

**MEMOIRE PRESENTE PAR  
« Lise MARTIN »**

Pour l'obtention du Master Professionnel  
« Gestion de l'Environnement et Traitement des Eaux »

**« 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 »**



**Soutenu le 31 Août 2012 à LIMOGES**

Responsable Universitaire du stage : Gilles GUIBAUD  
Responsable du stage au sein de l'ONEMA : Emmanuel PEREZ

Année universitaire 2011-2012

En collaboration avec :

## REMERCIEMENTS

Pour débiter ce rapport, je souhaite adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué au bon déroulement de ce stage.

Je remercie Mr Weingertner, délégué régional, pour avoir permis que ce stage se déroule au sein des locaux de la délégation interrégionale du Nord-Est de l'ONEMA.

Mes remerciements s'adressent tout particulièrement à Mr PEREZ, mon maître de stage à l'ONEMA pour sa disponibilité, sa bonne humeur, ses conseils et toutes les connaissances qu'il m'a transmis.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel de la DIR de Metz pour leur accueil et leur gentillesse et particulièrement l'équipe de stagiaires pour les bons moments passés ensemble dans « l'open space ».

Je remercie également les membres du comité de pilotage de ce stage pour m'avoir aiguillé tout au long de ces six mois. Je pense également à tous les relecteurs de ce rapport pour leurs remarques et leurs conseils pertinents.

Merci enfin à tous ceux que je n'ai pas nommé et qui ont participé à la réussite de ce stage. Je n'oublie pas ma famille pour son soutien sans failles !

Comme dit, merci à tous !



## TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES .....	A
LISTE DES ILLUSTRATIONS .....	B
LISTE DES TABLEAUX .....	B
LISTE DES ABREVIATIONS .....	C
PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT .....	D
INTRODUCTION .....	1
I. ETAT DES LIEUX .....	2
a. Généralités sur les zones humides .....	2
b. Les fonctionnalités des zones humides .....	3
1. Notions de fonctions et de services .....	3
2. Les fonctions des zones humides .....	4
c. Les mesures compensatoires zones humides .....	6
1. La procédure loi sur l'eau .....	6
2. Cadre réglementaire de la compensation .....	6
3. Définition de la compensation et des mesures compensatoires .....	7
4. La compensation : solution « miracle » ou permis de détruire ? .....	9
II. ROLE DE L'ONEMA DANS L'INSTRUCTION DES DOSSIERS LOI SUR L'EAU .....	10
a. Les avis techniques .....	10
b. Création du référentiel « milieu aquatique-documents d'incidences » .....	11
1. Origines du référentiel « milieu aquatique – documents d'incidences » .....	11
2. Présentation du référentiel « milieu aquatique – documents d'incidences » .....	11
III. OUTILS TECHNIQUES A DESTINATION DES ACTEURS DE L'EAU .....	13
a. Les fiches référentiel « milieu aquatique – documents d'incidences » .....	14
1. Fiches techniques documents d'incidences .....	14
2. Fiches et notes méthodologiques .....	15
b. Le logigramme .....	16
c. Méthode d'évaluation des fonctionnalités des zones humides .....	17
1. Choix de la méthode d'évaluation .....	19
2. Mise en place de la méthode .....	20
2.1. Présentation des zones humides évaluées .....	20
2.2. Présentation de la méthode WRS .....	22
3. Résultats des évaluations .....	24
4. Discussion et perspectives .....	25
DISCUSSION GENERALE SUR LA COMPENSATION .....	29
CONCLUSION .....	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	31

