



Interface pour dimensionner les mesures de compensation écologique des fonctions des zones humides

Version 1.0



Faisabilité ?



Délai ?

Gayet Guillaume, Fossey Maxime, Loupsans Delphine,
Gaucherand Stéphanie, Caessteker Pierre,
Baptist Florence, Biaunier Joris,
Clément Jean-Christophe, Isselin-Nondedeu Francis,
Mesléard François, Padilla Brian, Pelegrin Olivier



septembre 2023

PATRINAT

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

Un service commun
de l'Office français de la biodiversité,
du Muséum national d'Histoire naturelle,
du Centre national de la recherche scientifique
et de l'Institut pour la recherche et le développement



Nom du projet : Interface pour dimensionner les mesures de compensation écologique des fonctions des zones humides élaborée dans le cadre de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides.

Chef de projet : Guillaume Gayet – agent OFB à PatriNat

Chargé de mission : Maxime Fossey – agent MNHN à PatriNat

Experts mobilisés : Loupsans Delphine (OFB), Gaucherand Stéphanie (Inrae), Caessteker Pierre (OFB), Baptist Florence (Soltis filiale de Biotope), Biaunier Joris (Cerema), Clément Jean-Christophe (Université Savoie Mont Blanc), Isselin-Nondedeu Francis (Université François Rabelais – Tours), Mesléard François (Fondation de la Tour du Valat), Padilla Brian (agent MNHN à PatriNat OFB – CNRS – MNHN), Pelegrin Olivier (Biotope)

Référence du rapport conseillée : Gayet, G., Fossey, M., Loupsans, D., Gaucherand, S., Caessteker, P., Baptist, F., Biaunier, J., Clément, J.-C., Isselin-Nondedeu, F., Mesléard, F., Padilla, P., Pelegrin, O. 2023. Interface pour dimensionner les mesures de compensation écologique des fonctions des zones humides. Version 1.0.

PatriNat

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel



Dans une unité scientifique associant des ingénieurs, des experts et des spécialistes de la donnée, PatriNat rapproche les compétences et les moyens de ses quatre tutelles que sont l'OFB, le MNHN, le CNRS et l'IRD.

PatriNat coordonne des programmes nationaux d'acquisition de connaissance pour cartographier les écosystèmes, les espèces et les aires protégées, surveiller les tendances de la biodiversité terrestre et marine, répertorier les zones clefs pour la conservation de la nature (Znieff), et produire des référentiels scientifiques et techniques (TaxRef, HabRef, etc.). Ces programmes associent de nombreux partenaires et fédèrent les citoyens à travers des observatoires de sciences participatives (tels que Vigie-Nature, INPN espèces ou Vigie-terre).

PatriNat développe des systèmes d'information permettant de standardiser, partager, découvrir, synthétiser et archiver les données aussi bien pour les politiques publiques (SIB, SINP) que pour la recherche (PNDB) en assurant le lien avec les systèmes internationaux (GBIF, CDDA, etc.)

PatriNat apporte son expertise dans l'interprétation des données pour accompagner les acteurs et aider les décideurs à orienter leurs politiques : production d'indicateurs, notamment pour l'[Observatoire national de la biodiversité](#) (ONB) et des livrets de chiffres clés, élaboration des Listes rouges des espèces et écosystèmes menacés, revues systématiques, préparation des rapportages pour les directives européennes, élaboration d'outils de diagnostic de la biodiversité pour les acteurs des territoires, ou encore évaluation de l'efficacité des mesures de restauration. PatriNat organise également l'autorité scientifique CITES pour la France.

L'ensemble des informations (de la donnée brute à la donnée de synthèse) est rendu publique dans les portails NatureFrance, INPN et Compteur BIOM.

En savoir plus : www.patrinat.fr

Direction : Laurent PONCET et Julien TOUROULT

Naturefrance

Le service public d'information sur la biodiversité



Naturefrance représente le service public d'information sur les politiques publiques de biodiversité en France. Il se décline dans plusieurs portails d'information, dont le portail général naturefrance.fr. Destiné à un public aussi large que possible, il propose des clés de lecture des grands enjeux liés à la biodiversité et à son évolution, aux pressions qu'elle subit, et aux réponses de la société. Naturefrance présente des chiffres clés, des indicateurs développés dans le cadre de l'ONB (Observatoire national de la biodiversité), des articles et des publications, issus de l'analyse scientifique des données provenant des politiques publiques de conservation ou d'activités socio-économiques favorables ou défavorables à la biodiversité.

Dans le cadre de cette mission confiée par l'OFB, PatriNat gère ce portail et participe au traitement, à l'analyse et à l'interprétation d'une partie des données versées sur Naturefrance : par exemple, celles provenant du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) ou encore du Système d'information de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (SI CITES).

En savoir plus : naturefrance.fr

Inventaire national du patrimoine naturel

Le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) est le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer (www.inpn.fr). Il regroupe et diffuse les informations sur l'état et les tendances du patrimoine naturel français terrestre et marin (espèces animales, végétales, fongiques et microbiennes actuelles et anciennes, habitats naturels, espaces protégés et géologie) en France métropolitaine et ultramarine.

Les données proviennent du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) et de l'ensemble des réseaux associés. PatriNat organise au niveau national la gestion, la validation, la centralisation et la diffusion de ces informations. L'inventaire consolidé qui en résulte est l'aboutissement d'un travail associant scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse régulièrement mise à jour du patrimoine naturel en France.

L'INPN est un dispositif de référence français pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel. L'ensemble de ces informations sont mises à la disposition de tous, professionnels, amateurs et citoyens.

En savoir plus : www.inpn.fr

Compteur Biodiversité Outre-mer

Le portail des indicateurs, des enjeux et des initiatives sur la biodiversité en outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, le Compteur de la biodiversité Outre-mer (BiOM) développe une entrée dédiée aux territoires ultramarins français qui abritent une part importante de la biodiversité mondiale. Portail accessible, actualisé et pérenne, il favorise la rencontre des citoyens et des acteurs de la biodiversité, autour de trois objectifs : partager la connaissance scientifique, valoriser les actions des territoires ultramarins, et encourager chacun à agir. Cette démarche vise à relater les contextes culturels et mettre en avant des enjeux spécifiques de chaque territoire, pour répondre à un engagement du Livre bleu des Outre-mer.

Des études auprès des citoyens viennent compléter l'initiative : par exemple le premier panorama des programmes de sciences participatives dans les territoires, et une enquête sur la perception de la nature et l'utilisation des outils numériques.

PatriNat assure la mise en œuvre du projet et avec la participation des acteurs des outre-mer, suivant trois axes : production d'indicateurs de biodiversité (connaissances, espèces menacées, espaces protégés, etc.), relai des actions de mobilisation et de sciences participatives (écogestes, inventaires participatifs, etc.) et gestion technique du portail.

En savoir plus : biodiversite-outre-mer.fr

Table des matières

Remerciements.....	11
I. Introduction	12
II. Ancrage scientifique de la réflexion sur le dimensionnement.....	18
II.1. Connaissances dans le domaine de l'écologie et aspects pratiques.....	18
II.1.1. Ratio surfacique et ratio fonctionnel	18
II.1.2. Ratios fonctionnels préconisés par la science et ratios fonctionnels pratiqués.	19
II.2. Connaissances dans le domaine des sciences humaines et sociales et aspects pratiques	22
II.2.1. Éléments de connaissances sur le dimensionnement : un processus d'hybridation nécessaire entre expertises	22
II.2.1.1. Résonance entre droit et sciences	22
II.2.1.2. La territorialisation nécessaire d'ERC	24
1. Pas un territoire, mais plutôt des territoires !.....	24
2. Le rôle de l'ingénierie territoriale pour mettre en œuvre la séquence ERC sur les territoires !	25
II.2.2. Le contenu de l'autorisation environnementale : le résultat d'une négociation !	
26	
III. Philosophie de l'interface.....	30
IV. Démarche pour concevoir l'interface	31
V. Contenu de l'interface	35
V.1. Hypothèses.....	35
V.2. Système écologique et technique de l'interface	37
V.2.1. Évaluation de la faisabilité des mesures de compensation écologique	39
V.2.1.1. Critère de faisabilité 1 : trajectoires écologiques – critère de faisabilité 2 : actions écologiques	40
1. Informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides.....	40
2. Critères issus des informations relevées	40
3. Pré-évaluation automatisée de la faisabilité.....	41
4. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée	51
5. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement	52
V.2.1.2. Critère de faisabilité 3 : état de dégradation.....	55
1. Informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides.....	55
2. Critère issu des informations relevées	55
3. Pré-évaluation automatisée de la faisabilité.....	56

4.	Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée	58
5.	Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement	58
V.2.1.3.	Critère de faisabilité 4 : superficie	60
1.	Information provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	60
2.	Critère issu des informations relevées	60
3.	Pré-évaluation automatisée de la faisabilité.....	60
4.	Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée	61
5.	Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement	62
V.2.1.4.	Évaluation de la faisabilité des mesures de compensation écologique d'après les quatre critères de faisabilité	63
V.2.2.	Évaluation du délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique	64
V.2.2.1.	Critère de délai 1 : trajectoires écologiques	65
1.	Informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	65
2.	Critère issu des informations relevées	65
3.	Pré-évaluation automatisée du délai	65
4.	Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée	69
5.	Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement	69
V.2.2.2.	Critère de délai 2 : étage altitudinal.....	71
1.	Information provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	71
2.	Critère issu des informations relevées	71
3.	Pré-évaluation automatisée du délai	71
4.	Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée	72
5.	Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement	72
V.2.2.3.	Évaluation du délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique	74
V.2.3.	Évaluation des pressions anthropiques dans l'environnement du site de compensation	76
V.2.3.1.	Information provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	76
V.2.3.2.	Critère issu des informations relevés et pré-évaluation automatisée des pressions anthropiques dans l'environnement du site	77

V.2.3.3.	Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée	79
V.2.3.4.	Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement	80
V.2.4.	Évaluation de la faisabilité et du délai associé à la mesure de compensation écologique	81
V.3.	Système réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique de l'interface	84
V.3.1.	Considérations générales pour définir un intervalle de variation du ratio fonctionnel	85
V.3.2.	Relation entre le ratio fonctionnel minimal et le ratio fonctionnel maximal	86
V.3.3.	Préconisations d'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire .	89
V.3.3.1.	Définition formelle d'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire ?	89
V.3.3.2.	En l'absence de préconisations sur l'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire ?	89
VI.	Mise en relation des systèmes de l'interface : octroi du ratio fonctionnel à un projet d'aménagement.....	90
VI.1.	Étape 1 : application de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides pour réaliser l'état initial, l'état simulé et documenter le programme d'actions écologiques	90
VI.2.	Étape 2 : renseignement de l'intervalle de variation du ratio fonctionnel par les parties prenantes du projet d'aménagement dans l'interface	90
VI.3.	Étape 3 : évaluation des mesures de compensation écologique avec l'interface et ajustements éventuels des parties prenantes.....	90
VI.3.1.	Pré-évaluation automatisée et standardisée	90
VI.3.2.	Éventuelle évaluation complémentaire par les parties prenantes.....	91
VI.4.	Étape 4 : lecture du ratio fonctionnel octroyé à la mesure de compensation écologique	91
VI.5.	Étape 5 : conclure selon la mesure de compensation écologique et l'équivalence fonctionnelle.....	92
VII.	Conclusions et perspectives	94
	Annexe 1 : La mise en œuvre des mesures compensatoires, un projet de territoire intégré.	95
	Annexe 2 : L'articulation entre documents de planification, actes des SDAGE et actes administratifs.	96
	Annexe 3 : Les modalités de participation mobilisables pour la mise en œuvre des mesures compensatoires (voir Chemery <i>et al.</i> (2018) pour plus de détails).....	98
	Annexe 4 : L'autorisation environnementale unique, une démarche de simplification ?	99
	Annexe 5 : Caractéristiques des pertes fonctionnelles pouvant affecter la définition des intervalles de variation.	100
	Références des rapports de stages associés à la conception de la méthode	106

Remerciements

Nous remercions Ghislaine Ferrere et Joanie Catrin du Bureau de la ressource en eau, des milieux aquatiques et de la pêche en eau douce (Direction de l'eau et de la biodiversité) au Ministère de la Transition Écologique pour avoir suivi ce travail avec intérêt et avoir participé à son bon déroulement.

Nous remercions tous les partenaires qui ont testé les prototypes de cette interface de dimensionnement lors de l'élaboration de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides et qui ont fait des retours critiques pour l'améliorer : François Chevaux, Fanny Guillot, Léa Menuet, Sébastien Gatelier, Eric Lemitouard, Vanessa Rael (Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement), Anne Vivier (OFB), Marie Rolland (stagiaire OFB - INRAE en 2018) sous la direction de Stéphanie Gaucherand (INRAE), Alizée Ribas et Zéphyr Barré (stagiaires OFB - Smiddest en 2018) sous la direction de Diane-Laure Sorrel (Syndicat mixte pour le développement durable de l'estuaire de la Gironde), Thomas Fabrègue (stagiaire OFB - Siel en 2018) sous la direction de Julien Caucat (Siel, syndicat mixte des étangs littoraux), Hélène Anquetil (DR - OFB Bretagne), Emmanuel Perez (DR - OFB Grand Est), Guillaume Felzinger et Loïc Lecapitaine (DR - OFB Hauts de France). Merci également à tous les organismes qui nous ont accompagnés lors de ces tests, en particulier merci aux agents des services départementaux de l'OFB, des services de l'État, des collectivités locales, des associations, des bureaux d'étude...

Nous remercions tous les partenaires qui ont participé aux comités de pilotage à l'échelle nationale et régionale et qui ont contribué par leurs propositions à la conception de la méthode.

Merci à Stanislas Wroza (OFB) pour sa relecture attentive de ce travail.

Merci à Jean-Marc Allard, Sylvie Chevallier, Mélanie Hubert, Guilène Procida (MNHN) et Farid Bensettiti (OFB) pour l'aide précieuse apportée durant ce travail.

I. Introduction

Concevoir un projet de « moindre impact environnemental » en zone humide, implique que le maître d'ouvrage respecte la séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) et la réglementation afférente. **La séquence ERC est le socle commun de toutes les procédures environnementales (par ex. autorisations environnementales, études d'incidences « Natura 2000 », dérogations à la protection des espèces).** Inscrite dans le droit français depuis la loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature (Art. 2), la généralisation de sa mise en œuvre opérationnelle ne débute qu'avec la loi du 3 août 2009. Cette loi et celle du 12 juillet 2010 complètent la réglementation de la séquence ERC en renforçant notamment les procédures de contrôle des mesures (L. 122-3-1 du code de l'environnement). La séquence ERC a aussi été précisée et consolidée par la réforme de l'évaluation environnementale du 3 août 2016 et la loi pour la Reconquête de la Biodiversité, de la Nature et des Paysages (dite loi « RBNP ») du 8 août 2016. **La mise en œuvre de cette séquence soulève aujourd'hui des questions scientifiques et techniques, mais aussi foncières, juridiques, économiques et sociétales.**

Durant la mise en œuvre de la séquence ERC, l'objectif est d'obtenir l'équivalence écologique entre les pertes et les gains pour garantir l'absence de perte nette de fonctions¹, d'habitats et d'espèces. **Dès lors, un double défi émerge pour les parties prenantes confrontées à ce sujet : (1) mettre en œuvre des mesures de compensation pour obtenir des gains équivalents aux pertes et (2) évaluer cette équivalence.**

Concernant le premier défi (obtenir des gains au moins équivalents aux pertes), la compensation écologique repose sur le postulat suivant : les composantes des écosystèmes peuvent être créées ou remplacées et leurs trajectoires sont prévisibles (Dalang et Hersperger 2010). Or, obtenir l'équivalence fonctionnelle entre une perte et un gain sur une zone humide s'avère complexe (voir par ex. Brinson et Rheinhardt 1996, Bendor *et al.* 2009, Bull *et al.* 2013, 2015a, 2015b), notamment pour les raisons suivantes :

- l'impossibilité de dupliquer un écosystème à l'identique. En effet, l'objectif des actions de génie écologique est d'obtenir une similarité fonctionnelle, cependant les fonctions à l'œuvre dans un écosystème à un temps donné résultent de trajectoires uniques et de l'histoire évolutive originale de celui-ci (Hilderbrand *et al.* 2005) ;
- le temps nécessaire à la « maturation » d'un écosystème. Certains écosystèmes résultent de très lentes successions (par ex. forêts ou tourbières) (Mitsch et Wilson 1996, Zedler et Callaway 1999, Bendor *et al.* 2009) et il est difficile de réduire ce délai (Hilderbrand *et al.* 2005) ;
- les pertes intermédiaires dues notamment au délai entre l'impact du projet et l'obtention des résultats de la compensation (réalisation tardive par rapport au projet, temps nécessaire à l'atteinte des objectifs) (Quétier et Lavorel 2011) ;

¹ De nombreuses définitions existent pour le terme « fonction ». Selon Maltby *et al.* (1996), les fonctions sont les actions qui ont lieu naturellement dans les zones humides, résultantes d'interactions entre la structure de l'écosystème et les processus physiques, chimiques et biologiques. Smith *et al.* (1995) ont une définition similaire à celle de Maltby *et al.* (1996) dans leur approche hydrogéomorphologique puisque les fonctions sont d'après eux les activités normales, caractéristiques de l'écosystème ou simplement ce que font les zones humides. L'intensité des fonctions, et dans certains cas la nature des fonctions réalisées par les zones humides, résultent notamment de leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques, de la position des zones humides dans leur bassin versant, du paysage environnant, du type de système hydrogéomorphologique et de leurs interactions (<https://www.sandre.eaufrance.fr/>).

- le risque d'échec des actions de génie écologique (soit à la faisabilité² du génie écologique³) et la difficulté de prédire leur résultat (Matthews *et al.* 2009, Bull *et al.* 2016a; McDonald *et al.* 2016). Les échecs résultent de l'incapacité à réaliser ce qui est prévu initialement, d'actions inadaptées, de dégradations provenant de l'environnement du site (par ex. les invasions biologiques)... (Castelle *et al.* 1992, Matthews *et al.* 2009) ;
- ...

Concernant le second défi (évaluer l'équivalence), Bull *et al.* (2013) évoquent que la pérennité des mesures, le délai avant d'obtenir les gains, l'incertitude relative à l'action de compensation, la réversibilité de l'impact, la précision des mesures réalisées (c'est-à-dire choisir les bons paramètres à mesurer sur la biodiversité)... sont parmi les principales caractéristiques à intégrer à l'évaluation de la compensation écologique. Les lignes directrices nationales sur la séquence ERC préconisent également d'aborder les problèmes liés à la temporalité des mesures (par ex. les délais entre les pertes et les gains), l'incertitude sur l'évaluation et le résultat des mesures de compensation... (CGDD et DEB 2013).

En termes pratiques, pour évaluer l'équivalence, des critères comme la composition et la structure des habitats peuvent être utilisés. À partir des habitats seuls, il est alors possible de constater un changement fonctionnel (Zedler 2000), mais sans garantir la restauration pleine des fonctions associées à l'habitat ciblé (Reinartz et Warne 1993, Cole 2006, Matthews et Endress 2008). Par exemple, les fonctions hydrologiques ou biogéochimiques d'un écosystème restauré ne sont pas nécessairement identiques à celles du même écosystème naturel plus ancien (voir Kusler 1987 dans Castelle *et al.* 1992, Zedler 2000). Retrouver une intensité de fonctions identique peut nécessiter des décennies voire des centaines d'années (Moreno-Mateos *et al.* 2012), au point que certains écosystèmes sont considérés comme « irremplaçables » (voir Dalang et Hersperger 2010) car impossibles à restaurer de manière satisfaisante. De fait, pour évaluer l'équivalence fonctionnelle avec le plus de justesse possible, les pertes et les gains doivent être mesurés en intensité de fonctions par unité de surface (Kusler 1989 dans Castelle *et al.* 1992).

Pour s'assurer que les gains soient au moins équivalents aux pertes, une mesure de compensation écologique sur les fonctions des zones humides⁴ doit donc être dimensionnée⁵ durant l'élaboration du projet d'aménagement. Dimensionner consiste à déterminer : « quel type et quelle quantité de compensation sont nécessaires pour atteindre l'équivalence fonctionnelle ? » (Allen et Feddema 1996, Cabeza 2003). À cette fin, le dimensionnement des mesures de compensation écologique intègre les notions de risque d'échec et de délai pour aboutir à un ratio (« ratio évalué » d'après les lignes directrices nationales sur la séquence ERC).

² Sur le plan technique, soit la probabilité de concevoir et mettre en œuvre l'action écologique avec pertinence et la probabilité d'obtenir le résultat escompté, même si celle-ci est bien conçue ou mise en œuvre. À noter que la faisabilité intègre également d'autres notions non abordées ici (par ex. foncière, financière) (Gayet *et al.* 2023c).

³ « Conduite de projets qui, dans sa mise en œuvre et son suivi, applique les principes de l'ingénierie écologique et favorise la résilience des écosystèmes. Note : Le génie écologique permet notamment la reconstitution de milieux naturels, la restauration de milieux dégradés et l'optimisation de fonctions assurées par les écosystèmes » (<https://www.genieecologique.fr/genie-ecologique>).

⁴ Art. L.211-1 du Code de l'environnement précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié.

⁵ D'après le dictionnaire « Larousse » : « déterminer les dimensions ou les caractéristiques fonctionnelles qu'il convient de donner à un élément pour qu'il joue convenablement le rôle qui lui revient ».

Quand le dimensionnement aboutit à un ratio, les lignes directrices nationales sur la séquence ERC recommandent que tout ratio fonctionnel⁶ (Figure ci-après) soit le résultat d'une démarche analytique intégrant les risques associés à l'incertitude relative à l'efficacité des mesures, le décalage temporel ou spatial entre les impacts du projet et les effets des mesures...⁷ (CGDD et DEB 2013). Concrètement, plus la faisabilité de la mesure de compensation écologique est douteuse et/ou plus le délai avant d'obtenir ses résultats est long, plus le ratio fonctionnel appliqué sera important pour garantir des gains équivalents aux pertes.



Figure 1 : intervention du ratio fonctionnel pour évaluer l'équivalence fonctionnelle.

Il y a équivalence fonctionnelle, si les pertes fonctionnelles sur le site impacté, multipliée par le ratio fonctionnel issu du dimensionnement, sont inférieures ou égales aux gains fonctionnels sur le site de compensation.

Le ratio fonctionnel diffère du ratio surfacique préconisé par ex. par un SDAGE et/ou un SAGE actuel. Les deux ratios ne se substituent pas l'un à l'autre.

En pratique, concernant le ratio fonctionnel il s'agit de vérifier que le dimensionnement de la compensation est satisfaisant au regard des caractéristiques de l'action écologique prévue (faisabilité du génie écologique et délai avant d'obtenir les résultats escomptés).

Par ex. étant donné la mesure de compensation proposée, les parties prenantes ont attribué un ratio fonctionnel de 1,5 pour 1 au projet d'aménagement en tenant compte de sa faisabilité technique et du délai avant d'obtenir des gains au moins égaux aux pertes. Il doit être envisagé que les gains envisagés soient supérieurs ou égaux à au moins 1,5 fois l'intensité des pertes pour obtenir une équivalence fonctionnelle.

En pratique, déterminer les ratios lors du dimensionnement de la compensation écologique reste complexe et repose sur des choix parfois techniques, et surtout politiques (Overton *et al.* 2013, Laitila *et al.* 2014, Bull *et al.* 2016b). Ceci explique que les ratios retenus soient souvent en deçà des préconisations scientifiques générales pour obtenir la non perte nette de biodiversité. Dans tous les

⁶ Dans la pratique, le terme « ratio évalué » est équivoque pour les parties prenantes de la séquence ERC. En effet, il est difficile pour elles de comprendre s'il aborde la compensation sur les espèces, les habitats, les fonctions... ou s'il est intégrateur de plusieurs de ces aspects précités. Comme les travaux dans ce document portent uniquement sur les fonctions, pour une meilleure compréhension par les parties prenantes de la séquence ERC, le « ratio évalué » est donc renommé « ratio fonctionnel ».

⁷ Dans les lignes directrices de la séquence ERC, il est fait mention de ratios de compensation sous le nom de « ratio évalué », soit le « facteur de comparaison corrigé du coefficient d'ajustement, qui permet de dimensionner in fine la mesure compensatoire ». Lesdits « coefficients d'ajustement » tiennent compte « de certains risques lors du dimensionnement de la mesure compensatoire » (CGDD et DEB 2013) comme : les risques associés à l'évaluation des impacts négatifs résiduels significatifs du projet, les risques associés à l'efficacité des mesures de compensation, le décalage spatial et temporel entre l'impact et l'effet des mesures de compensation, l'objectif de gain net.

cas, les ratios doivent toujours faire l'objet d'examen attentifs (Josselyn *et al.* 1990; Gibbons *et al.* 2015). À cette fin, les parties prenantes ont besoin d'objectiver les choix réalisés pour dimensionner une mesure de compensation écologique, et déterminer des ratios fonctionnels pertinents.

Les parties prenantes recourent généralement à une méthode, c'est-à-dire un processus répondant à une logique propre, qui vise à évaluer si la non perte nette est obtenue par le biais de mesures d'évitement, de réduction et de compensation. **Pour dimensionner la compensation écologique, une large variété de méthodes ont déjà été développées en France et à l'étranger (voir Truchon *et al.* 2020) pour déterminer, *in fine*, des ratios. À ce jour, en France, il n'existe pas de méthode de dimensionnement reconnue de la compensation ciblant les fonctions des zones humides, contrairement à d'autres pays comme les États-Unis d'Amérique.** Des études spécifiques soulignent l'intérêt de ces dernières méthodes, mais également les limites qui compromettent leur application en France métropolitaine (voir Gaucherand *et al.* 2015).

Plutôt qu'une méthode, il est plutôt proposé ici, d'utiliser une interface⁸ qui ne démontre pas par elle-même l'équivalence écologique. Elle vise plutôt à mettre en relation les considérants nécessaires au dimensionnement pour que les parties prenantes objectivent⁹ elles-mêmes leur choix. Dès lors, l'interface de dimensionnement intègre les limites du dimensionnement et vise à les rendre transparentes et compréhensibles pour les parties prenantes. **L'interface de dimensionnement proposée ici accompagne les parties prenantes dans l'octroi d'un ratio fonctionnel lorsqu'une mesure de compensation écologique cible les fonctions des zones humides.** Cette interface a été développée pour intégrer : le respect des principes réglementaires (par ex. ceux énoncés dans l'article L.110-1 du code de l'environnement), les connaissances relatives à l'ingénierie écologique (beaucoup étant encore en phase expérimentale), les contraintes pratiques des parties prenantes impliquées dans le processus de compensation écologique (par ex. les délais de mise en œuvre)...

Ce document présente donc une interface de dimensionnement qui permet aux parties prenantes de la séquence ERC de répondre à la question suivante :

**Comment dimensionner les mesures compensatoires
sur les fonctions des zones humides ?**

Le ratio fonctionnel qui résulte de l'utilisation de l'interface de dimensionnement est la réponse donnée à cette question.

L'interface met en relation les systèmes suivants par l'intermédiaire de représentations graphiques :

- **Un système écologique et technique (en bleu sur la Figure ci-après).** Il est composé du diagnostic écologique du site de compensation et du programme d'actions écologiques prévu. Ces informations sont fournies en réalisant le diagnostic du site de compensation

⁸ « limite commune à deux systèmes, permettant des échanges entre ceux-ci » au sens de www.larousse.fr.

⁹ exprimer quelque chose, le réaliser, le définir, lui donner une forme concrète au sens de www.larousse.fr.

avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (Gayet *et al.* 2023a, 2023b). Elles permettent d'évaluer la faisabilité du génie écologique et le délai avant d'obtenir les résultats escomptés ;

- **Un système réglementaire, scientifique, politique, social, économique et territorial (en orange sur la Figure ci-après).** Il traduit notamment les choix des parties prenantes qui tiennent compte du contexte territorial dans lequel est réalisé le projet d'aménagement.

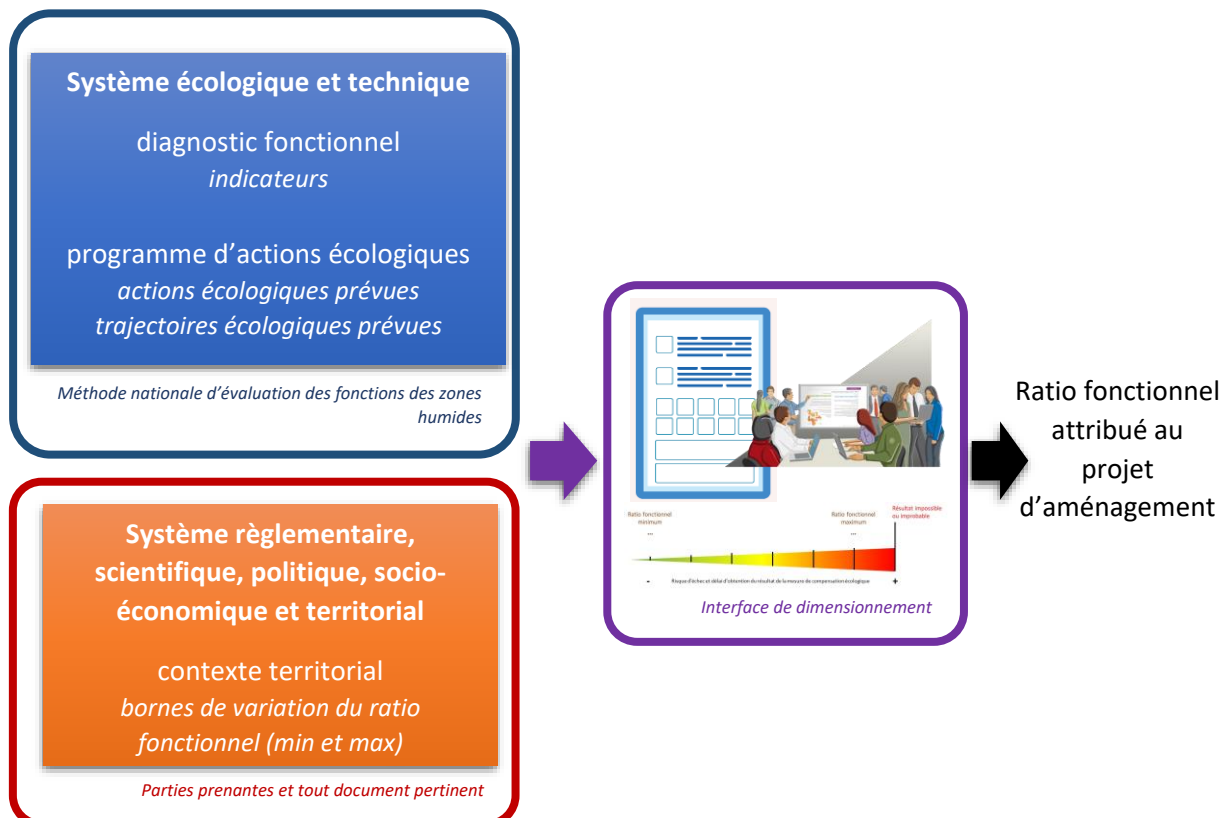


Figure 2 : Représentation schématique du rôle de l'interface de dimensionnement pour que les parties prenantes de la séquence ERC attribuent un ratio fonctionnel à un projet d'aménagement en zone humide en mobilisant la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides.

L'interface de dimensionnement a été spécifiquement développée pour être insérée dans la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 2 et dans le guide associé (Gayet *et al.* 2023a, 2023b). L'interface se base sur les informations collectées durant la mise en œuvre de cette méthode (par ex. diagnostics fonctionnels « avant action écologique » et « avec action écologique envisagée ») pour ensuite permettre aux parties prenantes de dimensionner une mesure de compensation écologique par l'octroi d'un ratio fonctionnel et finalement d'évaluer l'équivalence fonctionnelle.

