

## Pertinence et reproductibilité d'indicateurs rapides pour l'évaluation des fonctions des zones humides : comparaison avec des indicateurs basés sur des données plus approfondies issus du programme RhoMéo

Les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et biologiques des zones humides sont souvent mises en avant dans les politiques publiques de préservation des milieux naturels. Face à ce constat, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux demandent désormais la compensation des fonctions des zones humides en cas d'impact sur ces milieux par des aménagements. Afin de répondre à cette demande, une méthode d'évaluation rapide des fonctions des zones humides a été développée. Cet article présente la démarche de validation de la méthode dans les Alpes du Nord, où sa reproductibilité a été étudiée et ses résultats comparés avec des données plus approfondies issues du programme rhônalpin de suivi des zones humides.



En France, la destruction des milieux humides par un aménagement est soumise à autorisation. L'aménageur doit tout mettre en œuvre pour éviter l'impact ou à défaut le réduire du mieux possible. Tout impact résiduel doit être compensé par des opérations de restauration de zones

humides. De plus en plus souvent, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) préconisent de compenser non plus seulement les surfaces, mais également les fonctions des zones humides, c'est-à-dire les processus physiques, chimiques et biologiques réalisés par la zone humide. En effet, ces milieux peuvent avoir des fonctions importantes à l'échelle d'un bassin versant, qu'il s'agisse de fonctions hydrologiques (telles que l'écrêtement des crues), biogéochimiques (amélioration de la qualité de l'eau) ou « habitat » (l'accomplissement du cycle biologique des espèces est la seule sous-fonction dans la version de la méthode utilisée en 2015). Aucune méthode standardisée ne permettait à ce moment-là d'évaluer ces fonctions dans un délai adapté aux procédures d'autorisation ou d'encadrer les pratiques de compensation. Les projets de compensation reposent donc sur la seule expertise des bureaux

d'études qui les proposent et des services de l'État qui les évaluent, sans méthode de contrôle efficace et commune des opérations de restauration effectuées.

C'est dans ce contexte qu'une méthode d'évaluation des fonctions des zones humides (MEFZH) a été développée par le Muséum national d'histoire naturelle et ses partenaires (Irstea, Biotopie, Université Joseph Fourier, Université François Rabelais). Elle a pour vocation d'être appliquée sur les zones humides au sens de l'art. L. 211-1 CE, précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié. L'identification de la zone humide et sa délimitation sont donc des préalables indispensables à l'évaluation avec cette méthode.

Cette méthode a pour objectif d'évaluer l'intensité probable de trois grands types de fonctions des zones humides (hydrologie, biogéochimie, « habitat ») à l'aide d'une batterie d'indicateurs ne nécessitant pas d'être un expert en hydrologie, biogéochimie, écologie...

Les indicateurs sont proposés sur la base de connaissances scientifiques rattachant différentes caractéristiques des zones humides à des sous-fonctions telles que le ralentissement des ruissellements, la dénitrification, la connexion des habitats...

Sa mise en œuvre exige des compétences basiques en utilisation de système d'information géographique (SIG), écologie et pédologie. Les données mobilisées lors d'une évaluation sont présentes dans des référentiels nationaux (le plus souvent libres et gratuites, accessibles en ligne) et sont relevées grâce à des mesures de terrain ne nécessitant pas un matériel sophistiqué. Une demi-journée au bureau et une demi-journée sur le terrain sont nécessaires en moyenne pour un agent formé.

Cette nouvelle méthode fournit un diagnostic fonctionnel que l'on peut considérer comme une vue large et intégratrice du fonctionnement des zones humides. Le tableau 1 présente quelques exemples de données récoltées, d'indicateurs calculés sur la base de ces données et de sous-fonctions et fonctions associées à ces indicateurs.

Les fonctions réalisées par une zone humide dépendent de ses caractéristiques propres, mais aussi du contexte environnemental dans lequel elle s'insère. Ce dernier

conditionne par exemple la concentration en nutriments dans les eaux reçues par le site, mais aussi son intégration dans une trame paysagère plus ou moins favorable à la circulation des espèces, sa proximité avec des habitats similaires... C'est pourquoi une partie des indicateurs est mesurée sur le site lui-même (c'est-à-dire la zone humide impactée par un aménagement ou qui fera l'objet de mesures de restauration dans le cadre de la compensation), et une partie est mesurée dans l'environnement du site, c'est-à-dire dans son paysage (1 km autour du périmètre du site), sa zone contributive (l'ensemble du territoire d'où proviennent vraisemblablement les écoulements d'eau qui alimentent le site) et d'une zone tampon (50 m autour du périmètre du site, inclus dans la zone contributive) (figure 1).