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Les délégations interrégionales de l'ONEMA.....	E
Figure 2: La délégation interrégionale du Nord-est.....	E
Figure 3: Principales causes de dégradation et de disparition des zones humides.....	3
Figure 4: Fonctions des zones humides, effets et perceptions.....	4
Figure 5: Hiérarchisation des mesures d'évitement, d'atténuation et de compensation .....	7
Figure 6: Facteurs influençant le choix du ratio .....	9
Figure 7: Code couleur indiquant le niveau d'exigence en fonction des enjeux du projet ....	11
Figure 8: Etapes de recherche dans le référentiel MADi .....	12
Figure 9: Processus de validation officiel des fiches.....	13
Figure 10: Organigramme des fiches créées sur la thématique des « mesures compensatoires zones humides ». .....	14
Figure 11: Marais de Droitaumont .....	21
Figure 12: Prairie humide de St Clément .....	21
Figure 14: Position géographique de l'Etat de Washington .....	22
Figure 13: Tourbière de Lispach .....	22
Figure 15: Estimation de la variation du niveau d'eau en l'absence d'exutoire .....	26

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Les 13 grands types de zones humides de la typologie SDAGE .....	2
Tableau II: Seuils d'autorisation et de déclaration pour la rubrique 3.3.1.0 .....	6
Tableau III: Les différentes notes méthodologiques « fonctionnalités ». .....	15
Tableau IV: Comparaison de six méthodes d'évaluation des fonctionnalités des zones humides .....	19
Tableau V: Présentation des catégories de la méthode WRS.....	23
Tableau VI: Scores atteints par les différentes fonctions pour le marais de Droitaumont ....	24
Tableau VII: Scores atteints par les différentes fonctions pour la zone humide de St Clément .....	24
Tableau VIII: Scores atteints par les différentes fonctions pour la tourbière de Lispach .....	25
Tableau IX: Lien entre catégories de la méthode WRS et les niveaux d'exigences prévus dans les documents d'incidence.....	28
Tableau X: Proposition de système d'intervalles pour les fonctions « hydrologique », «amélioration de la qualité de l'eau » et « habitat ».....	28

## LISTE DES ABBREVIATIONS

CNPN - **C**onseil **N**ational pour la **P**rotection de la **N**ature

DAST - **D**irection de l'**A**ction **S**cientifique et **T**echnique

DEB - **D**irection de l'**E**au et de la **B**iodiversité

DCE - **D**irective **C**adre sur l'**E**au

DCIE - **D**irection de la **C**onnaissance et de l'**I**nformation sur l'**E**au

DCUAT - **D**irection du **C**ontrôle des **U**sages et de l'**A**ction **T**erritoriale

DDT - **D**irection **D**épartementale des **T**erritoires

DREAL - **D**irection **R**égionale de l'**E**nvironnement, de l'**A**ménagement et du **L**ogement

ENS - **E**space **N**aturel **S**ensible

EPTB - **E**tablishement **P**ublic **T**erritorial de **B**assin

IOTA - **I**nstallations, **O**uvrages, **T**ravaux, **A**ctivités

IRSTEA - **I**nstitut national de **R**echerche en **S**ciences et **T**echnologies pour l'**E**nvironnement et l'**A**griculture

LEMA - **L**oi sur l'**E**au et les **M**ilieus **A**quatiques

MES - **M**atières **E**n **S**uspension

MNHN - **M**uséum **N**ational d'**H**istoire **N**aturelle

ONEMA - **O**ffice **N**ational de l'**E**au et de **M**ilieus **A**quatiques

PNR - **P**arc **N**aturel **R**égional

SAGE - **S**chéma **A**ménagement et de **G**estion de l'**E**au

SDAGE - **S**chéma **D**irecteur d'**A**ménagement et de **G**estion de l'**E**au

SIE - **S**ystème d'**I**nformation sur l'**E**au

SPE - **S**ervice de **P**olice de l'**E**au

UICN - **U**nion **I**nternationale pour la **C**onservation de la **N**ature

## PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT

Créé par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques<sup>1</sup> (LEMA), et son décret d'application (25 mars 2007), l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) est un établissement public national sous tutelle du Ministère en charge de l'Ecologie. L'ONEMA est l'organisme technique français de référence sur la connaissance et la surveillance de l'état des eaux et sur le fonctionnement écologique des milieux aquatiques. Il a pour fonctions d'appuyer la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'eau et d'assurer la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau<sup>2</sup> (DCE).