Avec les représentations graphiques fournies par l'interface (par ex. tableaux de bords, figures), les parties prenantes de la séquence ERC peuvent alors définir de manière objectivée un ratio fonctionnel et éventuellement justifier la révision du projet d'aménagement (Figure ci-après).

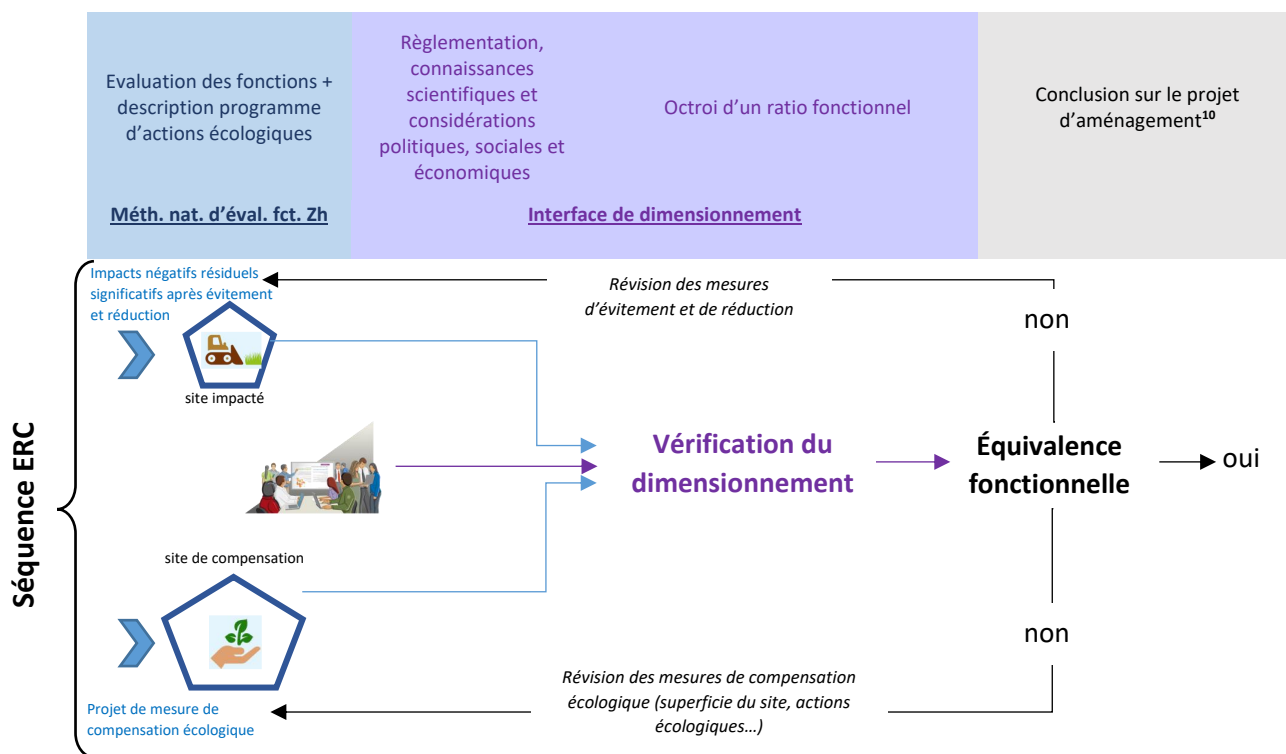


Figure 3 : Représentation schématique de l'intervention de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides et de l'interface de dimensionnement dans la conception d'un projet d'aménagement en zone humide et pour évaluer l'équivalence fonctionnelle.

¹⁰ Il reste nécessaire de vérifier les autres principes de la compensation écologique.

II. Ancrage scientifique de la réflexion sur le dimensionnement

II.1. Connaissances dans le domaine de l'écologie et aspects pratiques

Le système écologique et technique de l'interface vise à intégrer les notions de faisabilité et de délai dans le dimensionnement de la compensation écologique. À cette fin, il doit intégrer des connaissances scientifiques dans le domaine de l'écologie pour une compensation effective. Des références scientifiques¹¹ et des retours d'expérience à propos des ratios sont cités ci-après, pour fournir de la matière à la réflexion et des éléments de vigilance quant aux valeurs attribuées aux ratios fonctionnels dans le cadre de projets d'aménagement. **Ils permettent d'informer les parties prenantes de la séquence ERC du niveau d'engagement qu'implique le principe d'absence de perte nette sur les fonctions des zones humides avant qu'ils utilisent l'interface de dimensionnement.**

Dans un premier temps, un éclaircissage est réalisé pour expliquer les raisons pour lesquelles les ratios fonctionnels sont préférables aux ratios surfaciques ; avant de fournir des recommandations et repères sur les ratios préconisés et pratiqués.

II.1.1. Ratio surfacique et ratio fonctionnel

L'effort de compensation requis peut être traduit sous la forme de ratios, qui se présentent principalement sous deux formes, l'un ne se substituant pas à l'autre :

- **le ratio surfacique.** Concrètement, cela équivaut aux ratios surfaciques établis dans les documents de planification (SDAGE et SAGE) ;
Par ex. pour 1 ha de zone humide détruite, un ratio surfacique de 2 pour 1 implique qu'un maître d'ouvrage mette en œuvre une mesure de compensation écologique sur au moins 2 ha.
- **le ratio fonctionnel.** Concrètement, il peut découler d'une procédure analytique qui tient compte des caractéristiques écologiques du projet d'aménagement.
Par ex. pour une intensité de fonctions donnée dans zone humide détruite, un ratio fonctionnel implique qu'un maître d'ouvrage ait pour effet d'apporter une plus-value fonctionnelle via sa mesure de compensation écologique au moins équivalente à celle détruite sur le site impacté.

Les pertes fonctionnelles sur les zones humides ne se résument pas à une superficie perdue. Elles incluent également des pertes fonctionnelles dans l'espace et au cours du temps (par ex. temps nécessaire pour atteindre un plein fonctionnement¹²) (Kusler 1989 dans Castelle *et al.* 1992, Bendor *et al.* 2009, Zedler et Callaway 1999). **Le recours à un ratio fonctionnel est donc préférable au ratio surfacique.**

Le recours aux ratios fonctionnels est une stratégie parmi d'autres (par ex. analyse d'équivalence de Quétier et Lavoirel 2012 dans Bull *et al.* 2016a) pour tenir compte des incertitudes

¹¹ Les références mobilisées ci-après peuvent porter sur les zones humides, ou parfois plus largement dans le domaine de la biodiversité. Le lecteur se tournera vers chaque référence citée pour avoir une information de contexte relative aux préconisations réalisées.

¹² cité dans la littérature sous les termes « *maturation of ecosystem process* » et « *discount rate* » ou encore « *temporal lags in wetland restoration* ».

autour des gains de biodiversité et du délai avant d'obtenir le résultat attendu d'une mesure de compensation écologique (voir Shafer 1990; Castelle *et al.* 1992, Zedler et Callaway 1999, Dalang et Hersperger 2010). **L'avantage des ratios fonctionnels réside dans le fait qu'ils sont compréhensibles et appréhendables pour décider de l'effort de compensation nécessaire.** Pour définir la valeur d'un ratio fonctionnel, Eliot (1985 dans Castelle *et al.* 1992) et Bendor *et al.* (2009) proposent que sa valeur dépende du délai entre l'impact produit et l'initialisation de la compensation¹³, du délai pour un remplacement complet de l'habitat (soit le temps de maturation de l'écosystème après l'action de compensation), de la faisabilité de la restauration complète de l'habitat (soit le risque d'échec), de la difficulté à prédire le succès d'un projet (soit l'incertitude de la trajectoire)... (voir la synthèse à ce sujet de Bull *et al.* 2016a, b).

Dans la pratique, définir la valeur d'un ratio fonctionnel s'avère difficile (Laitila *et al.* 2014) : la façon de le définir est souvent floue (Bull *et al.* 2016a, b), les modèles pour le définir reposent souvent sur des procédures ambiguës (par ex. modèles mal formulés) et ils ne sont donc pas opérationnels (Overton *et al.* 2013), leur définition peut faire l'objet de négociation alors qu'elle ne le devrait pas si l'objectif est bien la non perte nette (Bull *et al.* 2016a, b), des écosystèmes caractérisés par un délai très long avant d'être restaurés devraient échappés à la logique des ratios et être exclus de la compensation (Schemel *et al.* 1995 dans Dalang et Hersperger 2010 - concept d'« irremplaçabilité » dans Ferrier *et al.* 2000)...

II.1.2. Ratios fonctionnels préconisés par la science et ratios fonctionnels pratiqués

Des ratios fonctionnels élevés seraient nécessaires pour aboutir à la non perte nette de fonctions (Laitila *et al.* 2014, Gibbons *et al.* 2016). En théorie, ces valeurs pourraient être de l'ordre de plusieurs dizaines ou centaines (Laitila *et al.* 2014 dans Bull *et al.* 2016). Des auteurs recommandent même de surdimensionner la compensation pour bien atteindre l'objectif de non perte nette (Willard et Hiller 1990 dans Castelle *et al.* 1992). D'après Gibbons *et al.* (2016), la non perte nette de fonction ne serait faisable que dans des scénarios très limités, puisqu'elle requiert des ratios supérieurs à 10 pour 1. Mais pour des raisons de faisabilité, Gibbons *et al.* (2015 dans Bull *et al.* 2016a, b) ont proposé qu'ils soient inférieurs ou égaux à 10. Les recommandations scientifiques, se heurtent donc à la pratique, expliquant que les ratios utilisés soient souvent largement inférieurs à ce qu'ils devraient.

Notez sur ce point, que les lignes directrices de la séquence ERC rappellent qu'un ratio élevé ne garantit pas qu'une mesure compensatoire est pertinente et implique une réflexion sur la faisabilité même de la mesure compensatoire (CGDD et DEB 2013).

Concernant les ratios recommandés sur les zones humides, diverses préconisations ont pu être faites dans la littérature scientifique et technique. Ainsi, Kusler (1986 dans Castelle *et al.* 1992) a suggéré des ratios supérieurs à 1 pour 1 dans trois cas de figure : (1) des incertitudes subsistent quant au succès probable de la restauration ou de la création, (2) la dégradation ou la destruction de zones humides privent la société de valeurs variées associées aux zones humides pendant que la restauration ou la création de zones humides n'est pas encore accomplie ou fonctionnelle, (3) une ou plusieurs

¹³ soit le « *temporal lag* » ou temps de latence - de la mesure compensatoire.

fonctions ne peuvent pas être restaurées ou recrées. Kruczynski (1990 dans Castelle *et al.* 1992) suggère un ratio de 1,5 pour 1 pour la restauration¹⁴ de zones humides, de 2 pour 1 pour la création¹⁵ de zones humides et de 3 pour 1 pour l'amélioration¹⁶ de zones humides. Ceci est principalement recommandé étant donné l'incertitude qu'un projet soit un succès et le délai nécessaire pour que la zone humide soit complètement « fonctionnelle » ou vu la faiblesse du gain lorsque la zone humide restaurée existe déjà et assure déjà des fonctions. De la même manière, Kantor et Charrette (1986 dans Castelle *et al.* 1992) suggèrent un ratio de 2 pour 1 parce que les zones humides créées ou restaurées qui ne sont pas fonctionnellement équivalentes aux zones humides naturelles.

Dans les publications, les discussions sur **les valeurs minimales des ratios** attribués aux projets d'aménagement sont assez fréquentes ; et en particulier à propos de quand accepter ou non, qu'un ratio soit inférieur à 1 (revenant à accepter que les pertes soient très vraisemblablement supérieures aux gains). Des discussions ont donc émergé sur les ratios minimaux qui seraient « acceptables ». Il est recommandé que tout ratio inférieur à 1 fasse l'objet d'un examen extrêmement attentif (Bull *et al.* 2016a, b). Josselyn *et al.* (1990) suggèrent même que parce que la superficie totale de zones humides n'a pas été remplacée par des projets de compensation, et parce que les délais pour obtenir les résultats escomptés des mesures de compensation conduisent à des pertes immédiates d'habitat, en aucune circonstance une mesure de compensation ne devrait être permise avec un ratio inférieur à 1 pour 1. Ainsi, les ratios inférieurs ou égaux à 1 (c'est-à-dire que les gains de biodiversité sont plus faibles que les pertes en termes de biodiversité ; par ex. Quigley et Harper (2006) dans Bull *et al.* 2016a, b) reviendraient à ne plus avoir d'objectif d'atteinte de non perte nette. Kruczynski (1990 dans Castelle *et al.* 1992) suggère que les ratios inférieurs à 1 pour 1 ne soient permis que si la compensation est finalisée avant la mise en place du projet d'aménagement, démontrant alors une équivalence fonctionnelle avant l'altération de la zone humide aménagée. Le délai pendant lequel le site de compensation réalisait déjà les fonctions qui seront ensuite altérées plus tard sur le site impacté justifierait alors un ratio inférieur à 1 pour 1.

Castelle *et al.* (1992) ont recensé les ratios pratiqués aux États-Unis d'Amérique. Par exemple, en Floride, les ratios utilisés pour la compensation des impacts en zones humides ont considérablement diminué au cours du temps, de 17 pour 1 en 2006, à 2 pour 1 en 2013, avec une valeur médiane de 7 pour 1 entre 2006 – 2013 (Goldberg et Reiss 2016). Ces ratios de compensation sont bien inférieurs à ceux préconisés pour la préservation des zones humides de 35 pour 1 (CH2M Hill 1996 dans Goldberg et Reiss 2016). Cela illustre donc bien l'écart observable entre les ratios issus de connaissances scientifiques et les ambitions de parties prenantes ensuite confrontées à la réalité.

En pratique, concernant la compensation de la biodiversité, pas seulement sur les zones humides, les ratios appliqués sont souvent très faibles, souvent inférieurs à 10. Il est recommandé que les parties prenantes qui interviennent dans la mise en œuvre de projet d'aménagement avec un objectif de « non perte nette » fournissent des lignes directrices explicites, spécifiant quand les ratios élevés sont nécessaires ; et assurent le rapportage de manière transparente des ratios utilisés. En effet, les ratios sont souvent plus le résultat de négociations entre parties prenantes impliquées dans un projet d'aménagement, que le résultat de considérations scientifiques robustes (Bull *et al.* 2016a,b).

¹⁴ soit selon eux, le rétablissement d'une zone humide là où une zone a précédemment existé, mais sans désormais exercer de fonctions de zones humides ou avec une très faible intensité.

¹⁵ soit selon eux, la construction d'une zone humide là où il n'y en a jamais eu par le passé.

¹⁶ Soit selon eux, la progression d'une ou plusieurs fonctions d'une zone humide qui existe déjà.

Cinq idées clef à retenir pour dimensionner une mesure de compensation écologique :

- Un ratio fonctionnel doit plutôt être utilisé qu'un ratio surfacique
- La faisabilité et le délai sont deux notions majeures à aborder pour définir un ratio
- La non perte nette de fonctions nécessite des ratios fonctionnels élevés
- La science ne préconiserait pas de valeurs de ratios déclinables dans tout contexte
- La valeur des ratios est influencée par les contraintes sur les territoires

II.2. Connaissances dans le domaine des sciences humaines et sociales et aspects pratiques

Le système règlementaire, scientifique, politique, socio-économique et territorial de l'interface vise à intégrer les prescriptions règlementaires, les connaissances scientifiques et les considérations propres à chaque territoire et à chaque aménagement dans le dimensionnement. Ci-après des références scientifiques sont mobilisées pour expliquer comment ce contexte territorial peut influencer le dimensionnement et doit donc être intégré à l'interface dimensionnement.

Dans cette section, il est d'abord expliqué comment les prescriptions règlementaires appellent nécessairement une mise en perspective avec les sciences. Ensuite, sont expliqués comment la séquence ERC est mise en œuvre sur des territoires et comment l'ingénierie territoriale est mobilisée pour la mettre en œuvre. Finalement, une discussion est réalisée sur les négociations qui accompagnent la mise en œuvre de la séquence ERC.

II.2.1. Éléments de connaissances sur le dimensionnement : un processus d'hybridation nécessaire entre expertises

La mise en œuvre de la séquence ERC s'appuie sur des procédures formalisées dans des textes règlementaires au regard des impacts et de l'envergure du ou des projets (par ex. autorisation environnementale, étude d'incidence Natura 2000, dérogation espèces protégées). C'est également une démarche de réflexion nécessitant de concevoir son action dans un système associant des acteurs concernés¹⁷ et intéressés¹⁸ (voir Narcy 2013) et s'inscrivant dans différentes politiques publiques (eau, biodiversité, urbanisme, tourisme, agriculture, forêt...)

II.2.1.1. Résonance entre droit et sciences

Les principes de la séquence ERC sont issus de connaissances scientifiques qui sont souvent codifiées dans la réglementation. Les articles L. 110-1 et L. 163-1 du code de l'environnement codifient en effet les éléments fondateurs de la compensation et de son dimensionnement. Ces éléments s'appliquent à tout projet, plan ou programme susceptible d'avoir des incidences sur l'environnement. Ils nécessitent d'être implémentés grâce à des outils opérationnels visant à les rendre « utiles, utilisés, utilisables » par tous les acteurs des territoires. Ce processus largement décrit à travers le concept des « sciences règlementaires » (« *regulatory sciences* ») (Jasanoff 1987 et 1990) s'applique à la séquence ERC (Encadré ci-après). **Typiquement ici, la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides vient instrumenter et opérationnaliser scientifiquement et techniquement ces textes de droit sur l'entrée « fonctions ».**

¹⁷ « susceptibles d'être impactés par sa réalisation (modifications d'activités ou de pratiques, de politiques publiques portés par d'autres responsables...) » (voir Narcy 2013).

¹⁸ « ceux dont les pratiques, les intérêts ou les aspirations convergent avec les objectifs poursuivis, en quelque sorte les « bénéficiaires » directs ou indirects du changement promu » (voir Narcy 2013).

Encadré 1 : Les sciences réglementaires (« *regulatory sciences* ») au cœur de la séquence ERC !

L'expression « sciences réglementaires » – vient de l'anglais « *regulatory sciences* ». Elle est devenue d'usage courant au cours des années 1990. Elle a été formalisée en un concept sociologique et juridique pour désigner la science qui se consacre à produire les connaissances manquantes pour la réglementation, puis à les synthétiser, de manière à en anticiper les effets potentiels notamment dans le domaine de l'écologie (Jasanoff 1990, Loupsans et Gramaglia 2011).

Plutôt que d'opposer science et décision, en discutant des normes régissant ces domaines et les frontières qui les séparent, les sciences réglementaires décrivent un ensemble d'activités scientifiques qui participe à la prise de décisions juridiques telles que l'autorisation, le retrait, la définition de seuils de présence ou d'exposition, l'étiquetage de produits... Leurs critères comme leurs procédures sont formalisés dans des textes réglementaires, des lignes directrices ou des conventions professionnelles. L'instrumentation de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) notamment pour l'atteinte du « bon état » en est un très bon exemple (Kaika et Page 2003, Loupsans et Gramaglia 2011).

La mise en œuvre des mesures compensatoires doit répondre à certains principes pour la plupart inscrits dans le code de l'environnement. Citons à titre d'exemples, la proximité géographique, l'équivalence qualitative, la faisabilité technique et la proximité temporelle (voir Truchon *et al.* 2020). Ces principes ont été en partie édictés en tenant compte de connaissances scientifiques en écologie (notamment l'écologie du paysage, l'écologie de la conservation, l'écologie de la restauration et l'ingénierie écologique). La prise en compte de ces connaissances et de ces principes permet ainsi de résoudre certaines questions pratiques soulevées par le dimensionnement de la compensation (Encadré ci-après).

Encadré 2 : Quelques notions scientifiques sur la compensation écologique à prendre en compte lors du dimensionnement (traduit de Bull *et al.* (2013) - voir cette référence pour des citations de travaux scientifiques selon chaque problème évoqué).

Résumé des principaux défis théoriques, avec des recommandations pratiques, au sujet de la compensation de la biodiversité.

Problème	Description	Recommandations
Unité de mesure (« <i>currency</i> »)	Choisir la bonne métrique pour mesurer la biodiversité	Utiliser plusieurs métriques ou des mesures composites, qui mesurent à la fois les fonctions et la biodiversité
Non perte nette (« <i>no net loss</i> »)	Définir les critères pour démontrer la non perte nette de biodiversité	Évaluer la non perte nette d'après des bases dynamiques, qui montrent des tendances, en tenant compte de la non perte à l'échelle du projet ou du paysage et de taux adaptés
Équivalence	Démontrer l'équivalence entre les pertes de biodiversité et les gains	Ne pas permettre les opérations hors contexte (« <i>out of kind</i> ») sauf dans le cas de pertes qui n'auraient pas ou peu d'intérêt pour la conservation de la biodiversité
Pérennité (« <i>longevity</i> »)	Définir combien de temps le programme de compensation doit durer	La compensation devrait durer au moins aussi longtemps que les impacts du projet d'aménagement. Les mesures de compensation pourraient faire l'objet d'adaptation au cours du temps
Délai (« <i>time lag</i> »)	Décider comment permettre un décalage temporaire entre les impacts et les gains de la compensation écologique	La compensation pourrait avoir lieu via des mécanismes de banques de compensation pour la biodiversité
Incertitude (« <i>uncertainty</i> »)	Gérer les incertitudes autour du programme de compensation	Développer un cadre pour gérer ces incertitudes correspond à un besoin en recherche scientifique
Réversibilité (« <i>reversibility</i> »)	Définir si les impacts des projets d'aménagement peuvent être réversibles	Définir la réversibilité des impacts suppose que des impacts sur la biodiversité puissent être réversibles
Seuils (« <i>threshold</i> »)	Définir des valeurs seuils de biodiversité au-delà desquelles la compensation n'est pas acceptable	Définir des seuils explicites pour identifier les impacts qui ne peuvent pas être compensés

Le lien entre les principes réglementaires et les connaissances scientifiques, combiné à la nécessité pour les parties prenantes de la séquence ERC de disposer d'éléments robustes pour dimensionner la compensation, impose le recours à des critères étayés scientifiquement et bien compris par les parties prenantes (y compris non spécialistes). **En plus de cette mise en résonance droit/science, la réglementation applicable à la séquence ERC, pour être appropriée, nécessite aussi un ancrage territorial qui passe par la « territorialisation du droit ».**

II.2.1.2. La territorialisation nécessaire d'ERC

1. Pas un territoire, mais plutôt des territoires !

La notion de territorialisation du droit renvoie au lien entre droit et espace. Elle traduit l'impact que les éléments du (des) territoire(s) (ressources, acteurs, compétences, enjeux...) ont sur l'exercice du droit en un lieu précis (Faure 2004, Auby 2006, Woehrling 2013).

En pratique, ce phénomène décrit la capacité d'un territoire donné à influencer la nature et le contenu de la règle de droit lors de son appropriation et de sa mise en œuvre. En effet, « *les territoires sont [...] des espaces où se déploient les usages, parfois différenciés, du droit* » (Commaille 2015,

Jeanneaux et Kirat 2004). Ceci tient au fait qu'il n'existe pas un, mais des territoires (Moine 2006). En effet, le territoire est une polysémie qui renvoie à plusieurs dimensions territoriales : (1) matérielle qui correspond au territoire géographique (l'espace physique), (2) organisationnelle qui correspond au territoire structuré (politique, administratif, économique...) et (3) identitaire qui correspond au territoire perçu et vécu par ceux qui l'habitent (Loupsans 2017) (Annexe 1).

Ainsi, il faut garder à l'esprit que la séquence ERC est appliquée à un plan, un programme ou un projet mis en œuvre sur un territoire. C'est donc en réalité l'ensemble de ces dimensions territoriales qui est impacté et par-delà conditionne la façon dont est prise en compte (ou pas) cette séquence.

2. Le rôle de l'ingénierie territoriale pour mettre en œuvre la séquence ERC sur les territoires !

L'accompagnement de la mise en œuvre de la séquence ERC sur les territoires s'appuie sur « l'ingénierie territoriale » c'est-à-dire la mobilisation et l'articulation de savoirs multiples (profanes, métiers...) sur les territoires compilés aux savoirs sociaux-économiques, financiers, éthiques, écologiques... en vue de faciliter l'ancrage et l'appropriation de la séquence ERC. Par exemple, la mise en œuvre des politiques de l'eau et de la biodiversité nécessite une dimension stratégique préalable. Dans le cas de l'instruction des dossiers associés à ces politiques, l'ingénierie territoriale aide alors à :

- déterminer le périmètre de mise en œuvre de la séquence ERC le plus fonctionnel qui soit (parcelle cadastrale, emprise de l'aménagement, secteur impacté directement et indirectement...);
- déterminer des périmètres nécessitant la mise en place d'actions de préservation ou de restauration au regard des enjeux du territoire (par ex. production de pré localisation ou d'inventaires de zones humides ou de marais, zones de renaturation préférentielles identifiées par les SCOT en application du 3^{ème} de l'article L.141-10 du code de l'urbanisme ...);
- caractériser les acteurs concernés et intéressés à s'impliquer dans l'élaboration, dans la mise en œuvre des programmes d'action (par ex. porteur ou partenaire d'un contrat territorial ou d'un contrat de milieux ...) et dans l'évaluation de la séquence ERC afin de maîtriser à minima le jeu d'acteurs et accompagner l'évolution des comportements sociaux ;
- élaborer des règles communes sur des espaces du territoire (par ex. ratio surfacique de compensation de 3 pour 1 pour toute atteinte aux zones humides cartographiées dans le PAGD d'un SAGE) ;
- définir les indicateurs à prendre en considération dans le cadre de la mise en œuvre de la compensation au regard des enjeux des territoires ;
- évaluer la capacité d'acceptabilité des acteurs à faire évoluer l'occupation du sol de leur territoire ;
- ...

Dans la pratique, le dimensionnement de la compensation est la résultante d'un processus technique et écologique mais également politique, territorial, social, économique... issu *in fine* d'une négociation dans le cadre d'autorisations environnementales.

À la différence du cadre réglementaire qui fixe les conditions communes de mise en œuvre de la compensation, chaque projet, plan ou programme se réalise dans un contexte territorial, politique, social, économique... propre. Ce contexte local peut conduire à des pratiques de dimensionnement hétérogènes, qui répondent à des éléments décisionnels plus ou moins explicites (mise en relation entre intérêt d'un projet et faisabilité de la compensation, projet d'intérêt public majeur... ; voir (Truchon *et al.* 2020). **Il est donc essentiel au moment du dimensionnement d'explicitier et d'argumenter clairement l'ensemble de ces éléments pour rendre plus transparent et plus compréhensible l'ensemble du processus ayant amené à cette décision.**

D'ailleurs, le dimensionnement des mesures compensatoires est l'un des sujets environnementaux qui mobilise la plus grande diversité de modalités de participation des acteurs, chacun apportant ses savoirs, savoir-faire et savoir-être. **De même, un certain nombre de documents de planification, issus de concertation entre les acteurs du territoire ou de consultations publiques, influencent le dimensionnement des mesures compensatoires.** C'est le cas, par exemple, de certaines dispositions de SDAGE qui déterminent actuellement des ratios surfaciques (et non fonctionnels) minimaux de compensation pour les zones humides, mais également des règles de SAGE ayant un impact sur l'élaboration d'actes administratifs (Annexe 2).

Bien sûr, ces modalités de participation varient selon les attentes du porteur de projet mais aussi des particularités du projet (techniques, territoriales...) (Annexe 3). En effet, le terme de « participation » renvoie à une diversité de degrés et de modalités de participation à connaître et respecter pour que coïncide ce qu'affiche le porteur de projet auprès des acteurs mobilisés et ce qu'il fait réellement (par ex. ne pas afficher que l'on consulte si l'on ne fait que consulter). **La maîtrise des processus participatifs est donc essentielle pour la mise en œuvre des mesures compensatoires car elle peut conditionner leurs réussites, leurs échecs, notamment lorsqu'il est question de dimensionnement puisque de nombreuses considérations doivent alors être prises en compte : réglementaire, scientifique, technique, territorial, social, politique, économique...**

À titre d'exemple, d'après l'Observatoire national de la biodiversité, 50 à 66 % de zones humides seraient dans des espaces agricoles¹⁹. Le dimensionnement et la mise en œuvre des mesures compensatoires nécessitent donc une articulation forte entre les politiques environnementales, agricoles et forestières qui ne peut se faire sans la participation active des acteurs intéressés et concernés. L'enjeu est ici de faire comprendre à l'ensemble des acteurs que les mesures compensatoires ne sont pas une contrainte pour eux (par ex. mise sous cloche) car elles peuvent aussi accompagner la transition agroécologique et forestière des territoires.

II.2.2. Le contenu de l'autorisation environnementale : le résultat d'une négociation !

L'article L. 211-1-1 du code de l'environnement précise que la préservation et la gestion durable des zones humides [...] sont d'intérêt général.

Depuis le 18^{ème} siècle, la notion d'intérêt général est une notion centrale de la pensée politique mais aussi de l'action juridique puisqu'elle oriente la production législative et réglementaire qui fonde l'action publique. À ce titre, on peut aller jusqu'à dire que l'intérêt général constitue le socle qui assoit la légitimité d'une politique publique et par-delà l'action des agents participant à sa mise en œuvre. C'est précisément le cas en matière de préservation et de restauration des zones humides. Pourtant, à

¹⁹ <https://tourduvalat.org/dossier-newsletter/actualite-4-agriculture-aquaculture-et-zones-humides-en-france-les-chiffres-cles/>

y regarder de plus près, les actions mises en œuvre pour les protéger peuvent se heurter à d'autres politiques publiques servant elles-aussi l'intérêt général. C'est le cas du code forestier qui en son article L. 112-1 reconnaît que la protection et la mise en valeur des bois et forêts ainsi que le reboisement dans le cadre d'une gestion durable sont d'intérêt général. C'est également le cas de l'agriculture, du pastoralisme et de la forêt de montagne qui de par leur contribution à la production, à l'emploi, à l'entretien des sols, à la protection des paysages, à la gestion et au développement de la biodiversité sont, au titre de l'article L. 113-1 du code rural et de la pêche maritime, reconnus d'intérêt général. Que se passe-t-il lorsqu'un projet de compensation d'une zone humide nécessite de détruire drains et peupliers ou encore lorsque la construction d'une autoroute (elle-même d'intérêt général) requiert une compensation écologique qui passe par un changement de filière agricole ?

La notion d'intérêt général est donc un objet protéiforme, difficile à saisir (Truchet 2017). Le doyen Vedel en disait déjà en 1986 qu'il s'agissait d'une notion fuyante, insaisissable, floue, qui ne se laisse pas enfermer dans les classifications normatives traditionnelles tant selon les temps, les lieux et les opinions, elle reçoit des contenus fort variables. Ces quelques exemples montrent aussi que loin du mythe théorique de l'intérêt général un et unanime, se côtoient dans la pratique, plusieurs intérêts généraux tentant difficilement de s'articuler sur les territoires bien que répondant tous à un objectif commun : répondre aux besoins de la population.

Force est donc de constater que le concept d'intérêt général se moule dans des exigences le plus souvent politiques qui ne distinguent plus vraiment l'intérêt général (ce qui est pour le bien public) de l'intérêt public (ce qui participe à la mise en œuvre de l'intérêt général), du bien commun (la gestion des communs c'est-à-dire les biens publics et privés partagés pour assurer la prospérité et le bien-être d'une société) ou encore de l'intérêt national (les intérêts supérieurs d'une nation transcendant tous les autres) (Lascoumes et Le Bourhis 1998, Pontier 2017). Le temps n'est plus où affirmer l'intérêt général mettait fin à la discussion. Il faut désormais le démontrer, cas par cas (Truchet 2017) ! S'il constitue toujours la « pierre angulaire de l'action publique dont il détermine la finalité et fonde la légitimité » (Conseil d'État 1999²⁰), l'intérêt général ne s'impose donc plus comme argument d'autorité. Il dépend plus que jamais de la pertinence des décisions prises. Le recours aux processus participatifs apparaîtra dès lors comme un moyen de refondation de l'intérêt général, en l'adossant à un principe de légitimité procédurale (Habermas 1997). La participation devient ainsi le moyen de surmonter la crise de l'intérêt général par une ouverture en direction de la société. L'opposition rigide établie entre intérêt général et intérêts particuliers tend du même coup à s'estomper (Chevallier 2013).

