

Extrait I06-P02-A06

Indice floristique de fertilité des sols/flore



la
à **boîte**
outils de suivi des
milieux
humides



Ligéro



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 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.

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.

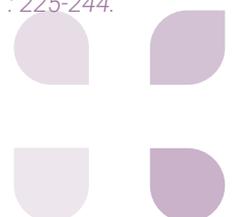
LANDOLT E. *et al.*, 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376 p.

MONTICOLO J., BESLIN O. (CBNBP), LACROIX P. (CBNB), ANTONNETTI P. (CBNMC), 2017. *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.

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.



FLORE



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

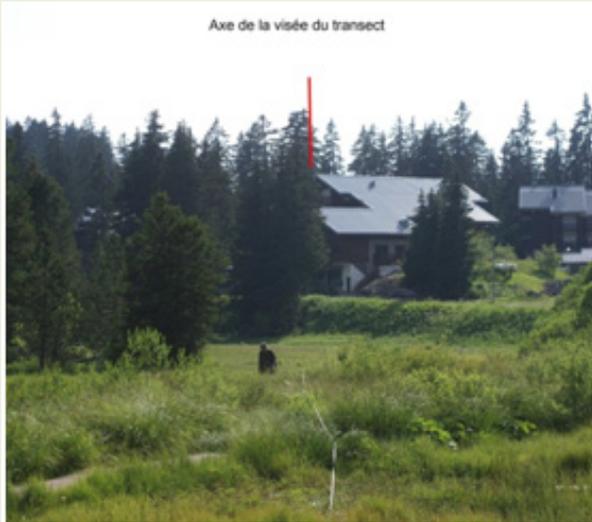
des longueurs oscillant entre 100 et 800 mètres, soit des espacements compris entre 20 et 50 mètres le plus souvent. Les points de départ et d'arrivée des transects peuvent être matérialisés de manière pérenne (bornes) ou a minima repérés sur le terrain par des points remarquables, des photographies 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)

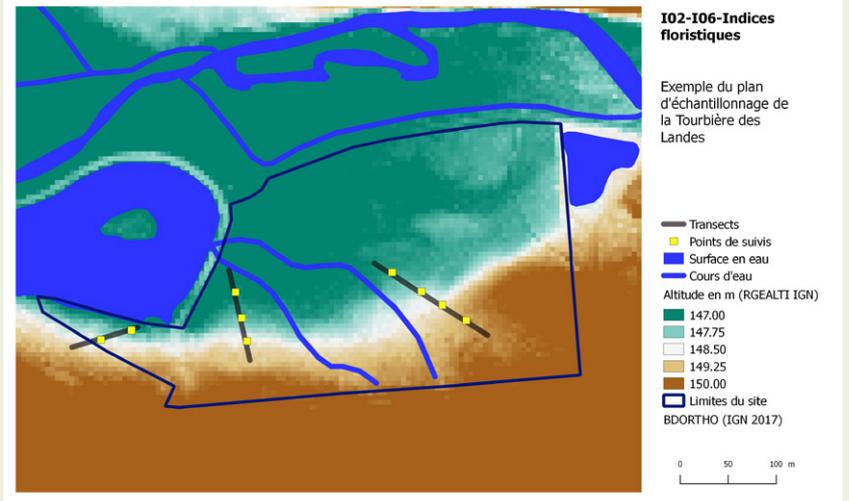


Figure 2 : carte de végétation (exemple de la Tourbière des Landes, Cher)





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.

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.

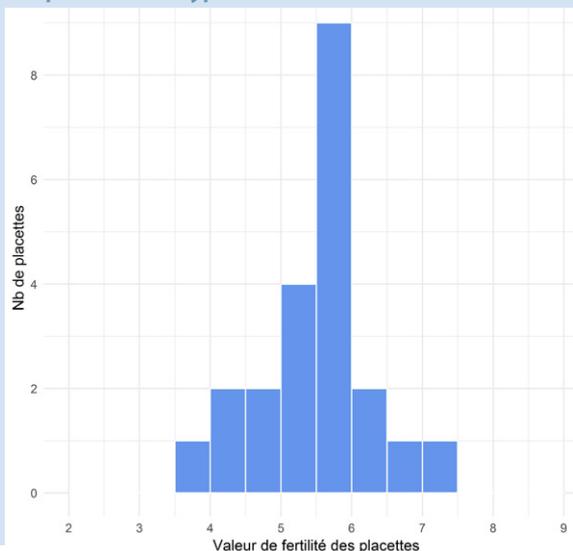
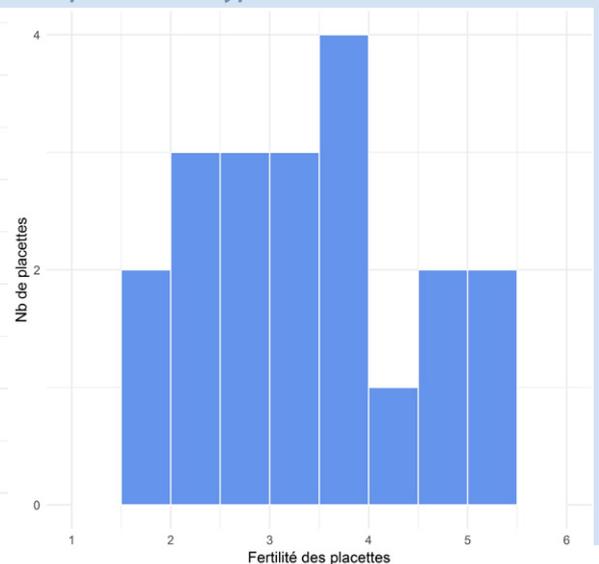