Les quatre activités principales de l'ONEMA concernent :

- Le *développement des savoirs sur l'eau et les milieux aquatiques* grâce à des partenariats avec des établissements de recherche et la mise en place de programmes de recherche.
- L'*information sur l'eau, les milieux aquatiques et leurs usages* au travers du système d'information sur l'eau (SIE) et de son réseau d'agents répartis sur l'ensemble du territoire national.
- Le *contrôle des usages* de l'eau par des actions de police à visées préventives et répressives.
- L'*action territoriale* qui apporte un appui technique afin d'assurer une meilleure intégration des questions écologiques dans les politiques de l'eau et dans les documents de planification de la gestion de l'eau (SDAGE, SAGE,...).

Sur le plan national, l'ONEMA présente une hiérarchisation en trois niveaux.

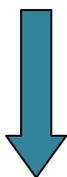
### **UNE DIRECTION GENERALE (DG) :**



La direction générale développe une capacité d'expertise de haut niveau en appui aux politiques publiques de gestion de l'eau. Elle assure le pilotage de l'établissement, la coordination du système d'information sur l'eau (SIE) et est en charge des actions relatives à la solidarité financière envers les bassins de l'outre-mer et de Corse. Enfin, la direction générale apporte son soutien aux délégations interrégionales et aux services départementaux.

### **NEUF DELEGATIONS INTER- REGIONALES (DIR)**

(Fig. 1) :



Les délégations représentent l'établissement auprès des autorités territoriales. Elles encadrent et animent les services départementaux qui leur sont rattachés en encadrant et organisant le recueil des données et l'activité de contrôle et de police. En outre, les DIR apportent un appui technique aux services de l'état et aux gestionnaires de l'eau pour améliorer la prise en compte des enjeux écologiques dans les documents de planification et de programmation.

### **DES SERVICES DEPARTEMENTAUX (SD):**

Les services départementaux mènent des actions de contrôle des usages et apportent un appui technique aux services de police de l'eau (DDT). De plus, ils assurent le recueil de données sur l'état et les usages de l'eau et des milieux aquatiques, ainsi que sur les espèces. Enfin, les SD apportent un appui technique aux gestionnaires et aux autorités chargées de mettre en œuvre la politique de l'eau, notamment en matière d'ingénierie écologique, et assurent le suivi d'opérations locales de gestion concertée de l'eau.

<sup>1</sup> Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques

<sup>2</sup> Directive 2000/06/CE du parlement européen et du conseil, du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

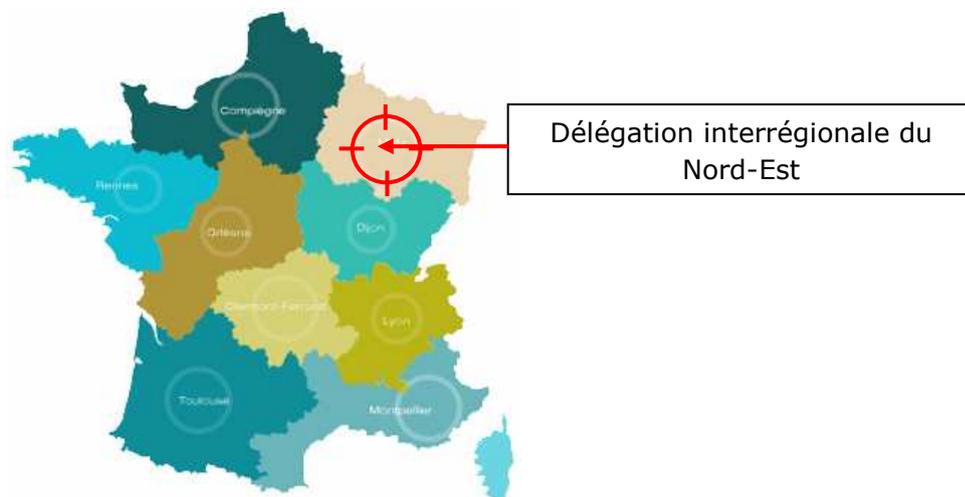


Figure 1: Les délégations interrégionales de l'ONEMA (source : [www.onema.fr](http://www.onema.fr))