Les négociations entourant le dimensionnement de la compensation en sont un parfait exemple. La négociation peut se définir comme une activité qui met en interaction plusieurs acteurs qui, confrontés à la fois à des divergences et à des interdépendances, choisissent de rechercher volontairement une solution mutuellement acceptable (Pennanger *et al.* 2003) pour le territoire. C'est ici que s'affronteront différents intérêts généraux mais également que se mettront à l'épreuve ces derniers vis-à-vis d'intérêts particuliers, en vue d'une action collective. Contrairement à la concertation ou à la consultation, la négociation est un processus participatif durant lequel le partage du pouvoir de décision est au centre du débat. L'idée n'est pas ici de tendre vers un objectif commun mais de parvenir à un accord acceptable pour tous dans le respect de leurs intérêts respectifs (général ou particulier) le plus souvent divergents. La négociation vise à rendre possible un accord pour aboutir à une décision. **Cette décision, si on pourrait penser qu'elle s'appuie nécessairement, sur la prise en compte des fondements scientifiques et techniques pour dimensionner la compensation, repose en réalité, sur des exigences qui peuvent en réduire la substance voire s'en détacher.**

²⁰ <https://www.conseil-etat.fr/publications-colloques/etudes/reflexions-sur-l-interet-general-rapport-public-1999>

C'est ce que soulèvent l'autorité environnementale et ses déclinaisons régionales, autorités indépendantes, dans leurs rapports de 2021 (CGEDD 2021) sur l'évaluation des plans, programmes et projets soumis à autorisations environnementales (Annexe 4). On peut y lire en effet que concernant les projets de zones d'aménagement concerté ou de grandes infrastructures linéaires, la prise en compte des zones humides dans les dossiers souffre d'une mauvaise caractérisation spatiale, mais aussi fonctionnelle, de l'absence fréquente d'une démarche d'évitement, de réduction et de compensation adaptée. Il en va de même pour les projets de carrières de parcs photovoltaïques et l'écriture des PLUi.

L'ordonnance du 3 août 2016 relative à l'évaluation environnementale rappelle que cette dernière ne se limite pas à la production d'une étude d'autorisations environnementales. Elle s'inscrit en effet dans un processus qui démarre dès le début de l'élaboration d'un plan, programme ou projet le plus respectueux possible de l'environnement. C'est l'objectif de la séquence ERC qui est au centre de l'évaluation environnementale et concerne également l'ensemble des autorisations du code de l'environnement. **La séquence ERC doit être intégrée le plus tôt possible dans la genèse du projet afin d'optimiser les possibilités d'évitement et de réduction des impacts.** Une meilleure articulation entre plan(s)/programme(s) et projet(s) est un moyen privilégié pour anticiper et limiter les impacts sur l'environnement. L'amélioration de la mise en œuvre de la séquence (par ex. le dimensionnement) et du suivi des mesures prescrites est indispensable pour prévenir la dégradation de l'environnement et de la biodiversité.

L'autorisation environnementale doit donc assurer (1) le respect des principes énoncés par la réglementation et (2) sa compatibilité ou conformité avec les documents de planification portant entre autres sur l'eau et la biodiversité. Lors de l'instruction des dossiers, la prise en compte des intérêts généraux (biodiversité, agriculture, zones humides, forêt...) et des multiples intérêts particuliers participant au développement des territoires influencent les décisions et l'écriture des actes administratifs en découlant.

En France, l'« Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique. Guide de mise en œuvre » d'Andreadakis *et al.* (2021) contribue à la montée en qualité des dossiers intégrant des mesures compensatoires dans le strict respect des exigences réglementaires. Ce document présente un cadre concret et standardisé décrivant les étapes de la démarche. La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 2 (diagnostics de contexte et fonctionnel, voir Gayet *et al.* 2023a, 2023b) et son interface de dimensionnement (présentée ici) apportent de nombreuses informations pour mettre en œuvre les 8 étapes de l'arbre de décision de ce guide (Encadré ci-après).

Encadré 3 : Interventions de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 2 et de la présente interface de dimensionnement dans l'approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique. Guide de mise en œuvre » d'Andreadakis *et al.* (2021).

Étapes de l'arbre de décision de l'approche standardisée		Éléments correspondants de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 2 et de la présente interface de dimensionnement
	Étape 1 – Identifier les impacts non-compensables	Diagnostic de contexte + Diagnostic fonctionnel
	Étape 2 – Évaluer le caractère significatif des impacts résiduels	Diagnostic fonctionnel
	Étape 3 – Apprécier <i>a priori</i> la faisabilité de la compensation du projet à l'échelle du territoire	Diagnostic de contexte + Diagnostic fonctionnel + Interface de dimensionnement
	Étape 4 – Expliciter la méthode de dimensionnement et vérifier sa conformité à l'Approche standardisée	Interface de dimensionnement
	Étape 5 – Vérifier l'exhaustivité des informations choisies pour évaluer les pertes et dimensionner les gains	Diagnostic fonctionnel (entrée « fonctions » et « habitats » mais sans l'entrée « espèces » à aborder en complément)
	Étape 6 – Vérifier l'absence de risque de non-conformité à la réglementation et mise en place d'ajustement(s) si nécessaire	Diagnostic fonctionnel + Interface de dimensionnement
	Étape 7 – Vérifier l'équivalence écologique entre pertes et gains prédits de biodiversité	Diagnostic fonctionnel + Interface de dimensionnement
	Étape 8 – Vérifier la pertinence des modalités de suivi et prévoir la correction éventuelle des mesures de compensation au cours du temps	Diagnostic fonctionnel

Cinq idées clef à retenir pour dimensionner une mesure de compensation écologique :

- Pour appliquer la réglementation, recourir à des connaissances scientifiques est impératif
- La réglementation s'applique sur des territoires avec des caractéristiques singulières
- Plusieurs intérêts se confrontent, se combinent, se juxtaposent ... sur un territoire
- L'ingénierie territoriale doit être mobilisée pour mettre en œuvre la réglementation
- Le dimensionnement fait l'objet de négociations

III. Philosophie de l'interface

Chaque contexte de mise en œuvre de la séquence ERC et chaque territoire étant particuliers, un consensus ou une prescription nationale au sujet des ratios fonctionnels qu'il conviendrait de pratiquer sont difficilement possibles. En l'état, les ratios fonctionnels utilisés sont souvent attribués sur dire d'experts ou sur la base des résultats de méthodes peu ou pas éprouvées, de retours d'expériences trop peu diffusés ou reconnus donnant des résultats souvent peu transparents et non justifiés.

L'interface de dimensionnement tient compte de ce contexte. Elle ne propose donc pas de recommandation sur les ratios fonctionnels à retenir (résultats de considérations multiples qui ne sont pas seulement scientifiques et techniques). **La philosophie de l'interface est plutôt la suivante :**

- 1. de porter à connaissance les recommandations scientifiques quant aux ratios fonctionnels à pratiquer (voir section II ci-avant) ;**
- 2. puis de permettre aux acteurs territoriaux de renseigner dans l'interface les bornes d'un intervalle ou « gradient de ratios envisagés » retenu à l'échelle d'un territoire (par ex. dans un bassin versant, dans un département) ;**
- 3. pour ensuite fournir des critères qui justifieront le choix du ratio fonctionnel pour un projet d'aménagement donné au sein de cet intervalle de ratios envisagés ;**
- 4. et finalement d'octroyer un ratio fonctionnel au projet d'aménagement de manière objectivée.**

L'interface de dimensionnement est donc préférée aux méthodes de dimensionnement parfois utilisées pour les raisons suivantes :

- les connaissances scientifiques fournissent un aperçu de ratios fonctionnels très élevés qui seraient souvent requis pour obtenir la non perte nette de fonctions dans divers contextes écologiques. Néanmoins, ces connaissances ne sont pas suffisamment exhaustives pour préconiser des ratios fonctionnels adaptés à tous les contextes écologiques où des projets d'aménagement sont réalisés ;
- les considérations sociales, économiques, politiques et donc territoriales propres à chaque projet d'aménagement interviennent au moment du dimensionnement ; et seules les parties prenantes peuvent appréhender ces dernières au cas par cas.

En résumé, il est important de retenir que l'interface rend plus transparente la justification des choix retenus pour le dimensionnement de la compensation pour veiller à ce que la réglementation en vigueur soit bien appliquée. C'est un outil au service des parties prenantes pour compléter, le cas échéant, l'utilisation d'une méthode d'évaluation et ensuite s'accorder sur les décisions relatives au dimensionnement des mesures considérées.

IV. Démarche pour concevoir l'interface

L'interface de dimensionnement a été conçue au cours d'une phase de développement expérimental, à partir des connaissances obtenues par la recherche ou par l'expérience pratique (OCDE 2018²¹). L'interface est donc conçue selon un processus itératif en trois phases :

1. les principes réglementaires propres à la séquence ERC, les connaissances scientifiques et l'ingénierie écologique ont été mobilisés pour rédiger des prototypes d'interface. Cette phase de rédaction assure l'ancrage réglementaire, la robustesse scientifique et la pertinence de l'interface, pour garantir son utilité, sa crédibilité et sa portée pratique ;
2. des tests ont été réalisés sur le terrain avec les parties prenantes de la séquence ERC. La phase de test permet de confronter les prototypes d'interface aux réalités écologiques couramment rencontrées durant la mise en œuvre de la séquence ERC (sur la base de l'expertise des auteurs et contributeurs de l'interface) et de solliciter les retours critiques des parties prenantes qui interviennent dans l'évaluation de ces projets (par ex. services de l'État, établissements publics, collectivités) pour par ex. vérifier l'ergonomie²² de l'outil ;
3. les prototypes ont été « corrigés » à partir des retours critiques.

Les deux premières phases ont été répétées à trois reprises (2017, 2018 puis en 2019) avant de parvenir à l'interface finale présentée ici.

La phase de test de 2017 (prototype 2017) a été réalisée par le MNHN (PatriNat) sur environ 40 sites en zone humide au sens de la réglementation en vigueur, sur les littoraux Atlantique (Nord-Est) et Camarguais durant le printemps et l'été 2017. Ces 40 sites tests ont été identifiés en partenariat avec le Conservatoire du Littoral et avec l'accord des gestionnaires des sites. Quelques sites complémentaires hors de ces propriétés ont été inclus pour représenter des sites dégradés. Les sites étaient quasiment exclusivement sur des zones humides du littoral marin (y compris en polder) (voir Figures ci-après). Des premiers retours critiques ont été faits (par ex. ergonomie, retranscription fidèle des réalités écologiques perçues sur le terrain, mise en forme de l'interface).

La phase de test de 2018 (prototype 2018) a permis d'étudier la pertinence des améliorations apportées (suite à la phase de test de 2017) sur environ 160 sites. L'objectif était alors d'étudier si le résultat fourni était pertinent selon des agents ayant des missions techniques (par ex. Irstea, Cerema, FMA, PatriNat, DIR et SD ex-AFB désormais OFB) et un public technique plus large confronté à la compensation écologique (par ex. Cerema, DIR et SD ex-AFB désormais OFB, Siel, SMIDDEST, DDT). Les tests ont porté à la fois sur le secteur continental (par ex. stage de Marie Rolland avec l'Irstea et l'ex-AFB désormais OFB, tests de PatriNat OFB et MNHN) et sur le littoral marin (par ex. stages de Thomas Fabrègue avec le Siel et l'ex-AFB désormais OFB, Zephir Barret et Alizée Ribas avec le SMIDDEST et l'ex-AFB désormais OFB). **Ils ont été réalisés de manière privilégiée sur des sites représentant des situations où des projets d'aménagement pourraient être envisagés, après évitement et réduction ; en représentant à la fois des situations de compensation réelles mais peu pertinentes (par ex. mesure de compensation sur des milieux dans un très bon état de conservation) jusqu'à des situations réelles plus judicieuses (par ex. projet d'aménagement dans une zone humide très dégradée après évitement et réduction et compensation dans une zone humide dégradée).** Le but

²¹ Le développement expérimental est fondé sur des connaissances obtenues par la recherche ou l'expérience pratique, est effectué - au moyen de prototype ou d'installations pilotes - en vue de lancer de nouveaux produits, d'établir de nouveaux procédés ou d'améliorer substantiellement ceux qui existent déjà. Source : <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1174>.

²² « se dit d'un appareil, d'un matériel dont la forme est particulièrement adaptée aux conditions de travail de l'utilisateur » (www.larousse.fr).

était notamment d'étudier si l'interface permettait de discriminer les mesures de compensation écologique selon la faisabilité des mesures de compensation écologique ou encore le délai avant d'obtenir le résultat escompté des mesures de compensation écologique (voir Figures ci-après).

La phase de test de 2019 (prototype 2019) a permis de réaliser d'ultimes tests en particulier avec quelques parties prenantes supplémentaires (par ex. des professionnels du génie écologique) souhaitant émettre un retour critique.

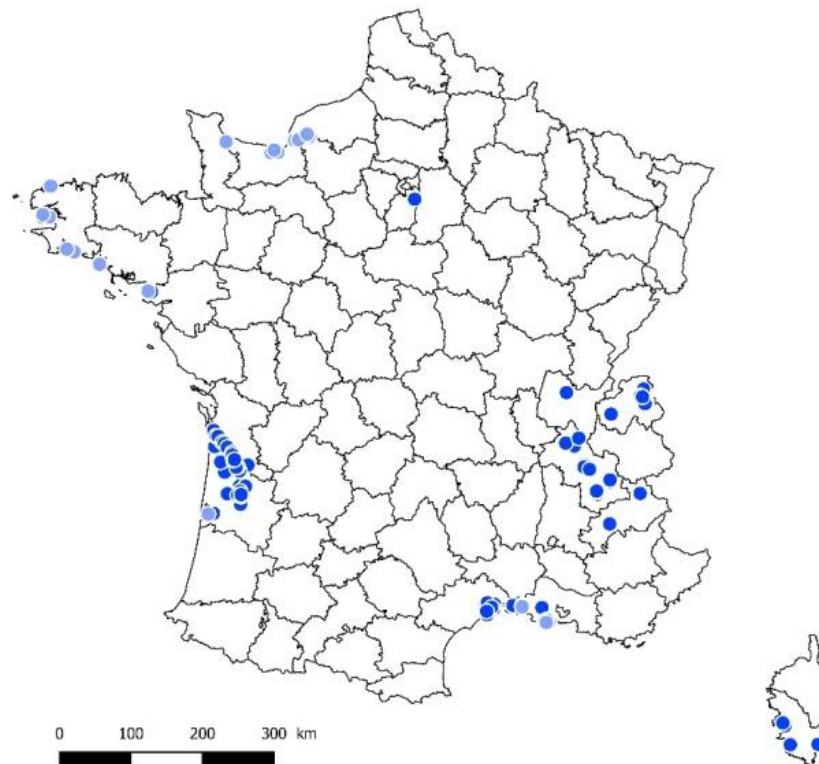


Figure 4 : Sites où ont été testés les prototypes 2017 (points bleu clair) et 2018 (points bleu foncé) de l'interface de dimensionnement.



Figure 5 : Tests de prototypes en 2018 avec le SMIDDEST, le SIEL et l'INRAE.

Crédits des photos : M. Rolland OFB – INRAE et G. Gayet PatriNat OFB – MNHN.

Ces tests ont été réalisés avec les partenaires associés au développement de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (voir la liste des partenaires et le descriptif des sites test dans Gayet *et al.* 2023a). L'interface a donc été testée au travers des prototypes préfigurant la version 2 de cette méthode qui devaient inclure les spécificités des zones humides du littoral marin, de nouvelles fonctions et de nouvelles modalités pour évaluer les fonctions des zones humides.

Des entretiens bilatéraux avec des parties prenantes impliquées dans l'évaluation des autorisations environnementales (par ex. services de l'État, établissements publics de l'État, bureaux d'études) ont également été réalisés afin de recueillir leur retour critique sur l'interface de

dimensionnement. Cela a notamment pu faire l'objet d'une étude dédiée dans le cadre d'un stage de Master 2 durant 6 mois (Rolland 2018). Les retours critiques et problèmes identifiés ont été pris en compte (par ex. mise en forme du résultat graphique de l'interface de dimensionnement).

V. Contenu de l'interface

Dans cette section, les hypothèses sur lesquelles sont basées l'interface sont présentées. Ensuite, les informations mobilisées pour alimenter le système écologique et technique de l'interface et évaluer la faisabilité et le délai associé à une mesure de compensation écologique sont présentées. Enfin, les informations mobilisées pour alimenter le système réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique d'autre part, sont présentées.

Ces propositions méthodologiques pour dimensionner une mesure de compensation écologique résultent surtout de la prise en compte des considérations scientifiques dans le domaine de l'écologie et des sciences humaines et sociales exposées ci-avant.

V.1. Hypothèses

La valeur du ratio fonctionnel attribuée avec l'interface de dimensionnement à un projet d'aménagement repose sur les hypothèses suivantes :

- **le dimensionnement des mesures de compensation écologique dépend, par ordre décroissant d'importance :**
 - **de considérations techniques : est-ce faisable ?** Il s'agit alors d'intégrer le risque d'échec au dimensionnement,
 - **de considérations temporelles : est-ce rapide à obtenir ?** Il s'agit alors d'intégrer les pertes intermédiaires au dimensionnement,
 - **et de considérations spatiales : l'environnement du site est-il compatible avec le résultat envisagé ?** Il s'agit alors aussi d'intégrer le risque d'échec au dimensionnement (perturbations anthropiques exercées dans l'environnement du site).

→ système écologique et technique de l'interface

- **les parties prenantes associées à un projet d'aménagement veillent notamment à ce que les contextes social, économique, politique et territorial soient pris en compte avec pertinence. Elles veillent également au respect de la réglementation en vigueur lors de la mise en œuvre de la séquence ERC et influencent le choix du ratio fonctionnel**

→ système réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique de l'interface

Le Tableau ci-après détaille ces hypothèses, il expose quels principes réglementaires peuvent être vérifiés via les deux systèmes de l'interface de dimensionnement, en mobilisant quels concepts scientifiques.

Tableau 1 : Principes réglementaires et concepts scientifiques supportant l'interface de dimensionnement de la compensation écologique des fonctions en zone humide.

Échelles	Hypothèses	Principes réglementaires	Principaux « concepts » scientifiques
Système écologique et technique			
Site de compensation	En état initial, plus le stade d'évolution du site de compensation est proche de l'état envisagé, plus les objectifs du programme d'actions écologiques sont rapidement atteignables*.	Principe de proximité temporelle	Théorie des successions écologiques
	Plus le génie écologique mobilisé est éprouvé et/ou simple, plus les objectifs du programme d'actions écologiques sont effectivement atteignables*.	Principes d'efficacité et de faisabilité	Incertitude
	En état initial, plus le site est préservé et plus ses caractéristiques écologiques sont proches de l'état envisagé, plus il est probable d'obtenir le résultat escompté du programme d'actions écologiques*.		Incertitude Risque d'échec Perturbation Résistance Résilience
Environnement du site de compensation	Plus l'environnement du site est préservé de pressions anthropiques et plus ses caractéristiques écologiques sont similaires à l'état envisagé du site, plus les objectifs du programme d'actions écologiques sont atteignables*.		Résistance Perturbation
Système réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique			
Territoire	L'intervalle entre lequel varie les ratios fonctionnels résulte de prescriptions réglementaires et d'un consensus entre les acteurs d'un territoire ²³	Principe de proportionnalité	Territorialisation du droit
Projet d'aménagement		Tous les principes cités ci-dessus et les différents intérêts	Tous les concepts cités ci-dessus

* : le site dans le meilleur « état » possible, sur lequel peu de gains sont envisageables n'est pas nécessairement recherché. Il s'agit surtout d'attirer la vigilance des parties prenantes intervenant dans la mise en œuvre de la séquence ERC sur les risques d'échec et les délais associés aux mesures de compensation. Elles peuvent ensuite demander les informations nécessaires pour vérifier le bienfondé de la mesure de compensation écologique et intégrer le délai au dimensionnement.

²³ « En l'absence d'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire, celui-ci est défini par les parties prenantes de la mise en œuvre de la séquences ERC, au regard des intérêt(s) général(aux), de l'intérêt public, du bien commun, de l'intérêt national et des intérêts particuliers en présence. »

V.2. Système écologique et technique de l'interface

La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (Gayet *et al.* 2023a, 2023b) fournit des informations détaillées et standardisées sur le site de compensation :

- une évaluation de son environnement (par ex. la zone contributive, le paysage) ;
- un diagnostic écologique :
 - l'état initial (avant action écologique, par ex. système hydrogéomorphologique, habitat EUNIS niveau 3, indicateurs de l'intensité des fonctions),
 - l'état du site avec action écologique envisagée, c'est-à-dire ce qu'il est prévu d'observer une fois les résultats escomptés obtenus (simulation de l'état envisagé du site de compensation),
- un descriptif du programme d'actions écologiques envisagé.

Dans l'interface de dimensionnement, ces informations peuvent alimenter des critères pour évaluer la faisabilité et le délai avant d'obtenir le résultat escompté des mesures de compensation écologique.

Une pré-évaluation automatisée est réalisée d'après ces critères et des connaissances générales en écologie. La pré-évaluation automatisée attire la vigilance des parties prenantes de la séquence ERC sur des éléments de la mesure de compensation écologique qui peuvent compromettre sa faisabilité ou expliquer que le délai soit relativement long avant d'obtenir les résultats escomptés.

Les zones humides et les mesures de compensation écologiques constituant chacune des ensembles hétéroclites, la pré-évaluation automatisée peut ne pas saisir des caractéristiques singulières : dégradation forte constatée par l'observateur mais l'interface ne la détecte pas, modalités de mise en œuvre d'une action écologique plus convaincantes ou environnement du site plus favorable à une mesure de compensation écologique que ne l'estime l'interface... **Il reste ensuite possible pour les parties prenantes, d'évaluer en complément la mesure de compensation écologique, en tenant compte de telles particularités, difficilement appréhendables de manière automatisée (Figure ci-après).** Cette évaluation complémentaire est réalisée à partir des mêmes critères que ceux déjà utilisés dans l'interface, voire avec d'autres critères en complément. Ces parties prenantes incluent le maître d'ouvrage et son prestataire qui évaluent la mesure de compensation écologique avant de la soumettre à l'évaluation environnementale. Mais cela peut également être toute acteur qui participe à l'évaluation environnementale (par ex. services de l'État, établissements publics, collectivités locales). **Cette évaluation complémentaire est possible par les parties prenantes, mais doit être justifiée et argumentée.** Elle peut par ex. être conditionnée à la fourniture d'un diagnostic écologique, d'un cahier des charges détaillés pour les actions écologiques dont les effets sont les plus douteux, à la mobilisation d'écologues très spécialisés dans un domaine, au respect d'exigences supplémentaires en termes de suivi pour vérifier la bonne trajectoire écologique du site et/ou à des mesures d'accompagnement permettant de pallier à un besoin de mesures correctives (par ex. sécurisation foncière d'un site attenant).



En général, notez que plus l'écart est important entre la faisabilité et le délai évalués de manière automatisée - et ceux évalués par les parties prenantes en complément, plus les arguments justifiant cet écart doivent être détaillés.

Même si une mesure de compensation écologique est évaluée de manière automatisée comme ayant une bonne faisabilité²⁴ avec des résultats qu'il est possible d'obtenir rapidement, cela appelle tout de même la vigilance des parties prenantes pour vérifier que la faisabilité et le délai évalués sont pertinents.

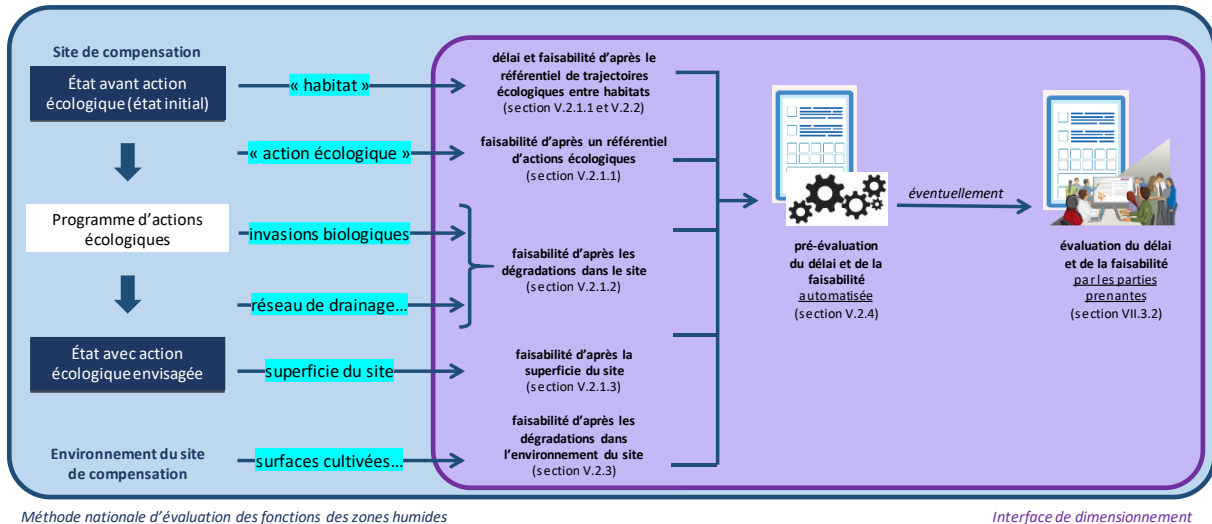


Figure 6 : intervention de l'interface de dimensionnement pour évaluer la faisabilité et le délai avant d'obtenir le résultat escompté des mesures de compensation écologique d'après les informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides dans le site de compensation (système écologique et technique de l'interface).

Les sections suivantes abordent la pré-évaluation automatisée de la faisabilité puis du délai est réalisée dans l'interface de dimensionnement à partir d'informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Des repères par critère, à propos de particularités qui peuvent éventuellement justifier une évaluation complémentaire par les parties prenantes sont également fournis.

²⁴ Non documentée comme étant vraisemblablement impossible, improbable, très aléatoire ou assez aléatoire.

V.2.1. Évaluation de la faisabilité des mesures de compensation écologique

La faisabilité est abordée ici uniquement sur le plan technique. La faisabilité est évaluée en tenant compte de (1) la probabilité de concevoir et mettre en œuvre l'action écologique avec pertinence et (2) d'obtenir le résultat escompté, même si celle-ci est bien conçue ou mise en œuvre. À noter que la faisabilité intègre également d'autres notions non abordées ici (par ex. foncière, financière) (Gayet *et al.* 2023c).

Dans l'interface de dimensionnement, la faisabilité est évaluée en tenant compte de quatre critères : (1) les trajectoires écologiques (approche habitat), (2) les actions écologiques (approche génie écologique), (3) les dégradations anthropiques et (4) la superficie du site de compensation. Les informations utilisées pour alimenter ces critères, l'évaluation de la faisabilité qui en résulte sont présentées par critère ; avant de proposer des scénarios pour évaluer la faisabilité de la mesure de compensation écologique à l'échelle du site. Ces aspects sont détaillés dans les sections ci-après.

V.2.1.1. Critère de faisabilité 1 : trajectoires écologiques – critère de faisabilité 2 : actions écologiques

1. Informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Le fac-similé sur la Figure ci-après illustre les informations relevées sur un site de compensation en utilisant la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Avec ces informations, il est possible de connaître le programme d'actions écologiques et ses effets prévus sur les habitats (trajectoires écologiques envisagées).

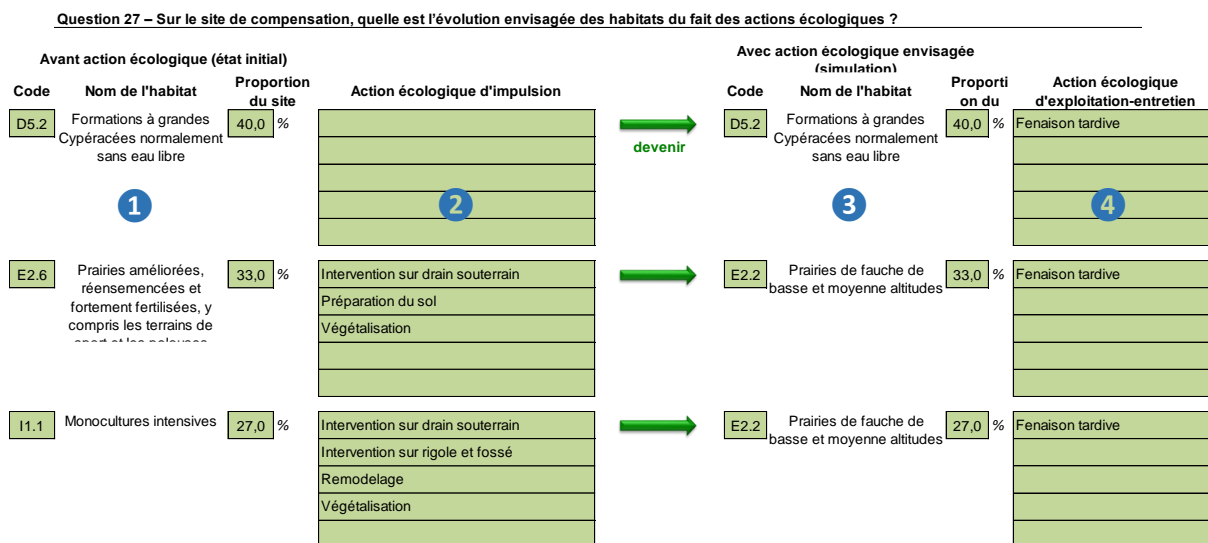


Figure 7 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Les informations suivantes permettant de documenter la trajectoire écologique et les actions écologiques envisagées : ① habitat en état initial, ② actions écologiques d'impulsion, ③ habitat attendu et ④ actions écologiques d'exploitation-entretien.

2. Critères issus des informations relevées

D'après les informations suscitées, deux critères sont utilisés pour pré-évaluer la faisabilité des mesures de compensation :

- **la trajectoire écologique** d'après les habitats (EUNIS niveau 3) présents à l'état initial et les habitats escomptés (en mettant en œuvre un programme d'actions écologiques) sur le site de compensation ;
Par exemple, une trajectoire écologique peut consister à avoir en état initial des « E5.1 Végétations herbacées anthropiques » et des « A2.55 Marais salés pionniers » qui seraient escomptés avec la mesure de compensation écologique.
- **le génie écologique** d'après les actions du programme d'actions écologiques. Deux types d'actions écologiques sont distinguées :
 - **les actions écologiques d'impulsion** : mise en œuvre d'un génie écologique sur un espace pour lui conférer une nouvelle vocation écologique. Cela génère souvent des

variations brusques de paramètres physiques, chimiques et/ou biologiques ; mais peut aussi parfois être à l'origine de variations plus progressives. Les actions écologiques d'impulsion peuvent varier en nature et en intensité dans l'espace. En un point donné, elles sont souvent réalisées une seule fois ; au début d'un programme d'actions écologiques, avant les actions écologiques d'exploitation-entretien. Quelques-unes d'entre elles peuvent occasionnellement être renouvelées dans le temps, mais avec un délai relativement long entre chaque renouvellement (Gayet *et al.* 2023c),
Par exemple, la dépollérisation, le déblai, le comblement de fossé, la libre évolution sont des actions écologiques d'impulsion.

- **les actions écologiques d'exploitation-entretien** : mise en œuvre d'un génie écologique sur un espace pour accompagner le déroulement d'une trajectoire ou pérenniser son état. Elle génère souvent la progression lente ou le maintien de paramètres physiques, chimiques et/ou biologiques. Une telle action est souvent répétée dans le temps durant la mise en œuvre d'un programme d'actions écologiques, après d'éventuelles actions écologiques d'impulsion (Gayet *et al.* 2023c).