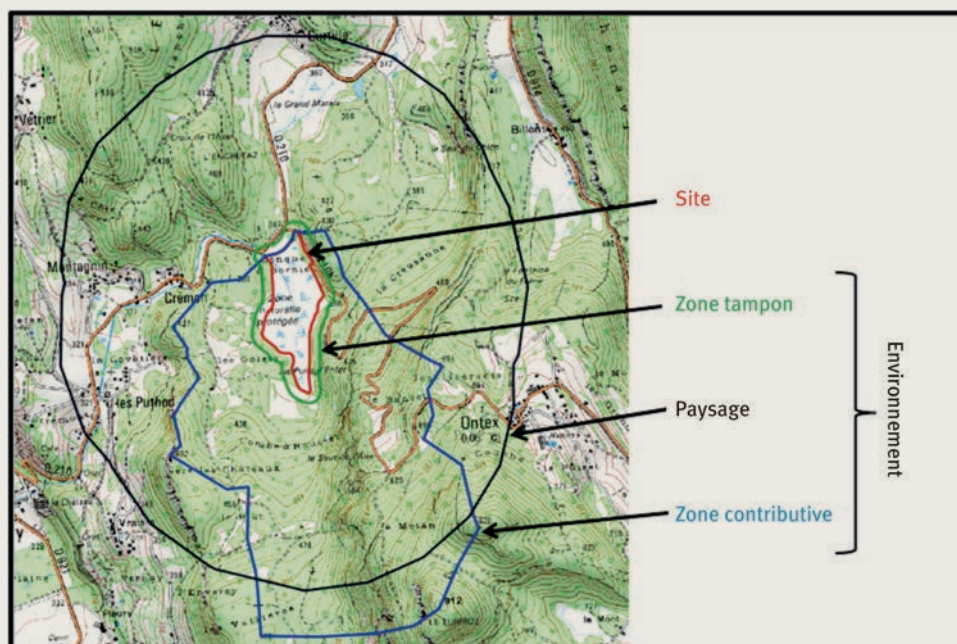
Durant une démarche de validation de la méthode MEZFH pour le département de l'Isère, nous avons vérifié que les résultats obtenus étaient bien reproductibles (deux observateurs obtiennent des valeurs similaires pour

**1 Exemples d'indicateurs calculés sur la base de relevés réalisés par l'observateur qui applique la méthode et exemple de sous-fonctions et fonctions associées à l'indicateur.**

Données récoltées (SIG ou terrain)	Proportion du site occupée par des ravines non végétalisées	Nombre total d'habitats EUNIS* niveau 2 recensés dans le site	pH du sol dans plusieurs carottes pédologiques réalisées dans le site
Indicateur calculé	Intégrité du site au ravinement	Richesse des habitats dans le site	Acidité du sol
Sous-fonction associée	- Rétention des ruissellements - Rétention des sédiments	Accomplissement du cycle biologique des espèces	Rétention et transformation du phosphore
Fonction	Hydrologie	Habitat	Biogéochimie

\* EUNIS : European Nature Information System

**1 Les différentes zones considérées par la méthode d'évaluation : le site, le paysage, la zone contributive et la zone tampon. Le paysage, la zone contributive et la zone tampon sont regroupés sous le terme « environnement » par la suite.**



► un même site à un instant  $t$  sans se consulter), puis que les indicateurs rapides utilisés donnaient des résultats cohérents avec des indicateurs basés sur des données plus approfondies issues du programme de suivi des zones humides RhoMéo. Nous avons évalué pour cela cinquante-six sites.

### Reproductibilité de la méthode MEFZH

La reproductibilité de la méthode a été évaluée sur dix sites. Les mesures initiales (SIG et terrain) ont été réalisées séparément par deux utilisateurs (stages de fin d'étude Master et ingénieur dans le domaine de l'écologie), sans concertation. À partir de ces mesures initiales, une valeur brute comprise entre 0 et 1 a été calculée pour chaque indicateur, ainsi qu'une classe (trois à cinq classes par indicateur). Nous avons réalisé des tests statistiques (test de Student et Wilcoxon) pour détecter une éventuelle différence significative entre utilisateurs pour les mesures initiales (SIG et terrain) et les valeurs brutes des indicateurs. Enfin, nous avons vérifié si les différences de valeur brute pouvaient se traduire par un changement de classe pour un indicateur donné.

