

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

la boîte à outils

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

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

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

Ligéro - 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 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).



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,...)

84 sites



Retour d'expérience

Retour d'expérience

COMMENT A T-ELLE ÉTÉ CONSTRUITE ?



• 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 sténocène 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 LigéO).

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 ?



Baies et estuaires moyens et plats (2)



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



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



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



Zones humides ponctuelle (11)

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



Marais et lagunes côtiers (3)



Grandes vallées (plaines alluviales inondables) (6)



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



Marais et landes humides de plaines et plateaux (10)

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
				Etrépage, scarification, déblai, élimination de ligneux, défrichage, curages de fossés (autorisés et nécessaires uniquement en milieu humide aménagées)...	I02 I03 I14
				Reconstitution de la capacité de stockage de l'eau en surface	I01
				Ralentissement des écoulements et recréation de connectivités latérales	I02 I03 I14
Atterrissement	Comblement par des sédiments et/ou par la végétation	PHYSICO-CHIMIQUE	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
Remblaiement	Stockage de matériaux divers			Piéger les apports	I06 I14
Accélération des écoulements	Rectification / incision			Laisser faire ou intervenir	Pompage d'eau douce, entretien des réseaux...
Minéralisation de la matière organique	Baisse durable du régime hydrique dans le sol : assainissement et drainage, pratiques agricoles inadaptées (retournement, chaulage...)				
Eutrophisation	Excès de nutriments en provenance du bassin versant	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
Salinisation	Modification du trait de côte, apport d'eau douce insuffisant			Renaturer, revégétaliser	Intégration aux plans d'urbanisme, rechercher des mesures compensatoires de qualité...
Perte d'habitats et d'espèces humides	Modification de la dynamique végétale : atterrissement, bilan hydrique déficitaire				
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 LigéO, 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 ».

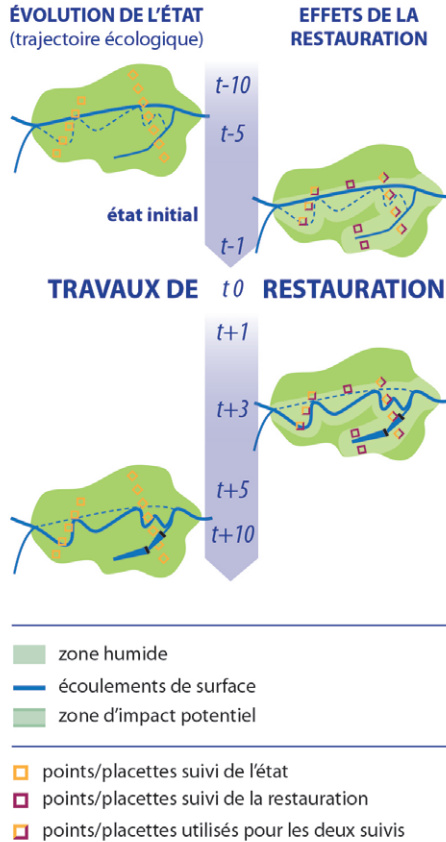
La combinaison des évolutions des différents indicateurs de la boîte à outils à ces deux échelles permet une analyse fine des effets hydrologiques et biologiques de la restauration. Elle permet de dissocier les effets de l'opération de restauration en elle-même de la trajectoire écologique globale de 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 LigéO, 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