Par exemple, la fauche tardive, le pâturage, l'émondage et la non intervention peuvent être des exemples d'actions écologiques d'exploitation-entretien.

Notez que les actions correctives, c'est-à-dire les actions écologiques qui interviennent quand le résultat escompté des actions écologiques n'est pas en voie d'être obtenu ou lorsqu'il n'est pas obtenu, peuvent être des actions d'impulsion ou d'exploitation-entretien.

3. Pré-évaluation automatisée de la faisabilité

La faisabilité d'une trajectoire écologique ou d'une action écologique est pré-évaluée par critère comme étant « impossible », « très aléatoire », « assez aléatoire », « assez bonne » ou « bonne » d'après la mise en relation des informations suscitées avec deux référentiels (Tableau ci-après) :





- **une matrice de trajectoires écologiques entre habitats (Gayet *et al.* 2023d)**. On parle couramment de trajectoire écologique pour désigner le chemin évolutif que parcourt un écosystème d'un état stable vers un autre état au cours du temps. Ces trajectoires, souvent longues, peuvent être brutalement modifiées suite à des perturbations (Nicolas *et al.* 2013), souvent nécessaires durant un programme d'actions écologiques (par ex. pour maintenir certains habitats). Dans la matrice de Gayet *et al.* 2023d, la faisabilité et le délai de la plupart des trajectoires entre habitats EUNIS niveau 3 sont pré-évalués **selon une approche « habitat »**. Ainsi, d'après l'habitat EUNIS niveau 3 en état initial, l'habitat EUNIS niveau 3 en état attendu (identification de la trajectoire écologique envisagée), en tenant compte du ou des système(s) hydrogéomorphologique(s), de l'étage altitudinal et du climat où a lieu l'action écologique (information contextualisant la trajectoire écologique²⁵), il est possible de pré-évaluer la faisabilité et le délai de la trajectoire entre habitats ;

²⁵ Par ex. la faisabilité d'une trajectoire écologique peut être pré-évaluée comme impossible ou improbable si des informations de contexte indiquent que celle-ci est envisagée dans un contexte climatique qui n'est pas propice à l'habitat attendu d'après la documentation des contextes climatiques propices à cet habitat dans Gayet *et al.* (2023d).

- **une liste d'actions écologiques (Gayet et al. 2023c).** Dans ce référentiel, les actions écologiques les plus courantes en zones humides sont listées (n = 174), définies et associées à des classes de faisabilité **selon une approche « génie écologique »**. Ainsi, en connaissant les actions écologiques prévues sur le site de compensation, en tenant compte du ou des système(s) hydrogéomorphologique(s) où auront lieu les actions écologiques et des milieux naturels qui en résulteraient²⁶, il est possible de pré-évaluer la faisabilité du programme d'actions écologiques d'après ce référentiel.

²⁶ Par ex. la faisabilité d'une action écologique peut être pré-évaluée comme impossible ou improbable si des informations de contexte indiquent que celle-ci est envisagée dans un système hydrogéomorphologique qui n'est pas propice à cette action écologique, d'après la documentation systèmes hydrogéomorphologiques propices à la réalisation de cette action écologique dans Gayet et al. (2023c).

Tableau 2 : Critères pour documenter la trajectoire écologique et les actions écologiques envisagées à partir d'informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2) et de référentiels utilisés en compléments pour pré-évaluer la faisabilité de la mesure de compensation écologique.

Critères		Informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	Référentiels utilisés pour pré-évaluer la faisabilité de la mesure de compensation	Exemples de résultats de pré-évaluation
Trajectoire écologique 		- Nom de l'habitat en état initial - Nom de l'habitat attendu + proportion du site concernée	Matrice de trajectoires écologiques entre habitats (Gayet <i>et al.</i> 2023d) avec documentation de la faisabilité de toutes les trajectoires entre habitats EUNIS niveau 3 <i>Approche habitat</i>	Sur un site A, Une trajectoire écologique prévue d' « I1.1 Monocultures intensives » vers « E3.5 Prairies oligotrophes humides [...] » est pré-évaluée comme ayant une faisabilité <u>très aléatoire</u> Sur un site B, Une trajectoire écologique prévue de « F9.2 Saussaies marécageuses [...] » vers « G1.1 Forêts riveraines et forêts galeries [...] » est pré-évaluée comme ayant une <u>bonne</u> faisabilité
 Génie écologique	Action écologique d'impulsion 	- Nom de l'action écologique d'impulsion envisagée + proportion du site concernée	Liste d'actions écologiques (Gayet <i>et al.</i> 2023c) <i>Approche génie écologique</i>	Sur un site C, la « création par excavation » de zone humide est pré-évaluée comme ayant une faisabilité <u>très aléatoire</u> Sur un site D, l' « afforestation » pour obtenir une forêt alluviale depuis un habitat semi-naturel ouvert en secteur alluvial est pré-évaluée comme ayant une <u>assez bonne</u> faisabilité
	Action écologique d'exploitation-entretien 	- Nom de l'action écologique d'exploitation-entretien envisagée + proportion du site concernée		Sur un site E, le « marnage saisonnier sur plan d'eau » pour favoriser le développement de ceintures d'hélophytes dans un secteur riverain d'étendue d'eau est pré-évalué comme ayant une faisabilité <u>assez bonne</u> Sur un site F, la « fauche tardive » pour favoriser les communautés de passereaux prairiaux dans une prairie de fauche est pré-évaluée comme ayant une <u>bonne</u> faisabilité

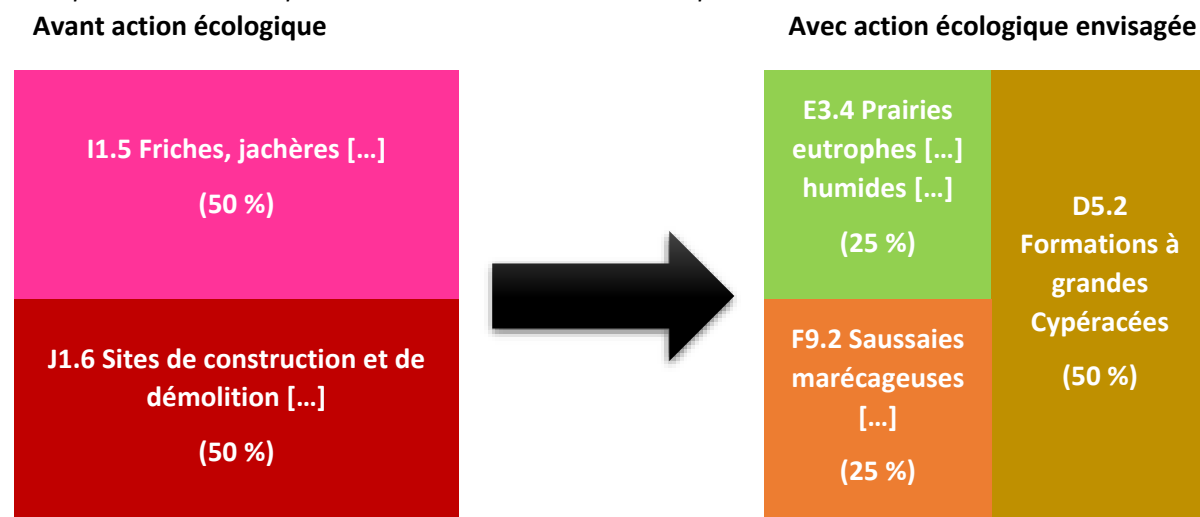
Les exemples de résultats sont ici à titre indicatif. **Le plus souvent il ne s'agit pas de décourager le recours à des actions écologiques qui peuvent être a priori difficiles à mettre en œuvre ; mais qui peuvent être pertinentes si les moyens nécessaires sont entrepris pour les réaliser (par ex. recourir à des écologues spécialisés pour les concevoir, obtenir un cahier des charges détaillés pour les mettre en œuvre). Il s'agit donc d'une alerte qui est émise ici.**

Plusieurs trajectoires écologiques étant fréquentes à l'échelle du site de compensation et des actions écologiques pouvant être mises en œuvre de façon différenciée dans l'espace, les critères

sont pré-évalués à l'échelle du site de compensation en tenant compte de l'emprise spatiale de chaque trajectoire écologique.

Les figures ci-après illustrent le déroulement de plusieurs trajectoires possibles et des programmes d'actions écologiques associés sur deux sites de compensation.

Exemple de site de compensation sur une zone humide de plateau



Exemple de site de compensation sur une zone humide péri-lagunaire

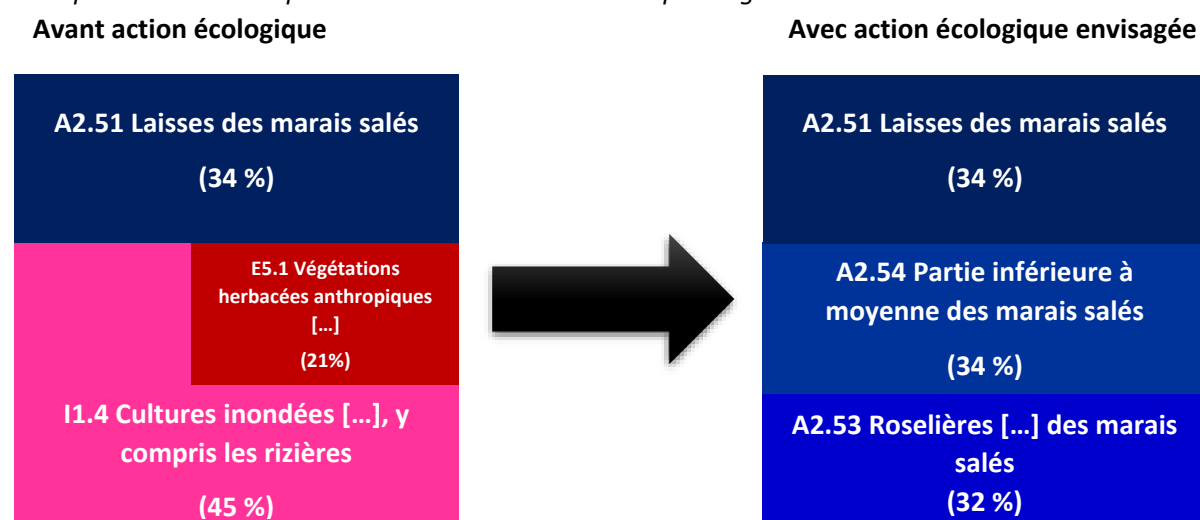
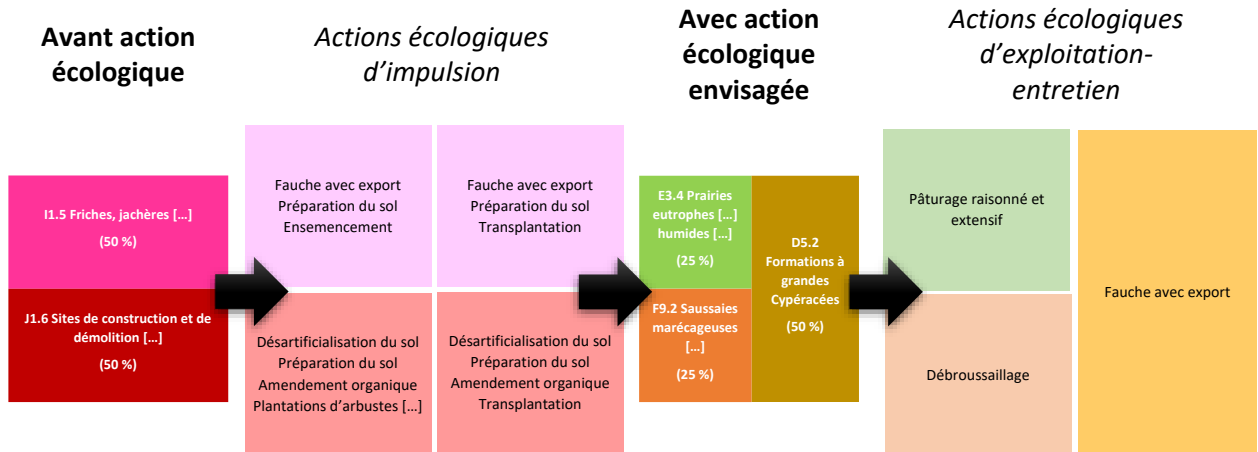


Figure 8 : Schéma des trajectoires écologiques possibles pour deux sites de compensation. Les noms des habitats sont indiqués (EUNIS niveau 3) et la part relative du site concernée par chaque habitat est indiquée en pourcentage.

Cas en plateau - quatre trajectoires écologiques sont envisagées : (1) I1.5 vers E3.4 sur 25 % du site, (2) I1.5 vers D5.2 sur 25 % du site, (3) J1.6 vers F9.2 sur 25 % du site et (4) J1.6 vers D5.2 sur 25 % du site.

Cas péri-lagunaire - quatre trajectoires écologiques sont envisagées : (1) A2.51 vers A2.51 sur 34 % du site (maintien de l'habitat), (2) I1.4 vers A2.54 sur 13 % du site, (3) I1.4 vers A2.53 sur 32 % du site et (4) E5.1 vers A2.54 sur 21 % du site.

Exemple de site de compensation sur une zone humide de plateau



Exemple de site de compensation sur une zone humide péri-lagunaire

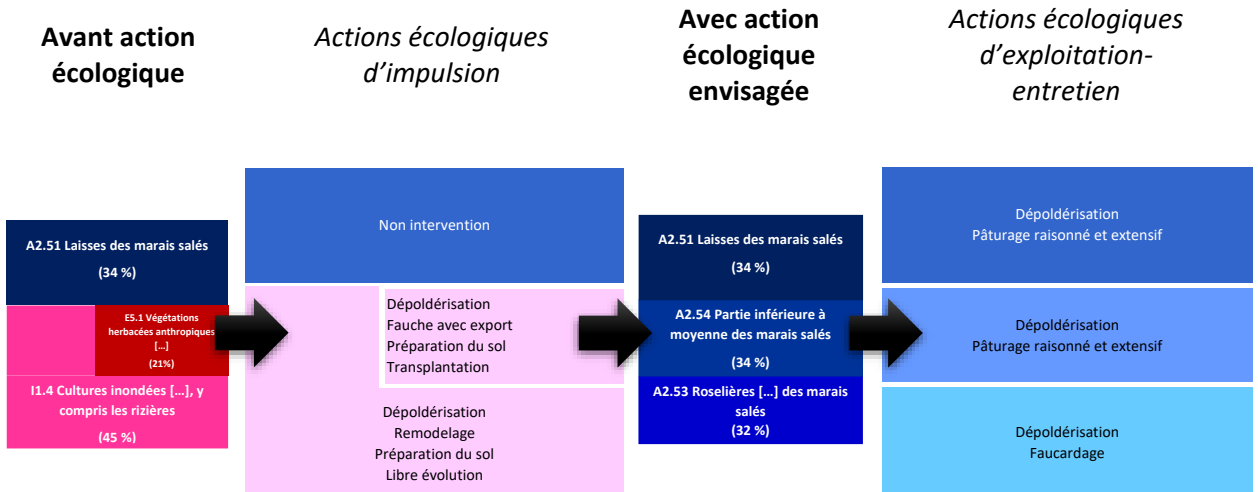


Figure 9 : Schéma des trajectoires écologiques possibles pour deux sites de compensation avec les programmes d'actions écologiques prévues. Les noms des habitats sont indiqués (EUNIS niveau 3) et la part relative du site concernée par chaque habitat est indiquée en pourcentage. Les noms des actions écologiques sont indiqués d'après le référentiel de Gayet *et al.* (2023c).

Le tableau ci-après illustre les règles éditées pour évaluer le critère « trajectoire écologique » à l'échelle du site. L'évaluation est réalisée de la même manière pour les « actions écologique d'impulsion » d'une part et les « actions écologiques d'exploitation entretien » d'autre part. Par la suite, la faisabilité du « génie écologique » est évaluée d'après les actions écologiques les plus « déclassantes ». Par ex. si les « actions écologiques d'impulsion » sont pré évaluées comme ayant souvent un résultat assez aléatoire à l'échelle du site, si les « actions écologiques d'exploitation-entretien » sont pré évaluées comme ayant un résultat assez bonne à l'échelle du site ; alors le critère « génie écologique » est pré évalué comme ayant un résultat assez aléatoire à l'échelle du site.

Tableau 3 : Évaluation de la faisabilité de la trajectoire écologique envisagée selon la proportion du site concernée par type de trajectoires écologiques. La faisabilité est indiquée par des icônes sur fond coloré à droite : impossible ou très aléatoire (fond rouge), assez aléatoire (fond orange), assez bonne (fond jaune) et bonne (fond vert).

Emprise du site en % avec une trajectoire écologique associée à une faisabilité impossible ou très aléatoire	Emprise du site en % avec une trajectoire écologique associée à une faisabilité assez aléatoire	Emprise du site en % avec une trajectoire écologique associée à une faisabilité assez bonne	Emprise du site en % avec une trajectoire écologique associée à une bonne faisabilité	Faisabilité de la trajectoire écologique sur le site
< 10	≤ 25	≤ 25	≥ 75	→
[10-25]	≤ 15	≤ 15	≥ 75	→
< 10	≤ 25	≥ 75	≤ 25	→
[10-25]	≤ 15	≥ 75	≤ 15	→
< 10	≥ 75	≤ 25	≤ 25	→
[10-25]	≥ 75	≤ 15	≤ 15	→
≥ 75	≤ 25	≤ 25	≤ 25	→
< 10	≤ 25	[25-50]	[50-75[→
[10-25]	≤ 15	[25-40]	[50-75[→
< 10	[25-50]	≤ 25	[50-75[→
[10-25]	[25-40]	≤ 15	[50-75[→
[25-50]	≤ 25	≤ 25	[50-75[→
< 10	< 25	< 25	[50-75[→
[10-25[	< 25	< 25	[50-75[→
< 10	≤ 25	[50-75[	[25-50[→
[10-25]	≤ 15	[50-75[	[25-40]	→
< 10	[25-50]	[50-75[	≤ 25	→
[10-25]	[25-40]	[50-75[	<15	→
[25-50]	≤ 25	[50-75[	≤ 25	→
< 10	< 25	[50-75[	< 25	→
[10-25[	< 25	[50-75[	< 25	→
≤ 50	[50-75[	< 50	< 50	→
[50-75[	< 25	< 25	[25-50[→
[50-75[	< 25	[25-50[	< 25	→
[50-75[	[25-50[	< 25	< 25	→
[50-75[	≤ 25	≤ 25	≤ 25	→
< 10	< 50	[25-50[	[25-50[→
[10-25[	≤ 40	[25-50[	[25-50[→
< 10	[25-50[	< 50	[25-50[→
[10-25[	[25-50[	≤ 40	[25-50[→
[25-50[	≤ 25	≤ 25	[25-50[→
< 10	[25-50[	[25-50[	< 25	→
[10-25[	[25-50[	[25-50[	< 25	→
[25-50[	< 25	[25-50[	< 25	→
[25-50[	[25-50[	< 25	< 25	→

Aide à la lecture sur ce tableau : par exemple, si 60 % de l'emprise du site est concernée par des trajectoires écologiques avec une faisabilité assez bonne et 40 % de l'emprise du site est concernée par des trajectoires écologiques avec une faisabilité assez aléatoire, alors la faisabilité de la trajectoire écologique est évaluée comme étant assez bonne à l'échelle du site (exemple matérialisé par un cadre violet dans ce tableau).



Une seule pré-évaluation est donc réalisée pour l'ensemble du site de compensation (Figures ci-après). Il est bien possible ensuite pour les parties prenantes qui utilisent ce résultat « global » d'identifier « plus précisément » les éléments de la mesure de compensation écologique (par ex. quelle trajectoire écologique) justifiant un ratio fonctionnel plus ou moins élevé, via le tableau de bord de l'interface de dimensionnement (voir section V).

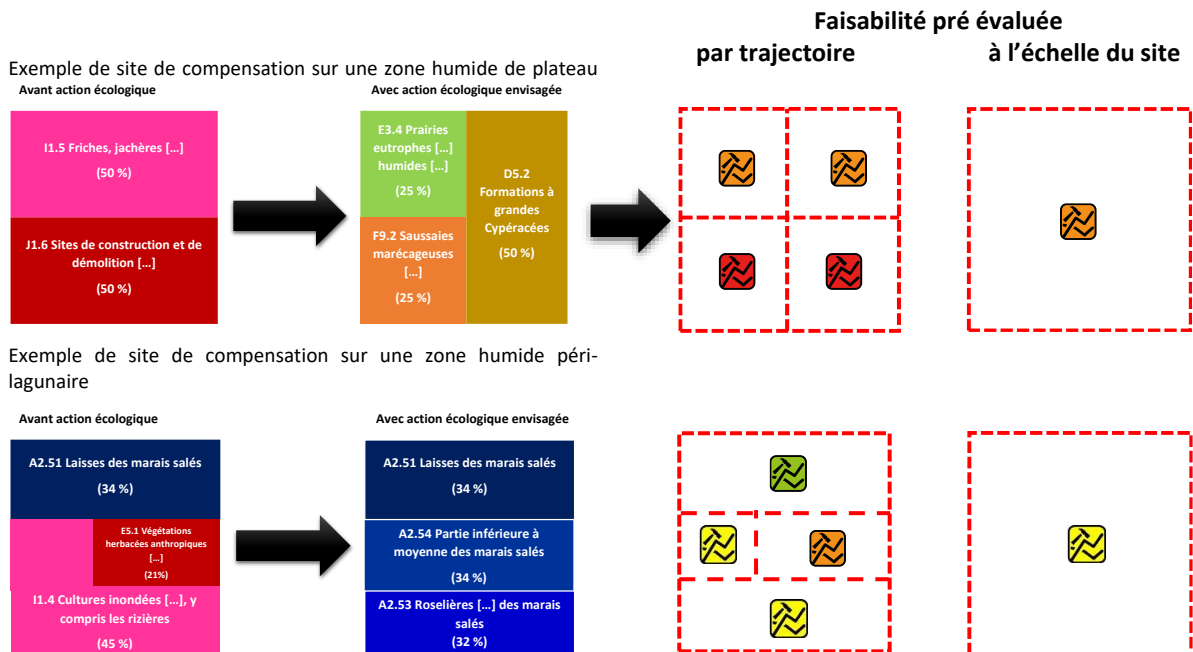


Figure 10 : Schéma des trajectoires écologiques possibles pour deux sites de compensation et de la pré-évaluation de la faisabilité des trajectoires écologiques. Les noms des habitats sont indiqués (EUNIS niveau 3) et la part relative du site concernée par chaque habitat est indiquée en pourcentage.

Cas en plateau – (1) 50 % du site est concerné par des trajectoires pré-évaluées comme étant impossibles ou très aléatoires (icônes rouges), (2) 50 % du site est concerné par des trajectoires pré-évaluées comme étant assez aléatoires (icônes oranges). À l'échelle du site, la faisabilité est finalement pré-évaluée comme étant assez aléatoire d'après le critère trajectoire écologique.

Cas péri-lagunaire - (1) 34 % du site est concerné par une trajectoire pré-évaluée comme étant bonne (icône verte), (2) 45 % du site est concerné par des trajectoires pré-évaluées comme étant assez bonnes (icônes jaunes), (3) 21 % du site est concerné par une trajectoire pré-évaluée comme étant assez aléatoire (icône orange). À l'échelle du site, la faisabilité est finalement pré-évaluée comme étant assez bonne d'après le critère trajectoire écologique.

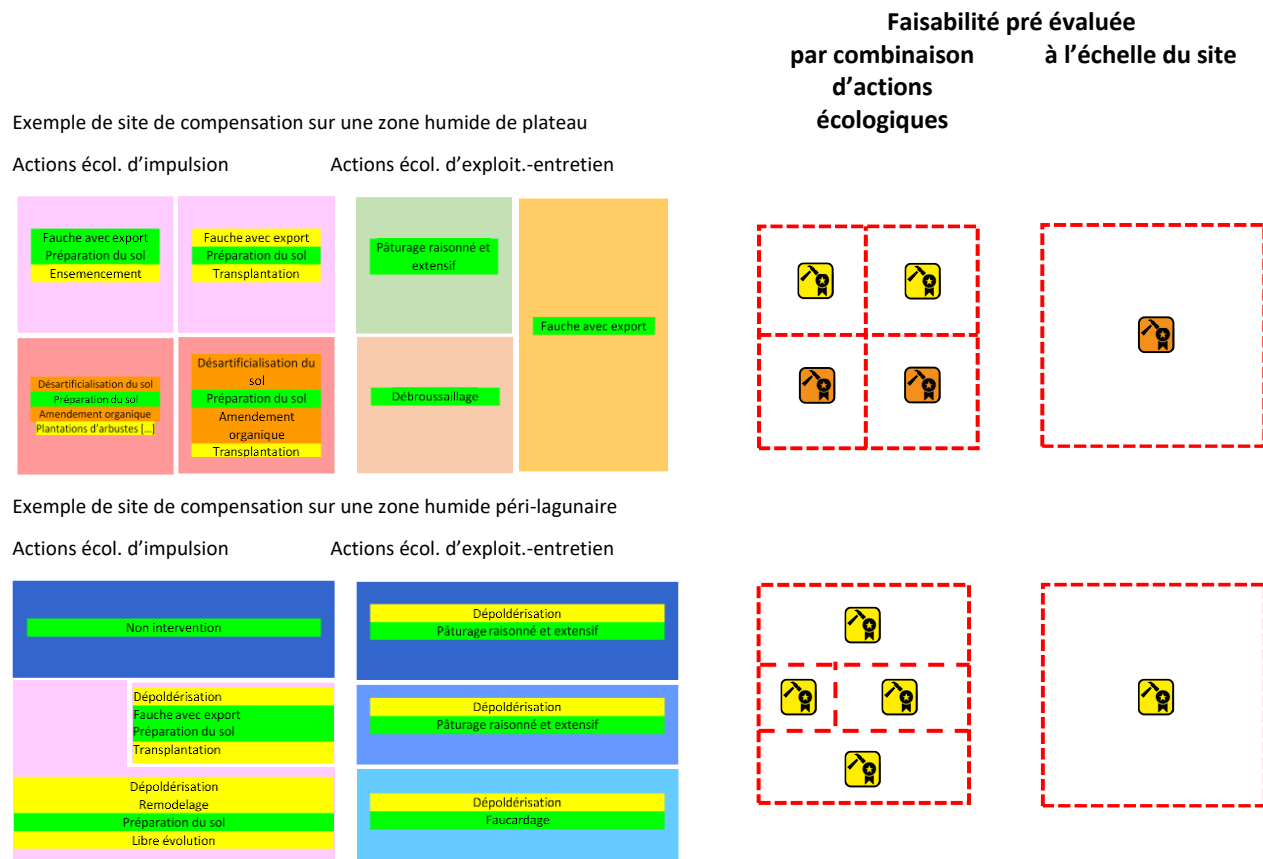


Figure 11 : Schéma des actions écologiques possibles pour deux sites de compensation et de la pré-évaluation de la faisabilité du génie écologique. Les noms des actions écologiques et leur faisabilité à gauche (orange : assez aléatoire, jaune : assez bonne, vert : bonne) sont indiqués d'après le référentiel de Gayet *et al.* (2023c). La résultat de la faisabilité pré-évalué à droite sur le site résulte de la mise en œuvre des règles du tableau précédent.

Cas en plateau – (1) 50 % du site est concerné par un programme d'actions écologiques pré-évalué comme étant assez aléatoire (icônes oranges), (2) 50 % du site est concerné par un programme d'actions écologiques pré-évalué comme étant assez bon (icônes jaunes). À l'échelle du site, la faisabilité est finalement pré-évaluée comme étant assez aléatoire d'après le critère génie écologique.

Cas péri-lagunaire - 100 % du site est concerné par un programme d'actions écologiques pré-évalué comme étant assez bon (icône jaunes). À l'échelle du site, la faisabilité est finalement pré-évaluée comme étant assez bonne d'après le critère trajectoire écologique.

4. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée

Des exemples sont fournis ci-après pour illustrer une évaluation complémentaire par les parties prenantes de la faisabilité de la mesure de compensation écologique d'après les critères « trajectoire écologique » et « génie écologique ».

Concernant la faisabilité d'après le critère « trajectoire écologique »

Par exemple, une trajectoire écologique peut inclure des I1.1 Monocultures intensives en habitat initial → et des G1.4 Forêts marécageuses de feuillus [...] en habitat attendu. La trajectoire écologique est pré-évaluée de manière automatisée comme ayant une faisabilité assez aléatoire. Généralement, des dégradations importantes sont dans ces habitats initiaux (I1.1 Monocultures intensives) : utilisation de biocides et/ou système pour drainer et/ou apport d'engrais et/ou banque de graines du sol avec des espèces végétales associées à des invasions biologiques (colonisation possible après la levée des pressions sur un sol nu)... (voir Gayet *et al.* 2023d).

Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que les parcelles cultivées n'aient pas fait l'objet d'une exploitation intensive, que la mise en culture n'ait été que très récente, qu'il n'y ait pas eu de système de drainage mis en place, que la présence d'espèces végétales associées à des invasions biologiques ne soit pas vraisemblable dans le site et dans la banque de graines du sol... Dans ce cas particulier, il pourrait donc être plus faisable d'obtenir un habitat hygrophile comme G1.4 Forêts marécageuses de feuillus [...] (par ex. une aulnaie marécageuse) si les dégradations anthropiques n'ont pas été trop intenses. D'après des informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient évaluer la trajectoire écologique comme ayant une faisabilité assez bonne par ex.

À l'inverse, dans un autre cas particulier, si les parcelles cultivées ont fait l'objet d'une exploitation intensive poussée et très ancienne, avec un réseau de drain souterrain efficace inscrit dans un réseau de drainage plus vaste (au-delà du site, sur les parcelles adjacentes), voire que des espèces végétales associées à des invasions biologiques soient dans l'environnement proche du site, les parties prenantes pourraient évaluer la trajectoire écologique comme ayant une faisabilité impossible ou très aléatoire ; justifiant éventuellement de revoir la mesure de compensation écologique proposée.

Concernant la faisabilité d'après le critère « génie écologique »

Par exemple, un programme d'actions écologiques peut inclure une action écologique d'impulsion comme le déblaiement. Cette action écologique peut être pré-évaluée de manière automatisée comme ayant une faisabilité assez aléatoire en raison de la complexité relative pour bien réaliser un déblaiement : nécessité de bien déterminer la profondeur jusqu'à laquelle déblayer (ni pas assez et surtout ni trop peu), les risques de toxicité associés aux matériaux du remblai, la destination des matériaux une fois déblayés, les actions écologiques de préparation du sol qui suivront le déblaiement (pour favoriser l'enracinement de la végétation), les risques de colonisation par des espèces végétales associées à des invasions biologiques une fois le sol mis à nu... (voir Gayet *et al.* 2023c).





Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que la profondeur du déblaiement ait été bien identifiée par des spécialistes (par ex. géomètres et écologues), qu'aucun risque de toxicité ne

soit détecté après des relevés, que les actions écologiques de préparation du sol soient détaillées, qu'aucun risque de colonisation significatif par des espèces associées à des invasions biologiques ne soit vraisemblable et qu'un suivi régulier soit prévu pour éventuellement y remédier... Dans ce cas, il pourrait donc être plus faisable de réaliser le déblaiement. D'après des informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient évaluer cette action écologique comme ayant une faisabilité assez bonne, voire bonne par ex.

À l'inverse, dans un autre cas particulier, si aucune information technique n'est fournie sur les modalités pour réaliser le déblaiement, ou alors si les informations sont trop rudimentaires, les parties prenantes pourraient évaluer le génie écologique comme ayant une faisabilité impossible ou très aléatoire par ex. ; justifiant éventuellement de revoir la mesure de compensation écologique proposée.

5. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement

Les figures ci-après illustrent le résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après les critères « trajectoire écologique » et « génie écologique » sur un site de compensation fictif.