Ce stage s'est déroulé au sein de la délégation interrégionale du Nord-Est basée à Metz. Celle-ci regroupe 3 régions et 10 départements (Fig. 2).

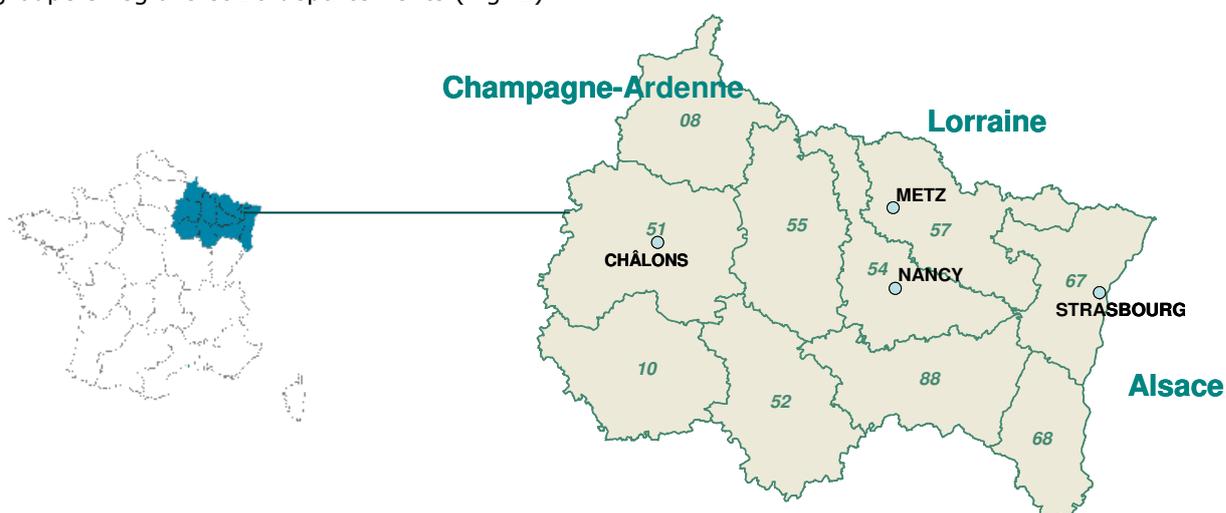


Figure 2: La délégation interrégionale du Nord-Est

Le stage a été réalisé en coordination avec la direction du contrôle des usages et de l'action territoriale (DCUAT) de la direction générale de l'ONEMA et en collaboration avec le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Afin d'encadrer ce travail et de valider ses orientations, un comité de pilotage s'est réuni à trois reprises durant le stage. Il est composé de professionnels provenant de structures différentes et dont les membres sont nommés ci-dessous:

Geneviève BARNAUD - MNHN  
 Bastien COÏC - MNHN  
 Xavier CARON - Etablissement public d'aménagement de la Meuse et de ses affluents (EPAMA)  
 Jean-Charles DOR - bureau d'études *climax*  
 Camille FEMINIER - DREAL Alsace  
 Marc GIGLEUX - centre d'étude technique de l'équipement (CETE)  
 Emilie HENNIAUX - Agence de l'eau Rhin-Meuse  
 Julie KUBIAK - DREAL Lorraine