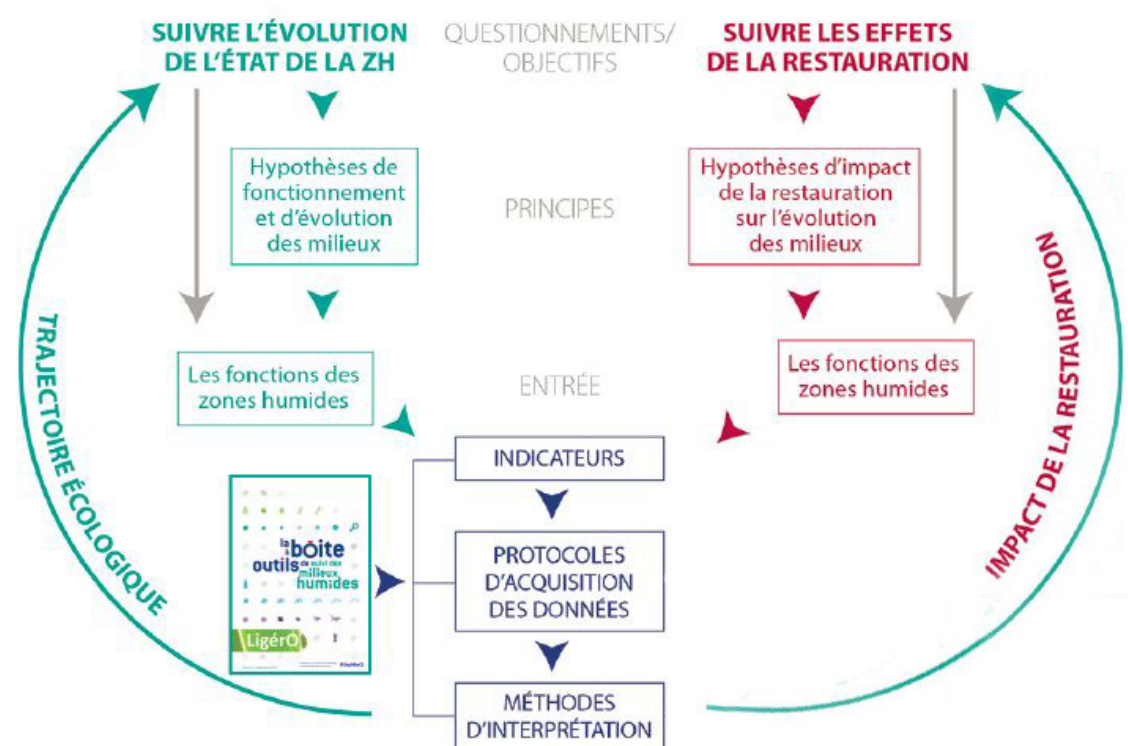
La double évaluation repose sur l'imbrication de deux plans d'échantillonnage, l'un spécifique à l'emprise spatiale supposée des effets de la restauration, l'autre au suivi de l'évolution des fonctionnalités du milieu humide dans son ensemble. Ces deux niveaux d'échantillonnage possèdent leurs propres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

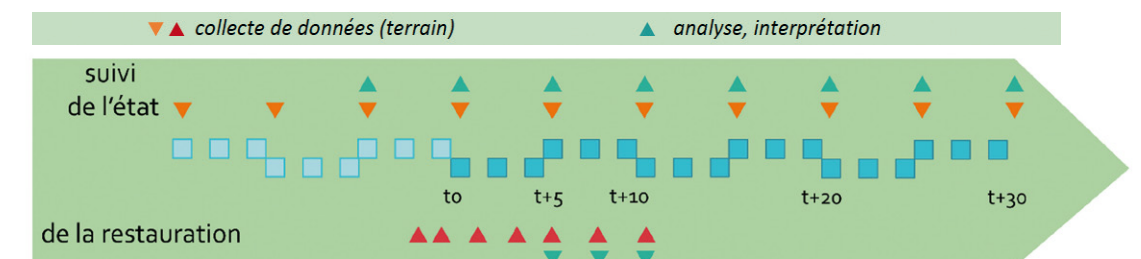


Figure 4 : intégration des campagnes de suivi de la restauration au suivi de l'état de la zone humide.

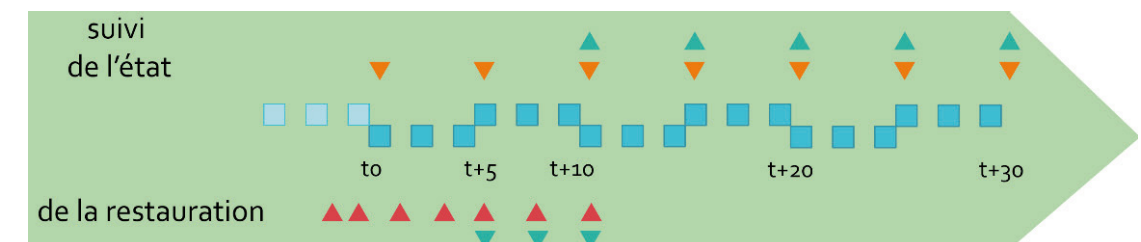


Figure 5 : mise en place conjointe de la double évaluation état et restauration de la zone humide.

PRÉCONISATIONS SPÉCIFIQUES POUR L'UTILISATION DES INDICATEURS



Les sept indicateurs de la boîte à outils LigéRO 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) réagissent 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 LigéRO 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	Quelle est la trajectoire écologique du site que je gère ? Comment évolue-t-il ?	La restauration hydraulique que j'ai mise en œuvre a-t-elle été efficace ? Ai-je atteint mon objectif de restauration ?
La méthode d'évaluation (la variable d'intérêt)	Les grandes fonctions des milieux humides : hydrologique, physico-chimique, biologique.	
Indicateurs	7 indicateurs : 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	Ceux décrits dans la BAO LigéRO avec : 1/ application sur la zone humide dans son ensemble 2/ pression d'échantillonnage sur du long terme (5-10 ans)	1/application sur la zone d'impact potentielle 2/ fréquence des passages et nombre de points de relevés augmentés (tous les 1 ou 2 ans)
Interprétation	Analyse des tendances d'évolution entre deux notes indicatrices calculées	Analyse de la tendance d'évolution entre l'état initial et des états post travaux
Domaine d'application	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	

COMMENT UTILISER LA BOÎTE À OUTILS ?



