUCLOSSON, Olivier ALLENOU, Julian BRANCIFORTI, Julien VENTROUX, Jérôme LALLEMAND, Matthieu WAGNER

Du Cen Rhône Alpes : Anne WOLFF, Delphine DANANCHER, Fabien BILLAUD, Guillaume CHORGNON, Rémy CLEMENT.

Du bureau d'études SCE Environnement : Aymeric MOUSSEAU, Johan CHEREL, Mathieu GUICHETEAU, Clément GACHENOT, Anthony BOUREAU, Alexandre HERBOUILLER

Du Forum des Marais Atlantiques : Audrey DURIEZ et Loïc ANRAS

Puis Etienne IORIO (GRETIA), Stéphanie HENNIQUE (LPO 49), Agnès ROGER (CPIE Vallée de la Sarthe et du Loir), François-Xavier ROBIN (UNIMA)

Stéphane et Olivier PHILIPPINE (Unima), Benjamin MOULIN et Yvonnick AUDEON (Inovalys), Laurence LE ROY (SM Loire & Goulaine), Pierre GUINODEAU (SAH Sud Loire), Mathilde GOALABRE et Justine MALGOGNE (SBV Brivet), Arnaud MEVEL (Synd. Loire Aval), Maggy GRILA (CD 85), Sébastien JOUSSEMET (ADBVB Bourgneuf), Olivier ROBIN (EPGA Baie Douarnenez)

LA BOÎTE A OUTILS RHOMÉO

RÉALISATION

Conservatoire d'espaces naturels de Savoie

COORDINATION ÉDITORIALE

Xavier GAYTE, Delphine DANANCHER, Jérôme PORTERET

MISE EN PAGE DES FICHES

Frédéric BIAMINO, Jérôme PORTERET

COMITÉ DE RELECTURE

François CHAMBAUD, Régis DICK, Samuel GOMEZ, Thérèse PERRIN, Émilie DUHERON, Nathalie FABRE, Rémy CLEMENT

CRÉDITS PHOTOS

Stéphane BENCE, Frédéric BIAMINO, Manuel BOURON, François CHAMBAUD, Philippe FREYDIER, Gilles PARIGOT, Gilles PACHE, Jérôme PORTERET, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée.

RÉDACTEURS DES FICHES

INDICATEUR	REDACTEURS	PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS
I01	Jérôme PORTERET (CEN Savoie)	Antoni ARDOUIN, Delphine DANANCHER
I02	Gilles PACHE (CBNA)	Héloïse VANDERPERT, Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER
I03	Jérôme PORTERET (CEN Savoie)	Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER
I04	Célia RODRIGUEZ (LEHNA, UMR CNRS 5023)	Gudrun BORNETTE, Charlotte GRASSET
I05	Stéphane BENCE (CEN PACA)	Audrey PICHARD, Yoan BRAUD,
I06	Gilles PACHE (CBNA)	Héloïse VANDERPERT, Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER
I07	Célia RODRIGUEZ (LEHNA, UMR CNRS 5023)	Gudrun BORNETTE, Hélène BAILLET, Félix VALLIER
I08	Gilles PACHE (CBNA)	Héloïse VANDERPERT, Nathalie MOLNAR, Delphine DANANCHER
I09	Stéphane BENCE (CEN PACA)	Audrey PICHARD, Yoan BRAUD,
I10	Bernard PONT (RNN Platière)	Cyrille DELIRY, Beat OERTLI, Pascal DUPONT, Cedric VANAPELGHEM, Delphine DANANCHER
I11	Jean-Luc GROSSI (CEN Isère)	Delphine DANANCHER, Claude MIAUD
I12	Jérôme PORTERET (CEN Savoie)	Rémy CLEMENT, Nicolas MIGNOT, Samuel ALLEAUME, Alexandre LESCONNEX, Marc ISENMANN
I13	Christian PERENNOU (TDV) Jérôme PORTERET (CEN Savoie) Marc ISENMANN (CBNA)	Anis GUELMANI, Samuel ALLEAUME, Rémy CLEMENT

ONT PARTICIPE A LA COLLECTE DE DONNÉES

Antoni ARDOUIN
Emeline AUPY
Sophie AUVERT
Bastien AGRON
Emmanuel AMOR
Yann BAILLET
Bernard BAL
Cécile BARBIER
Sébastien BARTHEL
Thérèse BEAUFILS
Stéphane BENCE
William BERNARD
Luc BETTINELLI
Olivier BILLANT
Fabien BILLAUD
Nicolas BIRON
Véronique BONNET
Virginie BOURGOIN
Manuel BOURON
Romain BOUTELOUP
Yoan BRAUD
Lionel BUNGE
Chrystelle CATON
Kristell CLARY

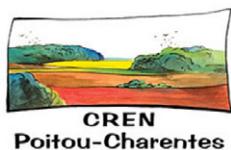
Remi COLLAUD
Bertrand COTTE
Aurélien CULAT
Kelly DEBUF
Guillaume DELCOURT
Marion DEMESSE
C. DEQUEVAUVILLER
Lucile DESCHAMP
Nathalie DEWYNTER
Guillaume DOUCET
Gregoire DURANEL
Sylvie DURET
Elisabeth FAVRE
Noémie FORT
Cedric FOUTEL
Philippe FREYDIER
Géraldine GARNIER
Maxime GAYMARD
Catherine GENIN
Marianne GEORGET
Samia GHARET
Sebastien GIRARDIN
Nicolas GORIUS
Daniel GRAND

Jean-Luc GROSSI
Nicolas GUILLERME
Julien GUYONNEAU
Céline HERVE
Perrine JACQUOT
Laura JAMEAU
Philippe JANSSEN
Stéphane JAULIN
Remi JULLIAN
Mathieu JUTON
Francis KESSLER
Mario KLESCZEWSKI
Clément LECLERC
Thomas LEGLAND
Fabien LEPINE
Natacha LEURION PANSIOT
Dominique LOPEZ-PINOT
Laurence MARCHIONINI
Roger MARCIAU
Vincent MARQUANT
Basile MARTIN
Marilyn MATHIEU
Céline MAZUEZ
Magalie MAZUY

Alexis MIKOLAJCZAK
André MIQUET
Nathalie MOLNAR
Frédéric MORA
Claire MOREAU
Gilles PACHE
Mélanie PARIS
Marion PARROT
Benoit PASCAULT
Rémy PERRIN
Audrey PICHARD
Virginie PIERRON
Rémy PONCET
Bernard PONT
Jérôme PORTERET
Alexis RONDEAU
Yves ROZIER
Déborah RUHLAND
Nicolas SIMMLER
Bruno TISSOT
Corine TRENTIN
Héloïse VANDERPERT
Anne WOLFF

LE PROGRAMME LIGÉRO

STRUCTURES PARTICIPANTES ET PARTENAIRES FINANCIERS



Ce document a été produit dans le cadre du projet LigéO. Il présente, sur la base de la BAOZH Rhoméo et du guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration, les méthodes nécessaires à la mise en place de six indicateurs de suivi des milieux humides testés à l'échelle du bassin de la Loire. Ce document présente aussi l'indicateur trophique, testé sur les marais de la façade atlantique et de la Manche.

Avec le soutien de :



Cette opération est cofinancée par l'Union européenne, L'Europe s'engage en région Centre-Val de Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional.

