

PARTIE A

# La méthode

Méthode nationale d'évaluation  
des fonctions des zones humides



<b>1 Démarche adoptée</b> pour concevoir la méthode.....	18
<b>2 Zones</b> prises en compte pour évaluer les fonctions .....	21
<b>3 Contenu</b> de la méthode.....	24
<b>4 Applications des diagnostics</b> pour évaluer l'équivalence fonctionnelle dans le cadre de la compensation d'impacts sur les zones humides .....	44
<b>5 Limites</b> de la méthode .....	50
<b>6 Perspectives</b> .....	52
<b>Annexes</b> .....	54
<b>Bibliographie</b> .....	61

# Sommaire détaillé de la partie A

<b>1 Démarche adoptée pour concevoir la méthode</b> .....	18
<b>2 Zones prises en compte pour évaluer les fonctions</b> .....	21
<b>2.1 Le site</b> .....	21
<b>2.2 L'environnement du site</b> .....	22
<b>La zone contributive</b> .....	22
<b>La zone tampon</b> .....	23
<b>Le paysage</b> .....	23
<b>Le cours d'eau</b> .....	23
<b>3 Contenu de la méthode</b> .....	24
<b>3.1 Le diagnostic du contexte du site</b> .....	25
<b>Appartenance à une masse d'eau de surface</b> .....	25
<b>L'environnement du site</b> .....	26
<b>Le site</b> .....	27
<b>3.2 Le diagnostic fonctionnel du site</b> .....	30
<b>Définition des termes employés</b> .....	30
<b>Indicateurs dans le site et notions de capacité fonctionnelle relative et absolue</b> .....	31
<b>Indicateurs dans l'environnement du site et notions d'opportunité fonctionnelle relative</b> .....	32
<b>Étalonnage des indicateurs</b> .....	32
<b>Présentation des indicateurs</b> .....	32
<b>Interprétation des indicateurs et précautions élémentaires</b> .....	35
<b>Principales informations relevées en complément aux indicateurs</b> .....	36
<b>Description des indicateurs</b> .....	36



<b>4 Applications des diagnostics pour évaluer l'équivalence fonctionnelle dans le cadre de la compensation d'impacts sur les zones humides</b> .....	44
4.1 Respect des principes de proximité géographique et d'équivalence - mobilisation du diagnostic de contexte .....	44
4.2 Respect des principes d'efficacité, d'équivalence et d'additionnalité écologique - mobilisation du diagnostic fonctionnel .....	46
<b>5 Limites de la méthode</b> .....	50
<b>6 Perspectives</b> .....	52
<b>Annexes</b> .....	54
Annexe 1 - La séquence « éviter, réduire, compenser » .....	54
Annexe 2 - Définition d'une mesure de compensation.....	57
Annexe 3 - Synthèse des articles du Code de l'environnement régissant les principes de la compensation écologique.....	58
Annexe 4 - Présentation des principes régissant la compensation écologique .....	60
<b>Bibliographie</b> .....	61



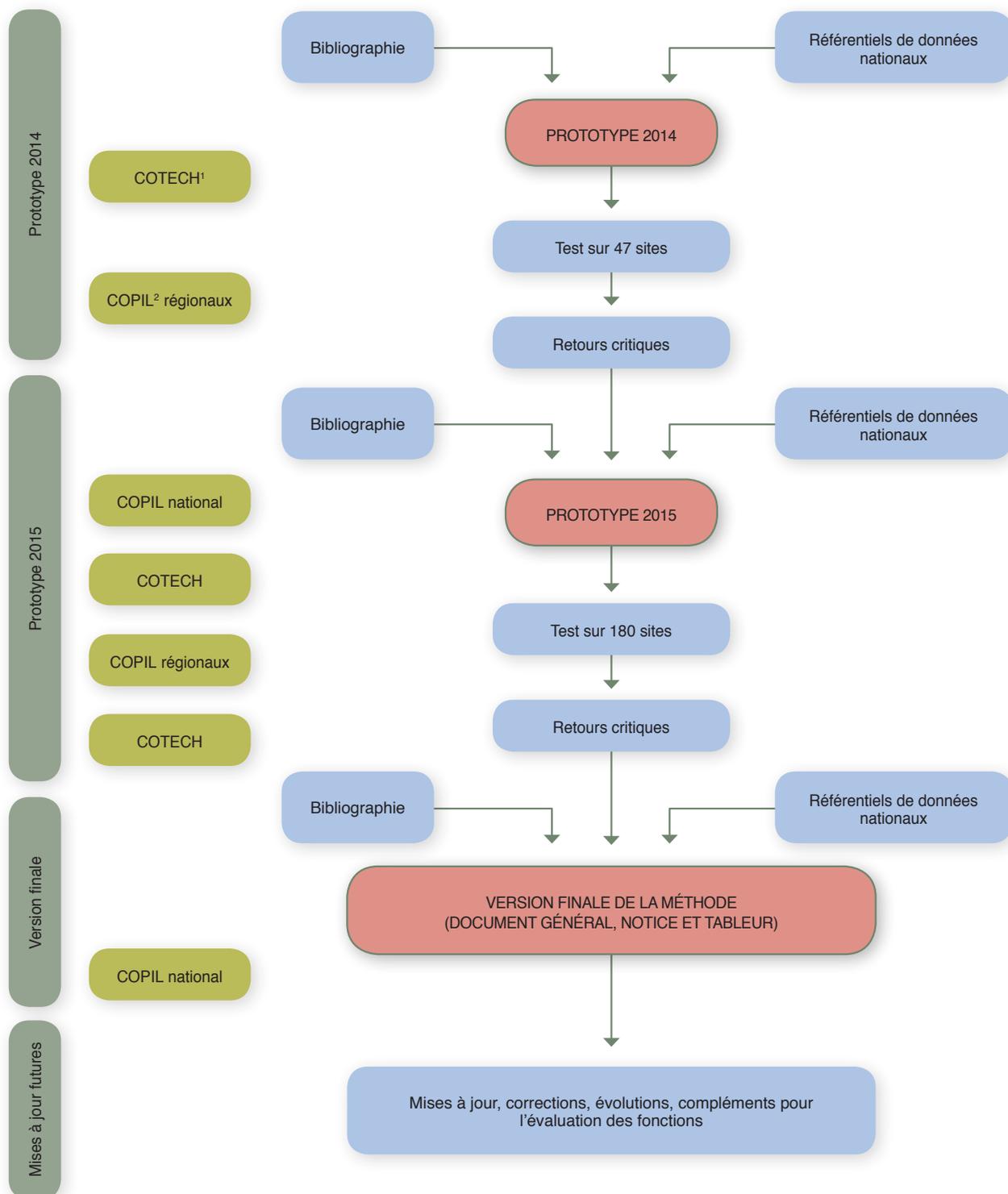
## Démarche adoptée pour concevoir la méthode

La conception de cette méthode repose sur la mutualisation des moyens de partenaires, dont les initiatives au départ parallèles, ont finalement convergé pour aboutir à une seule méthode à l'échelle nationale (France métropolitaine).

**L'étroite collaboration entre des scientifiques et un public technique a par ailleurs garanti une bonne prise en compte des contraintes pratiques du public destinataire de la méthode (section 7 de l'introduction générale).**

**La conception de la méthode a reposé sur trois séquences successives (Figure 3, ci-contre) : conception et test d'un premier prototype en 2014, conception et test d'un second prototype en 2015 puis élaboration de la version finale.**

Entre chaque séquence, les opérations d'information et d'échange avec les organismes intéressés (comités de pilotage, comités techniques), la bibliographie, l'inventaire des données mobilisables, les tests sur le terrain suivis de l'analyse et de la prise en compte des retours critiques ont permis de tendre progressivement vers la version finale de la méthode. **Des mises à jour de cette méthode sont envisagées dans le futur.**



<sup>1</sup> Comité technique, soit les réunions avec l'ensemble des partenaires du projet. Seules les principales réunions sont indiquées.

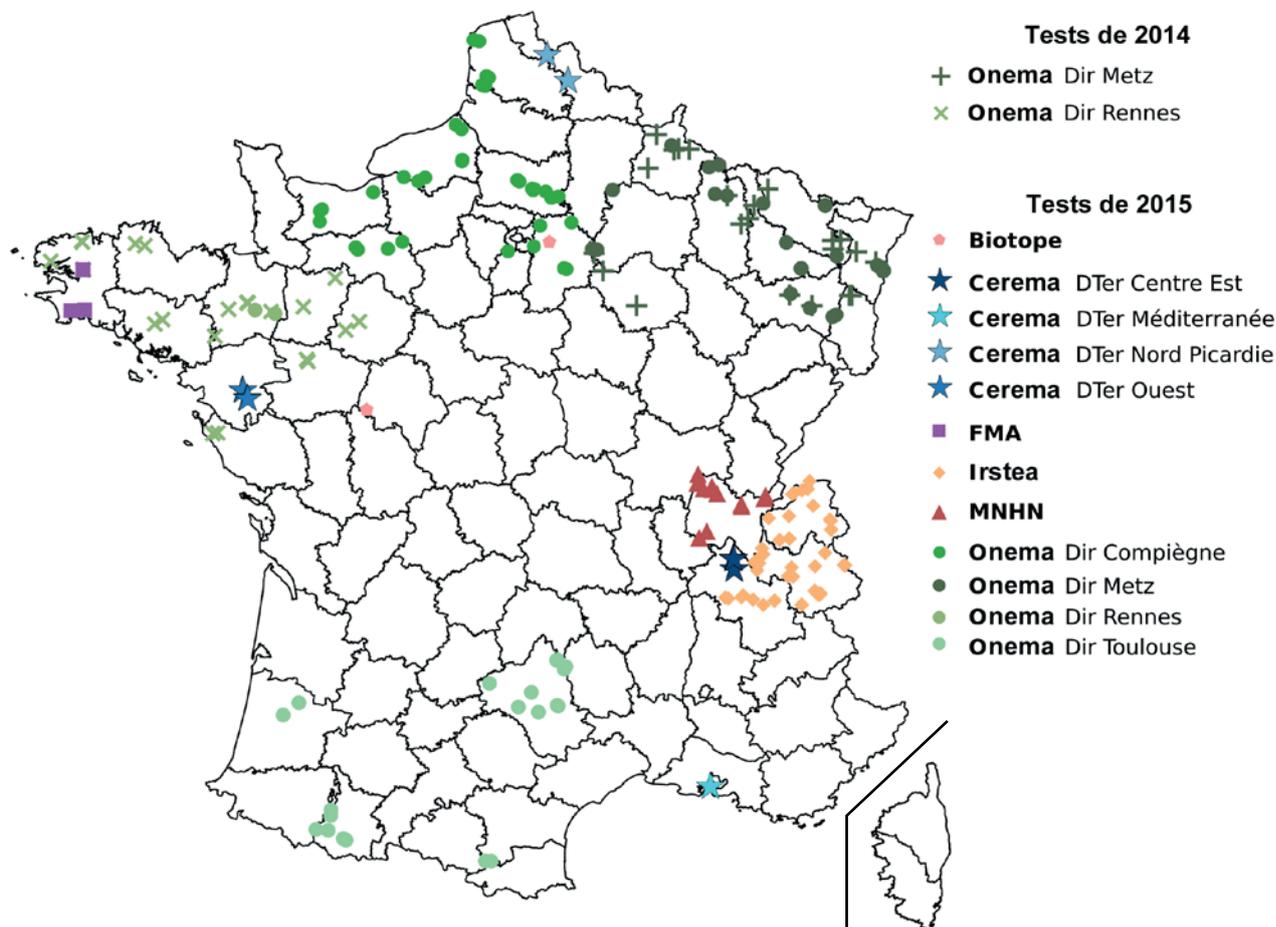
<sup>2</sup> Comité de pilotage, soit les réunions de communication et d'échange avec les organismes intéressés (par ex. direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, agence de l'eau, syndicat de rivière, conservatoire des espaces naturels).

**Figure 3.** Principales séquences associées à la conception de la méthode.

**Le prototype 2014 de la méthode a été testé sur 47 sites et le prototype 2015 sur 180 sites.** La répartition géographique des sites est présentée sur la Figure 4, page suivante. Le prototype de méthode 2015 a été appliqué dans son intégralité par vingt-deux observateurs<sup>10</sup> qui ont réalisé des évaluations sur neuf sites en moyenne. Sept personnes ont testé la méthode sur un nombre de sites important ( $n > 5$ ) et peuvent être considérés comme des observateurs « expérimentés ». Quinze observateurs ont testé la méthode sur moins de cinq sites et peuvent être considérés comme des observateurs « moins expérimentés ».

<sup>10</sup> Outre les 22 observateurs principaux, plus de 70 personnes ont finalement participé aux tests sur le terrain en 2015.

Les acteurs techniques qui pourraient utiliser cette méthode dans le futur (par ex. bureaux d'études, conservatoires d'espaces naturels, parcs naturels régionaux, directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement, directions départementales des territoires, services territoriaux de l'Onema) ont pu participer aux tests réalisés sur le terrain. **La diversité des profils des observateurs a permis de recueillir des avis variés favorisant l'appropriation future de la méthode par un public relativement large.**



**Figure 4.** Répartition des sites tests des prototypes de méthode de 2014 et de 2015 et contribution des partenaires à ces tests.

Dir : direction interrégionale, DTer : direction territoriale, FMA : Forum des marais atlantiques, Irstea : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle.

Les utilisateurs de la méthode ont sélectionné les sites tests sur propositions des agents présents dans leurs établissements ou sur la base des inventaires de zones humides disponibles localement. Les sites tests des prototypes de méthode ont été sélectionnés selon :

- leur superficie : les sites d'une superficie inférieure à 5 ha étaient fortement représentés. En effet, il s'agit de la gamme de superficie de sites couramment instruits dans les projets faisant l'objet de dossier « loi sur l'eau<sup>11</sup> » (Buelhoff et Jaymond 2015, Giraud 2015) ;
- leur contexte géomorphologique, leur fonctionnement hydrologique, les habitats présents et l'occupation du sol dans leur environnement (Durántez Jiménez 2015, Giraud 2015, Longa 2014, Simon 2014) ;
- leur niveau d'altération : un gradient de zones humides de « très naturelles » à « fortement dégradées » était ainsi représenté (Buelhoff et Jaymond 2015, Giraud 2015, Simon 2014) ;
- la disponibilité des données sur ces sites (par ex. sites du programme RhoMéo<sup>12</sup> de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse) (Buelhoff et Jaymond 2015).

Il est important de souligner que les prototypes de méthode n'ont pas été testés sur des sites après réduction de l'impact. En revanche, elle a été mise en œuvre sur des sites faisant l'objet de restauration ou de réhabilitation (par ex. site du Forum des marais atlantiques dans le Finistère).

<sup>11</sup> Bien qu'il n'y ait pas de base de données ou de recensement national des dossiers instruits dans le cadre de réalisations d'installations, ouvrages, travaux ou activités (IOTA), qui peuvent avoir un effet sur la ressource en eau ou les écosystèmes aquatiques, (nomenclature « eau et milieux aquatiques » - Art. R. 214-1 du code de l'environnement), la plupart des projets faisant l'objet de procédure environnementale d'instruction « loi sur l'eau, au titre de la nomenclature 3310 sur l'assèchement, le remblai ou la mise en eau en marais et zone humide, sont sur des sites d'une superficie inférieure à 5 ha. Cependant selon les territoires, les projets « classiques » police de l'eau peuvent porter sur des superficies bien supérieures, pouvant atteindre jusqu'à 50 ha (information du Ministère chargé de l'écologie en date du 28/09/2015).

<sup>12</sup> <http://rhomeo-bao.fr/>



## Zones prises en compte pour évaluer les fonctions

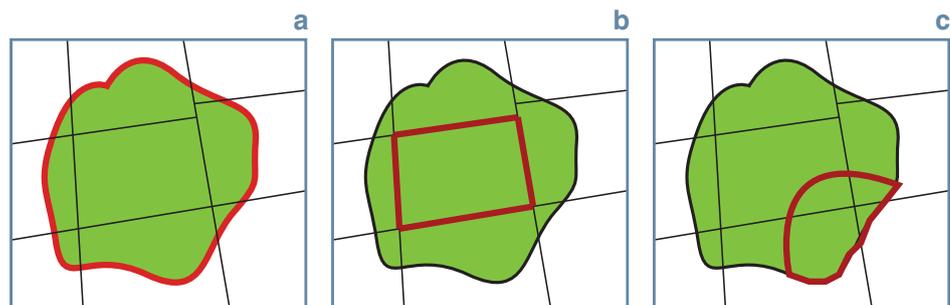
# 2

### 2.1 Le site

**La méthode permet d'évaluer les fonctions des zones humides sur une unité spatiale continue appelée « site ».** Le site peut être tout ou partie (par ex. une parcelle, un habitat) d'un système humide (Figure 5). Ses contours sont fixés de manière arbitraire par l'observateur mais en veillant :

- à ce que le site soit intégralement en zone humide<sup>13</sup> au sens de l'art. L.211-1 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié ;
- à ce qu'il n'appartienne qu'à un seul système hydrogéomorphologique sauf situation particulière (détail dans l'Encadré 5 p. 28 et voir page 29 pour les cas particuliers).

Cette délimitation de site est valable pour le site impacté et le site de compensation.



**Figure 5.** Trois exemples fictifs de sites (a, b, c). Le polygone vert indique un système humide, les traits noirs indiquent une délimitation administrative quelconque (par ex. un parcellaire) et le polygone au contour rouge sans trame de fond indique des sites dont les contours sont fixés arbitrairement par l'observateur.

Au cours du temps, l'étendue spatiale du site peut évoluer selon la réversibilité de l'impact associé à l'aménagement. En effet, celui-ci peut compromettre le caractère de zones humides du site sur le plus ou moins long terme, allant dans les cas les plus extrêmes jusqu'à la destruction du site (voir Gayet *et al.* 2016).

Dans le cas où plusieurs sites de compensation sont proposés pour compenser les impacts négatifs résiduels significatifs survenus sur une seule zone humide : il est nécessaire de vérifier le bon respect des principes de la compensation écologique sur chaque site de compensation (principes d'équivalence, de proximité géographique, d'efficacité et d'additionnalité écologique avec cette méthode, voir Annexe 4 p. 60). À cette fin, il est possible

<sup>13</sup> Des espaces non humides peuvent être représentés dans le site (par ex. un chemin, une route, une maison) tant que la superficie de ces espaces non humides est inférieure à la surface minimale cartographiable choisie pour décrire les habitats dans le site durant l'évaluation.

de découper la zone humide impactée en autant de sites impactés qu'il y a de sites de compensation, puis de coupler chaque site impacté à un site de compensation et de les comparer. Dans l'étude d'impact ou le dossier « loi sur l'eau » :

- les sites impactés découpés dans la zone humide impactée doivent être cartographiés ;
- et les couples « site impacté/site de compensation » doivent être identifiés.

## 2.2 L'environnement du site

Le site constitue l'objet central de l'évaluation des fonctions. Étant donné que ses écosystèmes fonctionnent en interdépendance avec son environnement au sens large, il est aussi nécessaire de prendre en compte l'environnement dans lequel le site s'inscrit. Pour l'évaluation des fonctions des zones humides, quatre zones sont distinguées (Figure 6) :

- sa zone contributive ;
- sa zone tampon ;
- son paysage ;
- et le cours d'eau auquel il est associé, mais uniquement si le site est dans un système hydrogéomorphologique alluvial.

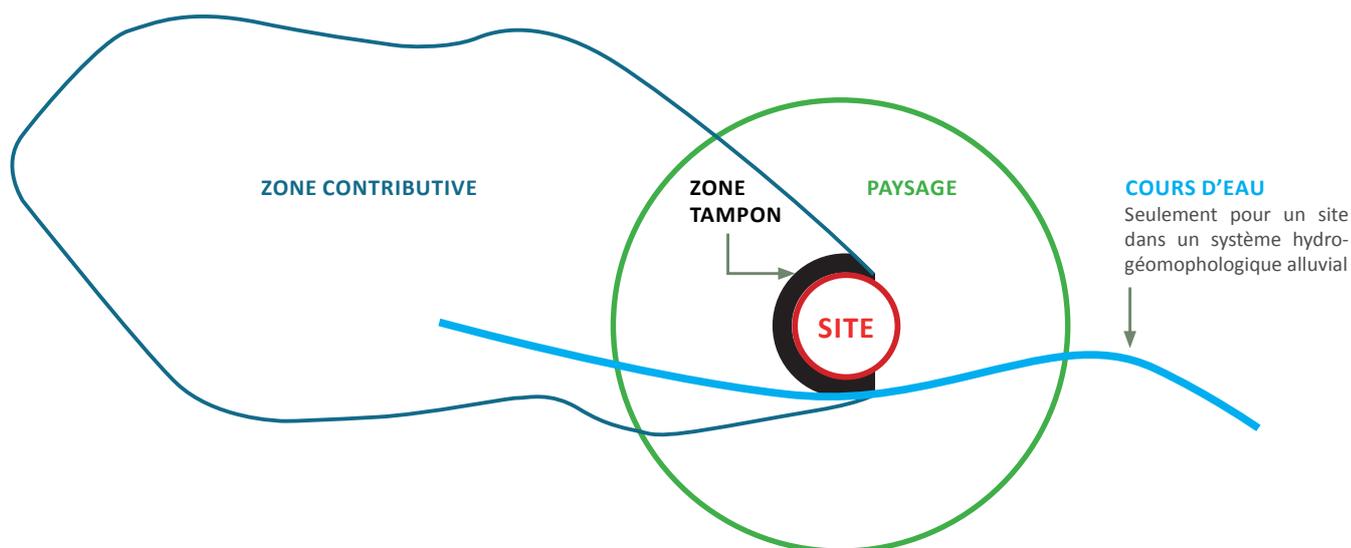


Figure 6. Les zones prises en compte pour évaluer les fonctions des zones humides.

### La zone contributive

Les écoulements qui convergent vers le site sont à l'origine de flux hydro-sédimentaires dans le site, qui induisent également des flux biogéochimiques et biologiques. **Puisque l'occupation du sol et les pressions anthropiques peuvent affecter ces écoulements et flux de matières (sédiments, nutriments, toxiques), il est nécessaire d'identifier l'étendue spatiale d'où provient potentiellement l'essentiel des écoulements superficiels et souterrains alimentant le site.** L'étendue spatiale d'où provient ces écoulements est appelée dans cette méthode « zone contributive ». Cette définition de zone contributive est proche de la notion de « *contributory area* » employée par Maltby (2009). En pratique, la zone contributive est délimitée par une analyse sommaire de la topographie. La zone contributive inclut tout le site.