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.

103 INDICATEUR **FICHES LIÉES** **P03 A03**

DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DE LA NAPPE

PIEZOMÈTRE

Domaine d'application
Milieux humides

Fonction / pression
Hydrologique

Compétences
+++

Coût
+++/+

Description et principes de l'indicateur

Le fonctionnement hydrologique des zones humides peut être apprécié par la mesure de la dynamique de la nappe d'eau dans le sol (DHTAN et DHTAN 2010), qui est un indicateur de la dynamique temporelle et spatiale de l'eau. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche.

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'écoulement temporel et spatial de l'eau. Le piézomètre est un indicateur de la dynamique temporelle et spatiale de l'eau. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche.

INDICATEUR 103 **Domaine d'application de l'indicateur**

Domaine d'application
Milieux humides

Fonction / pression
Hydrologique

Compétences
+++

Coût
+++/+

Description et principes 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'écoulement temporel et spatial de l'eau. Le piézomètre est un indicateur de la dynamique temporelle et spatiale de l'eau. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche. Plus la nappe est élevée, plus la zone humide est saturée en eau. Plus la nappe est basse, plus la zone humide est sèche.

P01 PROTOCOLE **FICHES LIÉES** **I01 A01**

PÉDOLOGIE

Description et principes du protocole

Le protocole de pédologie est un protocole de mesure de la structure du sol. Il est basé sur la mesure de la structure du sol à l'aide d'un profil de sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol.

Méthode de mise en place

Le protocole de pédologie est un protocole de mesure de la structure du sol. Il est basé sur la mesure de la structure du sol à l'aide d'un profil de sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol.

P01 PROTOCOLE **FICHES LIÉES** **I01 A01**

PÉDOLOGIE

Description et principes du protocole

Le protocole de pédologie est un protocole de mesure de la structure du sol. Il est basé sur la mesure de la structure du sol à l'aide d'un profil de sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol.

Méthode de mise en place

Le protocole de pédologie est un protocole de mesure de la structure du sol. Il est basé sur la mesure de la structure du sol à l'aide d'un profil de sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol. Le profil de sol est une coupe transversale du sol qui permet de visualiser la structure du sol.

A06 ANALYSE & INTERPRÉTATION **FICHES LIÉES** **P02 I06**

INDICE FLORISTIQUE DE FERTILITÉ DU SOL

Description et principes

L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité.

Méthode de calcul

Le calcul de l'indice de fertilité du sol est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité.

A06 ANALYSE & INTERPRÉTATION **FICHES LIÉES** **P02 I06**

INDICE FLORISTIQUE DE FERTILITÉ DU SOL

Description et principes

L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité.

Méthode de calcul

Le calcul de l'indice de fertilité du sol est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité. L'indice de fertilité du sol est un indicateur de la fertilité du sol. Il est basé sur la mesure de la fertilité du sol à l'aide d'un indice de fertilité.

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

- Flore

Faune

État trophique

Piézométrie

Pédologie

Fonctions			Coûts / Compétences			
hydrolo-giques	biogéo-chimiques	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 CLÉS D'ENTRÉE

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	Piézométrie	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	Piézométrie	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 **Calculette Ligéro**.

Cet outil est une adaptation de la Calculette 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.

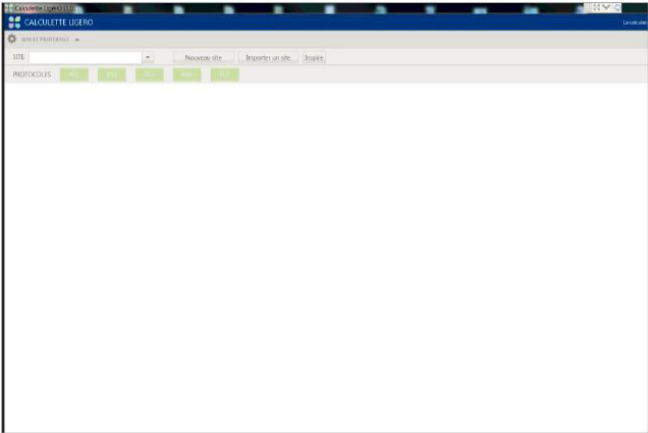
Le calculette Ligéro est constituée d'un logiciel téléchargeable libre de droits permettant de réaliser, sur la base des protocoles rassemblés dans la boîte à outils de suivi des milieux humides, le calcul de 6 des 7 indicateurs qu'elle contient.

