

Une méthode nationale pour évaluer les fonctions des zones humides dans le cadre de la compensation écologique des impacts

Mieux comprendre les fonctions des zones humides permet aux techniciens et gestionnaires une meilleure mise en œuvre de la séquence éviter-réduire-compenser sur ces zones. Cet article présente la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides qui constitue une avancée opérationnelle pour évaluer la compensation écologique des impacts sur les fonctions des zones humides. Simple à mettre en œuvre, articulée avec les principes de la compensation écologique édictés dans le Code de l'environnement, basée sur des connaissances scientifiques, elle fournit aux bureaux d'études, maîtres d'ouvrage, services de l'État, services instructeurs... des éléments partagés pour évaluer les fonctions des zones humides et le résultat des mesures de compensation écologique.

L'évaluation des mesures de compensation écologique : un défi d'actualité

Les zones humides accomplissent une grande diversité de fonctions (processus physiques, chimiques et biologiques) indispensables au maintien du bon état de la ressource en eau et de la biodiversité. La prise de conscience par la société des effets néfastes liés au déclin des zones humides a abouti à une réglementation limitant les impacts sur ces écosystèmes et favorisant la restauration de ceux dégradés. L'application de la séquence « Éviter, Réduire, Compenser » (ERC) est inscrite dans le droit français. Elle impose dans le cadre des études d'impact ou d'incidence, l'évitement, la réduction et la compensation des impacts d'un projet d'aménagement. Ainsi, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2021 réaffirment que les projets d'installations, ouvrages, travaux ou activités (IOTA) détériorant les zones humides doivent être accompagnés, après évitement et réduction des impacts, de mesures compensatoires restaurant, réhabilitant ou créant des zones humides équivalentes d'un point de vue fonctionnel. Ils reconnaissent ainsi le rôle crucial des zones humides pour atteindre ou maintenir le bon état des masses d'eau.

Les principes pour mettre en œuvre des mesures compensatoires sont énoncés dans la doctrine nationale (2012), les lignes directrices publiées par le Commissariat général au développement durable et la Direction de l'eau et de la biodiversité (2013) et la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016. L'application efficace de ces principes édictés dans le Code de l'environnement constitue un défi d'actualité au niveau technique, scientifique, juridique, sociétal et économique. Sur les zones humides, l'application de cette réglementation requiert une méthode robuste d'évaluation des fonctions.

Une méthode pour évaluer l'adéquation des mesures de compensation écologique

Des méthodes d'évaluation des fonctions ont été développées essentiellement en Amérique du Nord pour vérifier l'adéquation des mesures de compensation écologiques au regard de la perte engendrée par les projets d'aménagement. Le postulat de nombreuses méthodes est que l'ampleur des fonctions décroît avec l'intensité des perturbations anthropiques, assignant souvent des scores ou des classes d'importance d'autant plus faibles



❶ L'évaluation des mesures de compensation écologique : un défi d'actualité.

que l'état de la zone humide est éloigné de celui de zones humides de référence (non altérées ou les plus naturelles possible). Les références à des écosystèmes non perturbés par l'Homme sont pertinentes en Amérique du Nord, mais pas en Europe où ces écosystèmes sont rares voire inexistantes. Les références utilisées en Europe concernent plutôt des éléments précis de fonctions, de biodiversité et de services visés... Des tests ont par ailleurs confirmé que ces méthodes américaines ne peuvent pas être transposées en Europe sans modifications majeures (Gaucherand *et al.*, 2015).

Une méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides continentales a donc été développée en phase avec le contexte réglementaire et écologique européen. Elle s'applique en France métropolitaine sur les zones humides au sens de l'article L.211-1 du Code de l'environnement précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié. Le lit mineur des cours d'eau, les zones inondées des étendues d'eau stagnantes, les milieux littoraux saumâtres ou salés sont exclus du champ d'application actuel. La méthode évalue l'intensité de dix fonctions hydrologiques, biogéochimiques ou en rapport avec l'accomplissement du cycle biologique des espèces. La méthode répond à la question suivante : les pertes fonctionnelles sur le site impacté sont-elles compensées par les gains fonctionnels sur le site de compensation après la mise en œuvre des mesures compensatoires ?