Concernant les sites alluviaux et riverains des étendues d'eau, la zone contributive correspond respectivement au bassin versant du cours d'eau ou de l'étendue d'eau depuis l'exutoire le plus en aval et le plus proche du site (Gayet *et al.* 2016 pour plus d'informations sur la zone contributive).

## La zone tampon

**À l'intérieur de la zone contributive, l'espace immédiatement au contact du site a un effet tampon sur les écoulements en provenance de la zone contributive. Il s'agit de la « zone tampon ».** Cette zone peut jouer le rôle de « filtre » entre la zone contributive et le site et affecter les flux hydro-sédimentaires et biogéochimiques qui parviennent au site. En pratique, la zone tampon se situe à l'intersection entre la zone contributive et un polygone dont le périmètre suit le contour du site à une distance de 50 m (Figure 6). Le rayon de 50 m est fixé arbitrairement. Ce polygone n'inclut pas le site et seule la portion de polygone dans la zone contributive est conservée pour matérialiser la zone tampon.

## Le paysage

**Des flux d'individus ont lieu entre le site et l'extérieur, avec une influence potentiellement importante sur la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces.** En pratique, la composition (par ex. type d'habitats) et la structure (par ex. nombre d'habitats) du paysage du site sont analysées dans les limites d'un polygone dont le périmètre suit le contour du site à une distance de 1 km. La distance de 1 km est fixée de manière arbitraire. Le polygone qui représente le paysage inclut tout le site. À noter qu'une délimitation aussi « automatisée » du paysage ne tient pas compte des capacités variables de dispersion des espèces : il peut paraître trop vaste pour les espèces totalement inféodées aux zones humides et/ou dont la capacité de dispersion est faible, ou trop réduit pour les espèces dont la capacité de dispersion est grande.

## Le cours d'eau

**Le fonctionnement hydrologique des sites alluviaux est généralement affecté par la dynamique hydro-sédimentaire du cours d'eau. Les conditions morphologiques du système fluvial (par ex. sinuosité du cours d'eau, incision du lit mineur) doivent donc être prises en compte pour évaluer les sous-fonctions hydrologiques.** Notez que la méthode ne tient pas compte des milieux récepteurs situés à l'aval des sites (par ex. cours d'eau en aval de la zone humide) et n'évalue pas, de ce fait, la capacité du site à alimenter le cours d'eau, notamment à l'étiage.

## Contenu de la méthode

# 3

À l'issue de l'application de cette méthode, deux diagnostics interdépendants sont fournis pour un site (Figure 7) :

- le diagnostic dit « du contexte » du site (Figure 7a) ;
- le diagnostic dit « fonctionnel » du site (Figure 7b).

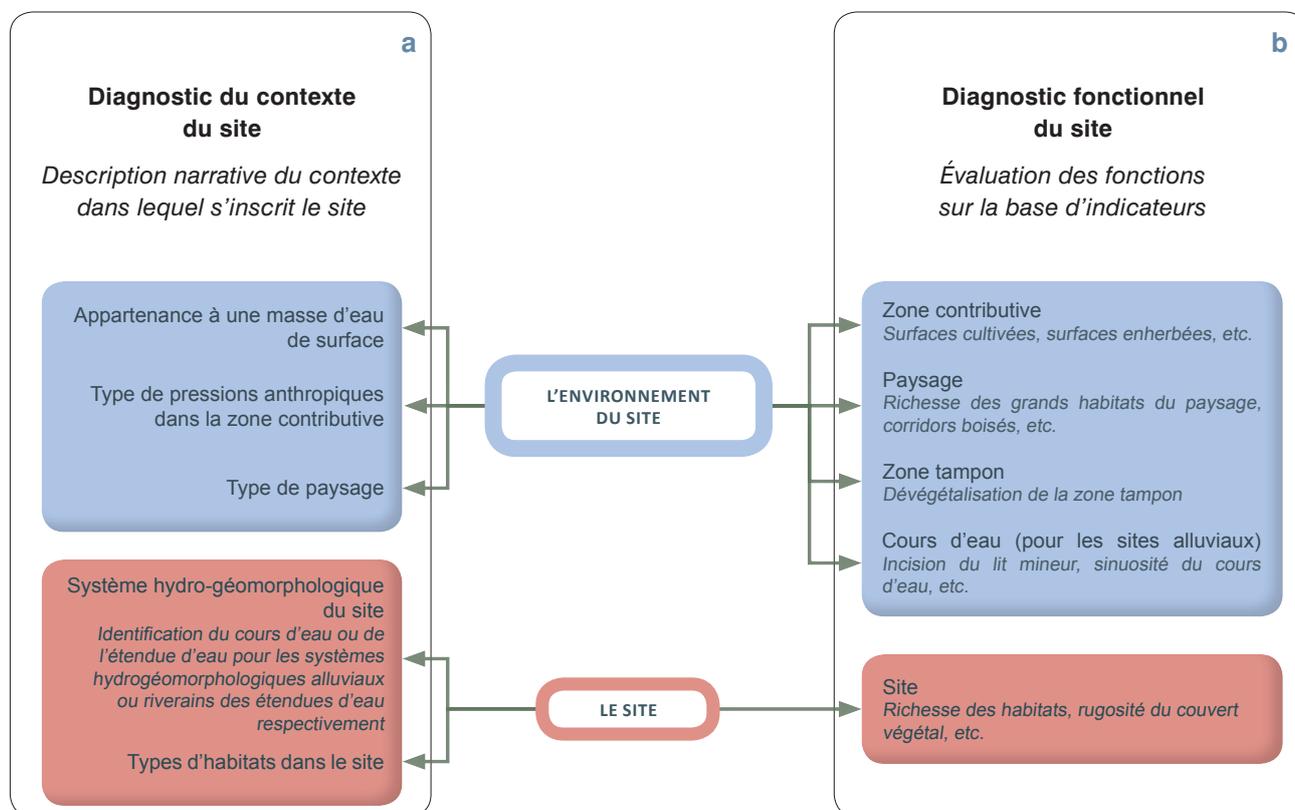


Figure 7. Présentation simplifiée du diagnostic du contexte et du diagnostic fonctionnel d'un site.

### 3.1 Le diagnostic du contexte du site

Le diagnostic du contexte du site est une description narrative du contexte physique, écologique et anthropique du site et de son environnement. Etant donné que le contexte du site a une influence potentiellement importante sur les fonctions réalisées par le site lui-même, il est crucial de s'assurer qu'un site impacté et un site de compensation présentent des diagnostics de contexte similaires avant d'évaluer la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle. Cette vérification constitue une garantie quant au fait de comparer des sites qui présentent des composantes physiques et anthropiques similaires, et dont les fonctions sont donc effectivement comparables.

Le diagnostic du contexte du site consiste donc à déterminer pour le site impacté et le site de compensation :

- leur appartenance à une masse d'eau de surface ;
- le type de paysage (EUNIS niveau 1) ;
- les pressions anthropiques dans la zone contributive ;
- le système hydrogéomorphologique auquel appartient le site ;
- la composition des habitats EUNIS 3 au sein du site.

#### Appartenance à une masse d'eau de surface

Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières. À titre d'exemple, pour les cours d'eau la délimitation des masses d'eau est basée principalement sur la taille du cours d'eau et la notion d'hydro-écorégion. Les masses d'eau sont regroupées en types homogènes qui servent de base à la définition de la notion de bon état<sup>14-15</sup> (Figure 8). Une masse d'eau de surface est un découpage élémentaire homogène des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE 2000/60/CE.

Au titre de la directive cadre sur l'eau, les zones humides ne constituent pas des « masses d'eau », mais elles sont concernées directement au titre de cette directive comme des « écosystèmes associés aux masses d'eau »<sup>16</sup> qui doivent être préservés. La DCE fixe des objectifs et des méthodes pour atteindre le bon état des eaux. L'évaluation de l'état des masses d'eau de surface prend en compte différents paramètres biologiques et chimiques<sup>17</sup>. Les zones humides sont également prises en compte pour évaluer l'atteinte des objectifs de cette directive du fait de leurs contributions au cycle naturel de l'eau.

La méthode préconise d'identifier la (ou les) masse(s) d'eau cours d'eau, plan d'eau ou de transition à laquelle appartient le site. L'identification des écoulements de surface en lien avec le site est donc indispensable. En pratique, l'appartenance d'un site à une ou plusieurs masses d'eau de surface peut être identifiée via une analyse sommaire de la topographie et du réseau hydrographique en aval du site.

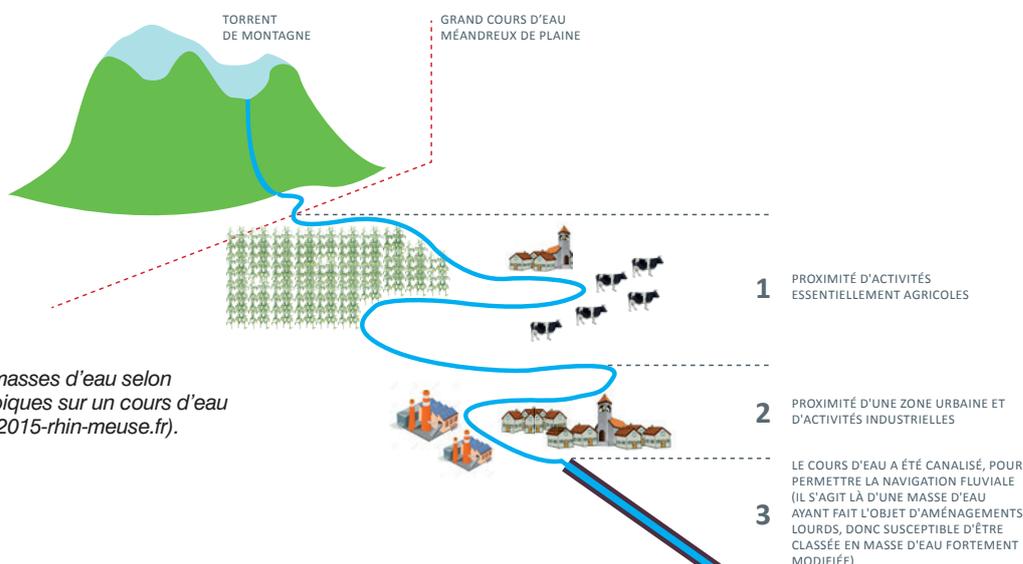


Figure 8. Représentation des masses d'eau selon les pressions anthropiques sur un cours d'eau (adapté de [www.eau2015-rhin-meuse.fr](http://www.eau2015-rhin-meuse.fr)).

<sup>14</sup> Source : d'après Ministère chargé de l'environnement et Onema ([eaufrance : http://www.eaufrance.fr/spip.php?page=concept&id\\_concept=2144](http://www.eaufrance.fr/spip.php?page=concept&id_concept=2144)).

<sup>15</sup> L'arrêté du 12 janvier 2010 précise les méthodes et critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du code de l'environnement.

<sup>16</sup> EU (2003). Guidance Document No 12. Horizontal Guidance on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive.

<sup>17</sup> <http://www.eaufrance.fr/observer-et-evaluer/etat-des-milieux/regles-d-evaluation-de-l-etat-des/>

## L'environnement du site

### Les pressions anthropiques dans la zone contributive

Généralement, les activités anthropiques sont à l'origine de modifications importantes des modalités de circulation des eaux et génèrent d'importants flux de nutriments et de sédiments vers les hydrosystèmes. Il est donc proposé de décrire les pressions anthropiques dans la zone contributive des sites en se basant sur le mode d'occupation du sol dans la zone contributive (activités agricoles, industrielles, domestiques, infrastructures de transport, etc., voir les exceptions dans l'Encadré 4). Les autres types d'occupation du sol (par ex. zones forestières) ne sont pas décrits dans la zone contributive car, s'ils contribuent aux modalités de circulation des eaux, ils ne constituent pas le plus souvent des pressions importantes en tant que telles.

#### Encadré 4. Cas particulier des zones contributives de grande superficie

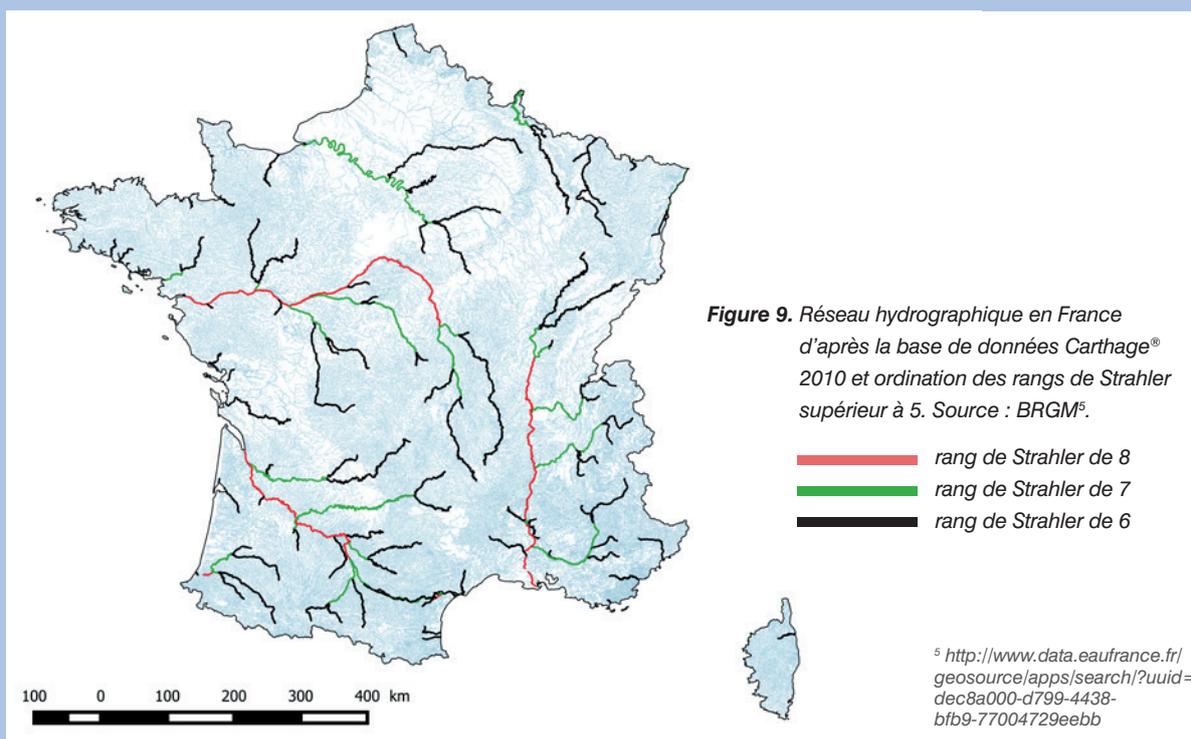
Les pressions anthropiques qui s'exercent au sein de la zone contributive n'ont pas besoin d'être décrites lorsque la superficie de la zone contributive est si grande que les pressions anthropiques ne sont *a priori* pas discriminantes entre le site impacté d'une part et le site de compensation d'autre part (et ce, dans le cas où ces derniers appartiennent à la même masse d'eau de surface, voir section précédente). C'est le cas par exemple des sites alluviaux et riverains des étendues d'eau qui ont des zones contributives très grandes, voire immenses (par ex. bassin versant de la Saône ou de la Seine pour les sites alluviaux dans le secteur aval de ces cours d'eau).

Ainsi, les pressions anthropiques dans la zone contributive n'ont pas à être décrites pour les sites dans les cas suivants :

- les sites alluviaux associés à au moins un cours d'eau dont le rang de Strahler est supérieur à 6 (Figure 9) ;
- les sites riverains des étendues d'eau en aval de l'embouchure d'un cours d'eau dont le rang de Strahler est supérieur à 6 ;
- les sites avec des zones contributives transfrontalières. Il s'agit principalement des sites alluviaux du Rhône et du Rhin, mais d'autres cours d'eau peuvent être concernés (par ex. sites alluviaux du Doubs à la frontière franco-suisse).

Dans les cas suivants, l'observateur choisit ou non de décrire les pressions anthropiques dans les zones contributives :

- les sites alluviaux associés à au moins un cours d'eau dont le rang de Strahler est égal à 6 (Figure 9) ;
- les sites riverains des étendues d'eau en aval de l'embouchure d'un cours d'eau dont le rang de Strahler est égal à 6.

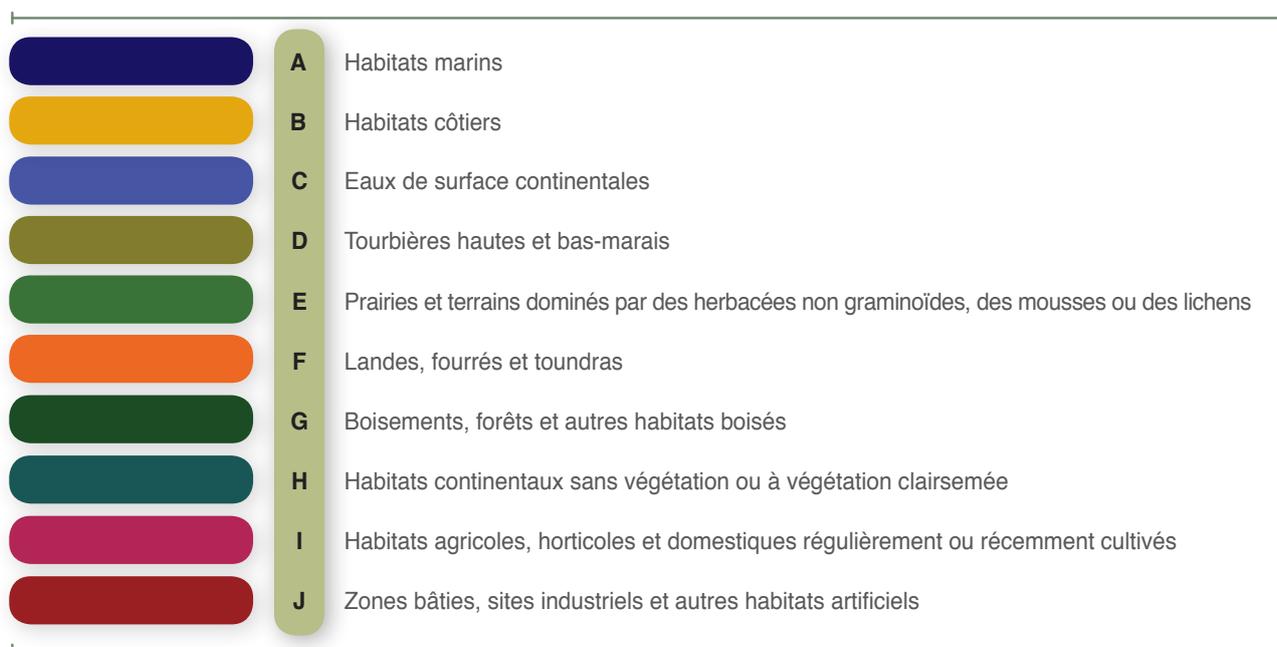


## Le type de paysage

La composition du paysage du site influence les flux potentiels d'individus entre le site et l'environnement extérieur et affecte donc la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces. En conséquence, il est proposé de décrire les habitats présents au sein du paysage entourant les sites (incluant les habitats naturels à semi-naturels jusqu'aux habitats plus artificialisés comme les étendues agricoles et les zones bâties).

La composition de ce paysage est décrite sur la base de la typologie EUNIS niveau 1 de Davies *et al.* (2004) traduite par Louvel *et al.* (2013) (Figure 10 et clef EUNIS 1, p. 96 à 99). Dans le cadre de cette méthode, il serait trop chronophage de demander une description des habitats plus détaillée dans le paysage (par ex. EUNIS niveau 2, 3, ou 4).

Bien que la typologie CORINE biotopes de Bissardon *et al.* (2003) et le prodrome des végétations de France de Bardat *et al.* (2004) aient une portée réglementaire pour désigner les habitats dits humides (arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié) et soient éventuellement utilisés dans les dossiers « loi sur l'eau », la typologie EUNIS a été préférée dans cette méthode en raison de son caractère opérationnel. Cette dernière contient en effet une clef de détermination qui permet d'identifier facilement, et sur la base d'éléments objectifs, les habitats présents. Elle est accessible pour l'essentiel à un public non expert en botanique. A souligner qu'il existe une correspondance entre CORINE biotopes et EUNIS sur le site de l'Inventaire national du patrimoine naturel<sup>18</sup>. Dans cette typologie, les habitats EUNIS de niveau 1 correspondent au premier niveau hiérarchique (Figure 10) suivis des habitats EUNIS de niveaux 2 et 3 qui constituent des groupements d'habitats plus détaillés (page 107 à 138).



A	Habitats marins
B	Habitats côtiers
C	Eaux de surface continentales
D	Tourbières hautes et bas-marais
E	Prairies et terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens
F	Landes, fourrés et toundras
G	Boisements, forêts et autres habitats boisés
H	Habitats continentaux sans végétation ou à végétation clairsemée
I	Habitats agricoles, horticoles et domestiques régulièrement ou récemment cultivés
J	Zones bâties, sites industriels et autres habitats artificiels

Figure 10. Liste des habitats EUNIS niveau 1 (dénomination issue de Louvel *et al.* 2013).

## Le site

### Le système hydrogéomorphologique

**Les contours des sites doivent être fixés de telle sorte que le site n'appartienne qu'à un seul système hydrogéomorphologique** (Encadré 5 p. 28). Il s'agit d'une précaution importante à respecter. En effet, l'approche hydrogéomorphologique proposée par Smith *et al.* (1995) est basée sur le postulat que les fonctions dépendent d'abord de l'hydrologie, de l'hydrogéologie et de la géomorphologie de la zone humide. Regrouper à l'intérieur d'un même site des fonctionnements hydrologiques et des contextes hydrogéologiques et géomorphologiques différents auraient pour conséquence d'aboutir à une évaluation des fonctions dont l'intensité pourrait varier grandement à l'intérieur même du site. Ainsi, lorsque plusieurs systèmes hydrogéomorphologiques sont contigus dans un site, il y a lieu d'identifier autant de sites qu'il y a de systèmes hydrogéomorphologiques disjoints (Figure 11 p. 28). Chaque unité spatiale disjointe, qui correspond à un système hydrogéomorphologique, devient alors un site à part entière.