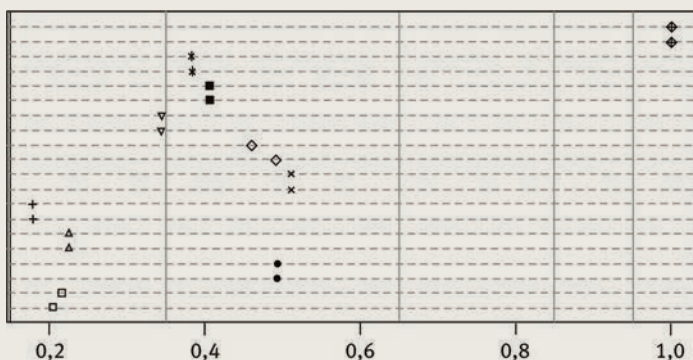
Sur quarante et un indicateurs, trois posaient des problèmes de reproductibilité importants (figure 2). Il s'agit des indicateurs « proximité avec des habitats similaires », « texture du sol », et « longueur de haie dans le paysage ». Le premier nécessite de repérer sur le site et dans le paysage les habitats similaires (sur la base d'une orthophoto). Le second nécessite, toujours à partir d'orthophotos, de vectoriser les haies sur SIG. Le dernier suppose de réaliser correctement les tests de texture. Pour ces trois indicateurs, les différences de mesures initiales se traduisent par un changement de classe de l'indicateur pour la moitié ou plus de sites, avec parfois un écart de plusieurs classes. Pour les trente-huit autres indicateurs, aucune différence significative n'a été relevée.

### Validation d'indicateurs MEFZH avec les indicateurs RhoMéo

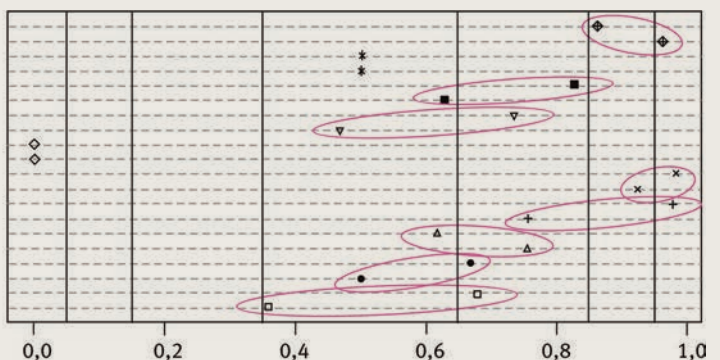
Parmi les sites évalués à l'aide de la MEFZH, dix-neuf étaient suivis dans le cadre du programme RhoMéo. Ce programme, mis en place en Rhône-Alpes, a pour objectif le suivi dans le temps de zones humides, contrairement à la MEFZH qui évalue les fonctions d'une zone humide à un instant  $t$ . Il comporte treize indicateurs, associés à trois fonctions (hydrologie, biogéochimie, habitat). Les objectifs des deux programmes étant différents, il n'existe pas toujours de correspondance entre les indicateurs RhoMéo et les indicateurs de la MEFZH. Par exemple, l'indicateur « intégrité du peuplement d'odonates » dans RhoMéo n'a pas de correspondance dans la méthode MEFZH. Les quarante et un indicateurs de la MEFZH n'ont donc pas pu être testés. Nous avons finalement retenu dix indicateurs de la MEFZH pour lesquels une comparaison avec six indicateurs RhoMéo était possible (plusieurs indicateurs MEFZH pouvant être comparés à un même indicateur RhoMéo). Quatre indicateurs RhoMéo retenus pouvaient être comparés à des indicateurs de la MEFZH associés à la fonction « habitat », un indicateur RhoMéo (humidité du sol) pouvait être comparé à un indicateur MEFZH associé à la fonction « hydrologie » et enfin un indicateur RhoMéo (acidité du sol) a pu être comparé à deux indicateurs MEFZH associés aux fonctions biogéochimiques. Les coefficients de Pearson et Spearman ont été calculés pour établir si des corrélations significatives, linéaires ou non, existaient entre les indicateurs des deux méthodes.