La méthode a été élaborée sur la base d'aller-retours entre une équipe scientifique pluridisciplinaire et des acteurs techniques (bureaux d'étude, services de l'État, établissements publics) avec deux prototypes testés sur

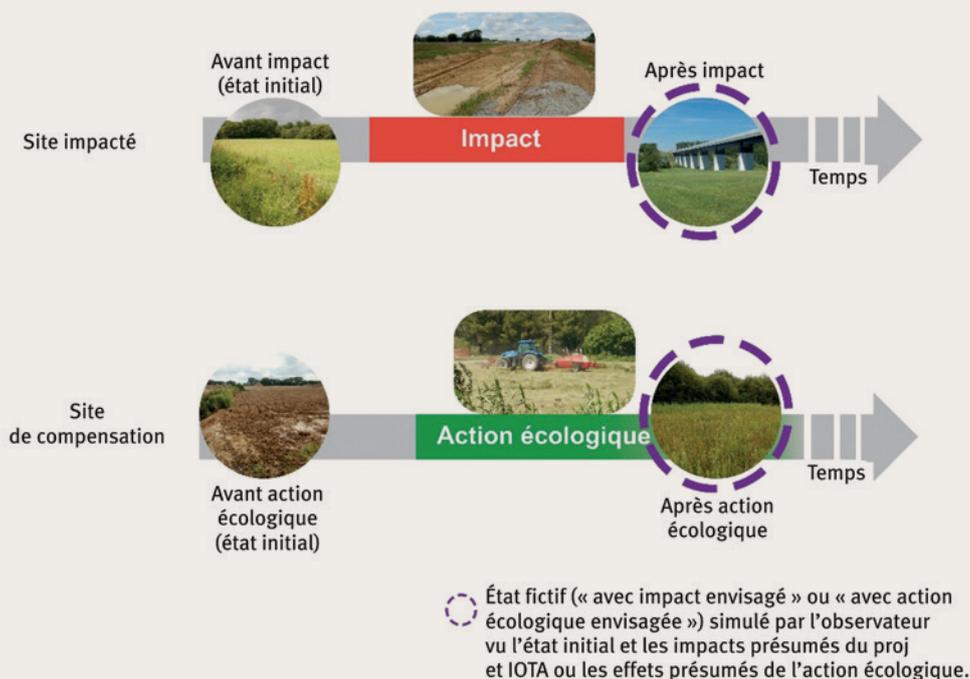
deux-cent-vingt sites à l'échelle nationale. Un compromis a donc été recherché entre rigueur scientifique et contraintes pratiques des acteurs techniques (photo ❶). Les utilisateurs de la méthode doivent avoir des connaissances élémentaires en écologie, en pédologie et en systèmes d'informations géographiques et disposer d'au moins une demi-journée pour évaluer un site d'une superficie inférieure ou égale à cinq hectares. La méthode, articulée avec la doctrine ERC, est utilisable en toutes saisons (sauf phénomènes extrêmes comme la sécheresse).

Une synthèse de la littérature scientifique présente les bases de la méthode : relation entre l'intensité des fonctions, des paramètres mesurables et les limites de cette relation (voir section V.1.4. dans Gayet *et al.*, 2016a). Les paramètres retenus ont été sélectionnés de sorte que leur mesure soit la plus reproductible possible (Jaymond *et al.*, 2016). Le résultat permet une compréhension intégrée du fonctionnement des zones humides et peut facilement être mis en relation avec les mesures *in situ*.

Déclinaison de l'état des sites durant la compensation

Démontrer l'absence de perte fonctionnelle nette après la réalisation des mesures de compensation écologique requiert d'évaluer l'équivalence entre les pertes fonctionnelles sur le site impacté et les gains fonctionnels sur le site de compensation. Le site faisant l'objet d'un projet IOTA est appelé « site impacté ». Le site faisant l'objet d'actions écologiques au titre de mesures de compensation est appelé « site de compensation » (figure ❶).

1 Déclinaison de l'état du site impacté et du site de compensation au cours de la séquence ERC.



Le site impacté et le site de compensation sont-ils comparables ?

La méthode est articulée en deux parties interdépendantes : le diagnostic de contexte et le diagnostic fonctionnel.

Le diagnostic de contexte de chaque site permet de vérifier le respect des principes d'équivalence et de proximité géographique édictés dans le Code de l'environnement. En pratique, le diagnostic de contexte consiste à déterminer pour chaque site :

- l'appartenance à une masse d'eau de surface ;
- les pressions anthropiques dans sa zone contributive ;
- la composition et la structure des habitats dans son paysage ;
- son système hydrogéomorphologique (par exemple : plateau, alluvial) ;
- la composition et la structure de ses habitats.