Qualification de la faisabilité technique		Qualification automatisée de l'interface	Qualification éventuelle d'après l'observateur <i>Répondez avec un X</i>
Faisabilité d'après les trajectoires écologiques prévues entre habitats dans le site de compensation			
 impossible ou improbable	EEEV Emprises d'espèces végétales invasives vers -> A2.53 Roselières, jonchaies et cariçaias salines et saumâtres de la partie moyenne à supérieure des marais salés sur 5,2% habitat sans ou quasi sans fonction vers -> A2.51 Laissez des marais salés sur 47,6%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 très aléatoire	H5.6 Zones piétinées vers -> A2.55 Marais salés pionniers sur 2,6% E2.7 Prairies mésiques non gérées vers -> A2.51 Laissez des marais salés sur 31,5% E2.7 Prairies mésiques non gérées vers -> A2.53 Roselières, jonchaies et cariçaias salines et saumâtres de la partie moyenne à supérieure des marais salés sur 13,1%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 assez aléatoire		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 autres		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





Explication du résultat de la qualification automatisée des trajectoires :

EEEV --> A2.53 Trajectoire prévoyant de faire disparaître des espèces végétales associées à des invasions biologiques
H5.6 --> A2.55 Habitats initial et attendu dans des écorégions ou des conditions écologiques distinctes.
E2.7 --> A2.51 Habitats initial et attendu dans des écorégions ou des conditions écologiques distinctes.
E2.7 --> A2.53 Habitats initial et attendu dans des écorégions ou des conditions écologiques distinctes.
sf --> A2.51 Trajectoire depuis un habitat sans ou quasiment sans fonction.

Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification :

Le programme d'actions écologiques prévoit de recourir à une dépollération contrôlée du site, par gestion d'ouvrage sur une digue, ce qui devrait promouvoir le développement des espèces des milieux saumâtres et salés. Le détail technique de gestion de l'ouvrage est fourni dans le DLE associé au projet d'aménagement. La présence d'habitats saumâtres et salés dans l'environnement du site, similaires à ceux visés, devrait promouvoir sa colonisation par des espèces halophiles et le maintien d'habitats marins (A).
Le programme d'actions écologiques prévoit aussi des actions écologiques de remodelage du sol, qui devraient promouvoir le développement de différentes formes d'habitats appartenant à A2.5 (certains étant plus dans des zones "basses"). Une cartographie détaillée de la répartition des actions écologiques et de leur résultat probable sur les habitats est disponible dans le DLE associé au projet d'aménagement.

Figure 12 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « trajectoire écologique » sur un site de compensation fictif.

Faisabilité d'après les actions écologiques prévues dans le site de compensation		Qualification automatisée de l'interface	Qualification éventuelle d'après l'observateur <i>Répondez avec un X</i>
 <p>très aléatoire</p>	<p>Actions écologiques d'impulsion : Autres (5,2%).</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 <p>assez aléatoire</p>	<p>Actions écologiques d'impulsion : Déblaiement (47,6%). Intervention sur rigole et fossé (44,6%).</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 <p>assez bonne</p>	<p>Actions écologiques d'impulsion : Remodelage (55,4%). Dépoldérisation (100%). Libre évolution (2,6%). Transfert de foin, sol... (31,5%). Transplantation (65,9%).</p>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <p>bonne</p>	<p>Actions écologiques d'impulsion : Préparation du sol (100%). Fauche avec export (44,6%). Mise en défens (2,6%).</p> <p>Actions écologiques d'exploitation-entretien : Faucardage (18,3%). Mise en défens (2,6%). Non intervention (2,6%). Pâturage raisonné et extensif (79,1%).</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les pourcentages indiquent la proportion du site par action écologique énumérée. Plus l'emprise du site est occupée par des actions écologiques avec une faisabilité aléatoire, moins la faisabilité du génie écologique est satisfaisante.

Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification :

Parmi les actions écologiques que l'interface a détectées comme étant a priori assez aléatoires figurent notamment le déblaiement et le comblement de fossés. Concernant l'action écologique de déblaiement, un diagnostic physico-chimique a été réalisé afin de vérifier leur éventuelle toxicité. Aucune toxicité n'a été détectée (détails des résultats dans le DLE associé au projet). Une étude géotechnique a été réalisée pour identifier le cubage du déblaiement et identifier la profondeur du déblai à réaliser pour atteindre le niveau naturel du sol (ici remblai supérieur à 3 m d'épaisseur dans le site). Les détails techniques du déblaiement sont fournis dans le DLE. Cette action écologique sera réalisée avec une entreprise spécialisée qui a déjà réalisé de tels déblaiements avec succès dans un contexte similaire sur les sites de Frigonard et Herpuy, sur des communes limitrophes, avec des retours d'expérience valorisés localement dans des fiches techniques (voir les références dans le DLE).

Concernant l'action écologique de comblement des fossés dans leur intégralité, il s'agit de le réaliser avec les matériaux sans propagules d'espèces végétales associées à des invasions biologiques, provenant du déblai. Les détails de l'action écologique de comblement des fossés sont dans le DLE associé au projet, il est par ex. prévu de combler les fossés avec un léger bombement pour prévenir le tassement du sol (éviter la formation d'une rigole après tassement).

Figure 13 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « génie écologique » sur un site de compensation fictif.

V.2.1.2. Critère de faisabilité 3 : état de dégradation

De nombreux auteurs ont souligné que l'intensité des dégradations suite à des pressions anthropiques (par ex. drainage souterrain, parcours de quad, invasions biologiques) influencent le degré d'intervention requis pour restaurer un site et la possibilité que des dégradations intenses puissent être à l'origine d'une restauration impossible ou très coûteuse de l'écosystème. Quand le niveau de dégradation devient intense, une restauration plus active devient nécessaire pour atteindre un état similaire à celui qui a précédé les dégradations (voir la discussion référencée à ce sujet d'Holl et Aide 2011). Il n'est alors pas proscrit d'intervenir sur des sites très dégradés, mais il est préconisé d'y être encore plus attentifs quant au contenu du programme d'actions écologiques prévu pour qu'il remédie bien à ces dégradations. Il est même possible que la restauration de sites très dégradés soit recommandée, par ex. durant la mise en œuvre de la politique Zéro Artificialisation Nette (dite « ZAN ») ou dans le SDAGE. Les arbitrages restent à l'appréciation des services instructeurs compétents.

1. Informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Le fac-similé sur la Figure ci-après illustre un exemple d'informations relevées sur un site en utilisant la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, pour documenter l'état de dégradation relevé dans le site lors de l'état initial.

Question 52 - Quel est le linéaire total de rigoles, de fossés et de fossés profonds dans le site et dans sa zone tampon ?		Avant action écologique (état initial)	Avec action écologique envisagée (simulation)	Après action écologique
Rigoles (profondeur < 0,3 m)	Berges <u>et</u> fond végétalisés	120	0	m
	Berges <u>et/ou</u> fond non végétalisés	0	0	m
Fossés (0,3 m ≤ profondeur < 1 m)	Berges <u>et</u> fond végétalisés	355	120	m
	Berges <u>et/ou</u> fond non végétalisés	0	0	m
Fossés profonds (profondeur ≥ 1 m)	Berges <u>et</u> fond végétalisés	0	0	m
	Berges <u>et/ou</u> fond non végétalisés	0	0	m

Question 53 - Quelle proportion du site et de sa zone tampon est drainée par des drains souterrains ?		Avant action écologique (état initial)	Avec action écologique envisagée (simulation)	Après action écologique
		0,0	0,0	%

Figure 14: Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive avec des informations permettant de documenter les dégradations anthropiques dans le site de compensation. Les informations illustrées sur ce fac-similé portent sur le réseau de drainage dans le site de compensation (cellules avec un fond vert).

2. Critère issu des informations relevées




Un critère « état de dégradation du site » synthétise l'ensemble des informations pour pré-évaluer la faisabilité de la mesure de compensation compte tenu des dégradations anthropiques à l'état initial dans le site de compensation.

3. Pré-évaluation automatisée de la faisabilité

La faisabilité est pré-évaluée d'après le critère « état de dégradation du site » comme étant « assez aléatoire » (site très dégradé), « assez bonne » (site dégradé) ou « bonne » (site non dégradé à peu dégradé) (Tableau ci-après).

Tableau 4 : Critère pour évaluer l'état de dégradation du site à partir d'informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2) et pour évaluer la faisabilité de la mesure de compensation écologique. Quand les informations utilisées sont des indicateurs (voir Gayet *et al.* 2023a), elles sont indiquées par des guillemets et la faisabilité est pré évaluée selon la valeur relative de ces indicateurs. La faisabilité est indiquée par des icônes sur fond coloré : assez aléatoire (fond orange), assez bonne (jaune) et bonne (vert).

Informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	Pré évaluation de la faisabilité selon la valeur relative de l'indicateur (c'est-à-dire comprise entre [0 – 1])		
« Rareté des fossés »	[0-0,2[<i>Très importante densité de fossé (m/ha) dans le site et sa zone tampon</i>	[0,2-0,4[	[0,4-1] <i>Faible densité de fossé (m/ha) voire pas de fossé dans le site et sa zone tampon</i>
« Rareté des fossés profonds »	[0-0,2[<i>Très importante densité de fossé profond (m/ha) dans le site et sa zone tampon</i>	[0,2-0,4[	[0,4-1] <i>Faible densité de fossé profond (m/ha) voire pas de fossé profond dans le site et sa zone tampon</i>
« Rareté des drains souterrains »	[0-0,2[<i>Très forte emprise de drain souterrain dans le site et sa zone tampon</i>	[0,2-0,4[	[0,4-1] <i>Faible emprise de drain souterrain voire pas de drain souterrain dans le site et sa zone tampon</i>
« Rareté du ravinement »	[0-0,2[<i>Ravinement important</i>	[0,2-0,4[	[0,4-1] <i>Pas de ravinement</i>
« Rareté de l'anthropisation de l'habitat »	[0-0,2[<i>Habitats très anthropisés avec une forte emprise dans le site</i>	[0,2-0,4[	[0,4-1] <i>Habitats très anthropisés avec une faible emprise dans le site, voire ils sont absents</i>
« Rareté des invasions biologiques végétales »	[0-0,8[<i>Soit plus de 20 % du site avec une emprise d'espèces végétales associées à des invasions biologiques</i>	[0,8-0,95[<i>Soit]5-20 %] du site avec une emprise d'espèces végétales associées à des invasions biologiques</i>	[0,95-1] <i>Soit [0-5 %] du site avec une emprise d'espèces végétales associées à des invasions biologiques</i>
Part du site avec un remblai	Part relative du site avec un remblai > 20 %	Part relative du site avec un remblai comprise entre]0-20 %]	Absence ou non détection de remblai
Présence de sol pollué	Présence de pollution		Absence ou non détection de pollution

État de dégradation du site	 Si au moins un critère ci-dessus est rempli Site très dégradé Faisabilité assez aléatoire	 Si au moins un critère ci-dessus est rempli ET aucun critère de la colonne à gauche n'est rempli Site dégradé Faisabilité assez bonne	 Si aucun critère des deux colonnes à gauche n'est rempli Site non dégradé* à peu dégradé Bonne faisabilité
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

* Notez qu'il est peu probable qu'un site non dégradé (d'après les informations relevées avec la méthode) fasse l'objet d'actions écologiques pertinentes pour en améliorer les fonctions et les habitats ; mais un site peu dégradé peut le nécessiter. Pour justifier la pertinence d'une intervention sur un site non dégradé de premier abord, il convient alors de disposer d'informations complémentaires, attestant de dégradations qui y sont bien présentes pour justifier une intervention.

4. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée

Un exemple est fourni ci-après pour illustrer une évaluation complémentaire par les parties prenantes de la faisabilité de la mesure de compensation écologique d'après le critère « état de dégradation du site ».




Par exemple, une mesure de compensation écologique peut porter sur un site où la présence d'une espèce végétale associée à des invasions biologiques est connue, et cette dernière occupe 8 % du site. La faisabilité est donc pré-évaluée de manière automatisée comme ayant une faisabilité assez bonne d'après le critère « état de dégradation du site ».

Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que la présence de l'espèce végétale associée à des invasions biologiques soit contenue depuis longtemps ; voire qu'il y ait de très bons retours d'expérience dans la littérature scientifique ou technique sur l'éradication de cette espèce... Dans ce cas, l'état de dégradation du site pourrait être moindre qu'évalué de manière automatisée. D'après des informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient évaluer la faisabilité d'après l'état de dégradation du site comme étant bonne par ex.

À l'inverse, dans un autre cas particulier, si aucune information n'est fournie sur l'espèce associée à cette invasion biologique, ou alors si cette espèce est documentée comme ayant un fort potentiel de colonisation dans ce contexte écologique, les parties prenantes pourraient évaluer la faisabilité d'après l'état de dégradation du site comme étant assez aléatoire par ex.

5. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement

La figure ci-après illustre le résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « état de dégradation » sur un site de compensation fictif.

Faisabilité d'après le niveau de dégradation du site de compensation en état initial		Qualification automatisée de l'interface	Qualification éventuelle d'après l'observateur <i>Répondez avec un X</i>
 très dégradé	Densité de fossés très importante (363 m/ha). Densité de fossés profonds très importante (428 m/ha).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 dégradé	Emprise d'espèces végétales associées à des invasions biologiques comprises entre]5-20%].	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 peu ou pas dégradé	Emprise d'hab. nat. forte. Site et zone tampon très peu ou pas drainés (0 %). Absence de ravinement. Pas de remblai détecté.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification :

Les actions écologiques prévoient de recourir au comblement des fossés dans leur intégralité, en comblant les fossés avec les matériaux sans propagules d'espèces végétales associées à des invasions biologiques, provenant du site impacté. Les détails de l'action écologique de comblement des fossés sont dans le DLE associé au projet, il est par ex. prévu de combler les fossés avec un léger bombement pour prévenir le tassement du sol (éviter la formation d'une rigole après tassement). Les fossés profonds (végétation arbustive riveraine) ne seront pas concernés, ils acheminent l'eau entre les zones humides.

Figure 15 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « état de dégradation » sur un site de compensation fictif.

V.2.1.3. Critère de faisabilité 4 : superficie

Une faible superficie des sites restaurés peut être une contrainte pour accomplir les trajectoires écologiques d'intérêt dans le cadre d'un projet de restauration (voir Matthews *et al.* 2009). En effet, selon Moreno-Mateos *et al.* (2012), les zones humides de grande superficie (> 100 ha) sont généralement restaurées plus rapidement que les petites zones humides. Cependant, aucune référence scientifique ne semble recommander une superficie minimale pour les sites avec des actions écologiques, valable dans une grande diversité de contextes écologiques, ni une recommandation modulée selon différents contextes.

1. Information provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Le fac-similé sur la Figure ci-après illustre les informations relevées sur un site en utilisant la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, pour documenter la superficie du site de compensation.

Question 1 - Quelle est la superficie du site ?

Avant action écologique (état initial)	Avec action écologique envisagée (simulation)	Après action écologique
3,870	3,870	ha.

Question 2 - Si le site de compensation est constitué de polygones disjoints, quelle est la superficie moyenne de ces polygones ? Sinon, passez à la question suivante sans répondre à celle-ci.

Avant action écologique (état initial)	Avec action écologique envisagée (simulation)	Après action écologique
0,900	0,900	ha.

Figure 16: Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive avec des informations permettant de documenter la superficie du site de compensation et son éventuel découpage sous la forme d'unités disjointes dans l'espace. Les informations illustrées sur ce fac-similé qui sont prises en compte portent sur le site de compensation (cellules avec un fond vert).

2. Critère issu des informations relevées




Cette information permet d'alimenter un critère « superficie du site » pour pré-évaluer la faisabilité de la mesure de compensation écologique.

3. Pré-évaluation automatisée de la faisabilité

La faisabilité est pré-évaluée comme étant « assez aléatoire » (site très petit), « assez bonne » (site assez petit) ou « bonne » (site assez grand) (Tableau ci-après). Les classes de superficie

identifiées dans le Tableau ci-après permettent surtout de distinguer les sites de compensation dont la petite superficie est la plus problématique, c'est-à-dire les cas les plus extrêmes.

Tableau 5 : Critère pour évaluer la « superficie du site » de compensation à partir d'informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2) et évaluer la faisabilité de la mesure de compensation écologique. La faisabilité est indiquée par des icônes sur fond coloré : peu probable (fond orange), assez probable (fond jaune) et probable (fond vert).

Informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	Évaluation de la faisabilité selon la superficie du site		
Superficie du site *	<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="507 757 783 831">< 0,5 ha OU entités constituant le site d'une superficie moyenne < 0,5 ha</p> <p data-bbox="584 891 707 913">Site très petit</p> <p data-bbox="528 976 762 999">Faisabilité assez aléatoire</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="818 757 1094 831">[0,5-2 ha[OU entités constituant le site d'une superficie moyenne [0,5-2 ha[</p> <p data-bbox="887 891 1026 913">Site assez petit</p> <p data-bbox="847 976 1066 999">Faisabilité assez bonne</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="1121 757 1414 831">≥ 2 ha OU entités constituant le site d'une superficie moyenne ≥ 2 ha</p> <p data-bbox="1190 891 1345 913">Site assez grand</p> <p data-bbox="1182 976 1353 999">Bonne faisabilité</p>

* Notez que l'interface de dimensionnement est conçue pour être mise en œuvre sur les zones humides au sens réglementaire. Ainsi, les interventions ponctuelles consistant par ex. uniquement à restaurer des mares ne sont pas incluses dans le champ d'application de l'interface de dimensionnement, puisque ce ne sont souvent pas des zones humides au sens réglementaire. De plus, des habitats de très petite superficie (par ex. d'une superficie de 0,2 ha) avec des objectifs de conservation prégnants qui leur sont associés (par ex. habitat d'intérêt communautaire, présence d'espèces patrimoniales) n'entrent pas dans le champ d'investigation de l'évaluation des fonctions des zones humides avec cette méthode ; mais ils peuvent bien nécessiter d'être pris en compte par ailleurs dans une évaluation complémentaire durant la compensation écologique.

4. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée

Des exemples sont fournis ci-après pour illustrer une évaluation complémentaire par les parties prenantes de la faisabilité de la mesure de compensation écologique d'après le critère « superficie du site ».

Par exemple, une mesure de compensation écologique peut porter sur un site très petit : 0,4 ha. La faisabilité est donc pré-évaluée de manière automatisée comme étant assez aléatoire.

Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que le site soit inclus dans un vaste ensemble de zones humides relativement naturelles et en bon état, sans pressions anthropiques significatives, excepté dans le site en question (ce qui justifie la présence d'une mesure de compensation écologique ici). La petite superficie du site pourrait donc ne pas poser de problèmes particuliers, étant donné qu'il n'y a pas de pressions anthropiques exercées dans l'environnement proche du site. D'après des informations factuelles sur le site et son environnement proche, les parties prenantes pourraient évaluer la faisabilité d'après la superficie du site comme étant bonne par ex.

Par exemple, une mesure de compensation écologique peut porter sur un site assez grand : 3 ha. La faisabilité est donc pré-évaluée de manière automatisée comme étant bonne.

Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que le site soit inclus dans un vaste ensemble industriel et que le site soit étiré dans l'espace (forme allongée du site). L'effet de la superficie du site pourrait donc être moins favorable qu'évalué à partir du seul critère surfacique, étant donné que des pressions anthropiques sont exercées dans l'environnement proche du site, sur tout son périmètre. D'après des informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient plutôt évaluer la faisabilité d'après la superficie du site comme étant assez bonne, voire assez aléatoire par ex.

5. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement

La figure ci-après illustre le résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « superficie » sur un site de compensation fictif.

		Qualification automatisée de l'interface	Qualification éventuelle d'après l'observateur <i>Répondez avec un X</i>
Faisabilité d'après la superficie du site de compensation*			
<div style="border: 1px solid orange; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;">ha</div> <small>très petit</small>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<div style="border: 1px solid yellow; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;">ha</div> <small>assez petit</small>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<div style="border: 1px solid green; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;">ha</div> <small>assez grand</small>	Superficie du site >= 2 ha <small>* ou la superficie moyenne des entités constituant un seul site</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification :			

Figure 17 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « superficie » sur un site de compensation fictif.

V.2.1.4. Évaluation de la faisabilité des mesures de compensation écologique d'après les quatre critères de faisabilité

L'évaluation de la faisabilité des mesures de compensation écologique à l'échelle du site de compensation repose sur l'hypothèse suivante : la trajectoire écologique et les actions écologiques envisagées importent en premier lieu et de manière équivalente avant la superficie et l'état de dégradation du site. À partir de cette hypothèse, un arbre de décision permet d'identifier quatre grands types de scénario (Figure ci-après). Cet arbre de décision illustre bien la nécessaire prise en compte de la combinaison des quatre critères de faisabilité pour pré évaluer la faisabilité d'une mesure de compensation écologique ; un seul critère n'étant pas suffisant à lui seul.

Cet arbre de décision est aussi bien appliqué sur la pré-évaluation automatisée des critères de faisabilité, que pour une éventuelle évaluation complémentaire par les parties prenantes.

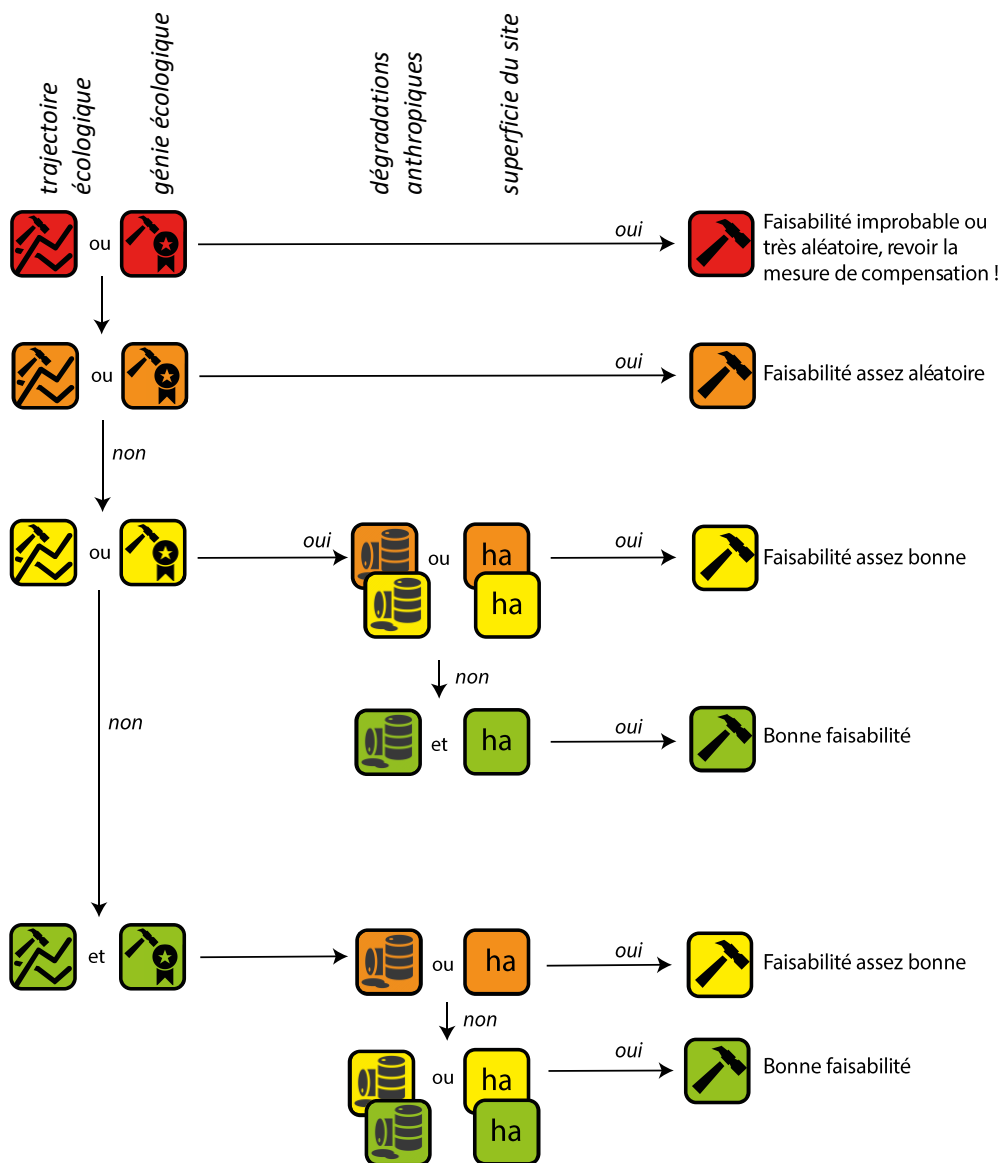


Figure 18 : Arbre de décision pour évaluer la faisabilité des mesures de compensation écologique.

V.2.2. Évaluation du délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique

Pour rappel, la réglementation qui régit la mise en œuvre de la séquence ERC prescrit une équivalence quantitative (par ex. intensité de fonctions) et qualitative (mêmes composantes de milieu que celles détruites ou altérées, par ex. les habitats). Cette équivalence qualitative entre habitats impactés et habitats « compensés » est vérifiée avant d'utiliser l'interface de dimensionnement (par ex. si des F9.2 Saussaies marécageuses [...] sont impactées, alors un habitat similaire doit être « compensé »). Ainsi, documenter le délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique n'encourage pas systématiquement à diriger une mesure de compensation vers les habitats les plus rapides à compenser puisque cela fait l'objet d'un « cadrage » en amont de l'utilisation de l'interface.

Dans l'interface de dimensionnement, le délai est évalué en tenant compte de deux critères : (1) les trajectoires écologiques (approche habitat) et (2) l'étage altitudinal du site de compensation. Les informations utilisées pour alimenter ces critères, l'évaluation du délai qui en résulte sont présentées par critère ; avant de proposer des scénarios pour évaluer le délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation écologique dans le site à partir de ces critères. Ces aspects sont détaillés dans les sections ci-après.

V.2.2.1. Critère de délai 1 : trajectoires écologiques

1. Informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Le fac-similé sur la Figure ci-après illustre les informations relevées sur un site en utilisant la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, au moment de réaliser l'état initial et de documenter les effets des actions écologiques sur les habitats (état simulé). Ces informations permettent de documenter le délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation écologique.

Question 27 – Sur le site de compensation, quelle est l'évolution envisagée des habitats du fait des actions écologiques ?

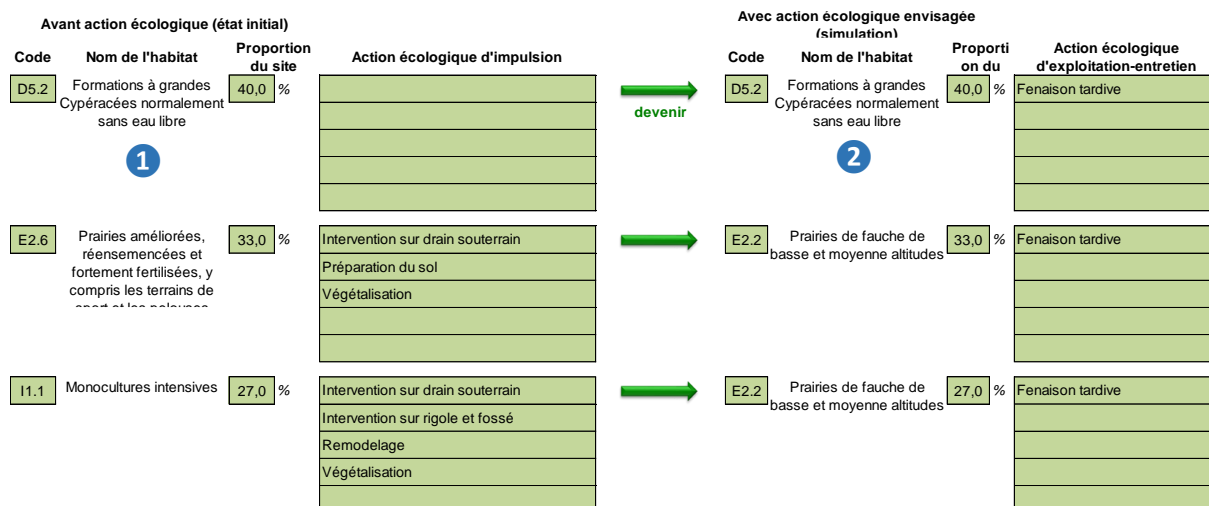


Figure 19 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive avec des informations permettant de documenter le délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation écologique : habitat en état initial ① et habitat attendu ②. Ici, trois trajectoires sont prévues, la première consiste à maintenir D5.2 Formations à grandes Cypéracées [...] avant et avec action écologique envisagée sur 40% du site, la seconde et la troisième consistent à obtenir E2.2 Prairies de fauche [...] depuis des E2.6 Prairies améliorées [...] et des I1.1 Monocultures intensives sur respectivement 33% et 27% du site.


2. Critère issu des informations relevées

Ces informations permettent de renseigner le critère « trajectoire écologique », à l'aide d'un référentiel (matrice de trajectoires écologiques entre habitats – voir section V.2.1.1.2).

3. Pré-évaluation automatisée du délai

Le délai est pré-évalué comme étant « extrêmement long », « très long », « assez rapide » ou « rapide » d'après la mise en relation des informations relevées avec le référentiel (Tableau ci-après).

Tableau 6 : Critère pour documenter la trajectoire écologique à partir d'informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2) et d'un référentiel utilisés en complément afin d'évaluer le délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation écologique.

Critère	Informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	Référentiels utilisés pour pré-évaluer la délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation	Exemples de résultats de pré-évaluation
<p>Trajectoire écologique</p> 	<p>- Habitat en état initial - Habitat attendu + proportion du site concernée</p>	<p>Matrice de trajectoires écologiques entre habitats (Gayet <i>et al.</i> 2023d) avec documentation du délai entre toutes les trajectoires entre habitats EUNIS niveau 3 <i>Approche habitat</i></p>	<p>Une trajectoire écologique prévue d' « I1.1 Monocultures intensives » vers « E3.5 Prairies oligotrophes humides [...] » est évaluée comme étant <u>a priori rapide</u></p> <p>Une trajectoire écologique prévue d' « E2.6 Prairies améliorées, réensemencées [...] » vers « G1.1 Forêts riveraines et forêts galeries [...] » est évaluée comme étant <u>très longue</u></p>

Plusieurs trajectoires écologiques étant fréquentes à l'échelle du site de compensation, le critère est pré-évalué à l'échelle du site de compensation en tenant compte de l'emprise spatiale de chaque trajectoire écologique.

Le tableau ci-après illustre les règles éditées pour évaluer le critère « trajectoire écologique ». Ce sont les mêmes règles que sur le tableau 3, mais appliquées ici au délai.

Tableau 7 : Évaluation du délai pour réaliser la trajectoire écologique envisagée selon la proportion du site concernée par type de trajectoires. Le délai est indiqué par des icônes sur fond coloré à droite : extrêmement long (fond rouge), très long (fond orange), long (fond jaune) et rapide (fond vert).