<sup>18</sup> <http://inpn.mnhn.fr>

**Figure 11.** Exemple de sites contigus (polygones aux contours rouges sans trame de fond).

Au départ, ces deux sites constituaient un seul site. Les prospections de terrain ont permis d'identifier deux systèmes hydrogéomorphologiques contigus, ce qui a induit le découpage du site en deux sites. Le site qui ceinture immédiatement l'étang est dans un système hydrogéomorphologique riverain des étendues d'eau. Il est influencé par le flux d'eau en surface provenant des variations de niveau d'eau de l'étang. Le second site est dans un système hydrogéomorphologique de plateau, puisqu'il n'est pas soumis au flux d'eau en surface provenant des variations de niveau d'eau de l'étang.



**Encadré 5. Principe de la classification hydrogéomorphologique et description des systèmes retenus**

L'approche hydrogéomorphologique proposée par Smith *et al.* (1995) est basée sur le postulat que les fonctions dépendent d'abord de l'hydrologie, de l'hydrogéologie et de la géomorphologie de la zone humide. Elle fait appel au système de classification hydrogéomorphologique de Brinson (1993a, b). La méthode mobilise le système de classification développée dans cette approche. Elle reconnaît, en amont de l'évaluation des fonctions, que les zones humides sont régies par différents types de fonctionnements hydrologiques, hydrogéologiques et hydrogéomorphologiques. Trois aspects fondamentaux sont décrits pour identifier le système hydrogéomorphologique d'une zone humide :

- la configuration géomorphologique : la topographie de la zone humide (dépression, vallée...), la géologie, l'emplacement dans le paysage (de la tête de bassin jusqu'à la basse vallée) ;
- la source d'alimentation en eau : l'origine de l'eau alimentant la zone humide (précipitations, apports de surface et sub-surface, apports d'eau souterraine) ;
- l'hydrodynamique : la direction et l'importance des flux d'eau de surface et de sub-surface dans la zone humide.

La classification établie par Brinson (1993a, b) aboutit à sept principaux types de systèmes hydrogéomorphologiques. Les adaptations sur ce système de classification (Gayet *et al.* 2016) ont permis de retenir cinq systèmes hydrogéomorphologiques (Tableau 1) : (1) alluvial, (2) riverain des étendues d'eau, (3) de dépression, (4) de versant et bas-versant et (5) de plateau.

**Tableau 1.** Apports majeurs d'eau et caractéristiques hydrodynamiques dominantes des classes hydrogéomorphologiques (modifié d'après Brinson 1995).

Système hydrogéomorphologique	Source d'eau dominante	Hydrodynamique dominante
Alluvial	Débordement de cours d'eau	Unidirectionnelle, horizontale
Riverain des étendues d'eau	Débordement des étendues d'eau	Bidirectionnelle, horizontale
Dépression	Décharge de nappe et apports de subsurface	Verticale
Versant et bas-versant	Décharge de nappe	Unidirectionnelle, horizontale
Plateau	Précipitation	Verticale

Il convient de mentionner comme limite à cette classification que les zones humides ont des fonctionnements extrêmement complexes, et que pour certains sites, il peut s'avérer difficile de les classer dans un système hydrogéomorphologique. Cette limite reste toutefois inhérente à tout système de classification.

Exceptionnellement, plusieurs systèmes hydrogéomorphologiques peuvent être présents au sein d'une même unité spatiale, sans qu'il soit possible de dissocier un site par système. Dans ce cas très particulier, un même site peut appartenir à plusieurs systèmes hydrogéomorphologiques (système mixte). Il s'agit, par exemple, de sites localisés à la fois dans la zone de submersion d'un lac et d'un cours d'eau (par ex. zone de confluence d'une rivière avec un lac). Ces derniers appartiennent aux systèmes hydrogéomorphologiques alluvial et riverain des étendues d'eau (Figure 12). Il convient de noter que toutes les combinaisons de systèmes hydrogéomorphologiques mixtes ne sont pas possibles. Il paraît par exemple invraisemblable de rencontrer un système mixte de plateau et alluvial.



Figure 12. Exemple de site (polygone au contour rouge sans trame de fond) dans un système hydrogéomorphologique mixte (alluvial-riverain des étendues d'eau, ici à l'embouchure de la Dranse au niveau du lac Léman).

#### Les habitats

En caractérisant les habitats dans le site, il est admis que les communautés végétales sont intégratives des paramètres biotiques et abiotiques du site et traduisent ainsi la réalisation des fonctions hydrologiques, biogéochimiques et d'accomplissement du cycle biologique des espèces dans leur ensemble.

Il s'agit ici de décrire les habitats présents dans le site au sens de la typologie EUNIS niveau 3 (Davies *et al.* 2004) en estimant la proportion du site occupé par chaque habitat. Étant donné que des enjeux différents peuvent être appréhendés sur un site selon la surface minimale cartographiable choisie (Clair *et al.* 2005) et que cela affecte la description de l'hétérogénéité spatiale (Wiens 1989), l'observateur devra choisir une surface minimale cartographiable pour détecter la présence d'un habitat cohérente avec la superficie du site : 15 625 m<sup>2</sup>, 2 500 m<sup>2</sup>, 625 m<sup>2</sup> ou 156 m<sup>2</sup>. **La surface minimale cartographiable choisie doit par ailleurs être la même sur le site impacté et le site de compensation.** À titre d'information, durant les tests réalisés sur les prototypes de méthode en 2015, les observateurs ont majoritairement utilisé comme surface minimale cartographiable 2 500 m<sup>2</sup> et ce pour des raisons liées aux impératifs opérationnels de la méthode (décrits au préalable dans l'Introduction générale).

La dénomination des habitats au-delà du niveau EUNIS niveau 3 (c'est-à-dire au niveau 4, 5, etc.) requiert souvent la participation d'un spécialiste (pas de clefs de détermination et critères botaniques plus complexes). Par conséquent, il est demandé à l'observateur de décrire les habitats au niveau EUNIS niveau 3 (p. 107 à 138). Parfois, l'identification des habitats EUNIS niveau 3 peut être complexe, mais ces cas sont relativement rares. **À noter que dans le cadre d'un dossier « loi sur l'eau », les cartographies des habitats avec la typologie CORINE Biotopes peuvent être utilisées pour décrire les habitats EUNIS puisqu'une correspondance réciproque entre ces typologies est disponible sur le site de l'Inventaire national du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle<sup>19</sup>.**

La possibilité de retrouver sur un site de compensation, les habitats perdus sur le site impacté varie fortement selon les types d'habitats impactés. Il existe donc des habitats pour lesquels il est peu vraisemblable que des actions écologiques permettent

<sup>19</sup> <http://inpn.mnhn.fr>

de restaurer les habitats impactés (par ex. écosystèmes tourbeux) ou sur le très long terme. Dans de tels cas, le diagnostic de contexte soulignera que les habitats sur le site avant impact et sur le site de compensation après action écologique ne correspondent pas. Le projet pourra dès lors être refusé par l'autorité administrative lorsque les dégradations identifiées apparaissent comme difficilement compensables (voir lignes directrices dans CGDD et DEB 2013).

### 3.2 Le diagnostic fonctionnel du site

Le diagnostic fonctionnel du site permet d'évaluer sa prédisposition probable à réaliser certaines sous-fonctions au regard des éléments relevés sur le site et dans son environnement. Il fournit les éléments de réponse à la principale question sur laquelle repose la méthode, à savoir l'identification d'une équivalence fonctionnelle vraisemblable à l'issue de la mise en œuvre de la séquence ERC.

#### Définition des termes employés

**Un paramètre est une propriété du milieu qui contribue à en apprécier les caractéristiques et/ou la qualité et/ou l'aptitude à des fonctions.** Le paramètre se décline en deux types (quantitatif et qualitatif), et peut être physique, chimique, environnemental, microbiologique et hydrobiologique. Le paramètre est mesurable dans ou en dehors du site, reflétant le caractère distinctif d'une ou plusieurs sous-fonctions. La variation de grandeur d'un paramètre le long d'un axe de mesure traduit le niveau de réalisation probable d'une sous-fonction. En raison des impératifs opérationnels liés à la méthode, différentes conditions pratiques doivent être respectées pour qu'un paramètre soit inclus dans la méthode (Encadré 6).

#### Encadré 6. Conditions pour inclure un paramètre dans le cadre de cette méthode

- Connaissances préalables du site non requises pour renseigner le paramètre
- Recours systématique au propriétaire ou au gestionnaire du site non requis pour renseigner un paramètre
- Appréciation éminemment subjective de la part de l'observateur pour renseigner un paramètre non requis
- Plus-value possible sur le paramètre via des actions écologiques
- Équipements lourds, mesures chronophages ou trop onéreuses non requis pour renseigner un paramètre
- Paramètre discriminant entre des sites dans un contexte similaire

**Le paramètre constitue l'information de base sur laquelle repose un indicateur. L'indicateur se définit comme « une composante ou une mesure de phénomènes environnementaux pertinents utilisés pour décrire ou évaluer les conditions environnementales, les changements ou pour atteindre des objectifs environnementaux. Les phénomènes environnementaux pertinents sont des pressions, des états ou des réponses<sup>20</sup> ».**

Chaque indicateur est :

- **simple, par opposition à des indicateurs composites qui résultent de la combinaison entre plusieurs paramètres** (Girardin *et al.* 1999 dans Bockstaller et Girardin 2003). Les indicateurs simples sont préférés dans cette méthode car leur interprétation est plus facile ;
- **descriptif et normatif** au sens d'Heink et Kowarik (2010). Il permet d'identifier les changements environnementaux (descriptif). Il permet également de vérifier si les objectifs visés en termes d'efficacité et d'équivalence de fonctions sont bel et bien atteints à l'issue des actions écologiques mise en œuvre dans le cadre de la compensation (normatif).

<sup>20</sup> <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/donn%C3%A9e-synth%C3%A9tique>

Un récapitulatif est proposé pour synthétiser et illustrer à partir de quelques exemples la relation entre zones, sous-fonctions, paramètres et indicateurs (Tableau 2 et Figure 13).

Tableau 2. Récapitulatif sur la définition de sous-fonction, de paramètre et d'indicateur.

	Sous-fonction	Paramètre	Indicateur
<i>En bref</i>	Le phénomène physique, biogéochimique et/ou biologique à l'œuvre.	Le critère mesurable qui révèle le phénomène.	La valeur de la mesure sur le paramètre en question.
<i>Définition</i>	Enchaînements ordonnés de phénomènes physiques, biogéochimiques et/ou biologiques, se déroulant dans ou en dehors du site ; et qui aboutissent à des faits constatables dans le site.	Tout critère mesurable dans et en dehors du site, reflétant le caractère distinctif d'un ou plusieurs fonctions et dont la variation de grandeur le long d'un axe de mesure traduit leur réalisation probable dans le site.	Composante ou mesure de phénomènes environnementaux pertinents utilisés pour décrire ou évaluer les conditions environnementales, les changements ou pour atteindre des objectifs environnementaux.

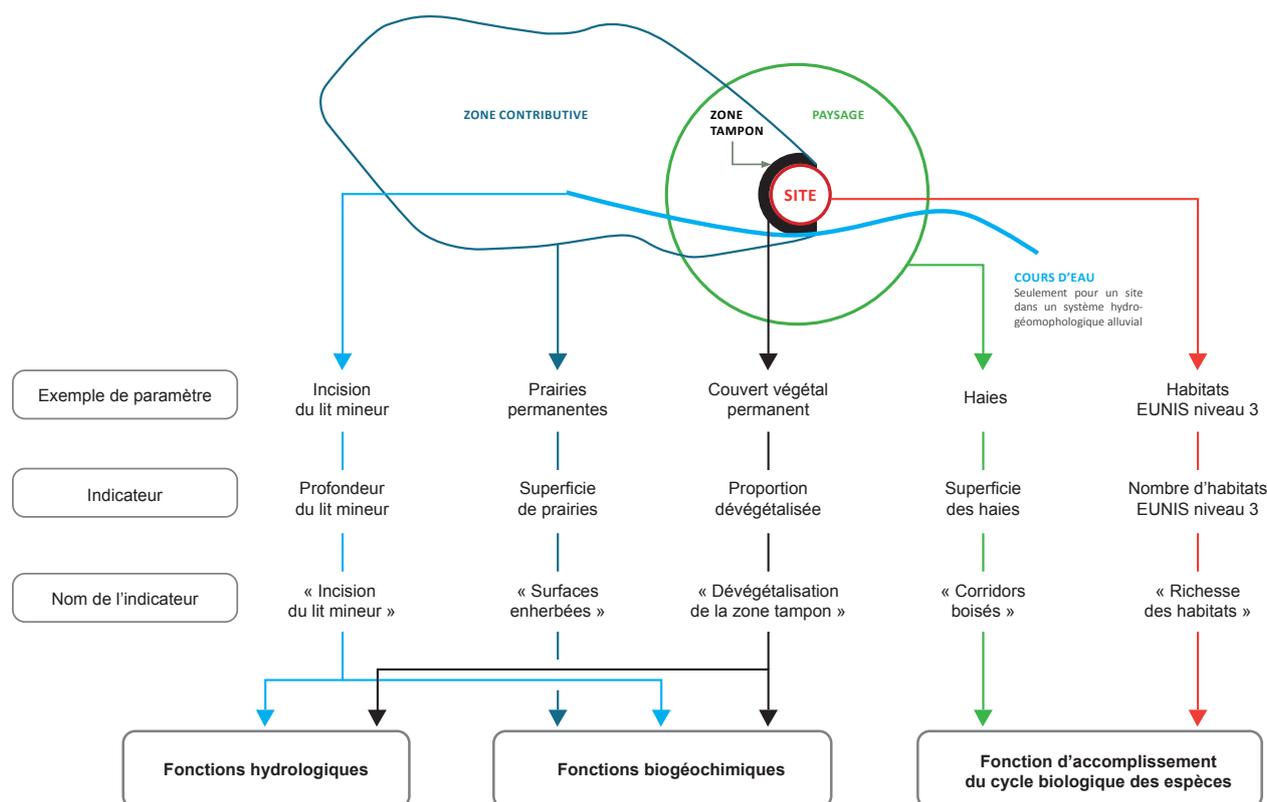


Figure 13. Exemples de paramètres et d'indicateurs mesurés selon les zones et renseignant les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et d'accomplissement du cycle biologique des espèces.

### Indicateurs dans le site et notions de capacité fonctionnelle relative et absolue

L'intensité probable d'une sous-fonction dans un site indépendamment de sa superficie est appelée « capacité fonctionnelle relative » du site ( $CAP_{REL}$ ). Elle est évaluée grâce aux indicateurs associés à chaque sous-fonction (Figure 14, p. 34). La valeur de chaque indicateur qui renseigne la  $CAP_{REL}$  est comprise entre [0 - 1] :

- une valeur de 0 signifie que le paramètre associé à l'indicateur est inexistant (capacité absente au regard de l'indicateur) ;
- une valeur de 1 signifie que le paramètre est à un niveau maximal (capacité maximale au regard de l'indicateur).

Plus la valeur de l'indicateur tend vers 1, plus le paramètre est élevé (capacité croissante). Plus un indicateur mesuré dans le site a une valeur élevée, plus l'intensité relative de la sous-fonction associée est vraisemblablement importante dans le site.

La réalisation des sous-fonctions dépend le plus souvent de la superficie sur laquelle elles sont réalisées. Elle croît généralement avec la superficie et ce, quelle que soit la

sous-fonction considérée (voir Gayet *et al.* 2016). **L'intensité probable d'une sous-fonction dans un site, tenant compte de la CAP<sub>REL</sub> et de la superficie du site, est appelée « capacité fonctionnelle absolue » du site (CAP<sub>ABS</sub>).** La CAP<sub>ABS</sub> d'un site est évaluée grâce aux indicateurs associés à chaque sous-fonction. La valeur de chaque indicateur qui renseigne la CAP<sub>ABS</sub> est comprise entre [0 - +∞] et elle est calculée ainsi :

$$\text{CAP}_{\text{ABS}} \text{ dans le site selon l'indicateur A} = \text{CAP}_{\text{REL}} \text{ dans le site selon l'indicateur A} \times \text{Superficie du site en ha}$$

Exceptionnellement, la CAP<sub>ABS</sub> d'un site peut être évaluée avec un indicateur qui ne se rapporte pas à la superficie du site. C'est le cas de l'indicateur en rapport avec la longueur de berges végétalisées sur un site dans un système hydrogéomorphologique alluvial. Dans ce cas, la CAP<sub>ABS</sub> au vu de cet indicateur est évaluée ainsi :

$$\text{CAP}_{\text{ABS}} \text{ dans le site selon l'indicateur B} = \text{CAP}_{\text{REL}} \text{ dans le site selon l'indicateur B} \times \text{Longueur de berges mesurée sur site en km}$$

Plus un indicateur mesuré dans le site a une valeur élevée et plus la superficie du site est importante, plus l'intensité absolue de la sous-fonction associée est vraisemblablement importante dans le site au regard de cet indicateur.

### Indicateurs dans l'environnement du site et notions d'opportunité fonctionnelle relative

**Selon les caractéristiques de l'environnement du site (zone contributive, zone tampon, paysage et cours d'eau éventuellement associé) le site aura une opportunité plus ou moins importante d'accomplir certaines sous-fonctions.** Cette opportunité est évaluée grâce aux indicateurs mesurés dans l'environnement du site (Figure 15, p. 35). Par exemple, si un site présente une zone contributive occupée par de grandes surfaces de champs cultivés de manière intensive, l'opportunité pour réaliser la sous-fonction de dénitrification sera très forte (apports importants de nitrates). *A contrario*, l'absence de surfaces cultivées indique vraisemblablement une faible expression de la sous-fonction de dénitrification au sein de la zone humide.

**L'opportunité pour un site d'accomplir certaines sous-fonctions est appelée « l'opportunité fonctionnelle relative » (OPP<sub>REL</sub>).** Indépendante de la superficie (du paysage, zone contributive, etc.) où il a été mesuré, la valeur de chaque indicateur qui renseigne l'OPP<sub>REL</sub> est donc comprise entre [0 - 1]. Plus un indicateur mesuré dans l'environnement du site présente une valeur élevée, plus la ou les sous-fonction(s) auxquelles cet indicateur est associé auront l'opportunité de s'exprimer dans le site.

### Étalonnage des indicateurs

Les principales étapes pour concevoir et étalonner un indicateur sont présentées dans Gayet *et al.* (2016).

### Présentation des indicateurs

**Le croisement entre la bibliographie et les impératifs opérationnels pour la conception de la méthode ont permis d'identifier 36 paramètres (mesurés sur le terrain ou obtenus par traitement SIG) dont 14 sont mesurables dans l'environnement du site et 22 sont mesurables dans le site. À partir de ces paramètres, il a été possible de proposer 47 indicateurs dont 15 dans l'environnement du site et 32 dans le site.** Ils sont synthétisés dans les Figures 14 et 15 (p. 34 et 35) et une description détaillée est fournie dans les Tableaux 3 à 7 (p. 37 à 43).

Concernant les indicateurs, plusieurs points importants sont à noter :

- **certains indicateurs sont spécifiques à des types de zones humides en particulier.** Cinq indicateurs sont spécifiques aux sites dans des systèmes hydrogéomorphologiques alluviaux. Ces indicateurs ne sont donc pas renseignés sur les autres sites ;
- **différentes mesures sur un même paramètre peuvent permettre de proposer plusieurs indicateurs.** C'est le cas par exemple des indicateurs basés sur la description des habitats EUNIS niveau 3 dans le site (mesure du nombre d'habitats ou de la part relative de chaque habitat dans le site). Cela explique en partie qu'il y ait plus d'indicateurs (n=47) que de paramètres (n=36) dans la méthode ;

- **une même mesure sur un paramètre donné peut être favorable à une sous-fonction mais défavorable à une autre sous-fonction.** C'est le cas du pH : une même valeur de pH peut être favorable à l'adsorption/précipitation du phosphore, alors qu'elle est défavorable à l'assimilation végétale du phosphore. Dans ce cas, la mesure d'un seul paramètre générera deux indicateurs, un par sous-fonction considérée ;
- **certains indicateurs ne sont pas systématiquement renseignés.** C'est le cas des indicateurs se rapportant au sol du site (par ex. quand il est impossible de réaliser des sondages dans tout le site), de l'indicateur se rapportant aux invasions biologiques végétales (quand il y a méconnaissance de l'emprise des espèces végétales associées à des invasions biologiques durant la période de croissance végétative) et des indicateurs se rapportant au couvert végétal (quand il y a méconnaissance de l'existence de pratiques comme la fauche ou le pâturage qui consistent à exporter la biomasse végétale) ;
- **l'impact du projet ou des actions écologiques peuvent avoir une influence directe ou indirecte sur les paramètres.** Des actions écologiques peuvent avoir des effets directs sur certains paramètres (par ex. influence de la végétalisation naturelle des fossés sur l'indicateur « végétalisation des fossés et fossés profonds »). En revanche sur d'autres paramètres, l'influence des actions écologiques est indirecte (par ex. épaisseur de l'épisolum humifère indirectement affectée par un changement de pratiques agricoles sur le site). Différentes pistes d'actions écologiques sont proposées dans l'Encadré 7 pour favoriser certains paramètres et *in fine* les sous-fonctions associées.

#### **Encadré 7. Pistes d'actions écologiques potentielles pour favoriser une sous-fonction donnée**

Des exemples de pistes d'actions écologiques permettant potentiellement de favoriser une sous-fonction donnée sont proposées ci-dessous (voir aussi les recueils et guides sur le portail national zones humides<sup>21</sup>) :

- végétalisation par ensemencement, plantations d'espèces arborescentes ;
- fauche ou pâturage dans les couverts herbacés ;
- pour les drains en surface (rigoles, fossés et fossés profonds) : effacement, non entretien, réduction de la fréquence de curage des fossés, végétalisation ;
- pour les drains enterrés : dédrainage, obturations ponctuelles à des points stratégiques, plantation de saules (obstruction des drains par les racines) ;
- étrépage, décapage, décaissement de remblai ;
- chaulage ;
- conversion de culture en habitats avec un couvert végétal permanent ;
- végétalisation par opération de génie végétal des ravines ou aménagements de seuils ;
- végétalisation spontanée des berges, plantations de ripisylves ;
- alternance de fauche, pâturage, exploitation forestière dans l'espace ;
- redéfinition des contours des unités d'habitats ;
- conversion de boisement monospécifique en boisement spontané, végétalisation spontanée de cultures intensives, boisements spontanés ;
- éradication ou contrôle des populations végétales constituées d'espèces associées à des invasions biologiques ;
- etc.