Laureline LEDOUX - DDT 08  
 Marie LHOSPITALIER - PNR Vosges du Nord  
 Marthe LUCAS - Centre du droit de l'environnement de Strasbourg  
 Sébastien MORELLE - PNRVN  
 Aurélie TOUSSAINT - PNR Lorraine  
 Pierre CAESSTEKER - ONEMA DG  
 Jean-Claude LUMET - ONEMA DIR Metz  
 Sébastien MOUGENEZ - ONEMA DIR Metz  
 Emmanuel PEREZ - ONEMA DIR Metz  
 Dominique BARIL - ONEMA DIR Montpellier  
 Véronique DE BILLY - ONEMA DIR Toulouse

## INTRODUCTION

**D**epuis de nombreuses années, les rôles fonctionnels des zones humides sont largement démontrés et mis en exergue dans l'argumentaire utilisé pour leur protection. Malgré tout, la régression de ces milieux particuliers se poursuit...

Par ailleurs, l'atteinte du bon état des eaux, exigé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), passe par la préservation des zones humides. Ces dernières remplissent des fonctions indispensables à la réussite des objectifs ambitieux que s'est fixé la France (65% des masses d'eau en bon état en 2015).

Dans le but de préserver les zones humides, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA de 2006) contraint les porteurs de projets à éviter, réduire puis compenser les impacts de leur projet sur les milieux aquatiques. Malgré cela, la compensation reste bien souvent incomplète ou inexistante.

A l'heure actuelle, les questions autour de la compensation sont nombreuses. En attestent les différents groupes de travail à l'échelle nationale ainsi que la multiplication des documents sur la thématique de la compensation des zones humides. La doctrine nationale parue au mois de mai 2012 ainsi que les différentes doctrines régionales témoignent d'un besoin de disposer d'outils normalisés permettant de construire des mesures compensatoires adaptées et de mettre en place les procédures garantissant leur mise en œuvre, leur suivi et leur évaluation.

Dans ce contexte, une collaboration entre l'ONEMA et le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) a vu le jour, sur les mesures compensatoires zones humides dans le cadre de la loi sur l'eau.

Un premier stage, fruit de cette collaboration, s'est déroulé en 2011, à la délégation interrégionale du Nord-Est de l'ONEMA. Il a permis de montrer que le manque d'informations constaté dans les dossiers d'incidences,

concernant la partie zone humide, ne permet pas d'assurer une mise en œuvre effective de la compensation. Parmi les nombreuses raisons expliquant ce résultat, l'une des hypothèses avancée est que les agents manquent d'outils adaptés pour expertiser les dossiers d'incidences.

Ce stage s'intègre dans cette dynamique d'amélioration des connaissances et des compétences en termes de compensation des zones humides. Celle-ci passe par une amélioration des avis techniques rendus par les agents de l'ONEMA. En effet, ils influencent la qualité des arrêtés d'autorisation et des récépissés de déclaration. Pour cela, l'un des objectifs est de fournir des outils aux agents de l'ONEMA, leur permettant d'harmoniser et de mieux argumenter leurs avis.

Le premier objectif de ce stage vise à compléter la partie mesures compensatoires - zone humide du référentiel « Milieu Aquatique - Documents d'incidences » de l'ONEMA, jusque là quasi inexistante.

Le second objectif du stage est d'établir un protocole d'évaluation des fonctionnalités hydrologiques et biogéochimiques des zones humides, sur la base d'un rapport du MNHN. Cette réflexion sur les méthodes d'évaluation des fonctionnalités des zones humides aura le double intérêt de pouvoir être utilisée par les maîtres d'ouvrage au moment de l'état initial et par les agents de l'ONEMA en charge du contrôle de l'effectivité de la mesure compensatoire.

Ce rapport présentera, dans un premier temps, l'état des lieux des connaissances en matière de zones humides, de fonctionnalités des zones humides et de mesures compensatoires. Ensuite, le rôle de l'ONEMA dans l'instruction des dossiers loi sur l'eau sera détaillé. Enfin, l'élaboration des fiches et le test du protocole d'évaluation des fonctionnalités seront présentés et discutés.