Emprise du site en % avec une trajectoire écologique <u>extrêmement longue</u> (délai)	Emprise du site en % avec une trajectoire écologique <u>très longue</u> (délai)	Emprise du site en % avec une trajectoire écologique <u>longue</u> (délai)	Emprise du site en % avec une trajectoire écologique <u>rapide</u> (délai)	Faisabilité de la trajectoire écologique sur le site
< 10	≤ 25	≤ 25	≥ 75	
[10-25]	≤ 15	≤ 15	≥ 75	
< 10	≤ 25	≥ 75	≤ 25	
[10-25]	≤ 15	≥ 75	≤ 15	
< 10	≥ 75	≤ 25	≤ 25	
[10-25]	≥ 75	≤ 15	≤ 15	
≥ 75	≤ 25	≤ 25	≤ 25	
< 10	≤ 25	[25-50]	[50-75[
[10-25]	≤ 15	[25-40]	[50-75[
< 10	[25-50]	≤ 25	[50-75[
[10-25]	[25-40]	≤ 15	[50-75[
[25-50]	≤ 25	≤ 25	[50-75[
< 10	< 25	< 25	[50-75[
[10-25[	< 25	< 25	[50-75[
< 10	≤ 25	[50-75[	[25-50[
[10-25]	≤ 15	[50-75[	[25-40]	
< 10	[25-50]	[50-75[	≤ 25	
[10-25]	[25-40]	[50-75[	<15	
[25-50]	≤ 25	[50-75[	≤ 25	
< 10	< 25	[50-75[	< 25	
[10-25[	< 25	[50-75[	< 25	
≤ 50	[50-75[	< 50	< 50	
[50-75[	< 25	< 25	[25-50[
[50-75[	< 25	[25-50[	< 25	
[50-75[	[25-50[	< 25	< 25	
[50-75[	≤ 25	≤ 25	≤ 25	
< 10	< 50	[25-50[	[25-50[
[10-25[	≤ 40	[25-50[	[25-50[
< 10	[25-50[	< 50	[25-50[
[10-25[	[25-50[	≤ 40	[25-50[
[25-50[	≤ 25	≤ 25	[25-50[
< 10	[25-50[	[25-50[	< 25	
[10-25[	[25-50[	[25-50[	< 25	
[25-50[	< 25	[25-50[	< 25	
[25-50[	[25-50[	< 25	< 25	

Aide à la lecture sur ce tableau : par exemple, si 30 % de l'emprise du site est concernée par des trajectoires écologiques extrêmement longues et 70 % de l'emprise du site est concernée par des trajectoires écologiques très longues, alors le délai pour réaliser la trajectoire écologique est évaluée comme étant très long à l'échelle du site (exemple matérialisé par un cadre violet dans ce tableau).



Une seule pré-évaluation est donc réalisée pour l'ensemble du site de compensation (Figure ci-après). Il est bien possible ensuite pour les parties prenantes qui utilisent ce résultat « global » d'identifier « plus précisément » les éléments de la mesure de compensation écologique (par ex. quelle trajectoire écologique) justifiant un ratio fonctionnel plus ou moins élevé, via le tableau de bord de l'interface de dimensionnement (voir section V).

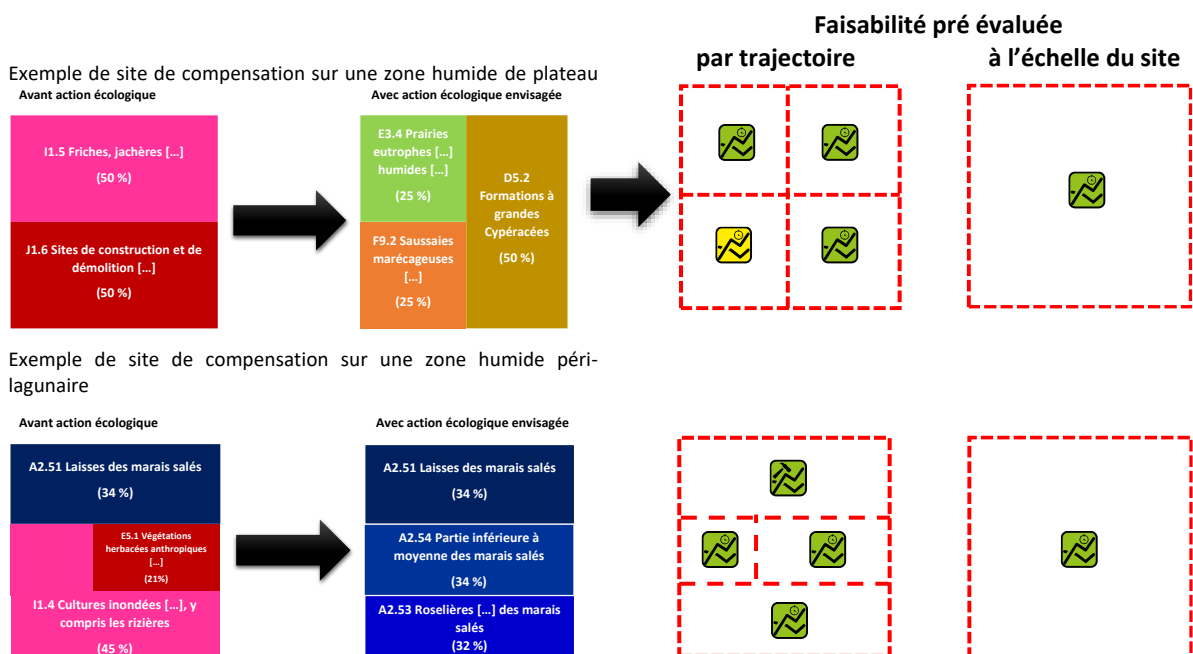


Figure 20 : Schéma des trajectoires écologiques possibles pour deux sites de compensation et de la pré-évaluation de la faisabilité des trajectoires écologiques. Les noms des habitats sont indiqués (EUNIS niveau 3) et la part relative du site concernée par chaque habitat est indiquée en pourcentage.

Cas en plateau – (1) 75 % du site est concerné par des trajectoires pré-évaluées comme étant rapides (icônes vertes) et (2) 25 % du site est concerné par une trajectoire pré-évaluée comme étant assez rapide (icône jaune). À l'échelle du site, le délai est finalement pré-évalué comme étant rapides d'après le critère trajectoire écologique.

Cas péri-lagunaire - 100 % du site est concerné par des trajectoires pré-évaluées comme étant rapides (icônes vertes). À l'échelle du site, le délai est finalement pré-évalué comme étant rapide d'après le critère trajectoire écologique.

4. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée

Des exemples sont fournis ci-après pour illustrer une évaluation complémentaire par les parties prenantes du délai associé à la mesure de compensation écologique d'après le critère « trajectoire écologique ».

Par exemple, une trajectoire écologique peut inclure des G3.F Plantations très artificielles de conifères en habitat initial → et des B1.8 Pannes dunaires mouilleuses et humides en habitat attendu. La trajectoire écologique est pré-évaluée de manière automatisée comme étant associée à un délai rapide. Généralement, cette trajectoire écologique peut consister à obtenir un habitat ouvert en état attendu (par ex. des B1.84 Prairies et landes des pannes dunaires).

Dans le cas particulier d'un site donné, il est cependant possible que l'objectif attendu soit plutôt de viser des B1.86 Dunes côtières : pannes dunaires humides dominées par des arbustes ou des arbres (habitats pouvant être d'intérêt communautaire – prioritaire). Dans ce cas particulier, il pourrait donc être plus long d'obtenir un habitat forestier. D'après des informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient évaluer la trajectoire écologique comme étant associée à un délai long par ex.

5. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement

La figure ci-après illustre le résultat de l'évaluation du délai dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « trajectoire écologique » sur un site de compensation fictif.





Qualification du délai (proximité temporelle)		Qualification automatisée de l'interface	Qualification éventuelle d'après l'observateur <i>Répondez avec un X</i>
Délai d'après les trajectoires écologiques prévues entre habitats dans le site de compensation			
 extrême long		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 très long		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 long		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 rapide	EEEV Emprises d'espèces végétales invasives vers -> A2.53 Roselières, jonchaies et cariçaias salines et saumâtres de la partie moyenne à supérieure des marais salés sur 5,2% H5.6 Zones piétinées vers -> A2.55 Marais salés pionniers sur 2,6% E2.7 Prairies mésiques non gérées vers -> A2.51 Laissez des marais salés sur 31,5% E2.7 Prairies mésiques non gérées vers -> A2.53 Roselières, jonchaies et cariçaias salines et saumâtres de la partie moyenne à supérieure des marais salés sur 13,1% habitat sans ou quasi sans fonction vers -> A2.51 Laissez des marais salés sur 47,6%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification : <input type="text"/>			

Figure 21 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation du délai dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « trajectoire écologique » sur un site de compensation fictif.

V.2.2.2. Critère de délai 2 : étage altitudinal

1. Information provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Les conditions climatiques peuvent avoir des effets importants sur la rapidité de rétablissement d'un écosystème, avec des rétablissements en général plus rapides dans les régions les plus chaudes (voir Holl et Aide 2011). Les zones humides restaurées sous des climats tempérés et tropicaux se rétablissent plus rapidement que celles sous des climats plus froids (Moreno-Mateos *et al.* 2012).

Le fac-similé sur la Figure ci-après illustre les informations relevées sur un site qui permettent de documenter l'étage altitudinal du site en utilisant la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Ces informations permettent de documenter le délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation écologique.

Question 42 - A quel étage altitudinal est le site ?

Montagnard

Figure 22 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive avec des informations permettant de documenter l'étage altitudinal du site (en orange à gauche, le site impacté, en vert à droite, le site de compensation).




2. Critère issu des informations relevées

L'« étage altitudinal » est donc un critère pris en compte pour évaluer le délai avant d'obtenir les résultats escomptés des mesures de compensation écologique. Notez que l'altitude n'est pas un critère « temporel » en tant que tel, mais un facteur de temps en est issu puisqu'en général plus l'altitude est élevée, plus les conditions thermiques ralentissent les processus biologiques (délai accru).

3. Pré-évaluation automatisée du délai

Le délai est pré-évalué comme étant « très long » ou « rapide » selon l'étage altitudinal (Tableau ci-après).

Tableau 8 : Critère pour documenter l'étage altitudinal auquel est le site de compensation à partir d'informations provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2) et évaluer le délai avant d'obtenir le résultat de la mesure de compensation écologique. Le délai est indiqué par des icônes sur fond coloré : assez long (fond orange), assez rapide (fond jaune) et rapide (fond vert).

Critère	Évaluation du délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique selon l'étage altitudinal		
Étage altitudinal	 <p data-bbox="517 555 751 607">Étage alpin ou nival, soit à une altitude > 2 000 m</p> <p data-bbox="560 663 708 689">Délai assez long</p>	 <p data-bbox="799 555 1091 607">Étage subalpin, soit à une altitude comprise entre]1 500 -2 000] m</p> <p data-bbox="863 663 1027 689">Délai assez rapide</p>	 <p data-bbox="1129 555 1406 607">Étage collinéen ou montagnard, soit à une altitude ≤ 1 500 m</p> <p data-bbox="1209 663 1321 689">Délai rapide</p>

Notez que si un site est à une altitude intermédiaire (par ex. entre [1495-1505] m) ; c'est le délai le plus favorable qui est préféré pour l'évaluation (c'est-à-dire montagnard dans l'exemple précité).

4. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée

Un exemple est fourni ci-après pour illustrer une évaluation complémentaire par les parties prenantes du délai associé à la mesure de compensation écologique d'après le critère « étage altitudinal ».

Par exemple, une mesure de compensation écologique peut porter sur un site à l'étage subalpin. La faisabilité est donc pré-évaluée de manière automatisée comme étant assez rapide.




Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que le site soit dans tout proche de l'étage alpin, sur un versant, peu exposé à l'ensoleillement (fond de vallée exposé au Nord par ex.). D'après ces informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient évaluer le délai d'après l'étage altitudinal du site comme étant assez long par ex.

A l'inverse, dans un autre cas, il est possible que le site soit tout proche de l'étage montagnard, sur un versant, très exposé à l'ensoleillement (exposé au Sud dans un secteur méditerranéen par ex.). D'après ces informations factuelles sur le site, les parties prenantes pourraient évaluer le délai d'après l'étage altitudinal du site comme étant rapide par ex.

5. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement

La figure ci-après illustre le résultat de l'évaluation du délai dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « étage altitudinal » sur un site de compensation fictif.

Décalage d'après l'étage altitudinal

 alpin ou nival			
 subalpin			
 collinéen ou montagnard	Action écologique sur l'étage collinéen ou montagnard.	X	X

Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification :

Figure 23 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation du décalage dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « étage altitudinal » sur un site de compensation fictif.

V.2.2.3. Évaluation du délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique

À partir des critères identifiés ci-avant, des scénarios sont proposés pour évaluer le délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique (Figure ci-après). Ces scénarios sont établis en émettant l'hypothèse que le délai pour accomplir la trajectoire envisagée sur le site de compensation importe plus que l'étage altitudinal qui influencera la rapidité de la trajectoire envisagée.

Cet arbre de décision est aussi bien appliqué sur la pré-évaluation automatisée des critères de délai, que pour une éventuelle évaluation complémentaire par les parties prenantes.

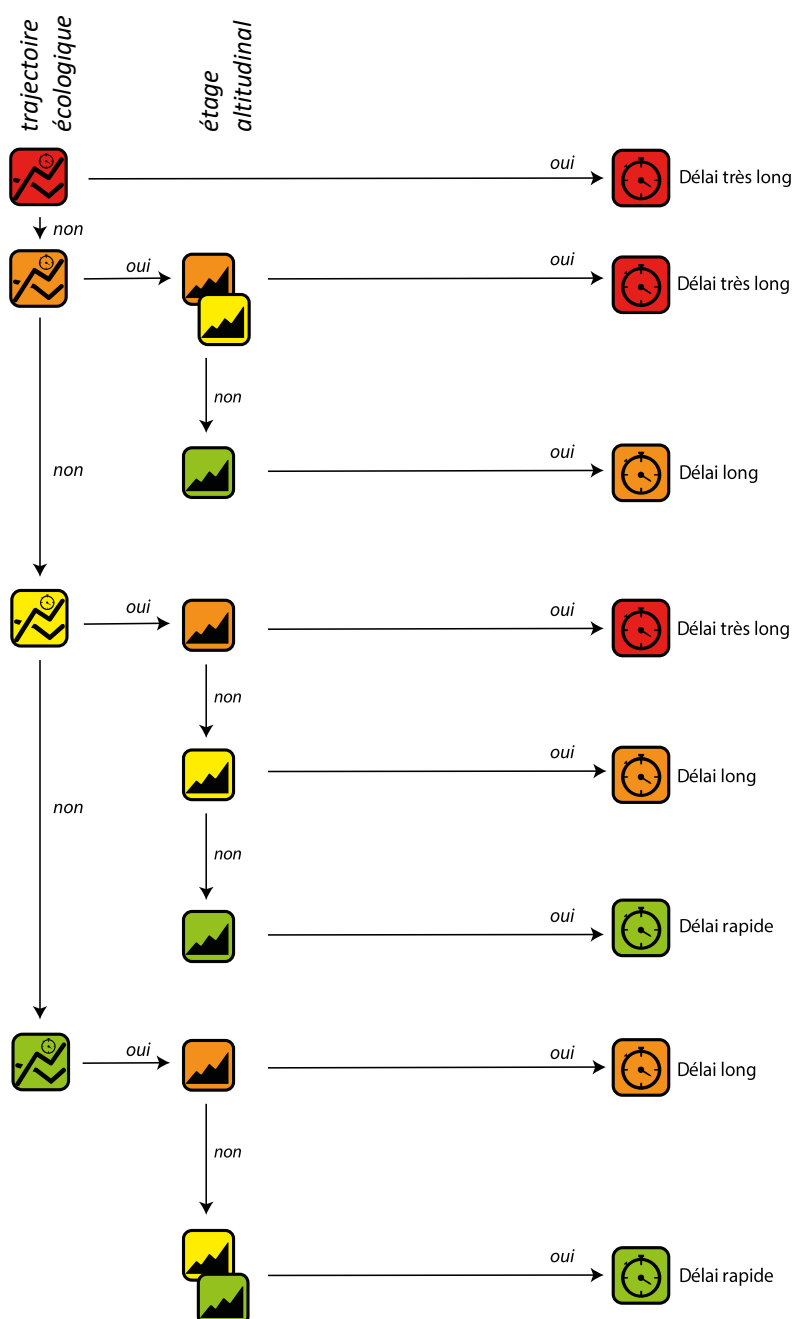


Figure 24 : Arbre de décision pour évaluer le délai avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique.

Les trois scénarios qui résultent de la mise en relation des critères (Figure ci-avant) permettent de distinguer des mesures de compensation écologiques avec des délais plus ou moins rapides avant d'obtenir le résultat des mesures de compensation écologique : extrêmement longs (c'est-à-dire qui se déroulent souvent sur une ou plusieurs décennies), longs (qui requièrent souvent entre quelques années et une décennie) et rapides (souvent en quelques années) (voir Gayet *et al.* 2023d).

V.2.3. Évaluation des pressions anthropiques dans l'environnement du site de compensation

Cette section aborde comment les pressions anthropiques dans l'environnement du site de compensation sont évaluées en pratique dans l'interface de dimensionnement. Les informations issues de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides et le critère qui en découle sont détaillés ci-après.

La nature et l'intensité des flux hydrologiques, biogéochimiques et biologiques dans un site sont sous étroite dépendance de flux provenant de l'environnement extérieur (voir bibliographie citée dans Gayet *et al.* 2023a). Le contexte paysager influence la diffusion de propagules vers le site, tout comme les pressions anthropiques qui peuvent y survenir. Les zones humides qui présentent de nombreux échanges hydrologiques (comme les zones humides riveraines et côtières) se rétablissent plus vite que les zones humides de dépressions (Moreno-Mateos *et al.* 2012). Si un habitat vise à être restauré à une très grande distance de l'habitat similaire le plus proche tout en étant relativement isolé (peu voire pas de corridors écologiques) ; alors les perspectives d'une restauration passive efficace sont limitées. De même, des intrants chimiques agricoles ou d'autres origines, la présence d'espèces invasives... sont des pressions dans le paysage qui peuvent entraver la capacité d'un système à se rétablir (Holl et Aide 2011). Plusieurs facteurs dans l'environnement d'un site restauré peuvent donc être appréhendés et expliquer qu'il ne suive pas une trajectoire rapide et régulière vers les conditions visées (voir Matthews *et al.* 2009).

Dans la perspective d'appréhender le contexte paysager d'un site, une analyse basique de ce contexte fournit déjà des éléments intéressants (Holl et Aide 2011). **L'environnement du site de compensation est donc pris en compte pour évaluer les pressions qui compromettraient l'obtention du résultat de l'action écologique.**

V.2.3.1. Information provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Les indicateurs et les informations prises en compte (provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides version 2) pour évaluer les pressions provenant de l'environnement du site de compensation sont (Tableau ci-après) :

- la zone contributive pour les flux hydrologiques et biogéochimiques (par ex. flux de nitrates, pesticides, sédiments). Elle est décrite avec les indicateurs « surfaces cultivées », « surfaces enherbées », « surfaces construites » et « infrastructures de transport » ;
- la zone tampon pour les flux biologiques. La présence éventuelle d'espèces végétales associées à des invasions biologiques est notée ;
- le paysage pour les flux biologiques. Il est décrit avec les indicateurs « rareté des grandes infrastructures de transport », « rareté des petites infrastructures de transport », « rareté de l'artificialisation des habitats du paysage ».

Le fac-similé sur la Figure ci-après illustre les informations relevées dans l'environnement du site qui permettent de documenter les pressions anthropiques dans celui-ci en utilisant la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (zone contributive, zone tampon ou paysage).











Question 12 – Quels sont la superficie et le périmètre de la zone contributive ?

Superficie	1986,000	ha.
Périmètre		km.

Question 13 – Quelle est l'occupation du sol dans la zone contributive ?

Surfaces enherbées	987,000	ha.
Surfaces cultivées	387,000	ha.
Surfaces construites	13,200	ha.
Linéaire d'infrastructures de transport	9,368	km.
Linéaire de cours d'eau	15,297	km.

Question 17 - Quelle proportion du paysage est occupée par les milieux EUNIS niveau 1 ?

 A Habitats marins	8,0	%
 B Habitats côtiers	9,0	%
 C Eaux de surface continentales	2,0	%
 D Tourbières hautes et bas-marais	3,0	%
 E Prairies ; terrains dominés par des non graminoides [...]	26,0	%
 F Landes, fourrés et toundras	9,0	%
 G Bois, forêts et autres habitats boisés	15,0	%
 H Habitats continentaux sans végétation [...]	5,0	%
 I Habitats agricoles [...] cultivés	19,0	%
 J Zones bâties, sites industriels et autres [...]	4,0	%
La somme doit être égale à 100 %	100	

Question 19 - Quel est le linéaire de corridors aquatiques et d'infrastructures dans le paysage ?

Corridors aquatiques temporaires	2,250	km.
Corridors aquatiques permanents	1,980	km.
Grandes infrastructures de transport	0,100	km.
Petites infrastructures de transport	4,500	km.

Question 50 - Dans la zone tampon, des espèces végétales associées à des invasions biologiques sont-elles présentes ?







Avant action écologique (état initial)	Avec action écologique envisagée (simulation)	Après action écologique
Oui 	Oui 	

Figure 25 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive avec des informations permettant de documenter les dégradations anthropiques dans l'environnement du site (en orange à gauche, le site impacté - en vert à droite, le site de compensation).

V.2.3.2. Critère issu des informations relevés et pré-évaluation automatisée des pressions anthropiques dans l'environnement du site

L'interprétation des indicateurs issus de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides permet d'évaluer l'intensité des pressions anthropiques dans l'environnement du site (Tableau ci-après). Seule l'information concernant la présence d'espèces végétales associées à des invasions biologiques dans la zone tampon ne constitue pas un indicateur en soi dans la méthode nationale.

Tableau 9 : Critères provenant de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2) pour appréhender les pressions anthropiques dans l'environnement du site de compensation et évaluer leurs effets possibles sur la mesure de compensation écologique.

Informations relevées avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides		Informations correspondant à la valeur de l'indicateur ou à une information relevée		
Zone contributive (ZC)	« surfaces cultivées »	> 80% de la superficie totale de la ZC cultivée	]60-80%] de la superficie totale de la ZC cultivée	[0-60%] de la superficie totale de la ZC cultivée
	« surfaces enherbées »		[0-20%] de la superficie totale de la ZC enherbée	> 20% de la superficie totale de la ZC enherbée
	« surfaces construites »	> 2% de la superficie totale de la ZC construite	]1,4-2%] de la superficie totale de la ZC construite	[0-1,4%] de la superficie totale de la ZC construite
	« infrastructures de transport »	> 0,057 km/ha <i>Forte densité d'infrastructures de transport</i>	]0,04-0,057 km/ha]	[0-0,04 km/ha] <i>Faible densité d'infrastructures de transport voire elles sont absentes</i>
Zone tampon	espèces végétales associées à des invasions biologiques		Présence détectée	Présence non détectée
Paysage	« rareté des grandes infrastructures de transport »	> 0,009 km/ha de grandes infrastructures de transport	]0,006-0,009 km/ha] de grandes infrastructures de transport	[0-0,006 km/ha] de grandes infrastructures de transport
	« rareté des petites infrastructures de transport »	> 0,054 km/ha de petites infrastructures de transport	]0,038-0,054 km/ha] de petites infrastructures de transport	[0-0,038 km/ha] de petites infrastructures de transport
	« rareté de l'artificialisation des habitats du paysage »	> 80% de la superficie totale du paysage artificialisé	]60-80%] de la superficie totale du paysage artificialisé	[0-60%] de la superficie totale du paysage artificialisé
Pressions dans l'environnement		 <i>Si au moins un critère ci-dessus est rempli</i>	 <i>Si au moins un critère ci-dessus est rempli ET aucun critère de la colonne à gauche n'est rempli</i>	 <i>Si aucun critère des deux colonnes à gauche est rempli</i>
		Environnement très altéré	Environnement assez altéré	Environnement peu altéré

Les critères entre guillemets sont des indicateurs, alors que les autres ne sont pas des indicateurs. Les indicateurs dans la « zone contributive » ne sont pas pris en compte quand celle-ci n'est pas délimitée et caractérisée avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides version 2. En effet, il est prévu qu'aucune zone contributive ne soit délimitée pour certains sites (par ex. sur les sites soumis aux flux d'eaux marines sur le rivage marin).

Étant donné qu'une mesure de compensation écologique est le plus souvent réalisée dans un environnement dont les caractéristiques sont similaires à celles de l'environnement du site impacté (principe de proximité géographique), caractériser un même environnement comme étant altéré pour un site impacté et un site de compensation durant un projet d'aménagement ne conduit pas nécessairement à changer d'environnement pour le site de compensation afin de proposer un site de compensation dans un environnement tout autre que celui du site impacté, et qui serait plus favorable. Cela conduit plutôt à réaliser une mesure de compensation écologique plus importante dans un environnement altéré (par ex. superficie du site plus importante) afin de veiller à obtenir une

équivalence fonctionnelle, compte tenu du fait que l'environnement risque de compromettre au moins en partie l'obtention des résultats de la mesure de compensation écologique.

Notez qu'en plus des informations prises en compte ici, d'autres informations pertinentes pourraient être relevées pour évaluer les pressions dans l'environnement. Par exemple, l'influence du cours d'eau ou du plan d'eau en système hydrogéomorphologique alluvial ou riverain des étendues d'eau aurait pu être prise en compte (incision du cours d'eau, sinuosité...). Cependant, cela semble requérir d'autres mesures spécifiques, pas toujours mobilisables avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Pour ce critère « pressions dans l'environnement » et pour tous les autres critères, chaque fois que cela est pertinent, d'autres informations doivent être prises en compte en complément pour évaluer la faisabilité et le délai associé à une mesure de compensation écologique.

V.2.3.3. Exemples dans lesquels une évaluation complémentaire par les parties prenantes est justifiée

Des exemples sont fournis ci-après pour illustrer une évaluation complémentaire par les parties prenantes de la faisabilité de la mesure de compensation écologique d'après les « pressions dans l'environnement » du site de compensation.

Par exemple, une trajectoire écologique peut porter sur un site, dont la zone tampon est occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques. L'environnement est pré-évalué de manière automatisée comme étant assez altéré. Généralement, des dégradations importantes, passées ou récentes, sont associées à la présence de telles espèces.

Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que la présence de telles espèces corresponde à des espèces dont la présence est anecdotique et dont le potentiel de colonisation est considéré comme étant très faible dans le site de compensation. D'après des informations factuelles sur le site et son environnement, les parties prenantes pourraient évaluer l'environnement du site comme étant plutôt peu altéré par ex.

Par exemple, à l'inverse, dans un autre cas particulier, il est possible que la présence d'espèces végétales associées à des invasions biologiques ne soit pas détectée mais fortement suspectée (par ex. présence dans la banque de graine du sol dans des cultures adjacentes où les biocides limitent la prolifération de ces espèces). L'environnement est pré-évalué de manière automatisée comme étant peu altéré. D'après des informations factuelles sur le site et son environnement, qui laissent bien supposer que de telles espèces pourraient facilement coloniser le site, les parties prenantes pourraient plutôt évaluer l'environnement du site comme étant assez altéré par ex.

Par exemple, sur un secteur littoral du rivage marin, il est possible que l'occupation du sol dans le paysage du site (infrastructures de transport, constructions...) conduise à pré-évaluer de manière automatisée l'environnement comme étant très altéré.

Dans le cas particulier d'un site donné, il est possible que les pressions soient moindres que ne le suggère la pré-évaluation : bonne connexion du site avec les entrées d'eaux marines, présence d'espaces avec une protection réglementaire forte entre l'océan et le site, pressions anthropiques à

une distance relativement importantes du site qui en est séparé par un estuaire... D'après des informations factuelles sur le site et son environnement, les parties prenantes pourraient plutôt évaluer l'environnement du site comme étant assez altéré par ex.

V.2.3.4. Illustration d'un résultat dans l'interface de dimensionnement

La figure ci-après illustre le résultat de l'évaluation de la faisabilité dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « pressions dans l'environnement » sur un site de compensation fictif.






Qualification de l'environnement du site		Qualification automatisée de l'interface	Qualification <u>éventuelle</u> d'après l'observateur <i>Répondez avec un X</i>
 Zone contributive	 Paysage		
 très altéré		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 assez altéré	Anthropisation importante (cultures et urbanisations). Densité de grandes infrast. de transp. très importante (0,8 km/100ha). Présence d'espèces végétales associées à des invasions biologiques dans la zone tampon.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 peu altéré	Densité de petites infrast. de transp. assez importante (2,6 km/100ha).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commentaire nécessaire de l'observateur en cas de requalification : <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>			

Figure 26 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation du délai dans l'interface de dimensionnement d'après le critère « pressions dans l'environnement » sur un site de compensation fictif.

V.2.4. Évaluation de la faisabilité et du délai associé à la mesure de compensation écologique

Sur la base de l'évaluation de (1) la faisabilité des mesures de la compensation écologique, (2) du délai avant d'obtenir le résultat escompté et (3) des pressions anthropiques dans l'environnement du site de compensation, une évaluation finale est réalisée pour attribuer un ratio fonctionnel à une mesure de compensation écologique donnée. Pour rappel, cette évaluation est basée sur l'hypothèse selon laquelle la faisabilité, puis le délai et enfin les pressions anthropiques dans l'environnement du site prévalent par ordre décroissant pour obtenir un résultat escompté effectif et rapide des mesures de compensation écologique (voir section V.1). Les scénarios sont donc proposés sur la base de cette hypothèse pour évaluer une mesure de compensation écologique et permettre aux parties prenantes de la séquence ERC de choisir un ratio fonctionnel. **Les 14 scénarios obtenus peuvent être regroupés en 7 grands types de scénarios pour justifier ensuite le ratio fonctionnel octroyé à une mesure de compensation écologique (voir Figure ci-après).**

L'arbre de décision sur la Figure ci-après est aussi bien appliqué sur la pré-évaluation automatisée des critères que pour une éventuelle évaluation complémentaire par les parties prenantes d'après ces mêmes critères.

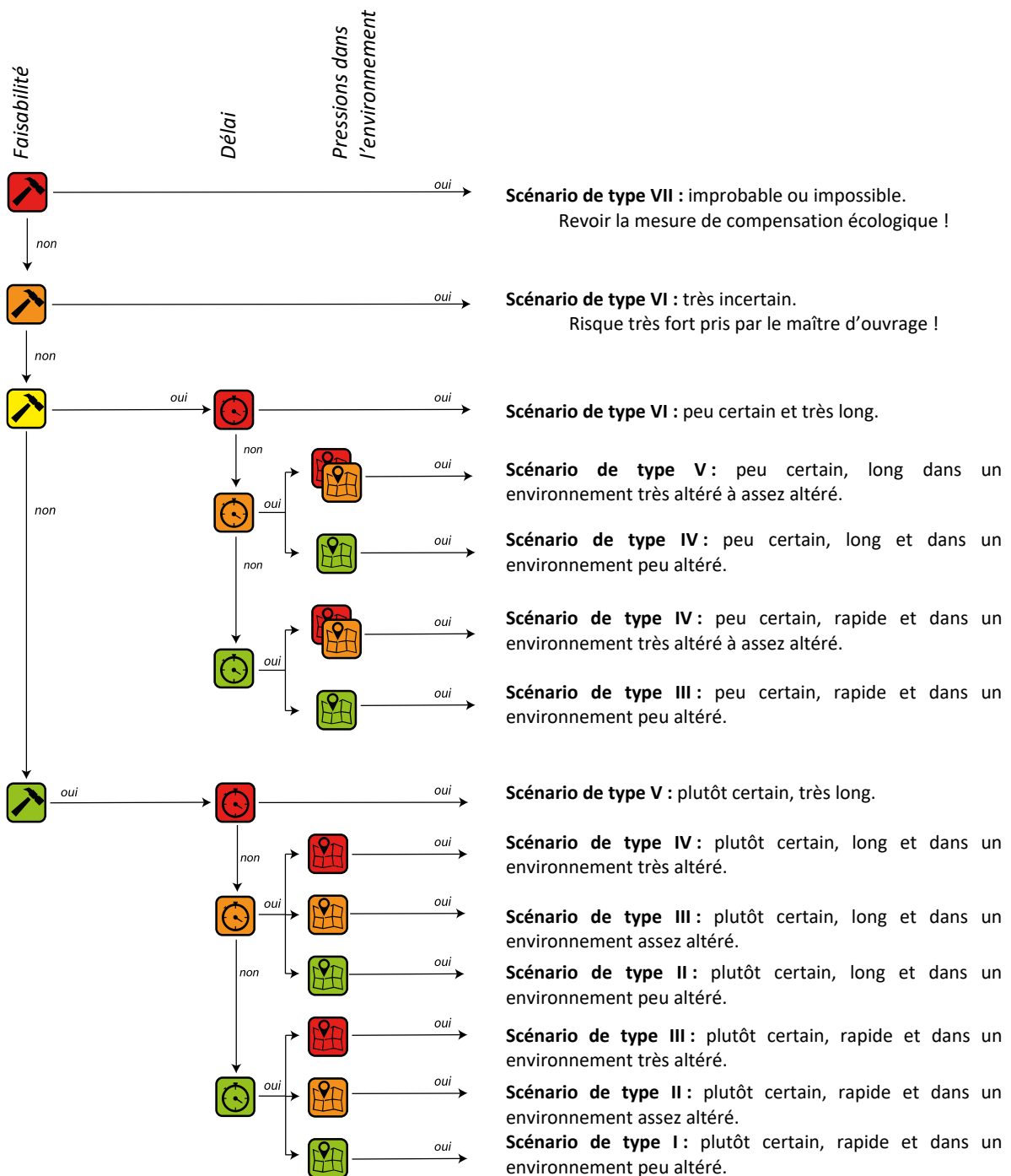


Figure 27 : Arbre de décision pour identifier le scénario associé à une mesure de compensation écologique (faisabilité et délai avant d'obtenir les résultats escomptés) et octroyer un ratio fonctionnel à la mesure de compensation écologique.