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive. Ces actions écologiques sont citées à titre d'exemples. Elles ne doivent donc pas être systématiquement appliquées et nécessitent un avis technique pour juger de la pertinence de leur mise en œuvre selon le contexte écologique du site de compensation et les objectifs assignés par les parties prenantes dans le cadre de la définition des mesures compensatoires. À noter que la non-intervention peut constituer dans certains cas une piste d'action écologique envisageable.

<sup>21</sup> <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/agir/documentation/documentation-technique-sur-la-gestion-et-la-restauration>

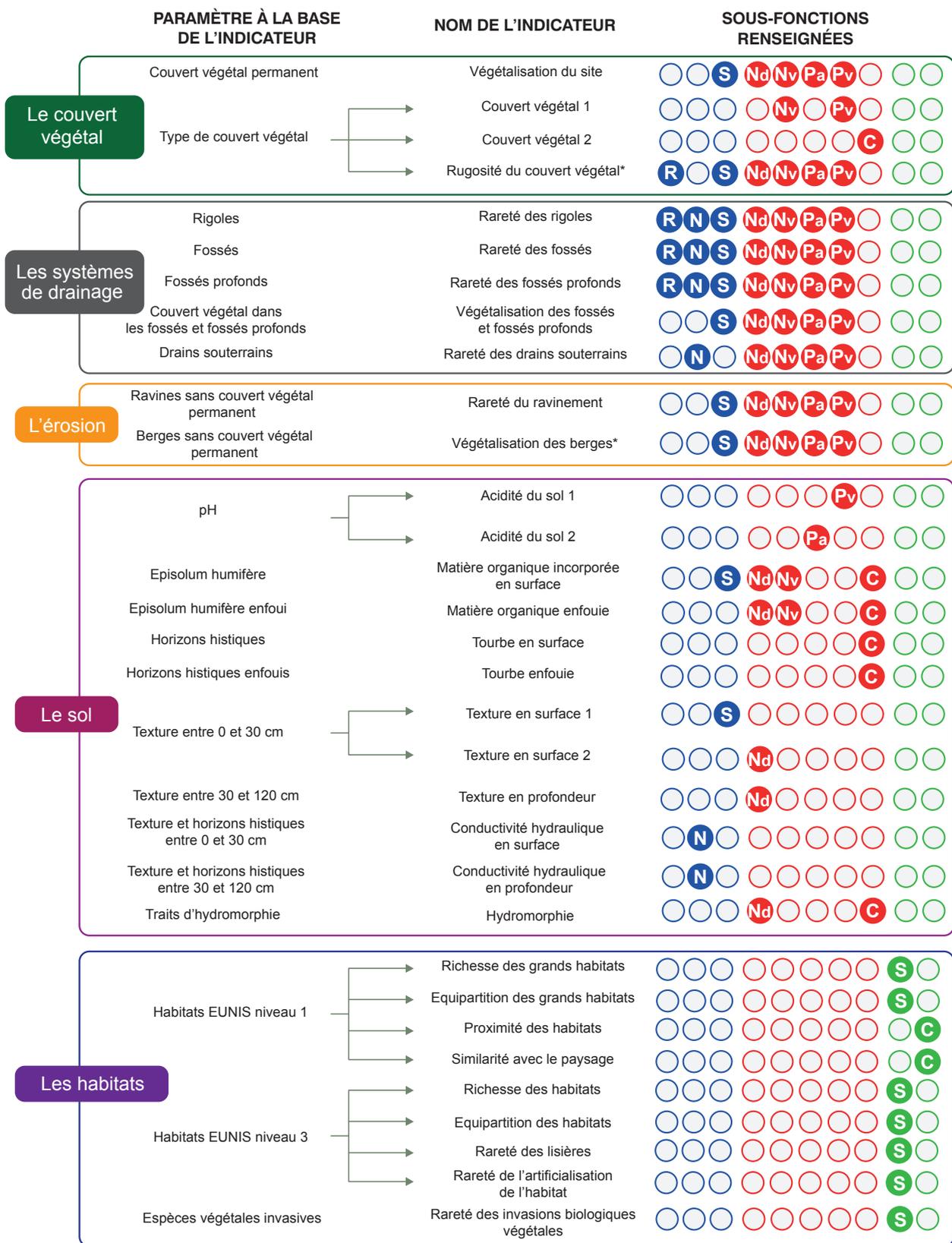


Figure 14. Représentation simplifiée des indicateurs dans le site et des sous-fonctions correspondantes.

\* l'indicateur est spécifique aux sites dans des systèmes hydrogéomorphologiques alluviaux.

Les ronds pleins indiquent les sous-fonctions renseignées par indicateur :

- en bleu, les sous-fonctions hydrologiques : **R** Ralentissement des ruissellements **N** Recharge des nappes **S** Rétention des sédiments
- en rouge, les sous-fonctions biogéochimiques : **Nd** Dénitrification des nitrates **Nv** Assimilation végétale de l'azote
- Pa** Adsorption, précipitation du phosphore **Pv** Assimilation végétale des orthophosphates **C** Séquestration du carbone
- en vert, les sous-fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces : **S** Support des habitats **C** Connexion des habitats

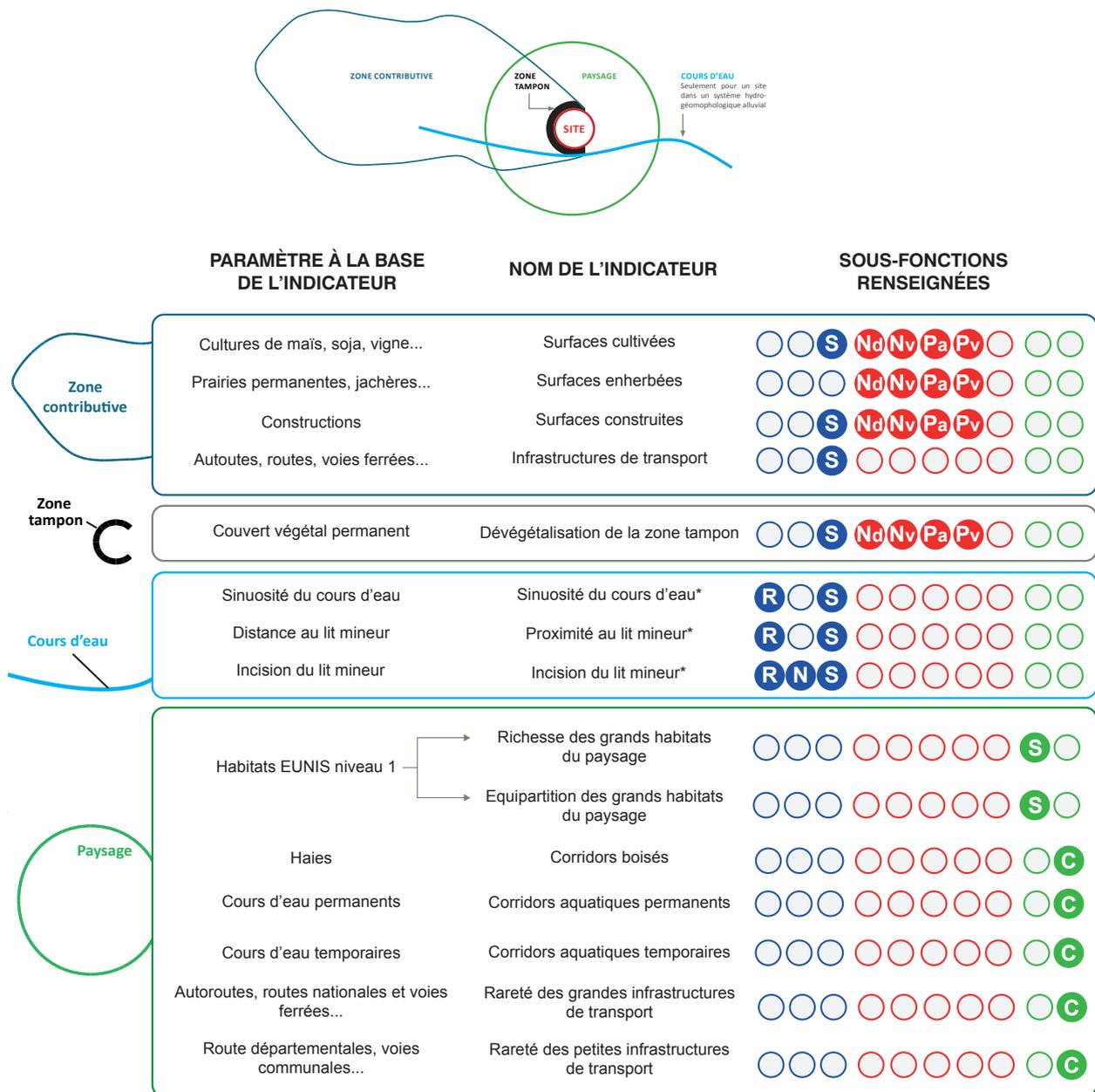


Figure 15. Représentation simplifiée des indicateurs dans l'environnement du site et des sous-fonctions correspondantes.

\* l'indicateur est spécifique aux sites dans des systèmes hydrogéomorphologiques alluviaux.

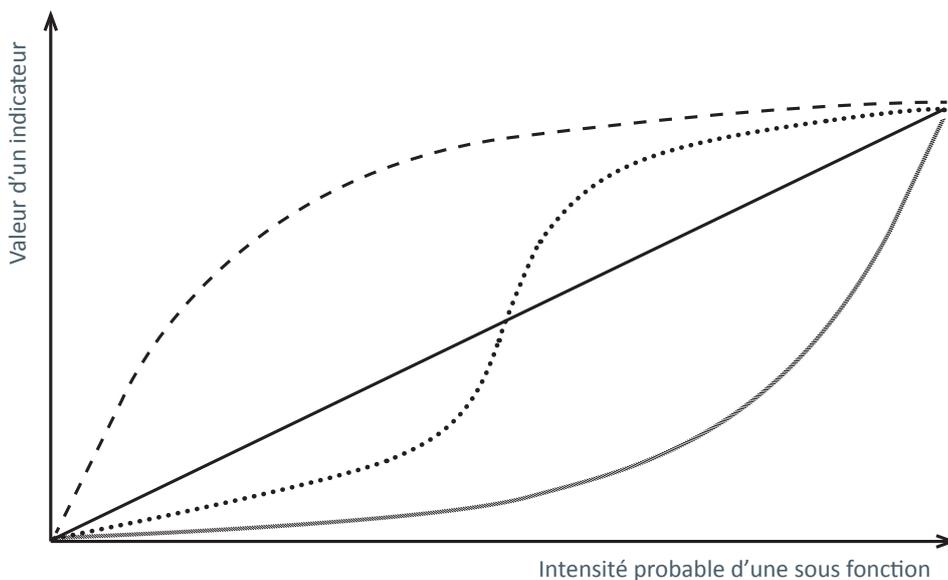
Les ronds pleins indiquent les sous-fonctions renseignées par indicateur :

- en bleu, les sous-fonctions hydrologiques : **R** Ralentissement des ruissellements **N** Recharge des nappes **S** Rétention des sédiments
- en rouge, les sous-fonctions biogéochimiques : **Nd** Dénitrification des nitrates **Nv** Assimilation végétale de l'azote
- Pa** Adsorption, précipitation du phosphore **Pv** Assimilation végétale des orthophosphates **C** Séquestration du carbone
- en vert, les sous-fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces : **S** Support des habitats **C** Connexion des habitats

### Interprétation des indicateurs et précautions élémentaires

Sur un site, la fluctuation de la valeur d'un indicateur au cours du temps indique l'évolution du paramètre associé et donc vraisemblablement de la sous-fonction associée. Lorsque la valeur de l'indicateur augmente, la sous-fonction associée est vraisemblablement plus importante et inversement lorsque la valeur de l'indicateur diminue. **Une précaution majeure à prendre est de toujours interpréter la réalisation d'une sous-fonction au regard de l'ensemble des indicateurs la renseignant et non pas au regard d'un seul indicateur. Il convient dans ce cas de veiller à ne pas considérer les indicateurs associés à une sous-fonction comme ayant une influence égale.** A titre d'exemple, pour une sous-fonction donnée, ce n'est pas parce qu'un indicateur a une valeur deux fois plus importante qu'un autre indicateur, qu'il a une influence deux fois plus importante sur cette même sous-fonction.

Par ailleurs, il convient de souligner que l'intensité d'une sous-fonction est généralement corrélée à la valeur d'un indicateur associé, mais que son intensité n'est pas proportionnelle à la valeur d'un indicateur associé. Ainsi, si la valeur d'un indicateur est multipliée par deux sur un site entre un instant  $t$  et  $t+1$ , cela signifie que le paramètre a varié et donc que l'intensité de la sous-fonction associée a vraisemblablement augmenté sur le site au regard de ce paramètre, mais cela ne signifie pas nécessairement que l'intensité de la sous-fonction sous-jacente a doublé (par ex. la sous-fonction liée à la dénitrification n'est pas forcément deux fois plus importante parce que la valeur des indicateurs associés à cette sous-fonction a doublé). En effet, des relations multiples sont possibles entre la valeur d'un indicateur et l'intensité de la sous-fonction associée et ne sont pas forcément linéaires (Figure 16). À noter, que seules des relations positives sont vraisemblables en général entre la valeur d'un indicateur et l'intensité d'une sous-fonction.



**Figure 16.** Exemples de quatre relations possibles entre la valeur d'un indicateur et l'intensité probable de la sous-fonction associée à l'indicateur. Chaque courbe indique un exemple de relation possible.

### Principales informations relevées en complément aux indicateurs

Il est possible de compléter le diagnostic fonctionnel par des informations narratives relevées sur le site ou dans son environnement et qui participent à la compréhension du fonctionnement global du site ou qui sont simplement des compléments d'information qu'il a été jugé intéressant de renseigner. Il n'a pas été possible de concevoir d'indicateurs à partir de ces informations au regard des contraintes fixées pour concevoir la méthode et de son champ d'application. Ces informations portent par exemple sur la présence de fosses d'extraction de tourbe, la liste des espèces végétales et animales associées à des invasions biologiques, l'exposition du site lorsqu'il est sur un versant, la présence de pertes karstiques ou de sources dans le site (voir Gayet *et al.* 2016).

### Description des indicateurs

Les tableaux ci-après listent les paramètres et indicateurs à relever dans l'environnement du site (Tableaux 3 à 6) et dans le site lui-même (Tableau 7). **Une description détaillée de chaque indicateur est disponible dans Gayet *et al.* 2016 (définition, étalonnage et mode de calcul).**

**Tableau 3. Présentation simplifiée des indicateurs dans la zone contributive du site.** Consultez Gayet et al. 2016 et la notice (p. 63) pour en savoir plus sur les indicateurs (par ex. étalonnage, détails des informations relevées). Notez qu'avec la version actuelle de la méthode, aucune équivalence fonctionnelle n'est évaluée pour les indicateurs dans la zone contributive du site.

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée Quand la valeur de l'indicateur croît...	Source de l'information	Principales limites
<b>Surfaces cultivées</b> <i>Part relative de surfaces cultivées dans la zone contributive</i> <b>Q13</b>	Îlots avec les codes 1 à 10, 14 à 16 et 20 à 27 du Registre parcellaire graphique (RPG)*	<i>...la proportion de la zone contributive qui est cultivée croît</i> → Plus d'apports de sédiments et de nutriments (N et P)	Registre parcellaire graphique administré par l'agence de services et de paiement	Proximité des surfaces cultivées non prise en compte Non distinction de pratiques intensives et plus extensives
<b>Surfaces enherbées</b> <i>Part relative de surfaces enherbées dans la zone contributive</i> <b>Q13</b>	Îlots avec les codes 11, 12, 13, 17, 18, 19 du Registre parcellaire graphique*	<i>...la proportion de la zone contributive avec des pratiques agricoles sur des surfaces enherbées croît</i> → Plus d'apports de nutriments (N et P)	Registre parcellaire graphique administré par l'agence de services et de paiement	Proximité des surfaces enherbées non prise en compte
<b>Surfaces construites</b> <i>Part relative de surfaces construites dans la zone contributive</i> <b>Q15</b>	Surfaces considérées comme construites dans la BD TOPO®	<i>...la proportion de la zone contributive qui est construite croît</i> → Plus d'apports de sédiments et de nutriments (N et P)	« BATI_INDIFFERENCIE », « BATI_REMARQUABLE », « BATI_INDUSTRIEL » et « TERRAIN_SPORT » de la BD TOPO®	Proximité des surfaces construites et dérivation d'écoulements (réseaux d'assainissement) non prises en compte
<b>Infrastructures de transport</b> <i>Densité d'infrastructures de transport dans la zone contributive</i> <b>Q16</b>	Voies ferrées, autoroutes, routes nationales, départementales et communales	<i>...la densité d'infrastructures de transport dans la zone contributive croît</i> → Plus d'apports de sédiments	« TRONCON_VOIE_FERRE », « ROUTE_PRIMAIRE » et « ROUTE_SECONDAIRE » de la BD TOPO®	Effets variables des types d'infrastructures, dessertes forestières et « chemins » non pris en compte

\* 1 - blé tendre, 2 - maïs grain et ensilage, 3 - orge, 4 - autres céréales, 5 - colza, 6 - tournesol, 7 - autres oléagineux, 8 - protéagineux, 9 - plantes à fibres, 10 - semences, 11 - gel, 12 - gel industriel, 13 - autres gels, 14 - riz, 15 - légumineuses à grains, 16 - fourrage, 17 - estives landes, 18 - prairies permanentes, 19 - prairies temporaires, 20 - vergers, 21 - vignes, 22 - fruits à coque, 23 - oliviers, 24 - autres cultures industrielles, 25 - légumes-fleurs, 26 - canne à sucre, 27 - arboriculture.

**Tableau 4. Présentation simplifiée de l'indicateur dans la zone tampon du site.** Consultez Gayet et al. 2016 et la notice (p. 63) pour en savoir plus sur l'indicateur (par ex. étalonnage, détails des informations relevées). Notez qu'avec la version actuelle de la méthode, aucune équivalence fonctionnelle n'est évaluée pour les indicateurs dans la zone tampon du site.

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée Quand la valeur de l'indicateur croît...	Source de l'information	Principales limites
<b>Dévégétalisation de la zone tampon<sup>A</sup></b> <i>Part relative de la zone tampon sans couvert végétal permanent</i> <b>Q19</b>	Couvert végétal permanent	<i>...la proportion de la zone tampon sans couvert végétal permanent croît</i> → Plus d'apports de sédiments et de nutriments (N et P)	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	Non prise en compte de paramètres qui affectent l'efficacité du couvert végétal (par ex. la pente, le type d'habitats)

<sup>A</sup> Indicateur non renseigné en l'absence de zone tampon autour du site.

**Tableau 5. Présentation simplifiée des indicateurs sur le cours d'eau associé au site (indicateurs spécifiques aux sites dans un système hydrogéomorphologique alluvial).** Consultez Gayet et al. 2016 et la notice (p. 63) pour en savoir plus sur les indicateurs (par ex. étalonnage, détails des informations relevées). Notez qu'avec la version actuelle de la méthode, aucune équivalence fonctionnelle n'est évaluée pour les indicateurs sur le cours d'eau associé au site.

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée Quand la valeur de l'indicateur croît...	Source de l'information	Principales limites
<b>Sinuosité du cours d'eau</b> Rapport entre la longueur développée et la longueur de l'enveloppe de méandrage en passant par les points d'inflexion des sinuosités du cours d'eau <b>Q43</b>	Longueur développée et longueur de l'enveloppe de méandrage en passant par les points d'inflexion des sinuosités du cours d'eau	...la sinuosité du cours d'eau associé au site croît → Plus de dépôts de sédiments et ruissellements plus lents dans la plaine d'inondation en période de crues	BD ORTHO®	
<b>Proximité au lit mineur</b> Distance entre le lit mineur et le centroïde du site <b>Q42</b>	Distance entre le lit mineur et le centroïde du site	...la proximité entre le centre du site et le cours d'eau croît → Plus de dépôts de sédiments et ruissellements plus importants dans la plaine d'inondation en période de crues	BD ORTHO®	Fonctionnement hydraulique réel du cours d'eau et espace de mobilité non pris en compte
<b>Incision du lit mineur</b> Hauteur maximale du niveau à pleins bords du cours d'eau <b>Q69</b>	Différence topographique entre le niveau à pleins bords du cours d'eau et son lit mineur	...l'incision du lit mineur décroît → Plus d'apports de sédiments et de ruissellements en crue, effet drainant moindre du cours d'eau	Information relevée sur le terrain	Mesure peu précise à proximité immédiate du site et pas sur un linéaire de cours d'eau

**Tableau 6. Présentation simplifiée des indicateurs dans le paysage du site.** Consultez Gayet et al. 2016 et la notice (p. 63) pour en savoir plus sur les indicateurs (par ex. étalonnage, détails des informations relevées). Notez qu'avec la version actuelle de la méthode, aucune équivalence fonctionnelle n'est évaluée pour les indicateurs dans le paysage du site.