## I. ETAT DES LIEUX

### a. Généralités sur les zones humides

Les zones humides sont définies, par l'article 2 de la loi sur l'eau, codifié dans l'article L 211-1 du code de l'environnement, comme des « *terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, saumâtre ou salée de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année* ». Cette définition a été complétée par un arrêté précisant les critères de définition (habitats, flore ou pédologie) et les modalités de délimitation des zones humides<sup>3</sup>.

Une typologie Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) des zones humides a été proposée en 1996, par le MNHN, pour la mise en œuvre de la loi sur l'eau de 1992 (Tab. I). Les types prennent en compte le contexte géographique, hydraulique et écologique mais aussi les activités humaines dominantes. Certains sites, vastes et hétérogènes peuvent couvrir plusieurs types de zones humides SDAGE (zones-humides.eaufrance.fr). Toutes les zones humides présentent leurs caractéristiques propres, même au sein d'un type (surface, végétation, localisation sur le bassin versant,...). Ces variations expliquent qu'il existe une grande diversité de zones humides.

**Tableau I:** Les 13 grands types de zones humides de la typologie SDAGE (source: zones-humides.eaufrance.fr).

<b>Nomenclature de la typologie zone humide SDAGE</b>	
1- Grands estuaires	8- Régions d'étangs
2- Baies et estuaires moyens et plats	9- Bordures de plans d'eau
3- Marais et lagunes côtiers	10- Marais et landes humides de plaines et plateaux
4- Marais saumâtres aménagés	11- Zones humides ponctuelles
5-6- Bordures et cours d'eau et plaines alluviales (ZH liées aux cours d'eau)	12- Marais aménagés dans un but agricole
7- Zones humides de bas-fond en tête de bassin	13- Zones humides artificielles

Les zones humides sont des milieux intermédiaires entre les milieux aquatiques et terrestres. Elles se composent de nombreux éléments, en interactions in situ ainsi qu'avec leur milieu environnant. Cette complexité confère des propriétés et des fonctions propres à chaque zone humide et contribue à leur grande fragilité. En effet, l'installation et la dynamique de ces milieux dépend de multiples facteurs intervenant sur leur équilibre et sur leur fonctionnement écologique (Barnaud et Fustec, 2007).

Longtemps accusées d'être insalubres et hostiles aux activités humaines (EPTB Vienne, 2009), ces zones ont été dégradées au nom de l'intérêt public et leur nombre n'a cessé de régresser au cours du dernier siècle (zones-humides.eaufrance.fr). L'intensification de l'agriculture (drainage, labour) fait partie des causes de dégradation les plus souvent mentionnées. Actuellement, l'urbanisation prend le relais (EPTB Vienne, 2009). Cependant, les menaces qui pèsent sur les zones humides sont bien plus nombreuses (Fig. 3).