Le scénario de type I est associé au ratio fonctionnel le plus faible alors que celui de type VI est associé au ratio fonctionnel le plus fort. Le scénario VII n'est associé à aucun ratio fonctionnel, il convient de revoir la mesure de compensation écologique.

La figure ci-après illustre un résultat de l'évaluation de la mesure de compensation écologique dans l'interface de dimensionnement.

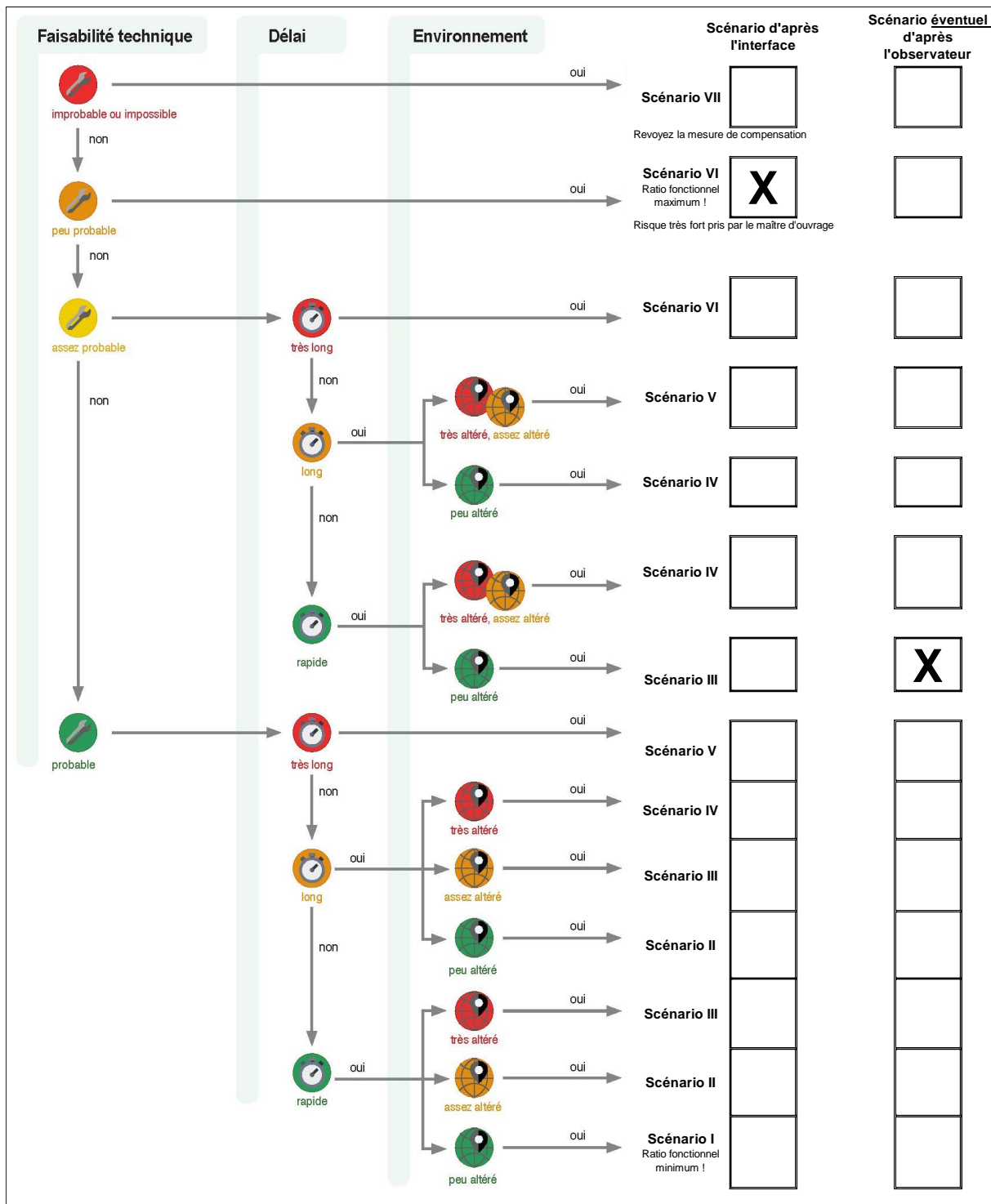
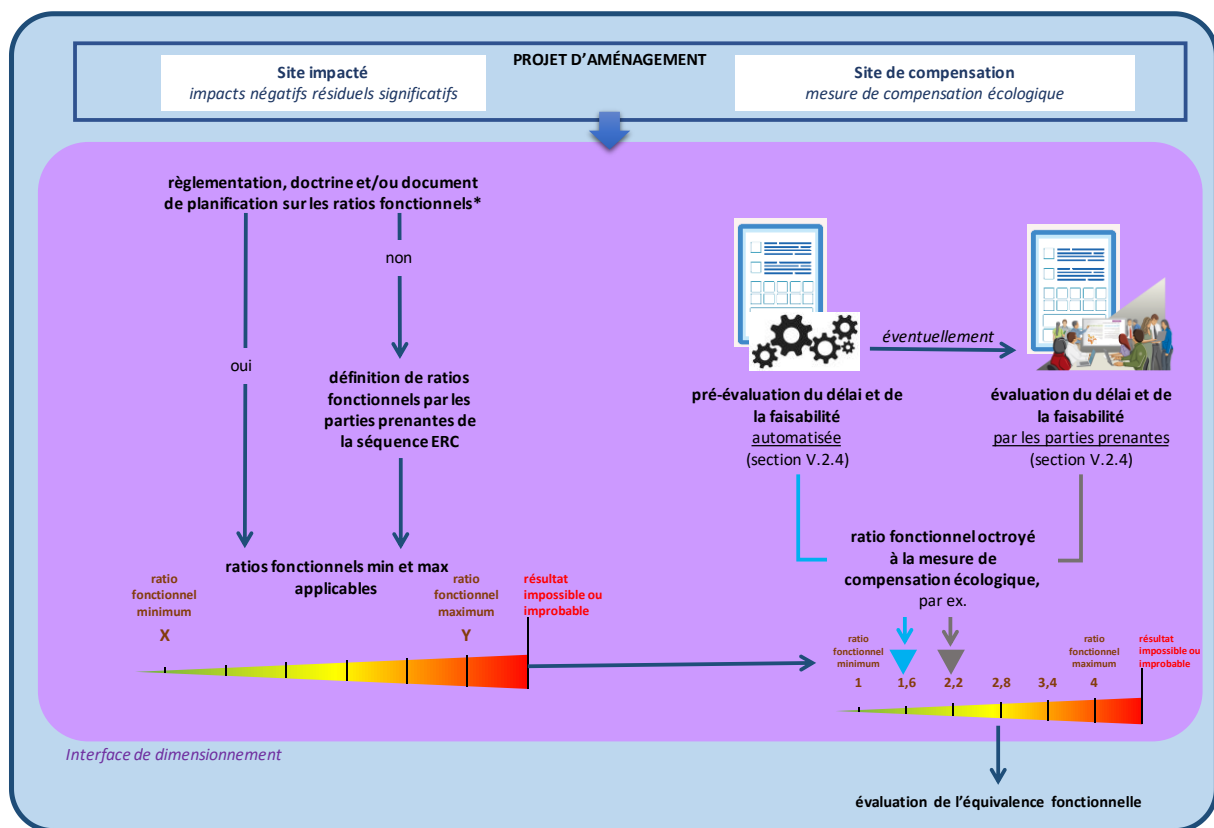


Figure 28 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Résultat de l'évaluation d'une mesure de compensation écologique dans l'interface de dimensionnement.

V.3. Système réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique de l'interface

Les prescriptions réglementaires, les connaissances scientifiques et les considérations politiques, sociales et économiques propres à chaque territoire doivent être prises en compte par les parties prenantes de la séquence ERC pour attribuer un ratio fonctionnel. **À cette fin, un intervalle de variation du ratio fonctionnel doit d'abord être défini par les parties prenantes pour déterminer entre quelles valeurs minimale - maximale variera le ratio fonctionnel attribué à un projet d'aménagement.** Cet intervalle de variation du ratio fonctionnel est ensuite renseigné dans l'interface de dimensionnement pour dimensionner la mesure de compensation écologique. La démarche pour définir cet intervalle de variation et dimensionner la mesure de compensation écologique est illustrée sur la Figure ci-après.



Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

* : code de l'environnement, SDAGE, SAGE, lignes directrices nationales de la séquence ERC...

Figure 29 : Définition de ratios fonctionnels minimal et maximal selon les impacts négatifs résiduels significatifs d'un projet d'aménagement et octroi du ratio fonctionnel selon les caractéristiques des mesures de compensation écologique avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides et l'interface de dimensionnement (système réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique de l'interface).

Les sections suivantes permettent d'éclairer le lecteur sur la façon dont peut être défini cet intervalle de variation du ratio fonctionnel.

V.3.1. Considérations générales pour définir un intervalle de variation du ratio fonctionnel

En pratique, sur un territoire, un seul intervalle de variation peut être préconisé pour tous les projets d'aménagement, ou alors plusieurs intervalles de variation peuvent être préconisés. Plusieurs intervalles de variation peuvent être préconisés par ex. :

- selon la nature des projets d'aménagement (Annexe 5) :
 - un intervalle de variation pour les projets d'aménagement qui altèrent ou détériorent temporairement les zones humides, sur une courte durée, sans étalement du projet d'aménagement dans l'espace, avec des mesures de compensation dont les résultats sont obtenus avant l'impact,
 - un intervalle de variation pour les projets d'aménagement qui détruisent définitivement des zones humides, avec des impacts qui s'additionnent (étalement du projet d'aménagement dans l'espace), avec des mesures de compensation mises en œuvre après la survenance de l'impact,
 - ...

Le premier intervalle de variation du ratio fonctionnel atteindrait des valeurs plus faibles que le second.
- selon le type d'habitats impactés :
 - un intervalle de variation pour les habitats forestiers naturels ou semi-naturels comme les G1.1 Forêts Riveraines et forêts galeries [...],
 - un intervalle de variation pour les habitats arbustifs naturels ou semi-naturels comme les F4.1 Landes humides,
 - un intervalle de variation pour les habitats prairiaux naturels ou semi-naturels comme les E2.1 Pâturages permanents [...],
 - un intervalle de variation quand les habitats impactés sont très anthropisés comme des E5.1 Végétations herbacées anthropiques et que des habitats naturels ou semi-naturels sont prévus en compensation de ceux-ci,
 - ...

Le dernier intervalle de variation du ratio fonctionnel atteindrait des valeurs plus faibles que les précédents.
- selon les principales fonctions impactées au regard des enjeux du territoire :
 - un intervalle de variation pour les projets d'aménagement qui impactent des fonctions hydrologiques particulièrement importantes dans un territoire avec des enjeux quantitatifs forts sur la ressource en eaux²⁷,
 - un intervalle de variation pour les projets d'aménagement qui impactent des fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces, sur des zones humides avec des objectifs forts de conservation de la biodiversité identifiés²⁸,

²⁷ inondations sur tête de BV, vallée alluviale, urbaine ou péri-urbaine, zones de répartition des eaux (article R211-71 du CE), BV avec sécheresse, AEP (captages)...

²⁸ trame verte et bleue, espaces naturels protégés ou gérés (Natura 2000, RN, APPB, propriétés du conservatoire du littoral, PN, ...), espèces protégées (L. 411-1 du CE, ...)...

- ...

La différence entre les deux intervalles de variation du ratio fonctionnel dépendrait notamment des volontés politiques sur le territoire.

- ...

Notez que le ratio fonctionnel peut être ajusté selon des choix politiques. Par exemple, s'il existe une volonté politique forte de se prémunir contre la perte de certains types de zones humides sur le territoire, alors cette considération peut intervenir pour bien garantir la non perte nette de fonctions – voire l'objectif de « gain net » à l'issue de la mise en œuvre de la séquence ERC.

→ Les parties prenantes de la séquence ERC sont invitées à tendre le plus possible vers un ratio fonctionnel minimal basé sur la connaissance scientifique pour viser la non perte nette de fonctions et d'habitats dans les zones humides ! Si elles choisissent de s'écarter de ces préconisations, elles ne devraient jamais choisir de ratio fonctionnel minimal dont la valeur est inférieure à 1 !

Rappel : si les impacts portent sur des composantes de biodiversité, de fonctions ou d'habitats « irremplaçables », alors ceux-ci ne sauraient être compensés de manière satisfaisante. Dans cette situation, le projet d'aménagement ne peut pas être accepté en l'état et doit être revu et corrigé par le maître d'ouvrage (voir Encadré ci-après et la bibliographie scientifique et technique de la section II.1).

Encadré 4 : Rappel réglementaire sur les atteintes à la biodiversité et l'absence de perte nette.

Article L163-1. Créé par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 69

I. - Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité sont les mesures prévues au 2° du II de l'article L. 110-1 et rendues obligatoires par un texte législatif ou réglementaire pour compenser, dans le respect de leur équivalence écologique, les atteintes prévues ou prévisibles à la biodiversité occasionnées par la réalisation d'un projet de travaux ou d'ouvrage ou par la réalisation d'activités ou l'exécution d'un plan, d'un schéma, d'un programme ou d'un autre document de planification.

Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité visent un objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité. Elles doivent se traduire par une obligation de résultats et être effectives pendant toute la durée des atteintes. Elles ne peuvent pas se substituer aux mesures d'évitement et de réduction. Si les atteintes liées au projet ne peuvent être ni évitées, ni réduites, ni compensées de façon satisfaisante, celui-ci n'est pas autorisé en l'État.

V.3.2. Relation entre le ratio fonctionnel minimal et le ratio fonctionnel maximal

À notre connaissance, il n'existe pas de recommandations scientifiques pour faire varier le **ratio fonctionnel jusqu'à un maximum selon les impacts négatifs résiduels significatifs sur le site impacté**. Par exemple, le ratio fonctionnel augmente-t-il selon une loi exponentielle, logarithmique, linéaire... (voir Figure ci-après) ?

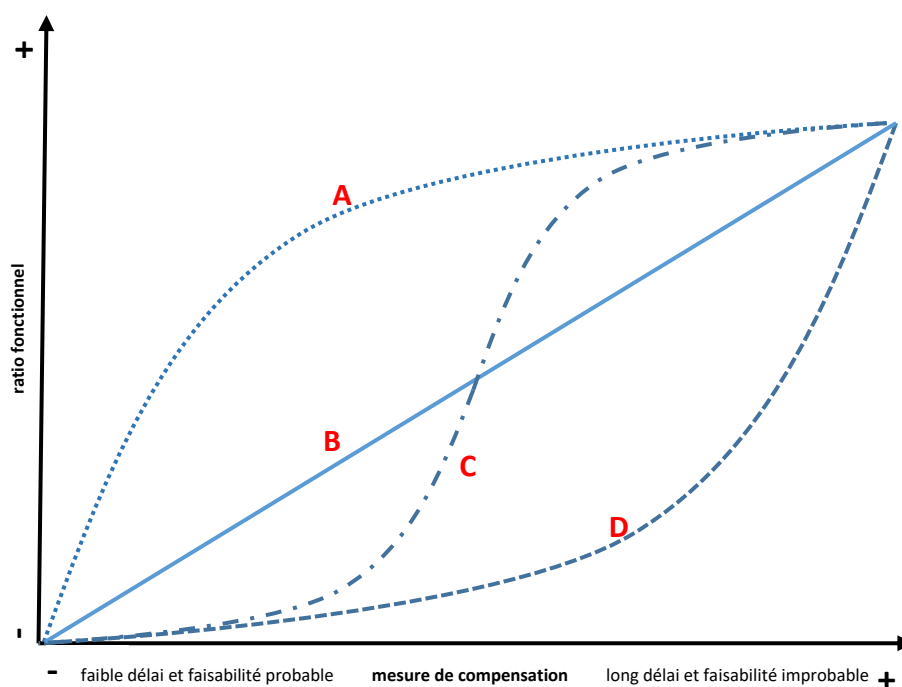


Figure 30 : Quatre relations possibles (A, B, C et D) non exhaustives entre la valeur d'un ratio fonctionnel minimal et maximal. Chaque courbe indique un exemple de relation (modifié de Gayet *et al.* 2016).

Par ex. pour la relation A, le ratio fonctionnel croirait très vite, lorsque le maître d'ouvrage proposerait des mesures de compensation écologique avec une faible faisabilité et un délai croissant ; alors que pour la relation D ce ratio fonctionnel croirait plus lentement et il n'atteindrait des valeurs très élevées que sur les projets avec les délais les plus longs et la faisabilité la plus mauvaise. Cela reste à mettre en perspective avec l'apparition et l'intensité des impacts négatifs résiduels significatifs.

Sans recommandations qui puissent être utilisées pour justifier le choix d'une relation, il est proposé d'utiliser la relation la plus simple et vraisemblablement la plus parlante pour les parties prenantes de la séquence ERC afin de faire varier ce ratio fonctionnel. C'est donc la relation linéaire qui est utilisée dans l'interface pour faire varier le ratio fonctionnel (relation B sur la Figure ci-avant), entre le ratio fonctionnel minimal et maximal (Figure ci-après).

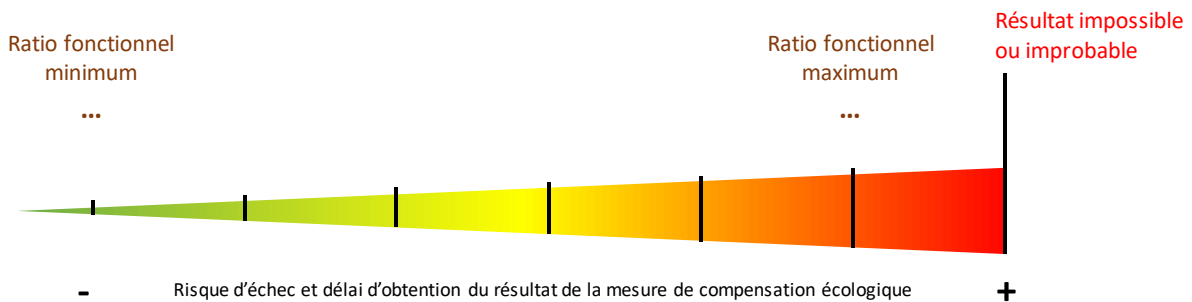


Figure 31 : Axe de variation du ratio fonctionnel attribué à une mesure de compensation écologique. Les parties prenantes déterminent un intervalle entre lequel varie le ratio fonctionnel (ratios fonctionnels minimum et maximum issus d'un choix politique objectivé des parties prenantes). Hors de cet intervalle, obtenir le résultat des mesures de compensation écologique est impossible ou improbable, aucun ratio fonctionnel n'est alors attribué ; la mesure de compensation écologique doit être revue (voir Encadré précédent).

La figure ci-après illustre l'intervalle de variation du ratio fonctionnel choisi par des parties prenantes dans l'interface de dimensionnement.

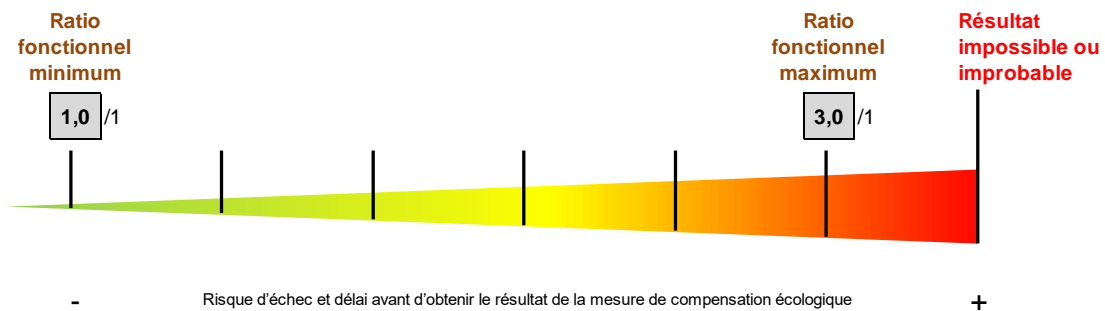


Figure 32 : Fac-similé issu du tableur de la version 2 de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides sur une mesure de compensation écologique fictive. Dans ce cas les parties prenantes ont choisi un ratio fonctionnel minimum de 1 et un ratio fonctionnel maximum de 3.

V.3.3. Préconisations d'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire

V.3.3.1. Définition formelle d'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire ?

L'intervalle de variation du ratio fonctionnel peut essentiellement être défini par les dispositions d'un SDAGE et/ou d'un SAGE sur un bassin versant et/ou dans le cadre de doctrine régionale et/ou départementale (InterMISEN²⁹, MISEN)... Par souci d'opérationnalisation du droit sur les territoires, d'équité entre les maîtres d'ouvrage, pour permettre plus de transparence dans les pratiques de compensation... c'est vers ce type de définition formelle que les parties prenantes de la séquence ERC sont encouragées à aller.

V.3.3.2. En l'absence de préconisations sur l'intervalle de variation du ratio fonctionnel sur un territoire ?

Sans recommandation ou prescription claire quant à l'intervalle de variation du ratio fonctionnel, il est à déterminer par les parties prenantes de la séquence ERC, au cas par cas, selon les impacts négatifs résiduels significatifs d'un projet d'aménagement. Elles doivent alors se poser les questions suivantes : quel est le ratio minimal en dessous duquel ne jamais descendre et quel est le ratio maximal nécessaire, possible et souhaitable lors de la mise en œuvre de la compensation écologique sur les zones humides d'un territoire donné ?

²⁹ Mission InterService de l'Eau et de la Nature.

VI. Mise en relation des systèmes de l'interface : octroi du ratio fonctionnel à un projet d'aménagement

Les étapes pour utiliser l'interface de dimensionnement sont présentées en détails ci-dessous.

La présentation est plus succincte et plus illustrée dans la « partie A – section 3.2 L'interface de dimensionnement » du guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2). Le lecteur se tournera utilement vers cette référence si besoin (voir Gayet *et al.* 2023b) ou encore sur le site internet où la méthode est disponible, pour avoir des exemples de résultats et d'interprétation.

VI.1. Étape 1 : application de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides pour réaliser l'état initial, l'état simulé et documenter le programme d'actions écologiques

La première étape consiste à réaliser avec cette méthode les états initiaux du site impacté avant impact et du site de compensation avant action écologique ; puis les états simulés avec impacts envisagés et avec actions écologiques envisagées. Le programme d'actions écologiques sur le site de compensation est alors aussi décrit. Ces informations sont renseignées dans un même tableur (voir tableur associé à la version 2 de la méthode) (par ex. nom des actions écologiques d'impulsion et d'exploitation-entretien, trajectoire écologique des habitats, part relative du site concerné par chaque action écologique). Renseigner l'ensemble de ces informations (système écologique et technique de l'interface) est un préalable indispensable avant d'utiliser l'interface de dimensionnement.

VI.2. Étape 2 : renseignement de l'intervalle de variation du ratio fonctionnel par les parties prenantes du projet d'aménagement dans l'interface

La seconde étape consiste à renseigner l'intervalle de variation du ratio fonctionnel (système réglementaire, scientifique, politique, social, économique et territorial de l'interface) (voir exemple sur la Figure ci-après). Les recommandations ci-avant (voir section V.3) doivent être suivies.

VI.3. Étape 3 : évaluation des mesures de compensation écologique avec l'interface et ajustements éventuels des parties prenantes

VI.3.1. Pré-évaluation automatisée et standardisée

La mise en œuvre des étapes 1 et 2 aboutit à une pré-évaluation automatisée et standardisée de la faisabilité des actions écologiques et du délai avant d'obtenir le résultat escompté. La finalité de cette évaluation automatisée est d'indiquer le type de scénario rencontré et ainsi d'octroyer un ratio fonctionnel.

VI.3.2. Éventuelle évaluation complémentaire par les parties prenantes

La mise en œuvre des étapes 1 et 2 peut aussi aboutir à une éventuelle évaluation réalisée par les parties prenantes en complément de celle qui est automatisée, sans la remplacer et si seulement ils estiment qu'au moins un critère n'est pas suffisamment bien appréhendé de manière automatisée. Notez que même si une évaluation complémentaire est réalisée, il est possible que la différence avec l'évaluation automatisée et standardisée soit trop faible pour que l'interface aboutisse à des scénarios distincts et donc à des ratios fonctionnels différents.

Une interface d'appui à l'expertise mais non pénalisante

Le résultat automatisé de l'interface alerte sur certains éléments de vigilance à avoir pour assurer le succès de la mesure compensatoire. Le maître d'ouvrage peut éventuellement fournir, dans ces conditions, des garanties, renforçant la crédibilité des mesures de compensation écologique. Ceci peut alors justifier qu'il réévalue les critères caractérisant la mesure de compensation écologique. Par ex. une action écologique mobilisée est évaluée de manière automatisée comme présentant des résultats assez peu probables le plus souvent. Cependant, le maître d'ouvrage a fourni des diagnostics détaillés et une programmation de l'action écologique en question avec des modalités de suivis et de gestion adaptative convaincantes, alors l'action écologique peut être évaluée comme susceptible de générer les résultats attendus via l'évaluation complémentaire. **Les arguments et les informations sur lesquelles reposent cette évaluation complémentaire doivent alors être factuels et vérifiables.** Cela aboutit alors à un ratio fonctionnel plus faible que le ratio automatisé de l'interface. De la même manière, des établissements publics, services de l'État... peuvent réévaluer les éléments caractérisant la mesure de compensation écologique, que ce soit en émettant des doutes encore plus importants que ceux pré-évalués (ratios plus élevés que celui préconisé par l'interface de manière automatisée donc), en confirmant la réévaluation réalisée par le maître d'ouvrage...

L'interface ne pénalise donc pas la mise en œuvre de mesures de compensation écologique ambitieuses, soumises à des risques d'échec importants (sauf celles dont les résultats sont reconnus comme étant quasiment toujours très mauvais). Elle souligne plutôt la nécessité d'être encore plus vigilant sur les modalités techniques de mise en œuvre pour en garantir le succès. C'est la condition sine qua non à l'attribution d'un ratio fonctionnel plus faible que celui préconisé de manière automatisée dans l'interface.

VI.4. Étape 4 : lecture du ratio fonctionnel octroyé à la mesure de compensation écologique

La mise en relation des deux systèmes de l'interface permet de restituer sur une figure le ratio fonctionnel préconisé de manière automatisée et standardisée ainsi que le ratio fonctionnel qui résulte de l'éventuelle évaluation complémentaire faite par les parties prenantes de la séquence ERC.

Par exemple, sur la Figure ci-après, elle indique que les parties prenantes ont choisi un ratio fonctionnel minimum de 1 pour 1 et un ratio fonctionnel maximum de 4 pour 1 (système réglementaire, scientifique, politique, social, économique et territorial). La mesure de compensation écologique du maître d'ouvrage était évaluée comme offrant un résultat peu certain, rapide et dans un environnement assez altéré à très altéré d'après l'évaluation automatisée et standardisée (ratio

fonctionnel de 2,8) (système écologique et technique). Cependant, les parties prenantes estiment que ce scénario est plus proche d'un résultat plutôt certain, rapide et dans un environnement assez altéré (ratio fonctionnel de 1,6). Pour retenir ce dernier ratio fonctionnel et l'octroyer au projet d'aménagement, des garanties probantes doivent par exemple être fournies par le maître d'ouvrage sur les détails techniques des actions écologiques mises en œuvre pour justifier le bienfondé de cette réévaluation. Ce complément d'informations peut être ajouté dans l'interface pour justifier la réévaluation d'un critère.

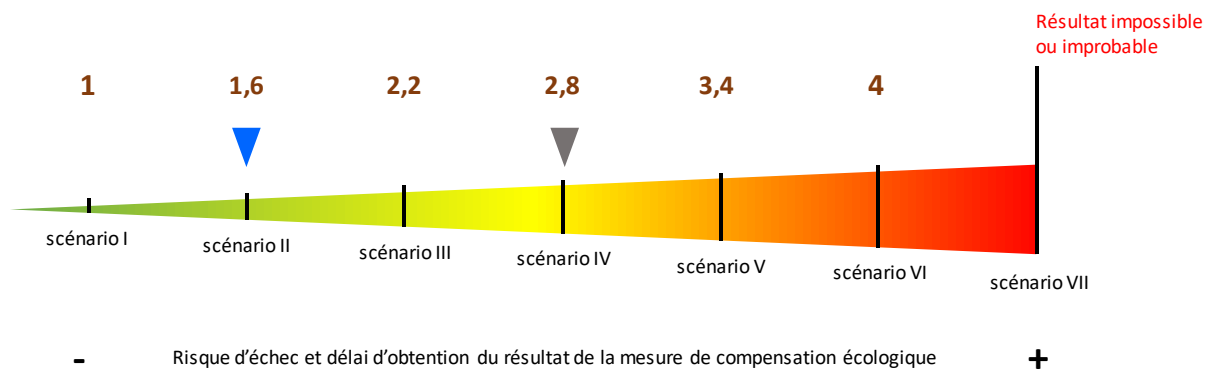


Figure 33 : Illustration du résultat de l'évaluation automatisée (pointe grise) et de l'évaluation par les parties prenantes (pointe bleue) sur la mesure de compensation écologique et attribution du ratio fonctionnel au projet d'aménagement. Dans ce cas, les parties prenantes ont choisi un intervalle de variation du ratio fonctionnel compris entre [1-4].

VI.5. Étape 5 : conclure selon la mesure de compensation écologique et l'équivalence fonctionnelle

Lors du calcul de l'équivalence fonctionnelle (dans le tableur), le ratio fonctionnel qui résulte de l'évaluation complémentaire par les parties prenantes prévaut sur celui qui est automatisé et standardisé. Cependant, l'interface affiche bien les deux résultats obtenus. Ainsi, il reste possible pour les services de l'État, établissements publics, collectivités locales... qui participent à l'évaluation environnementale de vérifier les différences entre les deux évaluations ; et de vérifier que l'éventuelle évaluation complémentaire par le maître d'ouvrage est justifiée ; voire de faire leur propre évaluation complémentaire, si celle-ci est également justifiée.

Le ratio fonctionnel de l'évaluation complémentaire par les parties prenantes, ou à défaut celui issue de l'évaluation automatisée et standardisée, est alors appliqué sur chaque indicateur de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Il permet alors d'évaluer par indicateur si les gains fonctionnels sont suffisants pour compenser les pertes fonctionnelles (voir Gayet *et al.* 2023b) pour des recommandations sur l'interprétation des indicateurs).

$$\begin{array}{ccc} & \text{SI} & \\ \text{Gain fonctionnel} & & \text{Ratio} \\ \text{pour un indicateur X} & \geq & \text{d'équivalence} \\ \text{sur le site de compensation} & & \text{fonctionnelle} \quad \times \quad \\ & & \text{Perte fonctionnelle} \\ & & \text{pour un indicateur X} \\ & & \text{sur le site impacté} \end{array}$$

ALORS une équivalence fonctionnelle est probable

Notez qu'auparavant, les autres principes réglementaires analysés avec la méthode, sont des prérequis qui doivent avoir été vérifiés (par ex. vérifier l'équivalence qualitative et la proximité géographique avec le diagnostic de contexte).