Les indicateurs testés et leur degré de corrélation sont présentés dans le tableau 2. Nous avons pu valider un indicateur MEFZH relatif aux fonctions biogéochimiques : l'indicateur d'acidité du sol qui est corrélé à un indicateur RhoMéo de fertilité des sols. En effet, l'acidité impacte la disponibilité de certains ions dans

- 2 Valeurs brutes obtenues par deux observateurs pour deux indicateurs sur dix sites différents (a. Petites infrastructures de transport ; b. Proximité avec des habitats). Chaque symbole représente un site et les deux valeurs attribuées par deux observateurs différents. Les barres verticales représentent les seuils des classes au sein de l'indicateur (deux valeurs brutes légèrement différentes peuvent aboutir à l'affectation d'une même classe pour un site). Les cercles rouges indiquent que la différence d'estimation d'un indicateur par les observateurs a abouti à un changement de classe de cet indicateur pour un site donné.



a. Petites infrastructures de transport dans le paysage



b. Proximité avec des habitats similaires dans le paysage



❶ La Directive cadre européenne sur l'eau prévoit que tout projet d'aménagement impactant un milieu humide doit faire l'objet d'une évaluation et éventuellement d'une compensation.

© M.-P. Maleyran Raymond (Iristea)

le sol, ce qui influe sur la fertilité du sol (Ranger *et al.*, 2000). Nous avons également pu valider des indicateurs relatifs à l'anthropisation du site (les infrastructures de transport et les cultures dans le paysage). À l'inverse, les indicateurs relatifs à l'habitat tels que la richesse et la diversité des habitats EUNIS niveau 2 sur le site ne sont pas corrélés significativement aux indicateurs RhoMéo correspondants.

Par ailleurs, nous avons pu mettre en évidence une corrélation de l'indicateur RhoMéo d'intégrité du peuplement des amphibiens avec deux indicateurs MEZFH (corrélation positive avec « proximité avec des habitats similaires dans le paysage », corrélation négative avec « petites infrastructures de transport dans le paysage »). Ces deux indicateurs MEZFH sont des indicateurs de fragmentation du paysage (pour les infrastructures de transport) ou au contraire de continuité écologique (pour la proximité avec des habitats similaires) entre les habitats du site et ceux du paysage. Or la fragmentation du paysage est défavorable aux populations d'amphibiens (Decout *et al.*, 2010). Ces corrélations tendent à montrer que les indicateurs de connectivité de MEZFH sont pertinents, au moins pour les populations d'amphibiens.

❷ Corrélation d'indicateurs MEZFH avec des indicateurs RhoMéo. Deux étoiles témoignent d'une p-value (p) inférieure à 1%, une étoile pour celles inférieures à 5%. Les valeurs significatives sont en gras. La fonction à laquelle l'indicateur se rattache est indiquée au-dessus des colonnes. Le coefficient (r) indiqué est celui de Pearson.

	Hydrologie	Biogéochimie	Habitat			
	I01 – Niveau d'humidité du sol	I06 – Indice floristique de fertilité du sol	08 – Indice de qualité floristique	I11 – Intégrité du peuplement d'amphibiens	I12 – Pression d'artificialisation	I13 – Pression de pratiques agricoles
<b>Dans le site</b>						
Acidité du sol		<b>p = 0,007**</b> <b>r = 0,611</b>				
Traces d'hydromorphie dans le sol	p = 0,113 r = 0,443					
Matière organique dans le sol du site		p = 0,371 r = 0,224				
Richesse des habitats EUNIS 2			p = 0,935 r = 0,021			
Diversité des habitats EUNIS 2			p = 0,671 r = 0,108			
<b>Dans l'environnement du site</b>						
Grandes infrastructures de transport dans le paysage				p = 0,103 r = 0,454	<b>p = 0,004**</b> <b>r = 0,640</b>	
Petites infrastructures de transport dans le paysage				<b>p = 0,014*</b> <b>r = - 0,636</b>	<b>p = 0,0007 **</b> <b>r = - 0,636</b>	
Milieus agricoles cultivés						<b>p = 0,0004**</b> <b>r = 0,738</b>
Proximité avec des habitats similaires				<b>p = 0,045 *</b> <b>r = 0,542</b>		
Zones bâties dans la zone contributive					p = 0,168 r = 0,340	

► Enfin, l'indicateur MEFZH d'hydromorphie relatif aux fonctions hydrologiques n'a pu être corrélé à l'indicateur RhoMéo relatif à ces mêmes fonctions. Il s'agit pourtant dans les deux cas d'indicateurs calculés à partir des traces d'hydromorphie visibles dans le sol du site : la différence des méthodes de calcul de ces indicateurs peut en être la cause.