Les diagnostics de contexte du site impacté avant impact, et du site de compensation après action écologique, doivent impérativement être similaires pour respecter les principes énoncés ci-avant. Une exception concerne les habitats dans le site impacté avant impact quand ils sont très artificiels (généralement très faible ampleur des fonctions, par exemple : monocultures intensives) ; alors, il n'est pas requis d'observer des habitats similaires dans le site de compensation après action écologique.

Une fois vérifiée la similarité des diagnostics de contexte des deux sites, l'étape suivante consiste à analyser leurs diagnostics fonctionnels.

Comment évaluer l'équivalence entre pertes et gains fonctionnels ?

Le diagnostic fonctionnel des sites permet de vérifier que les principes d'efficacité, d'équivalence et d'additionnalité écologique édictés dans le Code de l'environnement sont respectés.

Un éventail d'indicateurs pour évaluer les fonctions

En général, toutes les fonctions altérées par un aménagement ne peuvent pas être compensées par les mesures de compensation. La conclusion sur l'acceptabilité ou non d'un projet de compensation se fait donc souvent selon les objectifs assignés aux mesures de compensation par les parties prenantes (vu les enjeux sur le territoire concerné). La méthode rend transparents les choix réalisés et les résultats observés.

Vu les enseignements issus des méthodes américaines, aucun score synthétique ou classe d'importance n'est utilisé ici pour refléter l'ampleur des fonctions. En effet, ces derniers pondèrent et agrègent souvent des indicateurs arbitrairement, faute de bases scientifiques pour rationaliser la démarche. Le lien avec les mesures *in situ* est souvent perdu, rendant difficile leur utilisation pour élaborer une stratégie efficace. Le résultat obtenu avec cette méthode comprend plutôt un éventail d'indicateurs sélectionnés sur la base de la littérature scientifique (voir section V.1.4. dans Gayet *et al.*, 2016a). Ils constituent donc des proxys permettant d'évaluer les fonctions.

Par exemple la fonction de dénitrification dépend de facteurs importants comme l'apport azoté, l'hydromorphie,

la texture du sol, la concentration en composés carbonés facilement métabolisables par les microorganismes, la température, le temps de rétention de l'eau dans la zone humide... L'intensité de la dénitrification est évaluée grâce à des paramètres comme :

- l'occupation du sol dans la zone contributive du site (flux potentiels de nitrates provenant des zones anthropisées en amont) ;
- la texture du sol (évaluée par une analyse pédologique sommaire) ;
- l'épaisseur de l'épisolum humifère, source d'énergie facilement métabolisable par les bactéries responsables de la dénitrification ;
- les caractéristiques des systèmes de drainage (par exemple: densité de fossés en m/ha) ;
- la rugosité du couvert végétal en milieu alluvial...

Chaque paramètre fait l'objet d'une mesure sur le terrain et/ou sur système d'information géographique (SIG). La mesure sur le paramètre renseigne ensuite un indicateur, dont la valeur relative [0 – 1] indique l'intensité relative de la fonction au regard du paramètre. La valeur absolue de l'indicateur [0 – +∞] est obtenue en multipliant cette valeur relative par la superficie du site. La valeur absolue permet de tenir compte de l'étendue spatiale où la fonction s'exprime et donc *in fine* de comparer des sites de superficie différente.

Les paramètres relevés sur le couvert végétal, les systèmes de drainage, l'érosion, le sol et les habitats permettent d'évaluer les dix fonctions retenues dans la méthode (figure 2). Ils renseignent trente-deux indicateurs étalonnés selon :

- des règles documentées (voir section V.1.3. dans Gayet *et al.*, 2016a) ;

- et avec les mesures relevées sur les deux-cent-vingt sites tests (exemple : exclusion des mesures exceptionnellement hautes sur un paramètre).

L'analyse de l'évolution de la valeur absolue des indicateurs relatifs à une fonction permet d'évaluer l'intensité de la dite fonction et son devenir selon l'impact et/ou les mesures compensatoires.

L'évaluation de la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle

L'application de la méthode sur le site impacté et le site de compensation aboutit à une évaluation de la perte et du gain fonctionnel pour chaque indicateur (estimation en valeur absolue).