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée Quand la valeur de l'indicateur croît...	Source de l'information	Principales limites
<b>Richesse des grands habitats du paysage</b> Nombre d'habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage <b>Q22</b>	Habitats EUNIS niveau 1	...le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 croît dans le paysage → Richesse des habitats accrue	BD ORTHO® et éventuellement vérifications ponctuelles sur le terrain	EUNIS niveau 1 reste peu précis
<b>Équipartition des grands habitats du paysage</b> Part relative des habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage <b>Q22</b>	Habitats EUNIS niveau 1	...la part relative de chaque habitat est de plus en plus égale à celle des autres habitats dans le paysage → Hétérogénéité des habitats accrue	BD ORTHO® et éventuellement vérifications ponctuelles sur le terrain	EUNIS niveau 1 reste peu précis
<b>Corridors boisés</b> Proportion du paysage occupée par les corridors boisés <b>Q24, Q25 ou Q26</b>	Haies conformément à la définition de l'Institut national de l'information géographique et forestière (2011) dans la BD TOPO®	...la superficie et la densité de haies croissent → Connectivité associée accrue	Haies du fichier « ZONE_VEGETATION » de la BD TOPO® et/ou haies identifiées sur BD ORTHO®	Non prise en compte des éléments boisés comme les bosquets et les arbres isolés
<b>Corridors aquatiques permanents</b> Densité de corridors aquatiques permanents dans le paysage <b>Q27</b>	Cours d'eau permanents naturels ou artificiels et gros fossés de plus de 2 m de large lorsqu'ils coulent de manière permanente	...la densité de corridors aquatiques permanents croît → Connectivité associée accrue	Éléments avec un régime permanent du fichier « TRONCON_COURS_EAU » de la BD TOPO®	Étalonnage de l'indicateur sur toute la France (répartition des zones humides vraisemblablement pas homogène sur le territoire)

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée Quand la valeur de l'indicateur croît...	Source de l'information	Principales limites
<b>Corridors aquatiques temporaires</b> <i>Densité de corridors aquatiques temporaires dans le paysage</i> <b>Q27</b>	Cours d'eau temporaires naturels, à l'exception des tronçons de moins de 100 m situés aux extrémités amont du réseau	...la densité de corridors aquatiques temporaires croît → Connectivité associée accrue	Éléments avec un régime intermittent du fichier « TRONCON_COURS_EAU » de la BD TOPO®	Étalonnage de l'indicateur sur toute la France (répartition des zones humides vraisemblablement pas homogène sur le territoire)
<b>Rareté des grandes infrastructures de transport</b> <i>Densité de grandes infrastructures de transport dans le paysage</i> <b>Q29</b>	Principalement les autoroutes, routes nationales et voies ferrées	...la densité de grandes infrastructures de transport décroît → Effet barrière associé réduit	Fichiers «ROUTE_PRIMAIRE» et «TRONCON_VOIE_FERREE» de la BD TOPO®	Non prise en compte de la fréquentation des infrastructures ni de la présence d'aménagements pour la faune sauvage
<b>Rareté des petites infrastructures de transport</b> <i>Densité de petites infrastructures de transport dans le paysage</i> <b>Q32</b>	Principalement les routes départementales et communales	...la densité de petites infrastructures de transport décroît → Effet barrière associé réduit	Fichier « ROUTE_SECONDAIRE » de la BD TOPO®	Non prise en compte de la fréquentation des infrastructures ni de la présence d'aménagements pour la faune sauvage

**Tableau 7. Présentation simplifiée des indicateurs dans le site** (les couleurs renvoient à la figure 14). Consultez Gayet et al. 2016 et la notice (p. 63) pour en savoir plus sur les indicateurs (par ex. étalonnage, détails des informations relevées).

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée Quand la valeur de l'indicateur croît...	Source de l'information	Principales limites
<b>Végétalisation du site</b> <i>Part relative du site occupée par un couvert végétal permanent</i> <b>Q41</b>	Couvert végétal permanent	...la proportion du site avec un couvert végétal permanent croît → Capacité à retenir les sédiments et nutriments (N et P) accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	Non prise en compte de paramètres qui affectent l'efficacité du couvert végétal (par ex. la pente)
<b>Couvert végétal 1<sup>B</sup></b> <i>Part relative des types de couverts végétaux dans le site et pratiques anthropiques associées</i> <b>Q56</b>	Type de couvert végétal et éventuellement pratiques anthropiques associées	... le couvert végétal tend vers un couvert herbacé (avec export de biomasse) et/ou arbustif et/ou arboré → Capacité d'assimilation végétale des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Types de couverts végétaux identifiés assez peu précis
<b>Couvert végétal 2<sup>B</sup></b> <i>Part relative des types de couverts végétaux dans le site et pratiques anthropiques associées</i> <b>Q56</b>	Type de couvert végétal et éventuellement pratiques anthropiques associées	... le couvert végétal tend vers un couvert arboré → Capacité de séquestration du carbone accrue	Information relevée sur le terrain	Types de couverts végétaux identifiés assez peu précis
<b>Rugosité du couvert végétal<sup>C</sup></b> <i>Part relative des types de couverts végétaux dans le site</i> <b>Q56</b>	Type de couvert végétal	... le couvert végétal tend vers un couvert arboré → Capacité de rétention des flux hydro-sédimentaires, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Modelé topographique dans le site non pris en compte
<b>Rareté des rigoles</b> <i>Densité de rigoles dans le site et dans la zone tampon</i> <b>Q60</b>	Rigoles (profondeur < 0,3 m)	... la densité du réseau de rigoles décroît → Capacité de rétention des flux hydro-sédimentaires, de recharge des nappes, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des aménagements pouvant moduler les écoulements dans les rigoles

<sup>B</sup> Indicateur non renseigné si méconnaissance des pratiques anthropiques dans les couverts herbacés.

<sup>C</sup> Indicateur spécifique aux sites dans un système hydrogéomorphologique alluvial.

Suite du **Tableau 7**

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée <i>Quand la valeur de l'indicateur croît...</i>	Source de l'information	Principales limites
<b>Rareté des fossés</b> <i>Densité de fossés dans le site et dans la zone tampon</i> <b>Q60</b>	Fossés (profondeur ≥ 0,3 m et < 1 m)	... <i>la densité du réseau de fossés décroît</i> → Capacité de rétention des flux hydro-sédimen- taires, de recharge des nappes, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des aménagements pouvant moduler les écoulements dans les fossés
<b>Rareté des fossés profonds</b> <i>Densité de fossés profonds dans le site et dans la zone tampon</i> <b>Q60</b>	Fossés profonds (profondeur ≥ 1 m)	... <i>la densité du réseau de fossés profonds décroît</i> → Capacité de rétention des flux hydro-sédimen- taires, de recharge des nappes, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des aménagements pouvant moduler les écoulements dans les fossés profonds
<b>Végétalisation des fossés et fossés profonds<sup>D</sup></b> <i>Proportion du linéaire de fossés et de fossés profonds dans le site et dans la zone tampon avec un couvert végétal permanent</i> <b>Q60</b>	Couvert végétal permanent dans les fossés (profondeur ≥ 0,3 m et < 1 m) et les fossés profonds (profondeur ≥ 1 m)	... <i>la proportion du linéaire de fossés et de fossés profonds sans un couvert végétal permanent décroît</i> → Capacité de rétention des sédiments, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des aménagements pouvant moduler les écoulements dans les fossés et les fossés profonds
<b>Rareté des drains souterrains<sup>E</sup></b> <i>Proportion du site et de sa zone tampon avec un système de drainage souterrain</i> <b>Q64</b>	Systèmes de drainage souterrain	... <i>la proportion du site et de sa zone tampon avec un système de drainage souterrain décroît</i> → Capacité de recharge des nappes, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain et carte du réseau de drainage quand elles existent	Non prise en compte de l'ancienneté du réseau de drainage
<b>Rareté du ravinement</b> <i>Proportion du site sans ravines dévégétalisées</i> <b>Q66</b>	Ravines sans couvert végétal permanent	... <i>la proportion du site avec des ravines décroît</i> → Capacité de rétention des sédiments, d'assimilation végétale et rétention des nutriments (N et P) accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des types de couverts végétaux permanents qui peuvent affecter les effets des ravinements
<b>Végétalisation des berges<sup>F</sup></b> <i>Proportion de berges de cours d'eau dans le site sans un couvert végétal permanent</i> <b>Q71, Q72</b>	Couvert végétal permanent sur les berges de cours d'eau	... <i>la part de berges sans un couvert végétal permanent décroît</i> → Capacité de rétention des sédiments, d'assimilation végétale et rétention des nutriments accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des types de couverts végétaux permanents qui peuvent avoir des effets variables sur les fonctions
<b>Acidité du sol<sup>G</sup></b> <i>Valeur moyenne du pH dans les 15 premiers cm des sondages pédologiques par sous-ensemble homogène</i> <b>Q73</b>	pH du sol	... <i>le pH se rapproche d'une valeur comprise entre [6 – 7]</i> → Capacité d'assimilation végétale des orthophosphates accrue	Information relevée sur le terrain	-

L'érosion

Le sol

<sup>D</sup> Indicateur non renseigné si absence de fossé et de fossé profond dans le site et dans la zone tampon.

<sup>E</sup> Indicateur non renseigné si méconnaissance de la présence d'un réseau de drainage souterrain dans le site et sa zone tampon.

<sup>F</sup> Indicateur spécifique aux sites dans un système hydrogéomorphologique alluvial.

<sup>G</sup> Indicateur non renseigné si pH non mesuré sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée <i>Quand la valeur de l'indicateur croît...</i>	Source de l'information	Principales limites
<b>Acidité du sol 2<sup>H</sup></b> <i>Valeur moyenne du pH dans les 15 premiers cm des sondages pédologiques par sous-ensemble homogène</i> <b>Q73</b>	pH du sol	<i>... le pH s'écarte d'une valeur comprise entre [6 – 7]</i> → Capacité d'adsorption et de précipitation du phosphore accrue	Information relevée sur le terrain	-
<b>Matière organique incorporée en surface<sup>I</sup></b> <i>Épaisseur moyenne de l'épisolum humifère dans les sondages pédologiques par sous-ensemble homogène</i> <b>Q73</b>	Episolum humifère	<i>...l'épaisseur moyenne de l'épisolum humifère croît</i> → Capacité de rétention des sédiments, de dénitrification des nitrates, d'assimilation végétale de l'azote et de séquestration du carbone accrue	Information relevée sur le terrain	-
<b>Matière organique enfouie<sup>I</sup></b> <i>Épaisseur moyenne de l'horizon Ab dans les sondages pédologiques par sous-ensemble homogène</i> <b>Q73</b>	Episolum humifère enfoui	<i>...l'épaisseur moyenne de l'horizon Ab croît</i> → Capacité de dénitrification des nitrates, d'assimilation végétale de l'azote et de séquestration du carbone accrue	Information relevée sur le terrain	-
<b>Tourbe en surface<sup>I</sup></b> <i>Épaisseur moyenne des horizons histiques en surface modulée selon leur degré d'humification dans les sondages pédologiques par sous-ensemble homogène</i> <b>Q73</b>	Horizons histiques en surface	<i>... l'épaisseur moyenne de l'horizon histique croît et le taux de décomposition de la matière organique décroît</i> → Capacité de séquestration du carbone accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des types de matériaux végétaux constitutifs de la tourbe
<b>Tourbe enfouie<sup>I</sup></b> <i>Épaisseur moyenne des horizons histiques enfouis modulée selon leur degré d'humification dans les sondages pédologiques par sous-ensemble homogène</i> <b>Q73</b>	Horizons histiques enfouis (sous un horizon « minéral »)	<i>... l'épaisseur moyenne de l'horizon histique enfoui croît et le taux de décomposition de la matière organique décroît</i> → Capacité de séquestration du carbone accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte des types de matériaux végétaux constitutifs de la tourbe
<b>Texture en surface 1<sup>J</sup></b> <i>Épaisseur moyenne de chaque classe de texture du sol dans les 30 premiers cm en surface des sondages pédologiques par sous- ensemble homogène modulée selon la sensibilité à l'érosion</i> <b>Q73</b>	Texture dans les 30 premiers cm en surface	<i>... la texture du sol dans les 30 premiers cm est de plus en plus sableuse ou argileuse</i> → Capacité de rétention des sédiments accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte de la charge en cailloux dans le sol Classes de textures prises en compte peu précises
<b>Texture en surface 2<sup>J</sup></b> <i>Épaisseur moyenne de chaque classe de texture du sol dans les 30 premiers cm en surface des sondages pédologiques par sous-ensemble homogène modulée selon les effets sur la dénitrification des nitrates</i> <b>Q73</b>	Texture dans les 30 premiers cm en surface	<i>... la texture du sol dans les 30 premiers cm est de plus en plus fine</i> → Capacité de dénitrification des nitrates accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte de la charge en cailloux dans le sol Classes de textures prises en compte peu précises

<sup>H</sup> Indicateur non renseigné si pH non mesuré sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

<sup>I</sup> Indicateur non renseigné si épaisseur non connue sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

<sup>J</sup> Indicateur non renseigné si texture non connue sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

Suite du **Tableau 7**

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée <i>Quand la valeur de l'indicateur croît...</i>	Source de l'information	Principales limites
<b>Texture en profondeur<sup>K</sup></b> <i>Épaisseur moyenne de chaque classe de texture du sol entre 30 et 120 cm dans les sondages pédologiques par sous-ensemble homogène modulée selon les effets sur la dénitrification des nitrates</i> <b>Q73</b>	Texture du sol entre 30 cm et 120 cm	<i>... la texture du sol entre 30 et 120 cm est de plus en plus fine</i> → Capacité de dénitrification des nitrates accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte de la charge en cailloux dans le sol Classes de textures prises en compte peu précises
<b>Conductivité hydraulique en surface<sup>L</sup></b> <i>Épaisseur moyenne des types de matériau dans les 30 premiers cm en surface des sondages pédologiques par sous-ensemble homogène modulée selon leur conductivité hydraulique à saturation</i> <b>Q73</b>	Type de matériau (texture ou horizon histique) dans les 30 premiers cm en surface	<i>... les matériaux dans les 30 premiers cm sont de plus en plus grossiers</i> → Capacité de recharge des nappes accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte de la charge en cailloux dans le sol et des différents types d'horizons histiques Classes de textures prises en compte peu précises
<b>Conductivité hydraulique en profondeur<sup>L</sup></b> <i>Épaisseur moyenne des types de matériau entre 30 et 120 cm dans les sondages pédologiques par sous- ensemble homogène modulée selon leur conductivité hydraulique à saturation</i> <b>Q73</b>	Type de matériau (texture ou horizon histique) entre 30 et 120 cm	<i>... les matériaux entre 30 et 120 cm sont de plus en plus grossiers</i> → Capacité de recharge des nappes accrue	Information relevée sur le terrain	Non prise en compte de la charge en cailloux dans le sol Classes de textures prises en compte peu précises
<b>Hydromorphie<sup>M</sup></b> <i>Intensité de l'hydromorphie dans le sol</i> <b>Q73</b>	Traits d'hydromorphie	<i>... l'hydromorphie est de plus en plus importante</i> → Capacité de dénitrification des nitrates et de séquestration du carbone accrue	Information relevée sur le terrain	Traits d'hydromorphie pris en compte peu précis
<b>Les habitats</b>				
<b>Richesse des grands habitats</b> <i>Nombre d'habitats EUNIS niveau 1</i> <b>Q39</b>	Habitats EUNIS niveau 1	<i>... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 croît</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	-
<b>Richesse des habitats</b> <i>Nombre d'habitats EUNIS niveau 3</i> <b>Q39</b>	Habitats EUNIS niveau 3	<i>... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 croît</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	Une grande diversité peut traduire une mosaïque sans une grande superficie d'un habitat homogène, ce qui peut être défavorable à des espèces spécialistes
<b>Équipartition des grands habitats</b> <i>Part relative des habitats EUNIS niveau 1</i> <b>Q39</b>	Habitats EUNIS niveau 1	<i>... la part relative de chaque habitat est de plus en plus égale à celle des autres habitats</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	-

<sup>K</sup> Indicateur non renseigné si texture non connue sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

<sup>L</sup> Indicateur non renseigné si matériau non connu sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

<sup>M</sup> Indicateur non renseigné si absence de traits d'hydromorphie ou traits d'hydromorphie non renseigné sur au moins un sondage pédologique ou dans au moins un sous-ensemble homogène.

Indicateur Numéro de la question dans la notice	Paramètre associé	Interprétation simplifiée <i>Quand la valeur de l'indicateur croît...</i>	Source de l'information	Principales limites
<b>Équipartition des habitats</b> <i>Part relative des habitats EUNIS niveau 3</i>  Q39	Habitats EUNIS niveau 3	<i>... la part relative de chaque habitat est de plus en plus égale à celle des autres habitats</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	-
<b>Rareté des lisières</b> <i>Densité de lisière entre les unités d'habitats EUNIS niveau 3</i>  Q76	Limites entre les unités d'habitats EUNIS niveau 3	<i>... la densité de lisière entre les unités d'habitats est moins importante</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	Traduit surtout les conditions souvent favorables aux espèces tributaires des caractéristiques intrinsèques des habitats
<b>Rareté de l'artificialisation de l'habitat</b> <i>Part relative du site occupée par les habitats EUNIS niveau 3 et le type de communautés végétales associées modulées selon leur degré d'artificialisation</i>  Q39, Q57 et Q58	Habitats EUNIS niveau 3 et type de communautés végétales associé	<i>... l'artificialisation des habitats est moins forte</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	Distinction peu précise entre les habitats très artificialisés d'une part, et des habitats avec des perturbations modérées à très réduites d'autre part
<b>Rareté des invasions biologiques végétales<sup>N</sup></b> <i>Part relative du site non occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques en période de croissance végétative</i>  Q55	Espèces associées à des invasions biologiques d'après la référence choisie par l'observateur	<i>... l'emprise des espèces végétales associées à des invasions biologiques se réduit</i> → Capacité d'accueil pour la faune et la flore autochtone accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	-
<b>Proximité des habitats</b> <i>Distance moyenne entre le périmètre des unités d'habitats EUNIS niveau 1 dans le site et le périmètre des unités d'habitats EUNIS niveau 1 similaires les plus proches dans le paysage du site</i>  Q77, Q78	Habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans son paysage	<i>... la distance entre le périmètre des unités d'habitats EUNIS niveau 1 dans le site et le périmètre d'unités d'habitats EUNIS niveau 1 similaires se réduit</i> → Connectivité entre les habitats accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain	-
<b>Similarité avec le paysage</b> <i>Coefficient de similarité entre la part relative des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et celle des habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage</i>  Q22, Q39	Habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans son paysage	<i>... la ressemblance entre la composition des habitats du site et celle du paysage croît</i> → Connectivité entre les habitats accrue	BD ORTHO®, vérifications sur le terrain dans le site et ponctuellement dans le paysage	Non prise en compte des habitats intercalés entre les habitats du site et du paysage EUNIS niveau 1 reste peu précis

<sup>N</sup> Indicateur non renseigné si emprise des espèces végétales associées à des invasions biologiques en période de croissance végétative non connue.



# Applications des diagnostics pour évaluer l'équivalence fonctionnelle dans le cadre de la compensation d'impacts sur les zones humides

# 4

Dans le cadre d'une installation, d'un ouvrage, de travaux ou d'activités (IOTA) soumis à la nomenclature « loi sur l'eau », les mesures de compensation sont proposées par le maître d'ouvrage en contrepartie des impacts négatifs résiduels significatifs engendrés par son projet, après évitement et réduction. Elles ont pour but d'atteindre l'équivalence écologique, qualitative et quantitative, entre les impacts résiduels (pertes) et la plus-value apportée par les mesures compensatoires (gains). **En égalisant a minima les pertes et les gains, l'objectif est de conserver et si possible d'améliorer la qualité environnementale des milieux (article II du R.122-14 du code de l'environnement).** La mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser » est guidée par un certain nombre de principes qui incluent la proportionnalité, l'équivalence, la proximité géographique et temporelle, la faisabilité, l'efficacité, la pérennité, l'additionnalité écologique et financière et la cohérence (Annexe 4, p. 60).

**Les éléments de méthode présentés ici concernent uniquement le respect des principes :**

- **de proximité géographique** : analyser la similarité des diagnostics de contexte du site impacté et du site de compensation ;
- **d'efficacité** : suivre l'évolution de l'intensité des sous-fonctions au travers de la variation des indicateurs relevés sur le site impacté avant et après impact et sur le site de compensation avant et après action écologique ;
- **d'équivalence fonctionnelle** : vérifier que la mesure de compensation cible les mêmes composantes de milieux sur le site de compensation que celles détruites ou altérées sur le site impacté dans le diagnostic de contexte. Évaluer la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle à l'issue de la mise en œuvre des mesures de compensation sur la base de l'analyse des indicateurs ;
- **d'additionnalité écologique** : évaluer si le gain fonctionnel est au moins équivalent aux pertes à l'issue de la mise en œuvre des mesures de compensation.

Les autres principes régissant la compensation écologique ou encore les garanties financières et foncières à apporter lors de la mise en œuvre de ces mesures sont tout aussi importants à présenter en phase d'instruction des projets, pour évaluer l'éligibilité de ces mesures au titre de la compensation écologique (CGDD et DEB 2013). Toutefois, ils peuvent être vérifiés indépendamment de ceux évalués grâce à cette méthode.

## 4.1 Respect des principes de proximité géographique et d'équivalence - mobilisation du diagnostic de contexte

Selon la réglementation, le principe de proximité géographique implique qu'une mesure de compensation soit située à proximité du site impacté, sur une zone présentant des caractéristiques physiques et anthropiques similaires. En plus, selon la réglementation, le principe d'équivalence implique que la mesure de compensation cible les mêmes composantes de milieux que celles détruites ou altérées (Annexe 4 p. 60).

Dans le cadre de cette méthode, ces principes sont évalués au travers d'une analyse de la similarité des diagnostics de contexte de sites (Figure 17 p. 48). Ainsi, il est nécessaire de veiller à ce que le site avant impact et le site de compensation avec action écologique envisagée ou après action écologique réunissent simultanément les cinq conditions suivantes :

- 1 - appartenir à la même masse d'eau de surface, sinon à titre exceptionnel, dans des cas dûment justifiés (par ex. impossibilité manifeste de trouver des sites de compensation valables dans la même masse d'eau que celle concernée par l'aménagement) ils doivent appartenir à des masses d'eau de surface immédiatement en amont ou aval l'une de l'autre ;
- 2 - présenter des pressions anthropiques similaires dans la zone contributive ;
- 3 - présenter un paysage similaire ;
- 4 - appartenir au même système hydrogéomorphologique ;
- 5 - présenter des habitats similaires dans le site.

L'encadré 8 présente de manière détaillée les points de vigilance lors du choix du site de compensation et ce afin de respecter les conditions listées ci-dessus. **Si ces cinq conditions ne sont pas simultanément remplies, cette méthode n'est alors pas pertinente pour évaluer l'efficacité des actions écologiques et la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle. Il est alors conseillé aux parties prenantes de revoir les caractéristiques du site de compensation ou d'identifier un autre site de compensation plus pertinent**<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> La méthode n'a évidemment pas vocation à fournir des prescriptions sur comment procéder pour compenser les impacts négatifs résiduels significatifs sur les zones humides. Les éléments du diagnostic de contexte fournissent simplement un cadre où il est pertinent d'utiliser la méthode pour évaluer la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle durant la séquence « éviter, réduire, compenser ». Il s'agit également du cadre à minima préconisé par les auteurs qui ont rédigé cette méthode, pour la mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser ». En dehors de ce cadre, la méthode ne peut pas être mobilisée pour évaluer la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle et d'autres méthodes doivent être utilisées.