<sup>3</sup> Arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement

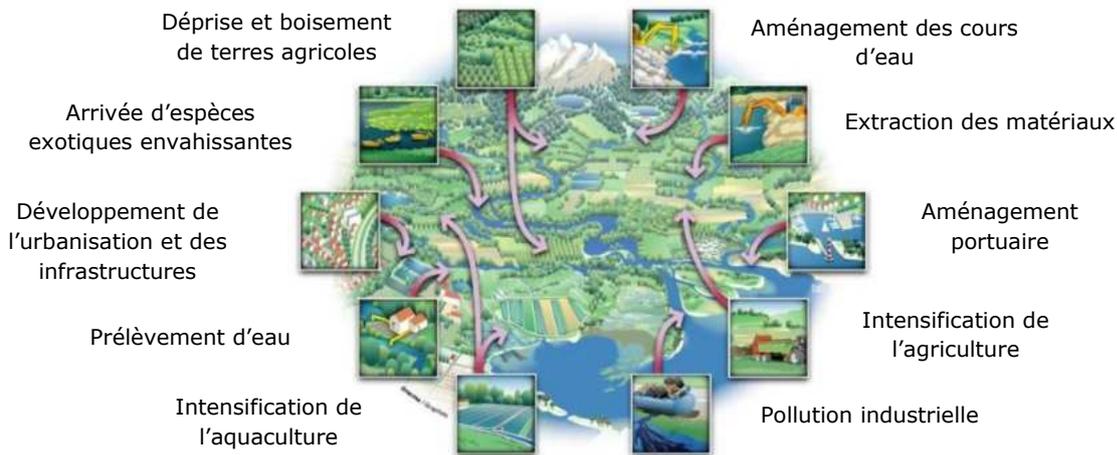


Figure 3: Principales causes de dégradation et de disparition des zones humides (Sources : zone-humide.eaufrance.fr)

Les atteintes subies par les zones humides sont parfois irréversibles et ont des conséquences sur la diversité des espèces et sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants (Cordelier et De Billy, 2009). Il est primordial de préserver les zones humides car toute modification de leurs conditions physiques, chimiques et/ou biologiques a des répercussions sur l'environnement et sur les activités humaines.

D'une manière générale, les zones humides de tête de bassin versant constituent l'un des types les plus menacés. En effet, elles sont souvent de surface réduite et ne rentrent pas dans les seuils de protection réglementaire prévus par la loi. De plus, le bon état exigé par la DCE ne tient compte que d'un linéaire de cours d'eau pour déterminer si les objectifs sont atteints pour l'ensemble d'une masse d'eau. Ainsi, l'unité hydrographique « masse d'eau » ne semble pas être l'échelle de diagnostic pertinente pour ces milieux de tête de bassin versant. En effet, malgré les dégradations subies par les cours d'eau et les zones humides de tête de bassin, le cours d'eau évalué peut être en bon état. Or, il est important de rappeler que la multitude de petites zones humides en tête de bassin versant peut remplir autant, voire plus, de fonctions qu'une grande zone humide.

## **b. Les fonctionnalités des zones humides**

### **1. Notions de fonctions et de services**

Avant toute chose, il convient de faire la distinction entre fonctionnalités des zones humides et services rendus.

Les zones humides présentent des caractéristiques physico-chimiques et biologiques à l'origine de processus et de mécanismes écologiques dont les résultats sont qualifiés de « fonctions ». Au sens littéral, les fonctions sont des « actions propres d'un élément ou d'un organe dans un ensemble dont il fait partie » (Barnaud et Fustec, 2007). Les fonctions écologiques, celles provenant et reflétant le fonctionnement d'un écosystème, ont des effets internes et externes au système. En interne, elles participent au maintien de l'intégrité de la zone humide en tant qu'écosystème. En externe, elles influencent l'environnement de la zone humide et réciproquement.

Les effets des fonctions ainsi que les valeurs attribuées aux écosystèmes constituent des services rendus aux sociétés lorsqu'ils sont estimés bénéfiques. A l'inverse, ils sont perçus comme des préjudices, maintenant qualifiés d'Ecosystem DisServices (EDS), lorsqu'ils engendrent des coûts (Fig. 4) (Barnaud et Fustec, 2007). Les services rendus par les zones humides les plus souvent cités sont l'amélioration de la qualité des eaux et la protection contre les inondations. Ces milieux rendent également des services culturels (éducation, récréation, patrimonialité) et d'approvisionnement

(production de matière première pour divers usages) (zone-humide.eaufrance.fr), le tout supporté par des services d'auto-entretien.

Ainsi, la notion de fonction correspond à un point de vue de fonctionnement écologique des écosystèmes sans vision « utilitariste » des zones humides. Dès lors que l'on réfléchit en termes de bénéfices, c'est la notion de service qui est employée.