L'analyse de l'équivalence fonctionnelle exige l'intégration d'un ratio d'équivalence fonctionnelle qui tient compte de notions clés dans le domaine de la restauration écologique : incertitude du résultat prévu, délai pour obtenir les gains escomptés, durabilité des gains, trajectoire écologique, imprécision des évaluations... Ce ratio représente le rapport entre le gain fonctionnel et la perte fonctionnelle à dépasser pour conclure sur la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle. Par exemple, un ratio de 2/1 signifie que le gain fonctionnel sur le site de compensation doit être au moins deux fois plus important que la perte fonctionnelle sur le site impacté pour conclure qu'une équivalence fonctionnelle est vraisemblable. La méthode prévoit que les parties prenantes intervenant dans la mise en œuvre de la séquence ERC donnent une valeur au ratio au cas par cas, pour l'ensemble des fonctions d'un projet, avec pour bases la littérature scientifique et les retours d'expérience dans le domaine de la restauration écologique. En pratique,

2 Composants structurels sur lesquels les indicateurs sont relevés pour l'évaluation des fonctions retenues dans la méthode. Les cercles pleins indiquent les fonctions renseignées (voir Gayet *et al.* 2016b pour plus d'information).



⑤ Représentation schématique d'un cas de compensation en zones humides et des conclusions sur les pertes, les gains fonctionnels et l'équivalence fonctionnelle vu la valeur absolue de cinq indicateurs (valeur absolue de l'indicateur = valeur relative de l'indicateur x la superficie du site).

	Site impacté		Perte fonctionnelle	Site de compensation		Gain fonctionnel	Vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle pour un ratio de 1/1
	Avant impact	Après impact		Avant action écologique	Après action écologique		
Végétalisation du site	10	4	Oui	0	10	Oui	Oui
Rareté des fossés	8	3,2	Oui	3,5	8,5	Oui	Oui
Rareté du ravinement	10	4	Oui	10	10	Non	Non
Matière organique incorporée en surface	4	1,6	Oui	2	2,5	Oui	Non
Richesse des habitats	3,33	0,67	Oui	1,67	3,33	Oui	Non

► une équivalence fonctionnelle est vraisemblable au vu d'un indicateur si la hausse de sa valeur absolue sur le site de compensation après action écologique (gain fonctionnel) est supérieure ou égale à la baisse de sa valeur absolue sur le site impacté après impact (perte fonctionnelle) multiplié par le ratio d'équivalence fonctionnelle (figure ⑤).

L'ensemble des indicateurs constitue un tableau de bord qui permet :

- d'évaluer l'effet des mesures de compensation, indicateur par indicateur, fonction par fonction ;
- de conclure sur la probable obtention ou non de l'équivalence fonctionnelle et sur l'acceptabilité du projet.

Ce mode de restitution s'apparente à l'approche très utilisée en sciences de l'environnement et basée sur le poids des preuves (*weight of evidence approach*). Ici chaque indicateur constitue une ligne de preuve (*line of evidence*) qui permet de conclure si l'équivalence fonctionnelle est atteinte (à mettre en perspective avec les objectifs assignés par les parties prenantes).

Documents pour l'évaluation

La méthode repose sur un document qui présente ses fondements théoriques, scientifiques et techniques (Gayet *et al.*, 2016a). La démarche pour concevoir chaque indicateur y est détaillée : étalonnage selon des mesures sur les sites tests des prototypes de méthode (transparence du contenu de chaque indicateur), brève revue bibliographique sur la relation entre chaque paramètre mesuré dans une zone humide et l'intensité d'une fonction (bases scientifiques de la méthode).

L'utilisation de la méthode se fait *via* une notice (Gayet *et al.*, 2016b) et un tableur. La notice est rédigée de telle sorte que l'observateur répond à une liste de questions avec des indications très précises (optimisation de la reproductibilité des mesures).

Limites et perspectives

Cette méthode n'évalue pas les fonctions effectives mais celles vraisemblablement réalisées au regard des caractéristiques des écosystèmes étudiés. Elle n'évalue pas les services et valeurs (bénéfices et dommages pour la société), ni l'état de conservation (dégradation de la biodiversité au regard de standards écologiques, sociétaux et politiques), ni les aspects relatifs aux espèces protégées (Gayet *et al.*, 2016b pour plus de détails sur les limites).

Cette méthode évoluera et s'enrichira de retours critiques, avancées scientifiques et opérationnelles (par exemple : paramètres pour évaluer les fonctions, étalonnage des indicateurs). Dans le futur, son champ d'application s'élargira : inclusion d'autres fonctions, des zones humides du littoral métropolitain et d'autres principes régissant la compensation écologique).