#### Encadré 8. Points de vigilance lors du choix des sites de compensation

Certains éléments du diagnostic du contexte de site sont laissés à l'appréciation des parties prenantes, lors de la mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser ». Ainsi, lors de la recherche de sites de compensation, il est crucial de veiller à :

- la similarité des pressions anthropiques sur les zones contributives des sites impactés et de compensation, afin d'éviter des déséquilibres flagrants. Une vigilance particulière doit notamment être accordée quant aux évolutions en cours dans la zone contributive du site de compensation (par ex. déprise agricole, urbanisation). Le fait que le site avant impact et le site de compensation avant action écologique soient dans des zones contributives comparables ne garantit pas que ces derniers restent dans ces mêmes types de zones à moyen et long termes. Ainsi lors du choix du site de compensation, il est préconisé de prendre en compte, dans la limite des connaissances actuelles, quelle pourrait être l'évolution des pressions anthropiques dans la zone contributive du site de compensation afin de favoriser le succès des actions écologiques mises en œuvre (par ex. analyse de l'évolution des pressions anthropiques, consultation des documents d'urbanisme) ;
- la similarité des habitats EUNIS niveau 1 dans le paysage du site impacté et du site de compensation afin d'éviter des déséquilibres flagrants. Une vigilance particulière doit notamment être accordée quant aux évolutions qui peuvent être en cours dans le paysage du site de compensation (par ex. site dans une zone en cours d'urbanisation ou en cours de déprise agricole). Le fait que le site avant impact et le site de compensation avant action écologique soient dans des paysages similaires ne garantit pas que le site avant impact et le site de compensation après action écologique soient dans des paysages similaires. Ainsi, et comme dans le point précédent, il est préconisé de prendre en compte, dans la limite des connaissances actuelles, quelle pourrait être l'évolution des habitats EUNIS de niveau 1 dans le paysage du site de compensation afin de favoriser le succès des actions écologiques mises en œuvre (par ex. analyse de l'évolution de l'occupation du sol dans la zone, consultation des documents d'urbanisme) ;
- la similarité des habitats EUNIS niveau 3 dans le site avant impact et dans le site de compensation après action écologique. Ceci constitue en effet une garantie que la comparaison des fonctions se fait globalement sur des écosystèmes similaires, où les fonctions sont effectivement comparables. Des travaux complémentaires sont en cours pour expliciter les trajectoires d'évolution des écosystèmes au cours de la mise en œuvre des actions écologiques et ce afin de tendre vers des écosystèmes similaires à ceux détruits sur le site impacté. Il est nécessaire de veiller à utiliser des surfaces minimales cartographiables similaires pour décrire les habitats du site impacté et du site de compensation. Une exception notable à cette règle de similarité des habitats détruits vs. compensés dans le site, concerne les habitats avec une très forte empreinte anthropique (lignes directrices dans CGDD et DEB 2013). En effet, ces derniers sont considérés comme des habitats où les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et d'accomplissement du cycle biologique des espèces sont le plus souvent très réduites (Mitsch et Gosselink 2007). Il s'agit principalement, mais pas seulement, d'habitats inclus dans « I Habitats agricoles, horticoles et domestiques régulièrement ou récemment cultivés » et les habitats « J Zones bâties, sites industriels et autres habitats artificiels » (partie B, page 134 à 138).

## 4.2 Respect des principes d'efficacité, d'équivalence et d'additionnalité écologique - mobilisation du diagnostic fonctionnel

Selon la réglementation, le principe d'efficacité vise à vérifier que les actions écologiques mises en œuvre permettent d'atteindre les objectifs visés par la compensation au travers de la production de résultats clairs, précis et contrôlables (Annexe 4 p. 60). L'efficacité de chaque mesure doit être évaluée par un programme de suivi, c'est-à-dire par une série de collectes de données répétées dans le temps qui renseignent des indicateurs de résultats. Ces indicateurs sont définis en tenant compte de l'état initial du site de compensation.

**Dans le cadre de cette méthode, l'efficacité des actions écologiques peut être mesurée au travers d'une évaluation répétée dans le temps de l'intensité de chaque sous-fonction suite à la mise en œuvre des actions écologiques.** Cette évaluation se base sur le suivi de l'évolution de la valeur relative des indicateurs, c'est-à-dire dont la valeur est rapportée à l'échelle d'une unité surfacique (capacité fonctionnelle relative, voir section 3.2). La superficie des sites évalués n'est donc pas prise en compte dans ce cas-là. **Ainsi, on peut considérer que le principe d'efficacité est respecté lorsque :**

valeur relative d'un indicateur X  
sur le site de compensation  
avant action écologique

<

valeur relative d'un indicateur X  
sur le site de compensation  
au cours de la mise en œuvre et/ou après action écologique

À noter que la mise en place d'un suivi de ces indicateurs tout au long du projet permet de favoriser une gestion adaptative orientée vers les résultats à atteindre.

Selon la réglementation, le principe d'équivalence vise notamment à vérifier la mesure de compensation écologique est dimensionnée selon l'ampleur du projet et l'intensité des impacts négatifs résiduels significatifs. Le principe d'additionnalité écologique vise notamment à vérifier que la mesure de compensation engendre bien un « gain » écologique au moins équivalent aux « pertes » réalisées (Annexe 4 p. 60). Les actions écologiques mises en œuvre sur le site de compensation ont pour but d'atteindre l'équivalence écologique, qualitative et quantitative, entre les impacts résiduels (pertes) et la plus-value apportée par les mesures compensatoires (gains). Ces mesures doivent être dimensionnées selon l'ampleur du projet et l'intensité des impacts négatifs résiduels significatifs.

**Dans le cadre de cette méthode, l'équivalence fonctionnelle et l'additionnalité écologique sont déterminées en comparant la perte fonctionnelle sur le site impacté, avec le gain fonctionnel – ou le déclin - sur le site de compensation (définitions Encadré 9). Cette comparaison nécessite d'intégrer un ratio d'équivalence fonctionnelle qui représente le rapport entre gain fonctionnel/perte fonctionnelle à dépasser pour conclure quant à la vraisemblance d'une équivalence fonctionnelle.** Par exemple, si le ratio d'équivalence fonctionnelle est de 2 pour 1, le gain fonctionnel doit être au moins deux fois supérieur à la perte fonctionnelle pour qu'il y ait une équivalence fonctionnelle. Ce ratio d'équivalence fonctionnelle doit faire l'objet d'un argumentaire scientifique et technique (au regard de la littérature disponible) qui dépasse le cadre de la méthode présentée ici. Il est néanmoins vivement conseillé d'aller au-delà du ratio de 1 pour 1 afin de maximiser les chances que l'équivalence fonctionnelle vraisemblablement détectée soit avérée.

### Encadré 9. Définition de la perte, du gain et du déclin fonctionnels

#### Perte fonctionnelle sur le site impacté

La perte fonctionnelle est l'impact négatif résiduel significatif engendré par le projet sur les fonctions assurées par le site une fois les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre et l'aménagement réalisé. Elle signifie la régression de l'intensité d'une sous-fonction sur le site après impact au vu d'un indicateur. Elle survient quand :

valeur absolue d'un indicateur X  
sur le site  
avant impact

>

valeur absolue d'un indicateur X  
sur le site  
après impact

La perte fonctionnelle est ici décrite en termes d'amplitude d'impact. L'observateur peut éventuellement proposer une analyse intégrant d'autres aspects que ceux pris en compte ici tels que la durée de l'impact, sa réversibilité, son caractère direct ou indirect pour nuancer le résultat de l'évaluation (Régnery 2013). En effet, afin de satisfaire aux impératifs opérationnels de la méthode (p. 13), la perte fonctionnelle est ici qualifiée à un instant  $t$ , après l'impact. Elle ne tient pas compte de la trajectoire écologique dans laquelle le site s'inscrit. L'observateur peut éventuellement discuter de la perte fonctionnelle au regard de sa connaissance du site et de la trajectoire écologique dans laquelle ce dernier s'inscrivait avant impact (vers une baisse, une stagnation ou une hausse de la sous-fonction).

### Déclin fonctionnel sur le site de compensation

Un déclin fonctionnel indique une baisse de l'intensité d'une sous-fonction assurée par le site de compensation après la mise en œuvre de la mesure de compensation. Il survient quand :



Un déclin fonctionnel peut survenir dans de nombreuses situations : effets contraires à ceux visés durant la réalisation des actions écologiques (phase travaux), effets en cascade de la mise en œuvre de différentes actions écologiques qui permettent d'obtenir un gain fonctionnel au regard de certains indicateurs, mais qui peuvent avoir des effets négatifs sur d'autres sous-fonctions, etc.

### Gain fonctionnel sur le site de compensation

Le gain fonctionnel indique une progression de l'intensité d'une sous-fonction sur le site de compensation au vu d'un indicateur. Il survient quand :



Si l'amplitude du gain est évaluée, le délai pour atteindre ce gain et la durée de ce gain ne sont pas estimés par la méthode. Ils peuvent éventuellement être étayés par un commentaire de l'observateur en complément du résultat de l'évaluation.

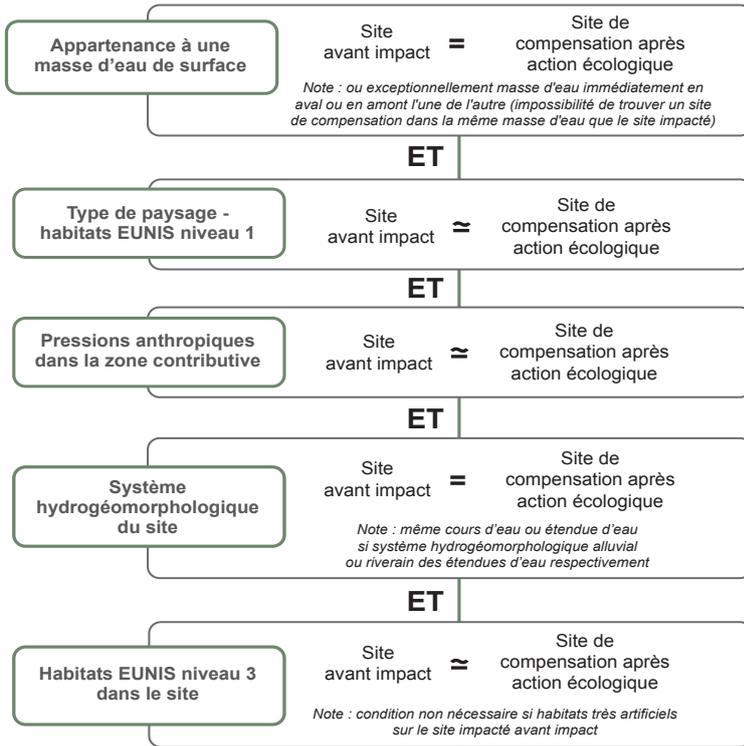
**A noter que le ratio d'équivalence fonctionnelle ne correspond pas à un ratio surfacique comme cela est souvent rencontré dans les méthodes de dimensionnement des mesures de compensation « zones humides ».** Le ratio d'équivalence fonctionnelle minimum est fixé par construction à 1 pour 1, mais l'observateur a la possibilité de choisir un ratio supérieur à 1 pour 1 durant l'évaluation. En effet, comme le caractère linéaire de la relation entre un indicateur et la réalisation d'une sous-fonction n'est pas assuré (Figure 16 p. 36), un ratio d'équivalence fonctionnelle de 1 pour 1 peut s'avérer insuffisant pour respecter l'équivalence de fonction. **Ainsi, plus ce ratio est élevé, plus l'effort de restauration requis est potentiellement important, plus le gain fonctionnel devra être nettement supérieur à la perte fonctionnelle et plus il y aura de garanties quant au respect du principe d'équivalence fonctionnelle et d'additionnalité écologique.** Il est ainsi tout à fait possible de requérir que le gain fonctionnel ne soit pas simplement au moins égal à la perte fonctionnelle, mais par exemple 1,5 fois, 2 fois, 5 fois... supérieur à la perte fonctionnelle. Ceci est plus particulièrement le cas pour les sites de compensation où la mise en œuvre d'actions écologiques sur les habitats humides et fonctions présentent un risque d'échec élevé.

**Ainsi, les principes d'équivalence fonctionnelle et d'additionnalité écologique pour une sous-fonction donnée sont vraisemblablement respectés si le gain fonctionnel sur le site de compensation est supérieur ou égal au produit de la perte fonctionnelle et du ratio d'équivalence fonctionnelle (Figure 17 p. 48).** L'estimation du gain et de la perte fonctionnelle pour une sous-fonction donnée est basée sur une évaluation de l'évolution de la valeur absolue des indicateurs avant/après impact et avant/après action écologique (capacité fonctionnelle absolue, section 3.2).

$$\text{Gain fonctionnel pour un indicateur X sur le site de compensation} \geq \text{Ratio d'équivalence fonctionnelle} \times \text{Perte fonctionnelle pour un indicateur X sur le site impacté}$$

**DIAGNOSTIC DE CONTEXTE**

**SI**

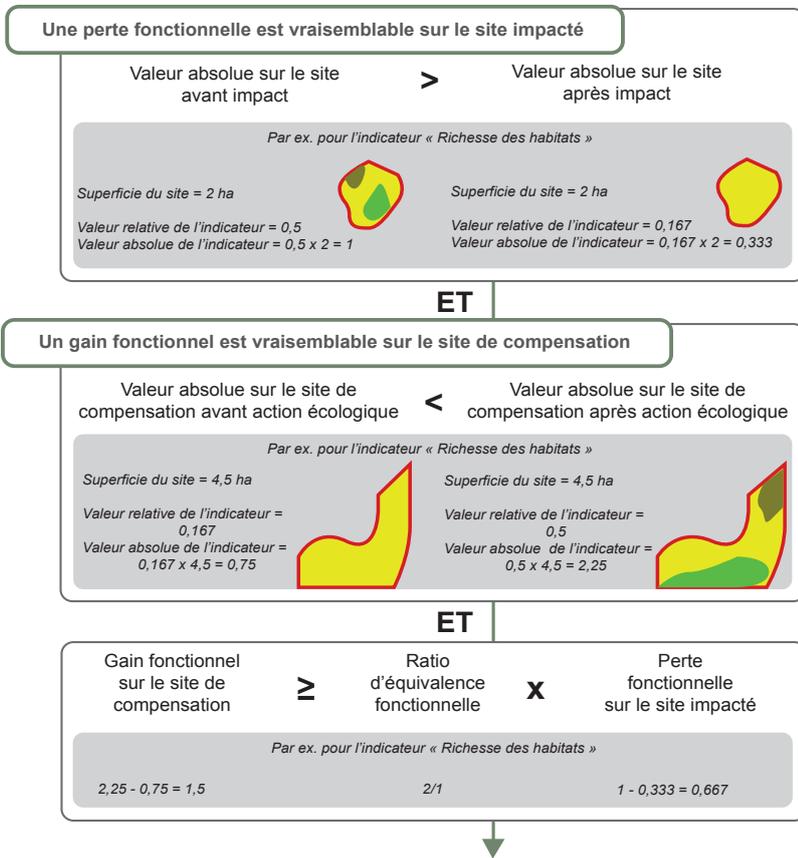


**ALORS**

Quand ces cinq conditions sont réunies il est possible d'évaluer l'équivalence fonctionnelle des mesures de compensation avec cette méthode

**DIAGNOSTIC FONCTIONNEL**

**SI** pour un indicateur dans le site



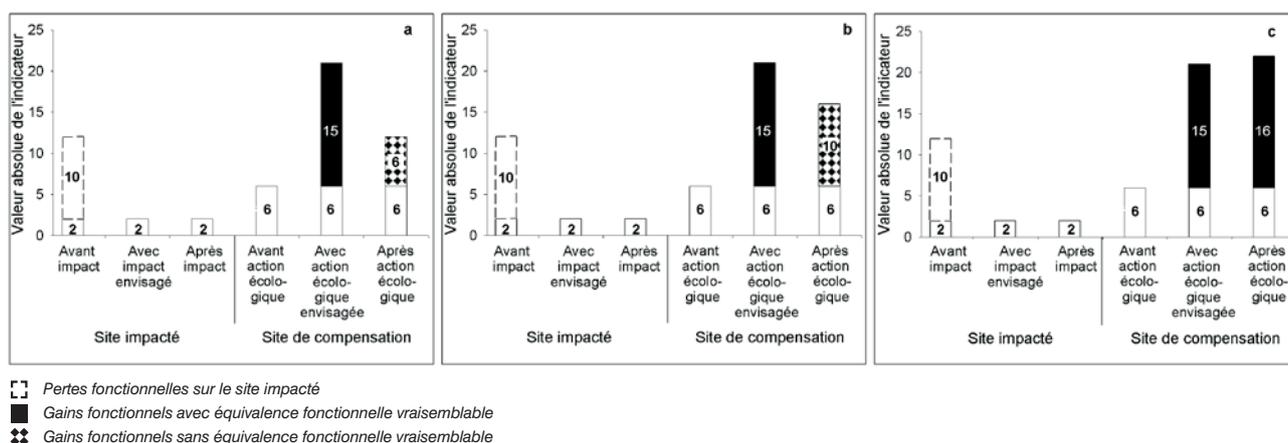
**ALORS**

Une équivalence fonctionnelle est vraisemblable pour les sous-fonctions au regard de cet indicateur

**Figure 17.** Récapitulatif des conditions à vérifier pour respecter vraisemblablement les principes de proximité géographique, d'équivalence, d'efficacité et d'additionnalité écologique, après mise en œuvre des mesures de compensation. Le ratio d'équivalence fonctionnelle est choisi par l'observateur (minimum de 1 pour 1). Plus il est élevé, plus l'effort pour mettre en œuvre les actions écologiques est potentiellement important, plus le gain fonctionnel devra être nettement supérieur à la perte et plus il y aura de garanties quant à la vraisemblance de l'équivalence fonctionnelle).

- = Les caractéristiques des deux sites doivent être égales.
- ≈ Les caractéristiques des deux sites doivent être similaires sans être impérativement parfaitement égales. L'observateur vérifie cette similarité.
- Contours du site impacté et du site de compensation
- Habitats EUNIS niveau 3 dans les sites

Un exemple est donné ci-dessous pour illustrer dans quel cas l'équivalence fonctionnelle peut être considérée comme vraisemblable ou non (Figure 18).



**Figure 18.** Les trois situations possibles pour la valeur absolue de l'indicateur d'un site impacté et d'un site de compensation quand un gain fonctionnel est observé. Ici un ratio d'équivalence fonctionnelle de 1,5 pour 1 a été choisi par l'observateur. Dans le premier cas (a), la différence entre la valeur absolue de l'indicateur sur le site de compensation avant et après action écologique est inférieure à la différence entre la valeur absolue de l'indicateur sur le site avant et après impact. Dans le deuxième et le troisième cas (b et c), la différence entre la valeur absolue de l'indicateur sur le site de compensation avant et après action écologique est supérieure ou égale à la différence entre la valeur absolue de l'indicateur sur le site avant et après impact. La condition d'un gain fonctionnel sur le site de compensation supérieur ou égal au produit de la perte fonctionnelle sur le site et du ratio d'équivalence fonctionnelle n'est donc remplie que dans le troisième cas (c).

Il est important de noter que la vérification du respect de l'équivalence fonctionnelle est fondée sur des « vraisemblances » et non sur des faits avérés. En outre, celle-ci est vérifiée en comparant uniquement entre eux les indicateurs intrinsèques aux sites, les indicateurs de l'environnement des sites (zone contributive, zone tampon, paysage et éventuellement cours d'eau) apportant des éléments de contexte mais pas une évaluation de l'équivalence fonctionnelle. Enfin, les modalités d'évaluation de la perte fonctionnelle sur le site impacté dépendent du type de projet envisagé par le maître d'ouvrage et de ses impacts (réversibles ou non).

Ainsi, dans le cas où l'impact sur le site impacté est considéré par l'observateur comme réversible à court ou moyen terme sur la totalité du site, le périmètre du site impacté avant impact et celui du site impacté après impact sont les mêmes. Le site impacté après impact est donc toujours en zone humide au sens de l'art. L.211-1 du code de l'environnement (précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié). **La perte fonctionnelle est évaluée en comparant les fonctions sur le site avant impact et avec impact envisagée ou après impact. Dans ce cas, le périmètre du site en zone humide n'a pas évolué après l'impact.**

Dans le cas où l'impact sur tout le site est considéré par l'observateur comme irréversible à court ou moyen terme (par ex. aménagement d'une zone commerciale sur une zone humide), le site impacté après impact n'est plus considéré en zone humide au sens de l'art. L.211-1 du code de l'environnement (précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié) et les fonctions du site impacté sont considérées comme ayant été perdues dans leur intégralité. **La perte fonctionnelle est évaluée sur la base des fonctions réalisées par le site avant impact.**

Dans le cas où l'impact sur le site est réversible à court ou moyen terme sur une partie du site, mais irréversible sur une autre partie du site (cela peut être le cas pour l'aménagement d'une infrastructure de transport dont l'impact est considéré comme irréversible sous l'emprise de l'infrastructure, mais partiellement réversible au droit de l'emprise des travaux), alors la superficie du site après impact est inférieure à celle du site avant impact. Le site après impact est toujours partiellement en zone humide au sens de l'art. L.211-1 du code de l'environnement (précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié). **La perte fonctionnelle est dans ce cas évaluée en comparant les fonctions sur le site avant impact et avec impact envisagé ou après impact. Dans ce cas, le périmètre du site en zone humide a évolué après l'impact.**



## Limites de la méthode

# 5

**Cette méthode ne permet ni d'identifier le caractère humide ou non d'un site ni de le délimiter (arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié), ni de prendre en compte la trajectoire écologique des zones humides selon leurs caractéristiques initiales, ni de définir les actions écologiques à mettre en œuvre et/ou de modalités de gestion conservatoire envisagées.** Ces aspects doivent être traités indépendamment des principes évalués grâce à cette méthode.