Vous pouvez la trouver sur le site [www.ligero-zh.org](http://ressources.ligero-zh.org).



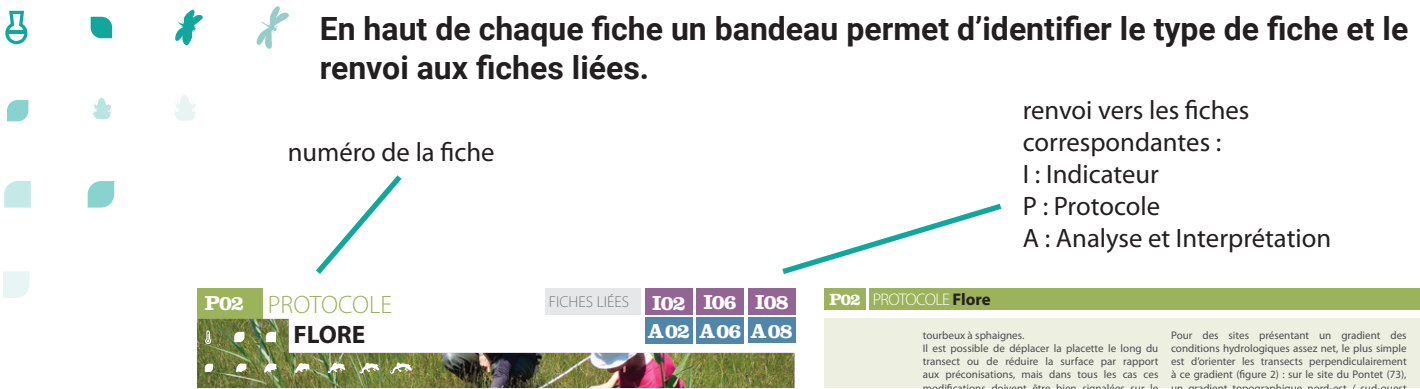
Télécharger le dossier et prenez connaissance du fichier en téléchargement avant toute installation de la Calculette.

Vous devriez accéder à l'écran ci-dessous.

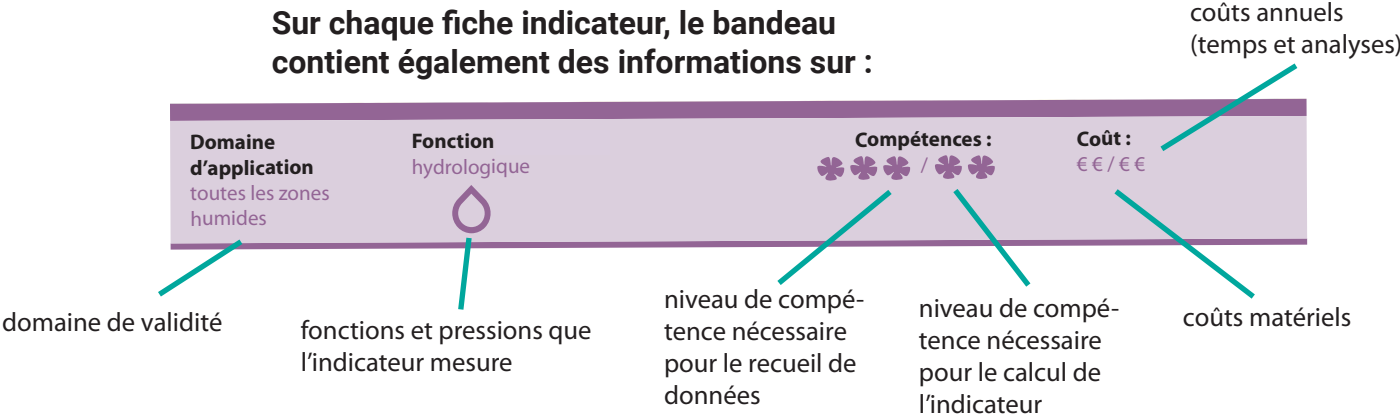


Le lien pour télécharger la calculette : <http://ressources.ligero-zh.org/telechargement>

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



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



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 pédologie	40	A01	68
I02	28	P02 flore	44	A02	72
I06	32			A06	80
I03	30	P03 piézométrie	48	A03	76
I10	34	P06 odonates	54	A10	84
I11	36	P07 amphibiens	60	A11	90
I14	38	P10 indicateur trophique	64	A14	94