Conclusion

La méthode nationale des fonctions des zones humides est un pas en avant pour mettre en évidence les fonctions des écosystèmes et partager un vocabulaire et des concepts dans ce champ relativement nouveau de l'ingénierie écologique. Robuste scientifiquement, simple à mettre en œuvre et avec une vocation résolument opérationnelle, elle est à la fois en adéquation avec la réglementation et avec les moyens le plus souvent disponibles pour les bureaux d'études, services de l'État, établissements publics. Elle répond clairement aux attentes de parties prenantes jusque-là dépourvues de méthode partagée à l'échelle nationale et permet d'éviter la mise en application de méthodes peu ou pas objectivées. Elle permet donc une meilleure prise en compte des fonctions des zones humides dans toute stratégie d'intervention. ■



© G. Gayet (MNHN)

Les zones humides accomplissent une grande diversité de fonctions indispensables au maintien du bon état de la ressource en eau et de la biodiversité.

Les auteurs

Guillaume GAYET, Julien TOUROULT et Geneviève BARNAUD

Muséum National d'Histoire Naturelle,
Service du Patrimoine Naturel,
Maison Buffon, CP 41,
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire,
F-75231 Paris Cedex 05, France.

✉ ggayet@mnhn.fr

✉ tourolt@mnhn.fr

✉ barnaud@mnhn.fr

Florence BAPTIST

Biotope, Agence Languedoc-Roussillon,
22 Boulevard Maréchal Foch, BP 58,
F-34140 Meze, France.

✉ fbaptist@biotope.fr

Pierre CAESSTEKER

Agence française pour la biodiversité,
Le Nadar, Hall C, 5 square Félix Nadar,
F-94300 Vincennes, France.

✉ pierre.caesstecker@afbiodiversite.fr

Jean-Christophe CLEMENT

CARRTEL, UMR 0042, INRA-Université Savoie
Mont Blanc, UFR SceM/ Bât. Belledonne,
Campus Universitaire,
F-73376 Le Bourget du Lac, France.

✉ jean-christophe.clement@univ-savoie.fr

Stéphanie GAUCHERAND

Université Grenoble-Alpes, Irstea,
UR EMGR, Écosystèmes montagnards,
BP 76, F-38402 Saint-Martin-d'Hères, France.

✉ stephanie.gaucherand@irstea.fr

Francis ISSELIN-NONDEDEU

École Polytechnique de l'Université François Rabelais,
Département d'Aménagement et d'Environnement,
UMR 7324, CNRS CITERES,
Equipe IPA-PE Paysages et Environnement,
33-35 allée Ferdinand de Lesseps, Bureau 217,
F-37200 Tours, France.

✉ francis.isselin@univ-tours.fr

Remerciements

Merci à l'Onema et au Département de l'Isère pour avoir financé ce projet. Nous remercions Adèle Veerabadren (Direction de l'Eau et de la Biodiversité) et Christel Fiorina (Direction Générale des Infrastructures de Transport) au Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, les Directions de l'AFB de Compiègne, Metz, Rennes et Toulouse, le Forum des Marais Atlantiques, Biotope et le Cerema. Merci à Véronique Barre, Véronique De Billy, Nadia Moulin et Anne Vivier (AFB).

EN SAVOIR PLUS...

COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE, DIRECTION DE L'EAU ET DE LA BIODIVERSITÉ, 2013, *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels*, Collection «Références» du Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEIDD) du Commissariat général au développement durable (CGDD), Paris, 232 p.

JAYMOND, D., BUELHOFF, K., GAYET, G., GAUCHERAND, S., 2016, 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, *Sciences Eaux et Territoires*, numéro 21, p. 32-37, disponible sur : <http://www.set-revue.fr/pertinence-et-reproductibilite-dindicateurs-rapides-pour-levaluation-des-fonctions-des-zones-humides>.

GAUCHERAND, S., SCHWOERTZIG, E., CLEMENT, J.C., QUETIER, F., 2015, The Cultural Dimensions of Freshwater Wetland Assessments: Lessons Learned from the Application of US Rapid Assessment Methods in France, *Environmental Management*, n° 56(1), p. 1-15.

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., 2016a, *Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0. Fondements théoriques, scientifiques et techniques*, Onema, MNHN, 310 p., Rapport SPN 2016-91.

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., 2016b, *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0*, Onema, collection Guides et protocoles, 186 p.