**Cette méthode n'est pas applicable dans les départements d'Outre-mer. Par ailleurs, en France métropolitaine, le lit mineur des cours d'eau, la zone de pleine eau des lacs, la zone inondée des grandes étendues d'eau stagnante telles que les étangs et gravières et les zones humides sous influence marine (milieux saumâtres et salés littoraux) sont exclus du champ d'application de la méthode.**

**Cette méthode n'évalue pas les fonctions effectives mais les fonctions probablement réalisées. L'évaluation par cette méthode ne remplace pas une évaluation approfondie par des spécialistes ou experts avec une instrumentation poussée qui peut alors saisir la variabilité du fonctionnement des écosystèmes et notamment le fait que la réalisation d'une fonction peut se faire en interdépendance avec d'autres fonctions.** Quand les impératifs opérationnels ne sont pas aussi importants que ceux rencontrés pour appliquer cette méthode, il est préconisé de recourir aussi souvent que possible à des expertises approfondies afin de tendre vers une évaluation des fonctions effectivement réalisées dans le site. Notez que d'autres méthodes d'évaluations des fonctions plus approfondies que celle-ci, mais plus chronophage, existent et peuvent être mobilisées comme celle de Maltby *et al.* (1996).

**Cette méthode n'accorde aucune considération aux services et valeurs associés aux zones humides (bénéfices et dommages pour la société), ni à l'état de conservation des zones humides (dégradation au regard de standards écologiques, sociétaux et politiques).**

**Cette méthode n'a pas vocation à permettre l'évaluation d'une zone humide pour tous les aspects en rapport avec les espèces, notamment les espèces protégées car elle doit pouvoir être appliquée à toute période de l'année, avec un temps d'application disponible très réduit.** Ces évaluations rentrent dans les procédures d'étude d'impact sur les espèces protégées et éventuellement d'étude d'incidence (Natura 2000) auxquelles l'évaluation des fonctions ne se substitue pas.

**La durée et la temporalité de la mise en œuvre des mesures compensatoires, ou encore les garanties financières et contractuelles à apporter, ne sont pas abordées par cette méthode. De même, elle ne permet pas de prendre en compte l'incertitude (risque d'échec) au regard de l'objectif de résultat, de dimensionner les mesures de compensation à mettre en œuvre selon les projets concernés et de quantifier/ajuster la réponse de compensation selon des ratios scientifiquement fondés.**

Cette méthode a vocation à être utilisée à l'échelle nationale. Elle correspond bien aux besoins de méthodes évoqués à l'échelle nationale par les acteurs techniques qui interviennent sur les zones humides (Gayet et Barnaud 2013) : connaître le rôle des zones humides dans la réalisation des fonctions hydrologiques, mesurer la réussite des actions de gestion et surtout de restauration, pouvoir disposer d'indicateurs relativement simples et standardisés à l'échelle nationale, disposer d'outils de communication sur les projets. **Une méthode avec un champ d'application aussi large ne peut de fait pas saisir des particularités locales qui peuvent être rencontrées (par ex. secteurs de marais avec des fossés exceptionnellement denses, où l'indicateur**

« **Rareté des fossés** » pourrait ne pas être sensible à une réduction de la densité de fossés après une action écologique). En effet, si l'étalonnage des indicateurs a été réalisé de telle sorte qu'ils soient adaptés à une grande variété de conditions écologiques à l'échelle nationale, il est possible qu'ils ne permettent pas de saisir complètement la variabilité propre de contextes particuliers. L'avis technique qui accompagne la présentation des évaluations réalisées avec la méthode doit permettre de compléter le diagnostic en identifiant les problèmes éventuellement rencontrés. Par ailleurs, dans de tels cas, il reste possible pour de futurs observateurs, de compléter le diagnostic fonctionnel proposé dans cette méthode avec d'autres indicateurs en s'inspirant de la démarche proposée dans Gayet *et al.* (2016).

**La méthode permet d'évaluer l'intensité de seulement 10 sous-fonctions et il est tout à fait possible que des pertes ou des gains fonctionnels associés à d'autres sous-fonctions que celles-ci puissent avoir lieu après un aménagement ou une action écologique.** En effet, la liste des fonctions évaluées dans cette méthode est très réduite comparé à la diversité des fonctions dans une zone humide. Il reste toutefois possible pour d'éventuels contributeurs de s'approprier la méthode pour la compléter.

**Avec cette méthode, les pertes fonctionnelles et les gains fonctionnels évalués sont centrés sur le site. Les pertes fonctionnelles et les gains fonctionnels induits par un aménagement ou une action écologique sur les autres écosystèmes dans l'environnement du site ne sont pas pris en compte.**

Les fonctions vraisemblablement réalisées dans un site sont évaluées à partir de paramètres qu'il est possible de mesurer, au regard des impératifs opérationnels de la méthode. **Les paramètres mesurés sont ceux qui ont vraisemblablement un effet important sur les fonctions sans préjuger de l'importance d'autres facteurs non retenus dans la méthode (trop coûteux ou trop complexes à mesurer).** Cependant, les mesures sur les paramètres ne sont pas toujours réalisées avec les moyens les plus précis (par ex. la texture du sol est ici évaluée avec un test simple sur le terrain, d'après des recommandations dans la bibliographie, mais des mesures plus précises et fiables sont possibles en laboratoire). Durant la conception de la méthode, les recherches bibliographiques n'ont pas permis d'identifier des paramètres qui seraient plus structurants que les autres. **Les indicateurs liés à l'évaluation d'une sous-fonction donnée n'ont donc pas été hiérarchisés les uns par rapport aux autres (par ex. un paramètre qui affecte toute une série d'autres paramètres et de fonctions de manière directe ou indirecte).**

**La méthode tente de s'affranchir le plus possible d'un biais observateur pour réaliser les différentes mesures nécessaires à l'évaluation. Cependant, ce biais ne peut évidemment pas disparaître complètement.** Il est possible de limiter son influence en étant exigeant quant à l'ampleur des gains fonctionnels attendus sur un site (par exemple en agissant sur le ratio d'équivalence fonctionnelle) ou en insistant sur le déploiement de formation à l'utilisation de la méthode.

**La méthode permet de réaliser un suivi sur un site impacté (avant et après impact) et sur un site de compensation (avant et après action écologique) mais aucun délai à respecter n'est indiqué pour réaliser les évaluations sur ces sites.** Un délai standard n'aurait ici pas de sens. Comme évoqué précédemment, les zones humides sont une « famille » d'écosystèmes extrêmement variés, les actions écologiques sur ces écosystèmes sont également très diverses, c'est pourquoi un délai standard à respecter entre deux évaluations ne serait pas pertinent. Le délai à respecter entre deux évaluations sur un site, pour détecter une perte fonctionnelle ou un gain fonctionnel est actuellement laissé à l'appréciation des parties-prenantes qui interviennent durant la mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser ».

Les évaluations fournies après l'application de la méthode sur des sites permettent de cibler des paramètres (par ex. richesse des habitats, pH du sol, rugosité du couvert végétal). Il est possible d'identifier ceux sur lesquels des gains fonctionnels sont pertinents sur le site de compensation au regard des pertes sur le site impacté. **Cependant, les évaluations fournies n'indiquent ni les fonctions, ni les paramètres sur lesquels il est le plus pertinent d'envisager des gains fonctionnels durant la mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser » afin d'atteindre l'équivalence fonctionnelle.** Le choix de la fonction ou des fonctions d'intérêt et des paramètres associés sur lesquels intervenir est un choix qui relève de la responsabilité des parties-prenantes qui interviennent dans la mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser ». Il est alors important de penser aux éventuelles interconnexions entre fonctions et entre paramètres pour anticiper d'éventuels effets « indésirables » à l'issue de la mise en œuvre de cette séquence.



## Perspectives 6

La méthode a été conçue pour répondre à un besoin précis : veiller à une mise en place vertueuse de la séquence « éviter, réduire, compenser » en améliorant la connaissance des fonctions associées aux zones humides impactées par des projets, tout en tenant compte des impératifs auxquels sont confrontés les maîtres d'ouvrages, les bureaux d'études, les services instructeurs de l'État et les établissements publics en charge de l'expertise et du contrôle de ces projets.

**Notez que cette méthode peut également être mobilisée par des maîtres d'ouvrage dans une démarche prospective : analyse de la pertinence d'utiliser des sites en zones humides comme sites de compensation sous réserve qu'ils partagent un diagnostic de contexte similaire avec le site impacté. La méthode peut également être mobilisée pour suivre et comparer l'évolution des fonctions associées à des zones humides impactées par différents types de projets.**

L'utilisation de cette méthode peut vraisemblablement être étendue pour répondre à d'autres questions et servir dans un autre contexte que celui de l'instruction de projets, par exemple :

- il est possible d'utiliser cette méthode sur une zone humide pour identifier la plus-value d'une action écologique sur les fonctions réalisées par cette zone humide. Le résultat de l'évaluation automatiquement mis en forme avec le tableur qui accompagne la méthode constitue alors un potentiel support de communication pour un public technique vers un public non technique ;
- il est possible d'utiliser la méthode sur plusieurs zones humides d'un territoire afin d'identifier les zones humides qui partagent des caractéristiques similaires. Si les zones humides en question ne partagent pas un diagnostic de contexte similaire à un instant  $t$ , il n'est pas possible de conclure sur une éventuelle hiérarchie entre ces zones humides quant à leur efficacité à réaliser une fonction au regard d'un indicateur donné.

Trois principales perspectives en prolongement de ce travail sont envisageables. Elles visent à :

- accompagner l'application de la méthode par le biais de formations auprès du public technique qui est le principal destinataire de la méthode ;
- compléter la méthode concernant :
  - **le dimensionnement des mesures de compensation.** Des développements méthodologiques sont nécessaires dans le futur pour proposer des critères de quantification du besoin et de la réponse de compensation (par ex. proportionnalité et équivalence quantitative, faisabilité, proximité temporelle, pérennité, Annexe 4 p. 60),
  - **l'incorporation d'autres sous-fonctions.** La méthode permet actuellement d'évaluer 10 sous-fonctions des zones humides. Il est possible d'envisager d'évaluer d'autres sous-fonctions dans le futur (par ex. sous-fonctions en rapport avec d'autres nutriments que l'azote, le phosphore ou le carbone, sous-fonctions en rapport avec l'accomplissement du cycle biologique de groupes taxonomiques spécifiques),
  - **l'incorporation d'autres indicateurs.** Actuellement, l'évaluation des fonctions par cette méthode repose sur 47 indicateurs. Il est possible pour de futurs contributeurs de concevoir des indicateurs complémentaires, qui ne substituerait pas aux indicateurs déjà inclus dans la méthode mais qui la compléteraient. Ces contributeurs doivent alors impérativement suivre la démarche proposée pour concevoir les indicateurs (voir Gayet et al. 2016), sauf qu'il sera possible pour eux de s'affranchir des impératifs pour concevoir la méthode (par ex. développer des indicateurs qui requièrent des connaissances importantes en botanique),
  - **l'extension du champ d'application de la méthode aux zones humides saumâtres et salées littorales au sens de l'art. L. 211-1 du code de l'environnement (précisé par l'arrêté interministériel du 24 juin 2008 modifié), en France métropolitaine.** Seules les zones humides continentales sont en effet prises en compte dans la présente version de la méthode,
  - **le développement d'une démarche similaire pour les territoires d'outre-mer,**
  - **l'amélioration de la prise en compte du lien existant entre les zones humides impactées par les projets (ou les sites de compensation) et leurs milieux récepteurs situés en aval immédiat (par ex. soutien d'étiage),**
- actualiser la méthode, notamment au regard :
  - du retour des utilisateurs qui l'auront appliquée sur des cas concrets de réduction *in situ* ou de compensation *ex situ* des impacts,
  - d'éventuelles avancées scientifiques et opérationnelles,
  - de la mise à disposition de nouveaux référentiels à l'échelle nationale (par ex. référentiel pédologique), qui pourraient être mobilisés durant l'évaluation.

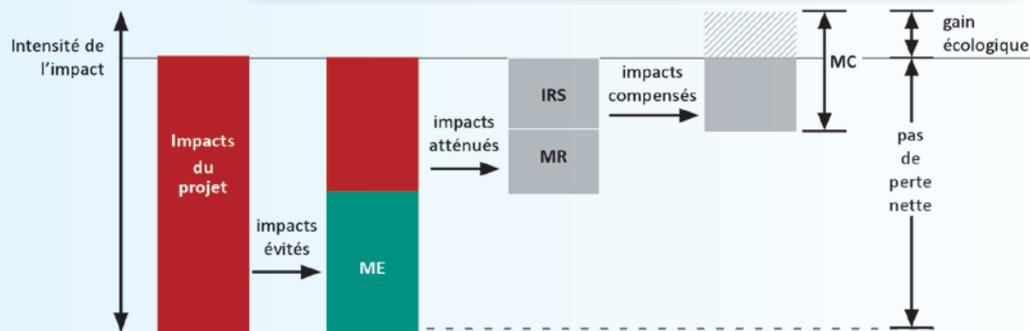
# Annexes

## Annexe 1 - La séquence « éviter, réduire, compenser »

### ■ Éviter <sup>[1,2]</sup>

Quoi ?

Modifier un projet afin de **supprimer totalement** un impact négatif identifié que ce projet engendrerait [figure 1a].



ME : mesures d'évitement ; MR : mesures de réduction ; MC : mesures de compensation ; IRS : impacts résiduels significatifs

Figure 1a : Impacts d'un projet sur l'environnement et mesures ERC <sup>[3]</sup> : les mesures d'évitement.

Comment ?

Trois grands types de mesures d'évitement sont possibles :

- **évitement en termes d'opportunité de projet** : il s'agit de voir si le projet doit ou ne doit pas se faire. Dans les projets de grandes infrastructures linéaires, l'opportunité du projet est évaluée très en amont de la phase d'instruction, lors du débat public ;
- **évitement géographique** : il s'agit de changer le site d'implantation d'un projet ou le tracé d'une infrastructure, afin de garantir la suppression totale d'un impact sur les milieux et/ou espèces nécessitant d'être protégés ;
- **évitement technique** : il s'agit d'opter pour des solutions techniques qui garantissent la suppression totale d'un impact.

Où ?

À distance, à proximité ou au droit du projet. Dans ce dernier cas particulier, la mesure d'évitement doit absolument garantir l'absence totale d'impacts sur le milieu ou les espèces protégées.

Quand ?

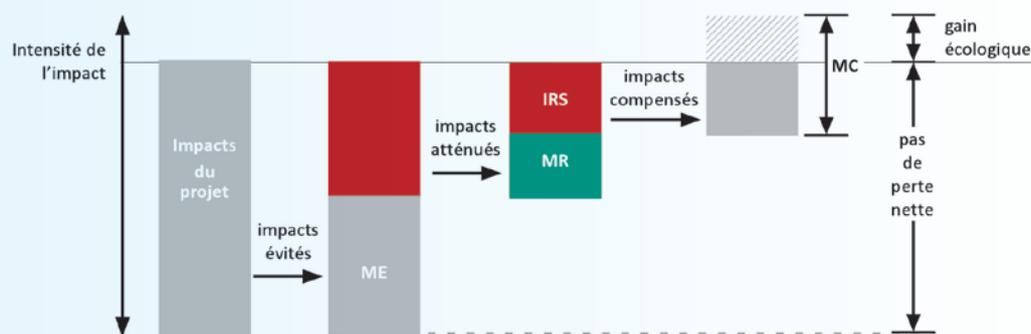
En phase de conception du projet.

## ■ Réduire [1, 2, 4]

### Quoi ?

**Réduire ou limiter** autant que possible la durée, l'intensité et/ou l'étendue des impacts d'un projet sur l'environnement qui ne peuvent pas être complètement évités, notamment en mobilisant les meilleures techniques disponibles (moindre impact à un coût raisonnable).

Il peut rester des impacts résiduels du projet sur les milieux et espèces une fois les mesures de réduction mises en œuvre [figure 1b].



ME : mesures d'évitement ; MR : mesures de réduction ; MC : mesures de compensation ; IRS : impacts résiduels significatifs

Figure 1b : Impacts d'un projet sur l'environnement et mesures ERC [3] : les mesures de réduction et les impacts résiduels.

### Comment ?

Deux grands types de mesures de correction sont possibles :

- **des mesures de réduction en phase chantier.** Par exemple : la mise en place de dispositifs temporaires de traitement des eaux de ruissellement (bassins de décantation) et de franchissement des milieux aquatiques ; la réalisation du chantier en dehors de la période de reproduction des espèces animales protégées ; une pêche de sauvegarde ; la réduction des aires d'emprise des travaux ; la remise en état de la zone après chantier ;

- **des mesures de réduction en phase d'exploitation.** Par exemple : l'équipement des remblais de couches drainantes ; la mise en place de bassins écrêteurs de crue et de traitement de l'eau ; le franchissement d'un cours d'eau à l'aide d'OH sans assise dans le lit mineur (viaduc, passage inférieur à portique ouvert, pont poutre) ; l'enterrement des OH avec assise en lit mineur sous 30 cm de substrat ; la plantation de ripisylve au droit des dérivations ; la recréation d'une hétérogénéité de faciès d'écoulement ; l'installation de passages à faune (banquettes, crapauducs, déflecteurs, macro-rugosité, etc.).

Les mesures doivent répondre à une obligation de résultat. Les moyens mis en œuvre peuvent être modifiés s'ils s'avèrent non fonctionnels.

### Où ?

**Au droit du projet** ou à proximité immédiate.

### Quand ?

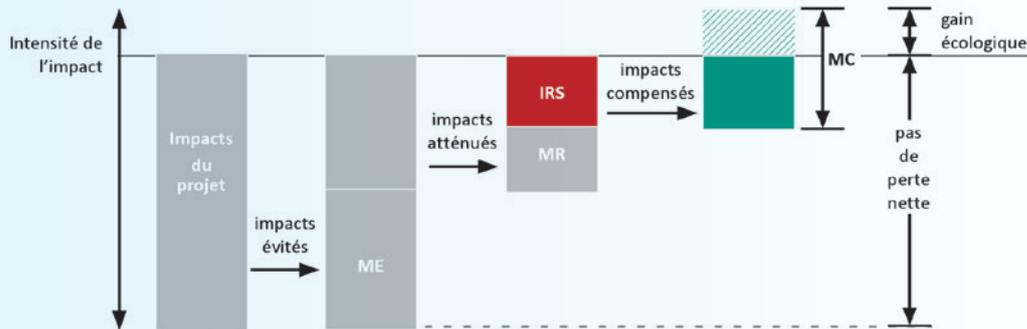
Avant, pendant et après le chantier.

## ■ Compenser [1,2]

### Quoi ?

Compenser les **impacts négatifs résiduels significatifs** d'un projet, si la démarche d'évitement et de réduction des impacts ne les a pas supprimés totalement.

**Maintenir** voire **rétablir** la qualité environnementale et les fonctions des milieux naturels [figure 1c].



ME : mesures d'évitement ; MR : mesures de réduction ; MC : mesures de compensation ; IRS : impacts résiduels significatifs

Figure 1c : Impacts d'un projet sur l'environnement et mesures ERC [3] : les mesures de compensation des impacts résiduels.

### Méthode ?

Les maîtres d'ouvrage sont libres de proposer leur propre méthode d'évaluation des besoins / réponses de compensation. Néanmoins, les mesures de compensation écologique doivent respecter certains principes édictés dans le Code de l'environnement.

### Comment ?

Les mesures de compensation écologique possibles sont :

- la restauration, la réhabilitation voire la création de milieux naturels, lorsque cela s'avère techniquement possible ;
- la préservation de sites existants, mais uniquement dans le cas particulier de sites susceptibles d'être détruits à court ou moyen termes.

### Où ?

Sur le site endommagé ou à proximité immédiate (R.122-14 II du Code de l'environnement).

### Quand ?

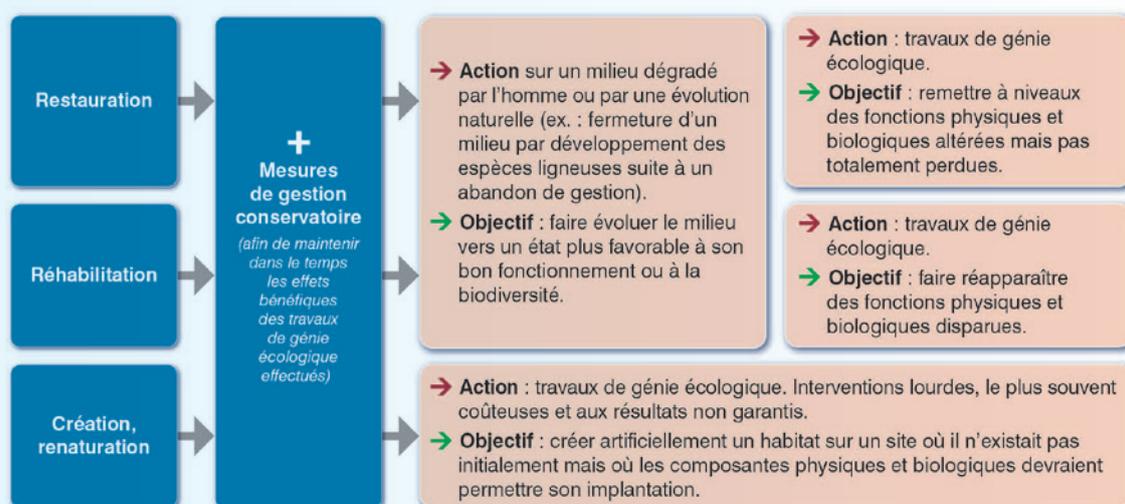
En théorie, avant ou pendant le chantier. En effet, plus les travaux sont prévus tôt, plus ils ont une chance d'être réellement mis en œuvre.

Source : Onema 2015a. Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact environnemental – Modalités d'expertise, préconisations techniques et retours d'expériences - Tome 1 : outils réglementaires. Collection « Guides et protocoles ». Onema. 98 p.