### Conclusion

Nous avons pu établir que la méthode MEFZH était bien reproductible pour trente-huit indicateurs sur quarante et un. Les trois qui posaient problème (proximité avec des habitats similaires, texture du sol, longueur de haie dans le paysage) ont été signalés. Ces indicateurs ont été conservés mais le mode d'acquisition de ces indicateurs a été modifié dans la version définitive de la méthode. Si elle a permis de retravailler les indicateurs les plus problématiques du point de vue de la reproductibilité, une limite de notre approche reste le faible nombre de sites évalués par des utilisateurs différents.

La comparaison d'indicateurs issus du programme de suivi des zones humides RhoMéo et d'indicateurs MEFZH a aussi permis de valider un indicateur associé à la fonction biogéochimie, deux indicateurs d'artificialisation du site et de son paysage et de mettre en évidence l'intérêt de certains indicateurs MEFZH pour la fragmentation du paysage. Ce test a également permis d'écarter deux indicateurs MEFZH (richesse et diversité des habitats) associés à la fonction « habitat » qui n'étaient pas suffisamment précis pour rendre compte de la capacité du site à servir d'habitat à de nombreuses espèces typiques des milieux humides. Ces indicateurs ont été modifiés dans la version définitive de la méthode. Ainsi ces deux indicateurs s'appuyaient sur une description grossière des habitats (EUNIS niveau 2) dans la version de la MEFZH utilisée pour cet article. Dans la version définitive de la méthode, l'observateur devra aller au

niveau 3 de la classification EUNIS. La pertinence de ce niveau de précision n'a pas pu être validée dans le cadre de cette étude, c'est l'une des perspectives des prochaines études.

La version finale de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides publiée en juin 2016 tient compte des résultats obtenus en Isère, et sur les deux cent vingt-sept sites où la méthode a été testée en 2015 dans toute la France. Elle sera amenée à être encore améliorée au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances (développement futur plus particulier, sur certains groupes taxonomiques par exemple). La réalisation de mesures approfondies de processus biogéochimiques et hydrologiques sur un réseau de zones humides équipées permettrait de valider par des données de terrain les indicateurs de la méthode rapide obtenus sur la base de la bibliographie. Enfin, l'utilisation en routine de la méthode par les agents des bureaux d'études et de l'État (Onema, direction départementale des territoires...) permettra de la rendre de plus en plus opérationnelle. ■

### Les auteurs

**Delphine JAYMOND, Kira BUELHOFF  
et Stéphanie GAUCHERAND**

Université Grenoble Alpes, Irstea,  
UR EMGR, Centre de Grenoble,  
F-38402 St-Martin-d'Hères, France.

✉ [delphine.jaymond@gmail.com](mailto:delphine.jaymond@gmail.com)  
✉ [kira.buelhoff@gmail.com](mailto:kira.buelhoff@gmail.com)  
✉ [stephanie.gaucherand@irstea.fr](mailto:stephanie.gaucherand@irstea.fr)

**Guillaume GAYET**

Museum national d'histoire naturelle  
Service du Patrimoine Naturel  
4 avenue du Petit Château F-91800 Brunoy, France  
✉ [ggayet@mnhn.fr](mailto:ggayet@mnhn.fr)

### Remerciements

Nous remercions l'ensemble des personnes impliquées dans le développement de cette méthode pour leur aide au cours des travaux pour cet article. Nous remercions l'Onema et le département de l'Isère pour avoir financé ces travaux. Nous remercions tous ceux qui nous accompagnés sur le terrain et qui ont répondu à nos questions.

### EN SAVOIR PLUS...

📖 GAYET, G., BAPTIST, F., BARAILLE, L., CAESSTEKER, P., CLEMENT, J.-C., GAILLARD, J., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., POINSOT, C., QUETIER, F., TOUROULT, J., BARNAUD, G., 2016, *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.1.0.*, Onema, collection Guides et protocoles, 186 p.

📖 LE PROGRAMME RHOMÉO, <http://rhomeo-bao.fr/?q=programme>

📖 RANGER, J., BADEAU, V., DAMBRINE, E., DUPOUEY, J.-L., NYS, C., PARTY, J.-P., TURPAULT, M.-P., ULRICH, E., 2000, Évolution constatée des sols forestiers au cours des dernières décennies, *Revue forestière*, Numéro spécial 52, p. 49-70.

📖 DECOUT S., MANEL S., MIAUD C., LUQUE S., 2010, Connectivity and landscape patterns in human dominated landscape: a case study with the common frog *Rana temporaria*, in : *LandMod 2010: International Conference on Integrative Landscape Modelling*, Montpellier, France, 13 p.



*Les fonctions d'une zone humide dépendent de ses caractéristiques propres, mais aussi du contexte environnemental dans lequel elle s'insère. Ici, zone humide en montagne.*