Figure 2 : valeur diagnostique de niveau de fertilité des placettes de type SDAGE 9 en 2017.

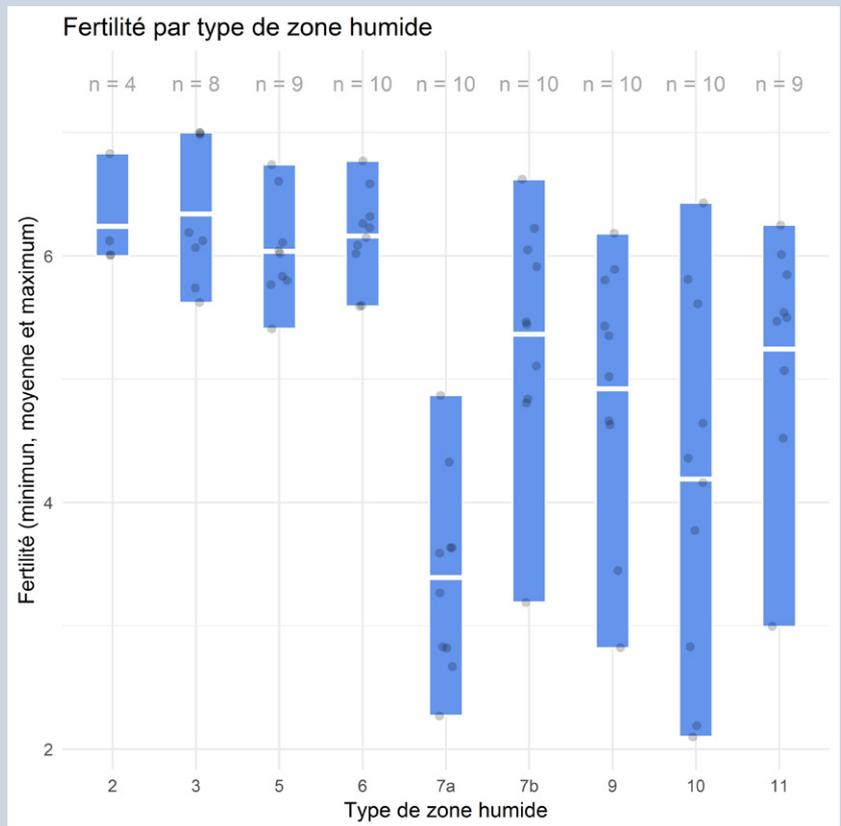


Clés d'interprétation de la note indicatrice

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.

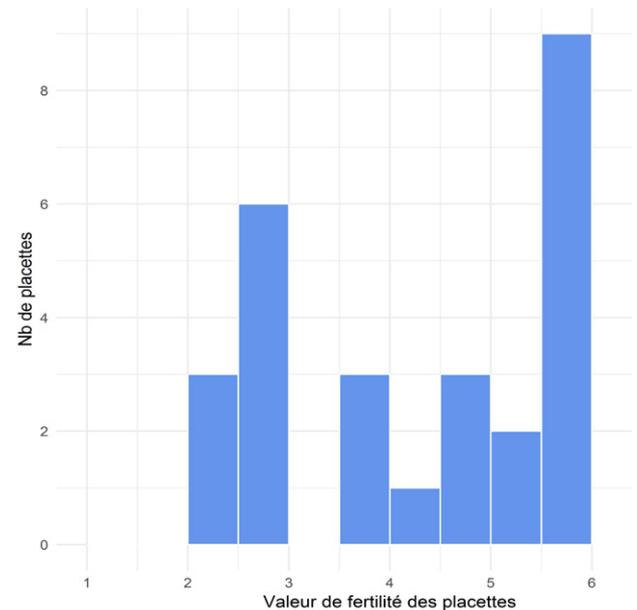


Figure 5 : représentation cartographique des valeurs diagnostiques de niveau de fertilité des placettes du site en 2017.