## Annexe 2 - Définition d'une mesure de compensation

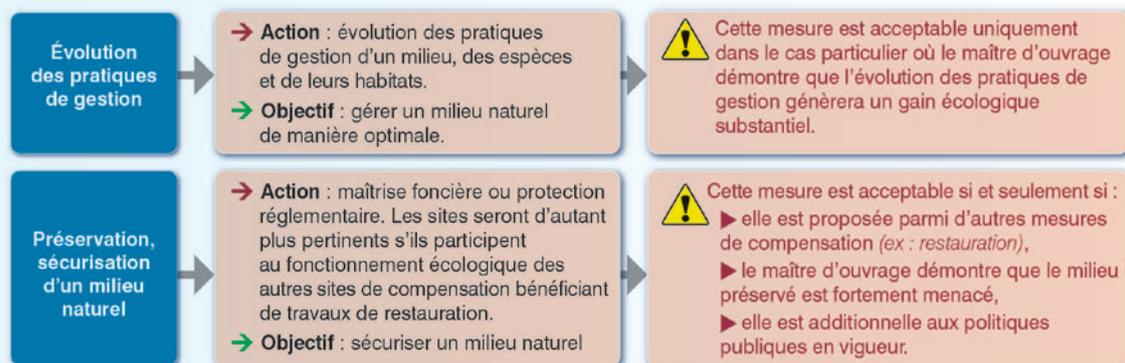
### ■ Une mesure de compensation c'est...<sup>1</sup>

Selon les lignes directrices ERC, une mesure de compensation écologique est en priorité une « action » telle que [1] :



Ainsi, les mesures de compensation doivent être en « nature ». Un versement financier peut constituer une mesure de compensation uniquement lorsqu'il est directement affecté à une action écologique qui respecte les principes réglementaires prélistés [cf. fiche T5.1.1].

D'autres types de mesure peuvent être acceptés au titre de la compensation écologique, mais à titre **exceptionnel et sous conditions** :



1 - Pour mémoire : cf. fiches T1.1.1 et T1.1.2 pour des informations sur la réglementation et les définitions des mesures ERC.

Source : Onema 2015b. Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact environnemental – Modalités d'expertise, préconisations techniques et retours d'expériences - Tome 5 : expertise des mesures de compensation écologique. Collection « Guides et protocoles ». Onema. 76 p.

## Annexe 3 - Synthèse des articles du Code de l'environnement régissant les principes de la compensation écologique.

Tableau 1 : Synthèse des articles du Code de l'environnement régissant les principes de la compensation écologique.

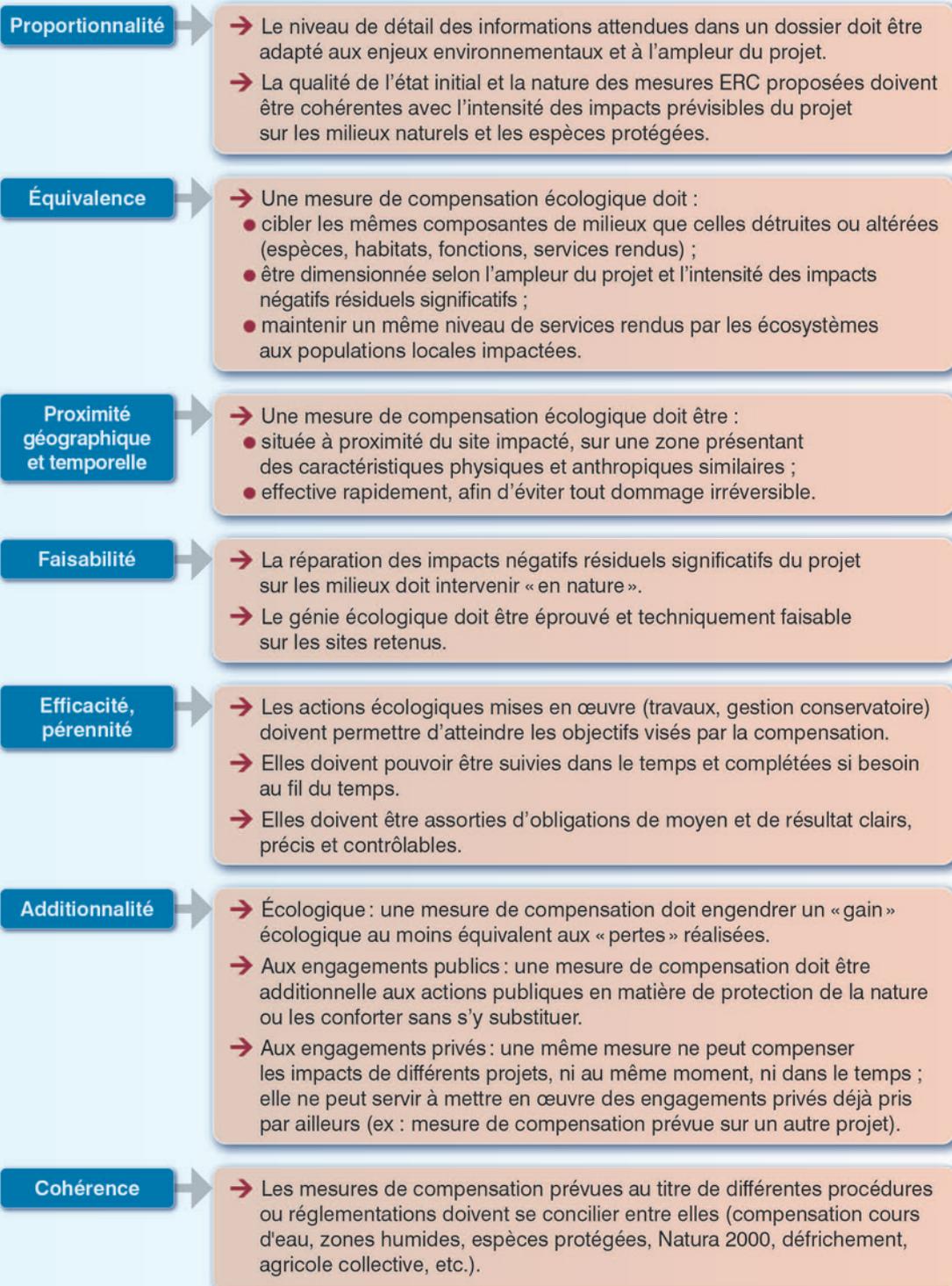
	Loi sur l'eau	Étude d'impact	Natura 2000	Espèces protégées
<b>Proportionnalité</b>	<p>► R. 214-6-II-4°-d (A) et R. 214-32-II-4°-d (D) : mise en place de mesures « <u>s'il y a lieu</u> ».</p> <p>► Arrêté ministériel de prescriptions générales relatif à la rubrique 3.1.5.0. (A et D) : définition des mesures adaptées [...] « <u>lorsque c'est nécessaire et possible, compenser leurs impacts négatifs significatifs sur l'environnement</u> » ; « Le milieu ainsi restauré doit être [...] d'une surface <u>au moins égale</u> ».</p> <p>► Circulaire du 24 décembre 1999 : la surface à acquérir au titre de la compensation zone humide « doit être <u>suffisante</u> pour restaurer des fonctionnalités identiques [...] ».</p>	<p>► L. 122-3 § II (2°) : « Le contenu de l'étude d'impact, [...], les mesures <u>proportionnées</u> envisagées pour éviter, réduire et, lorsque c'est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement [...] ».</p> <p>► R. 122-5 § I : « Le contenu de l'étude d'impact est <u>proportionné</u> à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine ».</p>	<p>► R. 414-23 : « Cette évaluation est <u>proportionnée</u> à l'importance du document ou de l'opération et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence ».</p> <p>► R. 414-23-IV-2° : « Les mesures compensatoires permettent une compensation [...] <u>proportionnée</u> au regard de l'atteinte portée aux objectifs de conservation du ou des sites Natura 2000 concernés ».</p> <p>► Circulaire 15 avril 2010 : « Le niveau d'exigence de l'autorité décisionnaire, notamment sur le plan scientifique, doit être lui aussi <u>adapté à l'ampleur du projet d'activité ainsi qu'aux enjeux de conservation</u> attachés au site Natura 2000 en cause. Néanmoins, l'évaluation doit traiter l'ensemble des aspects d'une activité ».</p>	<p>► Arrêté du 19 février 2007 : la demande de dérogation comprend la description « <u>s'il y a lieu, des mesures d'atténuation ou de compensation</u> [...] ».</p>
<b>Faisabilité</b>	<p>► Arrêté ministériel de prescriptions générales relatif à la rubrique 3.1.5.0. (A et D) : « Le choix et la localisation des mesures est <u>justifié</u> dans le document d'incidences ».</p> <p>► Circulaire du 24 décembre 1999 : les mesures de compensation zone humide peuvent « par exemple, consister en [...] la réalisation de <u>travaux de restauration</u> [...] ». La surface à acquérir doit être suffisante pour restaurer des fonctionnalités identiques [...] ».</p>	<p>► R. 122-5 § II (7°) : « l'étude d'impact présente les mesures prévues par le maître d'ouvrage pour compenser, <u>lorsque cela est possible</u>, ... S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le [...] maître d'ouvrage justifie cette impossibilité ».</p>	<p>► R. 414-23-IV-2° : « Ces mesures compensatoires sont mises en place selon un calendrier permettant d'<u>assurer une continuité</u> dans les capacités du réseau Natura 2000 à assurer la conservation des habitats naturels et des espèces ».</p> <p>► R. 414-23-IV-3° : « L'estimation des dépenses correspondantes et les modalités de prise en charge des mesures compensatoires, qui sont assumées, [...] ».</p>	<p>► L. 411-2-4° : obligation de maintien « dans un <u>état de conservation favorable</u>, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle ».</p> <p>► Circulaire du 21 janvier 2008 : les mesures de compensation doivent être fondées « sur les meilleures connaissances et expériences disponibles ».</p>
<b>Proximité géographique et temporelle</b>	<p>► R. 212-13 : obligation de « [...] <u>prévention de la détérioration de la qualité des eaux</u> consiste à faire en sorte qu'aucune des masses d'eau du bassin ou groupement de bassins <u>ne soit dans un état correspondant à un classement inférieur</u> à celui qui la caractérisait au début de la période considérée ».</p> <p>► Arrêté ministériel de prescriptions générales relatif à la rubrique 3.1.5.0. (A et D) : « Ces mesures interviennent <u>par priorité à l'échelle du cours d'eau intéressé</u> » ; « Les mesures compensatoires doivent être <u>préalables à toute atteinte au milieu naturel</u> ».</p> <p>► Cf. Dispositions de certains SDAGE ou SAGE relatives à la situation géographique des sites de compensation zone humide.</p>	<p>► R. 122-14 § II : « Elles sont mises en œuvre en priorité <u>sur le site endommagé ou à proximité</u> de celui-ci [...] ».</p>	<p>► R. 414-23-IV-2° : « Lorsque ces mesures compensatoires sont fractionnées dans le temps et dans l'espace, elles résultent d'une <u>approche d'ensemble, permettant d'assurer cette continuité</u> ».</p>	<p>► L. 411-2-4° : obligation de maintien « dans un <u>état de conservation favorable</u>, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle ».</p> <p>► Circulaire du 21 janvier 2008 : il est indispensable que les mesures d'atténuation ou de compensation « soient mises en œuvre <u>avant</u> la réalisation de l'activité ou lorsque cela est compatible avec leur efficacité, au plus tard <u>simultanément</u> à la réalisation de l'activité pour laquelle une dérogation est sollicitée ».</p>

	Loi sur l'eau	Étude d'impact	Natura 2000	Espèces protégées
<b>Équivalence</b>	<p>► Arrêté ministériel de prescriptions générales relatif à la rubrique 3.1.5.0. (A et D) : les mesures de compensation « interviennent sur des secteurs présentant les mêmes espèces que dans la zone de travaux » ; « Le milieu ainsi restauré doit être de qualité écologique <u>au moins équivalente</u> à celle du milieu détruit et d'une surface <u>au moins égale</u> ».</p> <p>► Circulaire du 24 décembre 1999 : les mesures de compensation zone humide peuvent « par exemple, consister en l'acquisition [...] de terrains humides dégradés, de même fonctionnalité que ceux détruits ou altérés. [...] La surface à acquérir doit être suffisante pour restaurer des fonctionnalités identiques à celles des zones asséchées ou remblayées, ainsi que celles environnantes indirectement altérées ».</p> <p>► Cf. Dispositions des SDAGE ou SAGE relatives à l'équivalence de fonctions (physiques et biologiques) entre les sites de compensation zone humide et les sites impactés.</p>	<p>► R. 122-14 § II : « Elles sont mises en œuvre [...] afin de garantir sa <u>fonctionnalité</u> [...] ».</p>	<p>► L. 414-4-VII : « L'autorité compétente [...] s'assure que des mesures compensatoires sont prises pour <u>maintenir la cohérence globale</u> du réseau Natura 2000 ».</p>	<p>► L. 411-2-4° : obligation de maintien « [...] des <u>espèces concernées</u> dans leur aire de répartition naturelle ».</p> <p>► Arrêté du 19 février 2007 : la demande de dérogation comprend la description « des mesures d'atténuation ou de compensation mises en œuvre, ayant des <u>conséquences bénéfiques</u> pour les espèces <u>concernées</u> ».</p>
<b>Efficacité Additionnalité écologique</b>	<p>► L. 212-1-IV : obligation de respect des « objectifs de qualité et de quantité des eaux » fixés par les SDAGE et correspondant pour les masses d'eaux non-MEFM « à un bon état écologique et chimique » et pour les MEFM « à un bon potentiel écologique et à un bon état chimique ».</p> <p>► R. 212-13 : obligation de « [...] prévention de la détérioration de la qualité des eaux consiste à faire en sorte qu'aucune des masses d'eau du bassin ou groupement de bassins ne soit dans un état correspondant à un classement inférieur à celui qui la caractérisait au début de la période considérée ».</p> <p>► Arrêté ministériel de prescriptions générales relatif à la rubrique 3.1.5.0. (A et D) : « Le choix et la localisation des mesures est <u>justifié</u> dans le document d'incidences. Les mesures prévues sont <u>décrites</u> dans le document d'incidences. Le milieu ainsi restauré doit être de qualité écologique <u>au moins équivalente</u> à celle du milieu détruit et d'une surface <u>au moins égale</u> ». Une dérogation au principe de proximité temporelle est possible « si le pétitionnaire justifie [...] que la dérogation ne compromet pas l'<u>efficacité</u> de la compensation ».</p> <p>► Circulaire du 24 décembre 1999 : les mesures de compensation zone humide peuvent « par exemple, consister en l'acquisition amiable de terrains humides dégradés, [...] pour <u>restaurer</u> des fonctionnalités identiques à celles des zones asséchées ou remblayées, ainsi que celles environnantes indirectement altérées ».</p> <p>► Cf. Dispositions de certains SDAGE ou SAGE relatives à la plus-value écologique des mesures de compensation</p>	<p>► R. 122-14 § II : « Elles doivent permettre de <u>conserver</u> globalement et, si possible, <u>d'améliorer</u> la qualité environnementale des milieux ».</p>	<p>► R. 414-23-IV-2° : « Les mesures compensatoires permettent une compensation <u>efficace</u> [...] ».</p>	<p>► L. 411-2-4° : obligation de maintien « dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle ».</p> <p>► Arrêté du 19 février 2007 : la demande de dérogation comprend la description « des mesures d'atténuation ou de compensation mises en œuvre, ayant des <u>conséquences bénéfiques</u> pour les espèces concernées ».</p> <p>► Circulaire du 21 janvier 2008 : les mesures de compensation doivent « avoir une <u>réelle probabilité de succès</u> ».</p>

Source : Onema 2015b. Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact environnemental – Modalités d'expertise, préconisations techniques et retours d'expériences - Tome 5 : expertise des mesures de compensation écologique. Collection « Guides et protocoles ». Onema. 76 p.

## Annexe 4 - Présentation des principes régissant la compensation écologique

Ces principes ont pour objectif de répondre aux obligations de moyen et de résultat qui incombent à ces mesures [2, 3] :



Source : Onema 2015b. Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact environnemental – Modalités d'expertise, préconisations techniques et retours d'expériences - Tome 5 : expertise des mesures de compensation écologique. Collection « Guides et protocoles ». Onema. 76 p.

# Bibliographie

Bardat J. *et al.* 2004. Prodrôme des végétations de France. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Patrim. Nat. 171 p.

Barnaud G. *et al.* En préparation. En préalable à la compensation des aménagements réalisés en zones humides, l'évaluation des fonctions écologiques - Revue bibliographique et analyse critique des méthodes (titre provisoire). Collection « Comprendre pour agir ». Onema.

Barnaud G. *et al.* 2013. En préalable à la compensation des aménagements réalisés en zones humides, l'évaluation des fonctions écologiques - Revue bibliographique et analyse critique des méthodes. Rapport interne Onema-MNHN.

Bissardon M. *et al.* 2003. CORINE biotopes: version originale, types d'habitats français. École nationale du génie rural, des eaux et des forêts (ENGREF). 179 p.

Bockstaller C., Girardin P. 2003. How to validate environmental indicators. *Agric. Syst.* 76: 639–653.

Brinson M.M. 1993a. Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands* 13: 65–74.

Brinson M.M. 1993b. A hydrogeomorphic classification for wetlands. 103 p.

Brinson M.M., Hauer F.R., Lee L.C., Nutter W.L., Rheinhardt R.D. 1995. A Guidebook for Application of Hydrogeomorphic Assessments to Riverine Wetlands. Report. East Carolina Univ Greenville NC. 219 p.

Buelhoff K., Jaymond D. 2015. Étude d'une méthode d'évaluation des zones humides : la validation et l'application d'une méthode d'évaluation rapide des fonctions des zones humides. Rapport technique Irstea. 79 p.

CGDD, DEB 2013. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. Collection «Références» du Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEIDD) du Commissariat général au développement durable (CGDD). Paris, 232 p.

Clair M. *et al.* 2005. Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquées aux sites terrestres du réseau Natura 2000. Guide méthodologique. MNHN FCBN. 66 p.

Davies C.E. *et al.* 2004. EUNIS habitat classification revised 2004. Rep. Eur. Environ. Agency-Eur. Top. Cent. Nat. Prot. Biodivers. 127–143.

Durántez Jiménez P. 2015. Contribution à l'élaboration d'une méthode d'évaluation rapide des fonctions des zones humides : échantillonnage des sites, applications géomatiques et prospections de terrain. Rapport de Master 2. Délégation interrégionale de l'Onema à Toulouse. 71 p.

Etchecopar Etchart C. 2011. La gestion des zones humides dans les dossiers Loi sur l'eau. État des lieux de la mise en œuvre des mesures compensatoires. Rapport de Master 2. 74 p.

Fennessy M.S. *et al.* 2007. An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands* 27: 543–560.

Fustec E., Lefeuvre J.C. 2000. Fonctions et valeurs de zones humides. Dunod, Paris. 426 p.

Gaucherand S. *et al.* 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., Barnaud G. 2013. Synthèse des acquis et besoins opérationnels. Zones humides, recherches et développements (2001-2011). Note de synthèse en préalable à la journée nationale de restitution du 13/12/2013. Onema, MNHN-SPN. 6 p.

Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J.-C., Gaillard J., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Poinot C., Quétier, F., Touroult, J., Barnaud, G., 2016. Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Fondements théoriques, scientifiques et techniques. Onema, MNHN, p. 310. Rapport SPN 2016 – 91.

- Giraud F. 2015. Contribution à l'élaboration d'une méthode d'évaluation rapide des fonctions des zones humides : échantillonnage des sites et applications géomatiques. Rapport de Master 2, Délégation interrégionale Nord-Est de l'Onema. 55 p.
- Girardin P., Bockstaller C., van der Werf H.M.G. 1999. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. *Journal of Sustainable Agriculture*. 13:5–21. Dans Bockstaller et Girardin (2003).
- Heink U., Kowarik I. 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecol. Indic.* 10: 584–593.
- Institut National de l'Information Géographique et Forestière 2011. BD TOPO® Version 2.1.
- Longa S. 2014. Contribution à l'élaboration d'une méthode d'évaluation rapide des fonctions des zones humides : échantillonnage des sites, applications géomatiques et prospection sur le terrain. Rapport de Master 2. Délégation interrégionale de l'Onema à Metz. 145 p.
- Louvel J. *et al.* 2013. EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE. Paris. 302 p.
- Maltby E. 2009. Functional assessment of wetlands. Towards evaluation of ecosystem services. Woodhead Publishing. 694 p.
- Maltby E. *et al.* 1996. Functional analysis of European wetland ecosystems: improving the science base for the development of procedures of functional analysis. The function of river marginal wetland ecosystems. Phase 1 (FAEWE). Office for Official Publications of the European Communities. 452 p.
- Martin L. 2012. La gestion des zones humides dans les dossiers loi sur l'eau : amélioration des avis techniques pour une meilleure mise en œuvre des mesures compensatoires zones humides. Rapport de Master 2. 129 p.
- MEDDE, INRA. 2013. Guide d'identification et de délimitation des sols des zones humides. 63 p. [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide\\_hors-sol\\_02-05-13\\_light-1.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_hors-sol_02-05-13_light-1.pdf).
- MEEDDM. 2010. Analyse de mesures compensatoires aux atteintes au patrimoine naturel. Recueil et analyse de cas. 240 p.
- Mitsch W.J., Gosselink J.G. 2007. Wetlands. Hoboken. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- NRC (National Research Council). 1995. Wetlands characteristics and boundaries. National Academy Press, Washington, D.C., USA. 268 p.
- Onema 2015a. Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact environnemental – Modalités d'expertise, préconisations techniques et retours d'expériences - Tome 1 : outils réglementaires. Collection « Guides et protocoles ». Onema. 98 p.
- Onema 2015b. Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact environnemental – Modalités d'expertise, préconisations techniques et retours d'expériences - Tome 5 : expertise des mesures de compensation écologique. Collection « Guides et protocoles ». Onema. 76 p.
- Reddy K.R., Kadlec R.H., Flaig E., Gale P.M. 1999. Phosphorus retention in streams and wetlands: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 29:83-146.
- Regnery B. 2013. Les mesures compensatoires pour la biodiversité. Conception et perspectives d'application. Thèse. Université de Paris VI Pierre et Marie-Curie et Museum national d'Histoire naturelle. 244 p.
- Riverain C., Salinesi P.J., Isselin-Nondedeu F. 2012. Les méthodes d'évaluation rapides des zones humides américaines et leur transposabilité au territoire français dans le cadre de mesures compensatoires. 105 p.
- Schwoertzig E. 2011. Sélection d'indicateurs appropriés à la définition d'échelles d'équivalence écologique. Analyse de la pertinence de méthodes d'évaluation développées pour les zones humides aux États-Unis et appliquées au département de l'Isère. Rapport de Master 2. 34 p.
- Simon O. 2014. Contribution à la construction d'une méthode rapide d'évaluation des fonctions des zones humides : évaluation du potentiel de restauration. Rapport de Master 2, Délégation interrégionale de l'Onema à Rennes. 170 p.
- Smith R.D. *et al.* 1995. An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices. 90 p.
- Wiens J. A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecol.* 3:385–397.