Consultez le site internet dédié à la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides pour disposer d'exemples fictifs inspirés de la réalité d'utilisation de l'interface de dimensionnement !

VII. Conclusions et perspectives

Cette interface de dimensionnement permet d'accompagner la mise en œuvre de la séquence ERC, pour promouvoir des pratiques qui tendent le plus possible vers l'absence de perte nette de fonctions sur les zones humides. Elle a été conçue à la fois en tenant compte des connaissances dans les domaines de l'écologie et des sciences humaines et sociales ; pour permettre aux acteurs des territoires d'améliorer les pratiques pour concevoir, rédiger, instruire... les dossiers d'autorisation environnementale autour du sujet des fonctions des zones humides.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la séquence ERC sur un site de compensation, il est recommandé d'envisager de simuler plusieurs mesures de compensation écologique sur un site de compensation, de consulter le résultat proposé par l'interface pour chaque mesure de compensation écologique et finalement de sélectionner la plus pertinente. A posteriori, si le résultat des mesures de compensation écologique apparaît comme n'étant pas satisfaisant, cela peut amener à revoir le programme de mesures d'évitement et de réduction.

La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides et l'interface de dimensionnement peuvent être appliquées sur des Sites Naturels de Compensation (dits « SNC »). Dans ce cas-là, seuls les onglets « sites de compensation » seront remplis dans un premier temps. Ils seront ensuite mis en relation avec les sites impactés des pétitionnaires cherchant à acquérir des unités de compensation. Un guide d'aide à l'élaboration d'un SNC doit être publié par le Ministère en charge de l'environnement. La manière de tenir compte de la vente d'Unités de Compensation sera précisée ultérieurement dans une Foire Aux Questions, lorsque les éléments méthodologiques nécessaires seront disponibles.

L'interface revêt un caractère général qui la rend transposable dans sa philosophie à d'autres thématiques que la compensation écologique des fonctions en zones humides, comme par exemple la compensation sur d'autres habitats (aquatiques, marins...). Cela nécessiterait toutefois des apports techniques pertinents spécifiques à la thématique considérée (par ex. utilisation d'autres référentiels que la matrice de trajectoires écologiques ou la liste d'actions écologiques évoqués ci-avant).

Au-delà de la séquence ERC pour les projets d'aménagement, il est aussi envisageable d'appliquer la méthode et l'interface sur des plans et programmes ou encore sur des projets de restauration classiques pour matérialiser et objectiver les choix faits par les parties prenantes sur les orientations données à des actions écologiques en zones humides.

Annexe 1 : La mise en œuvre des mesures compensatoires, un projet de territoire intégré.

Le territoire est souvent appréhendé par le porteur de projet ou d'action comme un bloc homogène, à savoir unique, singulier, fréquemment cantonné aux périmètres du territoire physique d'intervention. Pourtant, en sciences humaines et sociales, le territoire est appréhendé comme un ensemble polymorphe. Le territoire est pluriel, avec une pluralité de frontières qui encadrent l'action, tantôt géographiques, tantôt organisationnelles et tantôt identitaires. Le porteur de projet ou d'action doit donc concevoir le territoire au-delà du simple périmètre géographique d'intervention. Ainsi, il doit appréhender :

- **le territoire physique.** Il correspond au territoire géographique. Il constitue souvent le périmètre géographique d'intervention : les surfaces en zones humides inscrites dans le bassin versant par exemple. Ce périmètre d'action n'est cependant pas suffisant pour saisir les dynamiques territoriales qui, au-delà des déterminants écologiques, entrent en jeu pour inscrire un projet ou une action dans un territoire ;
- **le territoire organisationnel.** Il correspond au territoire autour duquel s'organisent, le plus souvent administrativement, les usages autour d'une ou de zones humides. Les outils de planification sont des sources d'informations utiles pour apprécier la façon dont est aménagé le territoire et, corrélativement à cela, la façon dont sont régis les usages. C'est également au cours de l'examen du territoire organisationnel que les dynamiques régissant les relations amont/aval et l'ensemble des dispositifs de solidarité territoriale informent sur les relations entre les territoires. Le territoire organisationnel ne permet toutefois pas de saisir les perceptions et les représentations de ceux qui vivent le territoire ou qui en vivent ;
- **le territoire vécu.** Il correspond à un espace marqué par des caractéristiques sociales, politiques, économiques, culturelles... qui font du territoire ce qu'il est. C'est pourquoi il ne ressemble d'ailleurs à aucun autre. Ce territoire est en effet à la fois l'expression et le marqueur d'une identité qui participe à son appropriation par les acteurs et qui donne du sens à leurs actions. Mais c'est aussi parce qu'il est source d'attachement et de sécurisation/protection individuelle et collective que tout changement suscite rapidement les passions et déclenche des conflits plus ou moins durables.

Si le territoire physique et le territoire organisationnel sont des territoires pouvant être qualifiés de rationnels en ce sens où ils correspondent à des réalités organisées, objectivement appréhendables à travers des données quantitatives, le territoire vécu est le territoire des émotions vécues, perçues, vécues et transmises. Il est le territoire du sensible et des sensibilités, saisissable au moyen d'études qualitatives.

C'est par la combinaison et par la juxtaposition de ces différents territoires que le porteur de projet peut déterminer le périmètre de son intervention et donc le territoire fonctionnel de l'action. Ce territoire fonctionnel n'est donc pas un territoire qui s'impose au porteur de projet mais un territoire à chercher et à trouver. Il est propre à chaque situation.

Annexe 2 : L'articulation entre documents de planification, actes des SDAGE et actes administratifs.

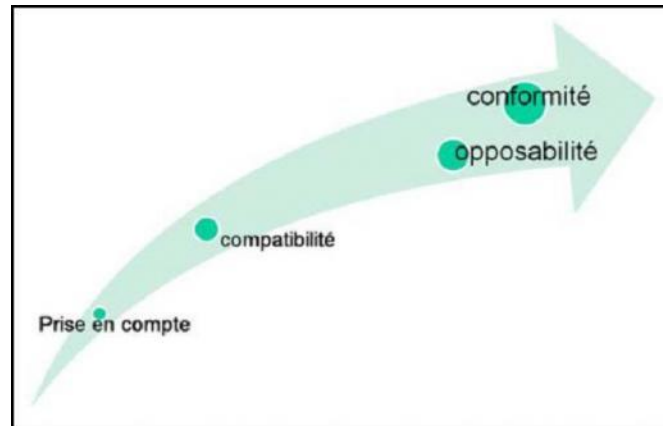


Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) : les programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du SDAGE. Les autres décisions administratives doivent prendre en compte les dispositions de ce schéma directeur. Les documents d'urbanisme (SCoT, PLU) doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource en eau et des objectifs de qualité et de quantité du SDAGE. Le SDAGE ne prévoit pas de nouvelles décisions administratives dans le domaine de l'eau : il ne crée ni réglementation, ni nouvelle procédure. Il précise la règle quand elle existe mais il ne va pas au-delà de ce que permet la loi.

Source : Agence de l'eau Adour-Garonne (nd).

Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) : les programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du Plan de Gestion de Développement Durable (PAGD) du SAGE.

Le règlement consiste en des règles édictées par la CLE pour assurer la réalisation des objectifs prioritaires du PAGD, règles opposables non seulement à l'administration mais également aux tiers. Le règlement du SAGE est une réglementation à part entière, qui s'applique à tous les administrés sur tout ou partie du territoire du SAGE.

Les règles du SAGE sont distinctes de la réglementation nationale, régionale ou départementale, qu'elles ont vocation à compléter et préciser selon les enjeux locaux diagnostiqués. Elles doivent être issues du diagnostic préalable du SAGE et proportionnées aux enjeux et objectifs identifiés dans le PAGD. Elles doivent se conformer au cahier des charges réglementaires prévues par le code de l'environnement (art. R. 212-47) et doivent se garder de fixer des interdictions générales et absolues, sauf exceptions et justifications.

Le règlement du SAGE est opposable aux administrés du territoire considéré à la date de publication finale du SAGE (art. R. 212-42), sous réserve d'un calendrier d'application particulier à une règle.

Pour mémoire, les décisions administratives individuelles préexistantes (autorisations ou déclarations IOTA & ICPE) doivent être mises en conformité avec le règlement du SAGE (comme elles doivent être mises en compatibilité avec les dispositions inscrites dans le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable du SAGE) dans les délais mentionnés.

Source : Fiche Gesteau, les zones humides et les SAGE (Groupe national « SAGE » en association avec les spécialistes du sujet au sein des agences et des DREAL de bassin 2013).

Annexe 3 : Les modalités de participation mobilisables pour la mise en œuvre des mesures compensatoires (voir Chemery *et al.* (2018) pour plus de détails).

L'information est un premier stade participatif qui consiste à donner aux acteurs les informations nécessaires pour se forger une opinion, sans pour autant attendre une réaction de leur part. Soucieuse d'objectivité, l'information diffère de la communication, qui manie la même matière première - l'information- dans le but de convaincre le public concerné par un projet, afin d'en favoriser l'acceptation.

La médiation introduit la notion de conflit entre différents acteurs. Elle repose sur des cadres d'intervention et des pratiques spécifiques, a priori mobilisés le temps de résoudre le conflit en question. Ce type d'approche peut être également convoqué lors d'une démarche participative pour prévenir ou résoudre une crise.

La négociation implique un échange entre acteurs sur une décision formelle, un point précis de la décision. Sans prétendre à la codécision -pratique rare ne serait-ce qu'au regard, par exemple, des implications en termes de responsabilité ou d'investissement que revêt un projet ou une politique pour son porteur-, le pouvoir de décision est, au moins ici, partiellement mis en jeu.

La consultation recouvre la mise en place de moyens permettant d'écouter et de recueillir les points de vue d'acteurs jugés concernés ou intéressés par un projet ou une politique. Si ces opinions peuvent à terme inspirer le projet, la consultation ne l'exige en aucun cas, le porteur de projet conservant tout pouvoir sur ses décisions. Elle peut être appliquée de façon individuelle ou collective.

La concertation suppose que les acteurs concernés et intéressés prennent activement part à un débat entre eux, autour des enjeux, des objectifs et/ou des moyens fondant le projet ou la politique en question.

La co-construction implique pour une remise à plat de tout ce qui est soumis à la participation et une élaboration de chacun des éléments qui compose la décision et le projet.

Annexe 4 : L'autorisation environnementale unique, une démarche de simplification ?

Depuis le 1^{er} mars 2017, les procédures et décisions environnementales requises pour les projets soumis à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et les projets soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau (IOTA) sont fusionnées au sein de l'autorisation environnementale. Et depuis le 14 décembre 2020, la demande d'autorisation environnementale peut être faite en ligne sur le site internet : service-public.fr. Cela a pour conséquence d'avoir :

- pour un même projet, un dossier, un interlocuteur et une autorisation environnementale unique qui inclut l'ensemble des prescriptions des législations applicables et relevant de différents codes ;
- des échanges en amont du dépôt de dossier précisant les informations attendues dans le dossier ou certificat de projet à la demande du pétitionnaire (délai de deux mois) ;
- un examen du dossier avec instruction interservices, consultations obligatoires des instances et commissions concernées (par ex. avis obligatoire de la CLE d'un SAGE pour une IOTA sur son territoire SAGE) - avis de l'autorité environnementale en cas d'autorisations environnementales ;
- un régime contentieux modernisé, conciliant le respect du droit au recours des tiers et la sécurité juridique du projet ;
- une articulation avec les règles d'urbanisme : un permis de construire peut être délivré avant l'autorisation environnementale, mais il ne peut être exécuté qu'après la délivrance de cette dernière ;
- des délais de procédures réduits : avec une phase d'examen de 4 mois, au cours de laquelle les services et instances consultatives analysent le dossier. La demande d'autorisation peut être rejetée si le projet ne satisfait pas aux règles qui lui sont applicables ; une phase d'enquête publique de 3 mois, au cours de laquelle les collectivités sont consultées ; une phase de décision de 2 mois.

Le constat du rapport Guillot (2021) et celui du rapport du député Kasbarian (2019) dans le cas des projets industriels et logistiques, est que le démarrage anticipé des délai « officiels » ne s'est pas accompagné d'une réduction de la durée totale d'obtention de l'autorisation environnementale perçue par le pétitionnaire. En effet, les compléments au dossier semblent aussi nombreux qu'avant la réforme et prennent autant de temps à être élaborés. De surcroît, ils apparaissent désormais comme postérieurs au démarrage de la procédure, ayant pour conséquence d'augmenter la durée d'instruction officielle de la procédure.

C'est la raison pour laquelle, la note du 9 mai 2022 du Ministère de la Transition écologique demande à ses services de veiller à davantage responsabiliser le pétitionnaire et son bureau d'études en réduisant les demandes de compléments et en renforçant la phase amont. Cela consiste (1) à conduire une réunion annuelle réunissant les bureaux d'études, (2) à tenir au moins une réunion en phase amont avec le service instructeur coordonnateur et l'ensemble des services contributeurs, (3) à faire une demande de compléments unique.

À noter que la note précise qu'à réception des compléments requis, lorsque le dossier a fait l'objet d'une phase amont et si ces derniers restent insuffisants, il conviendra de rejeter la demande.

Annexe 5 : Caractéristiques des pertes fonctionnelles pouvant affecter la définition des intervalles de variation.

Les caractéristiques participant aux pertes fonctionnelles sur le site impacté peuvent également affecter les intervalles de variation définis, selon :

- la nature de l'impact. S'agit-il d'altération³⁰, de dégradation³¹ ou de destruction³² ?
- la réversibilité de l'impact. Est-il temporaire ou permanent ? Les impacts temporaires sont les « impacts limités dans le temps, généralement liés à la période de réalisation des travaux (court terme) ou circonscrits à la phase d'exploitation du projet (moyen terme) et qui n'obèrent pas le retour à l'état initial de la biodiversité ». Les impacts permanents sont les « impacts liés aux modalités de réalisation des travaux ou à l'exploitation elle-même, qui perdurent pendant toute l'exploitation et même au-delà » (CGDD et DEB 2013) ;
- la durée de l'impact (quand il est temporaire) ;
- le délai entre l'impact produit et l'initialisation de la compensation. L'obtention des résultats de la compensation précède-t-elle la survenance de l'impact ?
- le cumul des impacts, c'est-à-dire l'addition et l'interaction des impacts entre eux, soit les « impacts d'un même projet qui s'additionnent et interagissent entre eux à un endroit donné. Impacts qui s'apprécient pour chacune des catégories d'impact citées ci-dessus » (CGDD et DEB 2013). L'impact en un lieu donné s'ajoute-il à d'autres impacts du même projet ?
- ...

³⁰ « changement qui dénature l'état normal de quelque chose » d'après www.larousse.fr.

³¹ « action d'endommager quelque chose, fait d'être abîmé, altéré ; détérioration » d'après www.larousse.fr.

³² « démolir quelque chose, le mettre à bas, l'abattre, le raser ; anéantir » d'après www.larousse.fr.

Bibliographie

A

Agence de l'eau Adour-Garonne, nd. Guide méthodologique - l'eau dans les documents d'urbanisme - Guide méthodologique.

Allen, A.O., Feddema, J.J. 1996. Wetland loss and substitution by the Section 404 permit program in southern California, USA. *Environ. Manage.* 20, 263–274.

Andreadakis, A., Bigard, C., Delille, N., Sarrazin, F., Schwab, T. 2021. Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique - Guide de mise en œuvre. Commissariat général au développement durable.

Auby, J. B. 2006. Réflexions sur la territorialisation du droit. Mélanges J.-C. Douence.

B

Bendor, T., Sholtes, J., Doyle, M.W. 2009. Landscape characteristics of a stream and wetland mitigation banking program. *Ecol. Appl.* 19, 2078–2092.

Brinson, M.M., Rheinhardt, R. 1996. The role of reference wetlands in functional assessment and mitigation. *Ecol. Appl.* 6, 69–76.

Bull, J.W., Suttle, K.B., Gordon, A., Singh, N.J., Milner-Gulland, E.J. 2013. Biodiversity offsets in theory and practice. *Oryx* 47, 369–380.

Bull, J.W., Hardy, M.J., Moilanen, A., Gordon, A. 2015a. Categories of flexibility in biodiversity offsetting, and their implications for conservation. *Biol. Conserv.* 192, 522–532.

Bull, J.W., Singh, N.J., Suttle, K.B., Bykova, E.A., Milner-Gulland, E.J. 2015b. Creating a frame of reference for conservation interventions. *Land Use Policy* 49, 273–286.

Bull, J.W., Gordon, A., Watson, J.E., Maron, M. 2016a. Seeking convergence on the key concepts in 'no net loss' policy. *J. Appl. Ecol.* 53, 1686–1693.

Bull, J.W., Lloyd, S.P., Strange, N. 2016b. Implementation gap between the theory and practice of biodiversity offset multipliers. *Conserv. Lett.*

C

Cabeza, M. 2003. Habitat loss and connectivity of reserve networks in probability approaches to reserve design. *Ecol. Lett.* 6, 665–672.

Castelle, A.J., Conolly, C., Emers, M., Metz, E.D., Meyer, S., Witter, M., Mauermann, S., Bentley, M., Sheldon, D., Dole, D. 1992. Wetland mitigation replacement ratios: defining equivalency. Washington State Department of Ecology.

Chemery, J., Gasc, G., Arama, Y., Dubois, N., De la Rocque, J., Renoullin, M. 2018. État des lieux des démarches participatives pour une gestion intégrée et durable de l'eau et des milieux aquatiques.

Chevallier J. 2013. « Intérêt général », in Casillo I. avec Barbier R., Blondiaux L., Chateauraynaud F., Fourniau J-M., Lefebvre R., Neveu C. et Salles D. (dir.), Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation, Paris, GIS Démocratie et Participation.

Cole, C.A. 2006. HGM and wetland functional assessment: six degrees of separation from the data? *Ecol. Indic.* 6, 485–493.

Commaille, J. 2015. À quoi nous sert le droit ? Lectures, Paris, Gallimard, coll. « Folio essais » 522.

Commissariat Général au Développement 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.

Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable. 2021. Le rapport annuel 2021 de l'Autorité environnementale. URL <https://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/le-rapport-annuel-2021-de-l-autorite-a3369.html> (accessed 7.25.22).

D

Dalang, T., Hersperger, A.M. 2010. How much compensation do we need? Replacement ratio estimates for Swiss dry grassland biotopes. *Biol. Conserv.* 143, 1876–1884.

F

Faure, A. Territoires/territorialisation. In L. Boussagnet, *et al.* 2004. Dictionnaires des politiques publiques. Paris: Presses de la Fondation nationale des sciences politiques. p. 430-437

Ferrier, S., Pressey, R.L., Barrett, T.W. 2000. A new predictor of the irreplaceability of areas for achieving a conservation goal, its application to real-world planning, and a research agenda for further refinement. *Biol. Conserv.* 93, 303–325.

G

Gaucherand, S., Schwoertzig, E., Clement, J.-C., Johnson, B., Quétier, F. 2015. The Cultural Dimensions of Freshwater Wetland Assessments: Lessons Learned from the Application of US Rapid Assessment Methods in France. *Environ. Manage.* 1–15.

Gayet, G., Baptist, F., Biaunier, J., Caessteker, P., Clément, J.-C., Fossey, M., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Lemot, A., Mesléard, F., Padilla, B., Pelegrin, O. 2023a. Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. *Fond. Théoriques Sci. Tech.* Version 2.

Gayet, G., Baptist, F., Biaunier, J., Caessteker, P., Clément, J.-C., Fossey, M., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Lemot, A., Mesléard, F., Padilla, B., Pelegrin, O. 2023b. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Version 2. Collection Guides et protocoles de l'Office français de la biodiversité.

- Gayet, G., Fossey, M., Baptist, F., Caessteker, P., Clément, J.-C., Dausse, A., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Mesléard, F., Pelegrin, O. 2023c. Référentiel d'actions écologiques mobilisables en zones humides. Version 1.
- Gayet, G., Maciejewski, L., Mistarz, M. 2023d. Matrice de transition écologique entre habitats EUNIS. Version 1.
- Gibbons, P., Evans, M.C., Maron, M., Gordon, A., Le Roux, D., von Hase, A., Lindenmayer, D.B., Possingham, H.P. 2015. A loss-gain calculator for biodiversity offsets and the circumstances in which no net loss is feasible. *Conserv. Lett.* 9, 252–259.
- Gibbons, P., Evans, M.C., Maron, M., Gordon, A., Roux, D., Hase, A., Lindenmayer, D.B., Possingham, H.P. 2016. A Loss-Gain Calculator for Biodiversity Offsets and the Circumstances in Which No Net Loss Is Feasible. *Conserv. Lett.* 9, 252–259.
- Goldberg, N., Reiss, K.C. 2016. Accounting for Wetland Loss: Wetland Mitigation Trends in Northeast Florida 2006–2013. *Wetlands* 36, 373–384.
- Groupe national « SAGE » en association avec les spécialistes du sujet au sein des agences et des DREAL de bassin 2013. Les zones humides dans les SAGE.
- Guillot, L. 2021. Simplifier et accélérer les implantations d'activités économiques en France [WWW Document]. URL <https://www.economie.gouv.fr/files/files/2022/Rapport-Guillot.pdf?v=1647532576> (accessed 7.25.22).

H

- Habermas J., « Sur le droit et la démocratie. Note pour un débat », *Le Débat* 1997/5 (n° 97), p. 42-47. DOI : 10.3917/deba.097.0042. URL : <https://www.cairn.info/revue-le-debat-1997-5-page-42.htm>
- Hilderbrand, R.H., Watts, A.C., Randle, A.M. 2005. The myths of restoration ecology. *Ecol. Soc.* 10, 19.
- Holl, K.D., Aide, T.M. 2011. When and where to actively restore ecosystems? *For. Ecol. Manag.* 261, 1558–1563.

J

- Jasanoff, S.S. 1987. Contested Boundaries in Policy-Relevant Science. *Soc. Stud. Sci.* 17, 195–230. <https://doi.org/10.1177/030631287017002001>
- Jasanoff, S. 1990. *The Fifth Branch Science Advisers as Policymakers*, Harvard University press. ed. Cambridge.
- Jeanneaux, P., Kirat, T. 2005. Proximité, droit et conflits d'usage. Que nous apprend le contentieux judiciaire et administratif sur les dynamiques territoriales ? *Économie Inst.* 221–248. <https://doi.org/10.4000/ei.959>
- Josselyn, M., Zedler, J., Griswold, T. 1990. Wetland mitigation along the Pacific Coast of the United States. *Wetl. Creat. Restor. Status Sci.* 1, 3–89.

K

- Kaika, M., Page, B. 2003. The EU Water Framework Directive: part 1. European policy-making and the changing topography of lobbying. *Eur. Environ.* 13, 314–327. <https://doi.org/10.1002/eet.331>
- Kantor, R.A., Charette, D.J. 1986. Computerized Monitoring System for Wetlands Mitigation Projects in New Jersey, in: *Proceedings of the National Wetland Symposium: Mitigation of Impacts and Losses*. Assoc. of State Wetland Managers, Inc., New Orleans, LA. pp. 266–269.
- Kruczynski, W.L. 1990. Options to be considered in preparation and evaluation of mitigation plans. *Wetl. Creat. Restor. Status Sci.*, In: J.A. Kusler and M.E. Kentula (eds.), *Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science, Part 2: Perspectives*. Island Press, Washington, D.C. 2, 555–570.
- Kusler, J.A. 1986. *Proposed Creation Guidelines for Wetland Restoration, Creation, and Enhancement*.
- Kusler, J.A. 1989. No Net Loss and the Role of Wetlands Restoration/Creation in a Regulatory context. In: J.A. Kusler, S. Day, and G. Brooks (eds.), *Urban Wetlands, Proceedings of the National Wetlands Symposium, June 1988, Oakland, California*. Assoc. of State Wetland Managers, Inc., Berne, New York.

L

- Laitila, J., Moilanen, A., Pouzols, F.M. 2014. A method for calculating minimum biodiversity offset multipliers accounting for time discounting, additionality and permanence. *Methods Ecol. Evol.* 5, 1247–1254.
- Lascoumes P., Le Bourhis J-P. 1998. « Le bien commun comme construit territorial. Identités d'action et procédures », *Politix* 1998/2 (n° 42), p. 37-66. DOI : 10.3406/polix.1998.1724. URL : <https://www.cairn.info/revue-politix-1998-2-page-37.htm>
- Loupsans, D. 2017. Du dommage écologique au préjudice écologique - Comment la société prend-elle en compte et répare-t-elle les atteintes causées à l'eau et aux milieux aquatiques ?
- Loupsans, D., Gramaglia, C. 2011. L'expertise sous tensions. Cultures épistémiques et politiques à l'épreuve de l'écriture de la directive-cadre européenne sur l'eau. *Eur. En Form.* 361, 87–114. <https://doi.org/10.3917/eufor.361.0087>

M

- Matthews, J.W., Endress, A.G. 2008. Performance criteria, compliance success, and vegetation development in compensatory mitigation wetlands. *Environ. Manage.* 41, 130–141.
- Matthews, J.W., Spyreas, G., Endress, A.G. 2009. Trajectories of vegetation-based indicators used to assess wetland restoration progress. *Ecol. Appl.* 19, 2093–2107.

McDonald, T., Gann, G.D., Jonson, J., Dixon, K. 2016. International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington D.C.

Mitsch, W.J., Wilson, R.F. 1996. Improving the success of wetland creation and restoration with know-how, time, and self-design. *Ecol. Appl.* 6, 77–83.

Moine, A. 2006. Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *L'Espace Géographique* 35, 115–132. <https://doi.org/10.3917/eg.352.0115>

Moreno-Mateos, D., Power, M.E., Comín, F.A., Yockteng, R. 2012. Structural and functional loss in restored wetland ecosystems. *PLoS Biol* 10, e1001247.

N

Narcy, J.B. 2013. Regards des sciences sociales sur la mise en œuvre des politiques de l'eau. URL <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/00000000015dd1c90bb631bd7fa3cd99> (accès le 25/7/22).

Nicolas, V., Chocat, B., Lourdière, D., Dupont, P., Le Fur, S., Rey, F., Moussard, S., Babut, E., Pagotto, C., Oppeneau, E. *et al.* 2013. Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques. Pourquoi? Comment?

O

Overton, J.M., Stephens, R.T., Ferrier, S. 2013. Net present biodiversity value and the design of biodiversity offsets. *Ambio* 42, 100–110.

P

Pennanger, S., Tartarin, F., Guilsou, A., Fontennelle, G. 2003. Gecobaie phase 1. acteurs, concertation et territoires. Rapport intermédiaire, ENSAR, Rennes. 239 p.

Pontier J-M. 2017. « Bien commun et intérêt général », *Les Cahiers Portalis* 2017/1 (N° 4), p. 33-52. DOI : 10.3917/capo.004.0033. URL : <https://www.cairn.info/revue-les-cahiers-portalis-2017-1-page-33.htm>

Q

Quétier, F., Lavorel, S. 2011. Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: key issues and solutions. *Biol. Conserv.* 144, 2991–2999.

Quigley, J.T., Harper, D.J. 2006. Compliance with Canada's Fisheries Act: a field audit of habitat compensation projects. *Environ. Manage.* 37, 336–350.

R

Reinartz, J.A., Warne, E.L. 1993. Development of vegetation in small created wetlands in southeastern Wisconsin. *Wetlands* 13, 153–164.

S

Shafer, C.L. 1990. Nature reserves island theory and conservation practice.

T

Truchet D. 2017. « La notion d'intérêt général : le point de vue d'un professeur de droit », *LEGICOM*, 2017/1 (N° 58), p. 5-11. DOI : 10.3917/legi.058.0005. URL : <https://www.cairn.info/revue-legicom-2017-1-page-5.htm>

Truchon, H., De Billy, V., Bezombes, L., Padilla, B. 2020. Dimensionnement de la compensation ex ante des atteintes à la biodiversité - État de l'art des approches, méthodes disponibles et pratiques en vigueur. *Comprendre pour agir*, Office français de la biodiversité.

W

Woehrling J.-M. 2014. « La territorialisation du droit : quelle signification ? », in J.- M. Woehrling (dir.), *Du droit local à la territorialisation du droit – Perspectives et limites*, Publications de l'IDL.

Z

Zedler, J.B. 2000. Progress in wetland restoration ecology. *Trends Ecol. Evol.* 15, 402–407.

Zedler, J.B., Callaway, J.C. 1999. Tracking wetland restoration : do mitigation sites follow desired trajectories. *Restor. Ecol.* 7, 69–73.

Références des rapports de stages associés à la conception de la méthode

Barret Z. 2018. Contribution à l'élaboration de la nouvelle version de la Méthode Nationale d'Évaluation des Fonctions des Zones Humides (MNEFZH) – Étude sur l'emploi du prototype 2018 dans les contextes du SAGE Estuaire de la Gironde et milieux associés. Rapport de stage de Master 2, Syndicat Mixte pour le développement durable de l'estuaire de la Gironde – OFB – PatriNat OFB – CNRS - MNHN. 79 p.

Ribas A. 2018. Comment dimensionner une mesure de compensation écologique en zones humides sur le territoire du SAGE Estuaire de la Gironde ? Rapport de stage de Master 2, Syndicat Mixte pour le développement durable de l'estuaire de la Gironde – OFB – PatriNat OFB – CNRS - MNHN. 37 p.

Rolland M. 2018. Étude du prototype 2018 de la Méthode Nationale d'Évaluation des Fonctions des Zones Humides - Critique et pistes d'amélioration. Rapport de stage de Master 2, Irstea – OFB – PatriNat OFB – CNRS - MNHN. 83 p.

Fabrègue T. 2018. Mise en application et retours critiques du prototype 2018 de la Méthode Nationale d'Évaluation des Fonctions des Zones Humides. Syndicat mixte des étangs littoraux (Siel) – OFB – PatriNat OFB – CNRS - MNHN. 46 p.

RÉSUMÉ

Cette interface de dimensionnement accompagne les parties prenantes de la séquence ERC, pour promouvoir la non perte nette de fonctions des zones humides. Elle permet à ces parties prenantes de déterminer elles-mêmes et de manière objectivée : comment dimensionner des mesures compensatoires sur les fonctions en zones humides ? Un ratio fonctionnel est octroyé à un projet d'aménagement après l'utilisation de l'interface. Il constitue donc la réponse donnée à la question du dimensionnement des mesures compensatoire sur les fonctions des zones humides.

L'interface de dimensionnement a été conçue en tenant compte des connaissances dans le domaine de l'écologie pour évaluer la faisabilité et le délai avant d'obtenir les gains de mesures d'une mesure de compensation écologique. Elle intègre aussi les connaissances dans le domaine des sciences humaines et sociales, en permettant à l'ingénierie territoriale d'accompagner la mise en œuvre de la réglementation selon les caractéristiques propres aux territoires. Cette interface de dimensionnement a été élaborée durant une démarche de Recherche et Développement qui a associé des collectivités locales, des établissements publics de l'État, des services de l'État, des professionnels du génie écologique...

L'interface met en relation deux systèmes pour dimensionner une mesure de compensation écologique. Le premier système de l'interface est écologique et technique. Il est renseigné par des critères portant sur les trajectoires écologiques prévues, le génie écologique mobilisé, la superficie du site... Le second système de l'interface est réglementaire, scientifique, social, économique, territorial et politique. Il est renseigné par les parties prenantes qui peuvent déterminer les niveaux d'effort attendu des maîtres d'ouvrage pour tendre vers la non perte nette de fonctions.

Utilisée dans la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (version 2), l'interface de dimensionnement permet aux acteurs des territoires d'améliorer les pratiques pour concevoir, rédiger, instruire... les dossiers d'autorisation environnementale sur le volet « fonctions » des zones humides.

PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel
Jardin des Plantes
CP41 – 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
75005 Paris
www.patrinat.fr