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 theorique et appliquee. Tome 2. Inference statistique a une et a deux dimensions.* De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

RAKOTOMALALA R., 2008. *Comparaisons de populations. test non parametriques. Version 1, telechargeable a l'adresse suivante : http://www.academia.edu/24661896/Comparaison_de_populations_Tests_non_parametriques_Universite_Lumiere_Lyon_2*

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

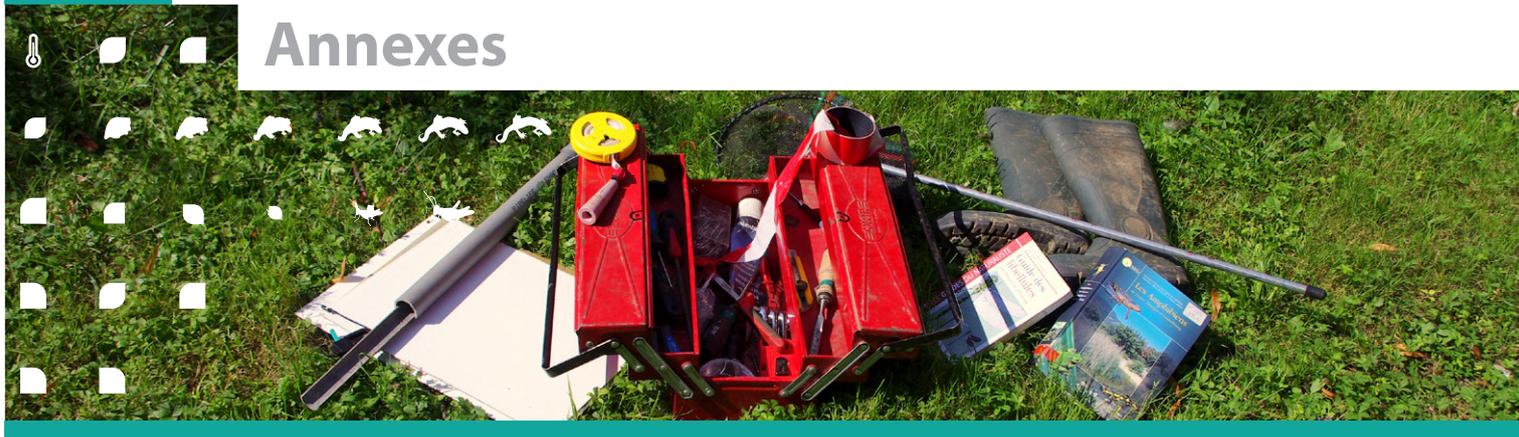
SOKALI, R.R. & ROHLF F.J., 2012. *Biometry : the principles and practice of statistics in biological research.* 4th edition, W. H. Freeman and Co. (eds.), New York. 937 p.

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

TOMASSONE R., DERVIN C, MASSON J.P.1993. *Biometrie. Modelisation de phenomenes biologiques.* Masson (ed.), Paris, 553 p.



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 _____

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 _____

Remarques diverses

1 - Situation terrain plat en pente forte
 N NW W SW S SE NE E

Espèce et sous-espèce	1 - Situation		2 - Exposition		Espèce et sous-espèce	Strate		Abond.
	terrain plat	en pente	N	NW		Cochez si	(A, a, sa)	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		récolte	(de + à s)	
01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
05	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
06	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
08	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
09	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Strate	Structure de la végétation	
	Recouvrement (%)	Hauteur (m)
arborée (A)		
arbustive (a)		
sous-arbustive (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
	<input type="checkbox"/> LA
	<input type="checkbox"/> FU
	<input type="checkbox"/> BFH
	<input type="checkbox"/> BCH

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 Fin

X = _____
 Y = _____

échelle : _____



Flore

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 nanophanérophytes 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>Rubio 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
	<i>Ericion tetralicis</i>	Pres
HM Haut-marais	<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>Arctostaphyion 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>Adenostyilion 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>Melampyron 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



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 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 :

$$\text{Khi deux} = \left(\frac{104}{97.8} + \frac{124}{120.5} + \dots + \frac{90}{96.2} + \dots + \frac{83}{73.4} \right) - 581 = 3.49$$

On calcule le V de Cramer comme :

$$V = \sqrt{\left[\frac{\text{Khi deux}}{((\text{effectif total}) * (\text{minimum}(\text{ligne}-1 ; \text{colonnes}-1)))} \right]}$$

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

Application au niveau de fertilité

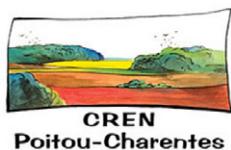
Exemple : site des Mièges (74) ; les données disponibles pour 2010 sont les données réelles, celles pour 2015 ont été obtenues en simulant une augmentation globale de 1 %.

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 %.

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.