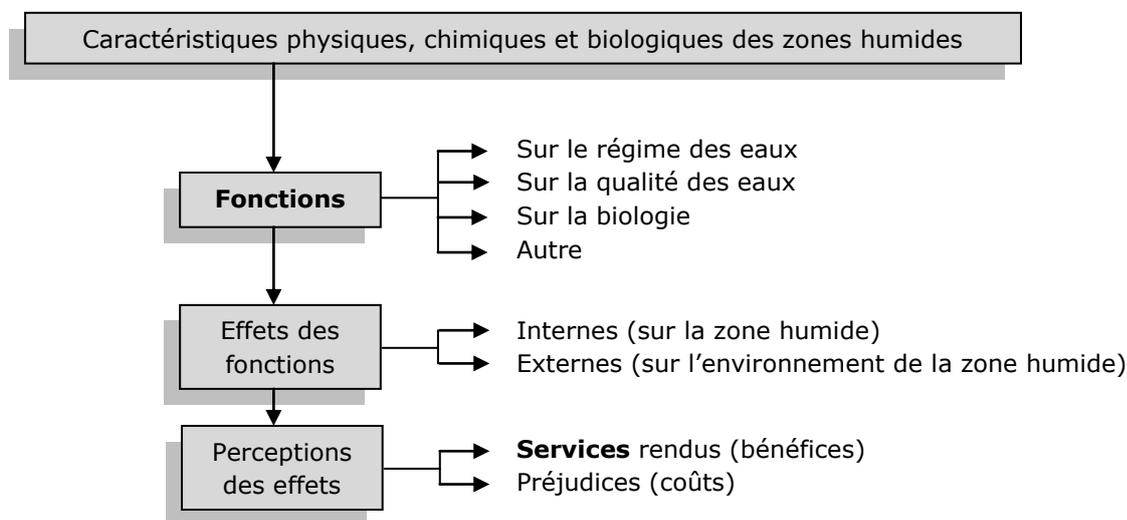


Figure 4: Fonctions des zones humides, effets et perceptions (adapté de Barnaud et Fustec, 2007).

La notion d'infrastructure naturelle, prônée par le 1<sup>er</sup> Plan d'action en faveur des zones humides est également utilisée pour qualifier ces milieux (Anonyme., 1995). Elle illustre le fait que les zones humides rendent des services au même titre que des infrastructures artificielles (station d'épuration, barrage écrêteur de crue,...). Les services rendus par les zones humides peuvent aussi faire l'objet d'une évaluation monétaire des économies réalisées par un individu ou une société (Barnaud et Coïc, 2011). Le terme d'infrastructure naturelle est cependant à utiliser avec prudence car la conception des zones humides ne doit pas se limiter aux services qu'elles rendent aux sociétés. Elles doivent être considérées comme parties intégrantes des écosystèmes naturels car elles participent au bon fonctionnement de la planète Terre.

## 2. Les fonctions des zones humides

Il est d'usage de distinguer trois grandes classes de fonctions des zones humides :

- Les fonctions « hydrologiques » influençant le régime des eaux ;
- Les fonctions « biogéochimiques » modifiant la qualité des eaux ;
- La fonction « diversité d'habitats, de flore et de faune » contribuant à la valeur patrimoniale et écosystémique des milieux.

### • Les fonctions hydrologiques

Les zones humides, de par leur structure, sont capables d'emmagasiner des volumes d'eau plus ou moins importants et de les relarguer plus ou moins rapidement. Cette fonction de stockage des eaux participe ainsi au maintien des débits d'étiage sous certaines conditions. De la même manière, l'eau stockée dans certaines zones humides peut participer à la recharge des nappes souterraines par infiltration de l'eau à travers le substrat (Interagences de l'eau, 2003). L'existence et l'intensité de ces fonctions hydrologiques dépendent des caractéristiques de la zone humide (perméabilité du sol, volume potentiel de stockage,...) et des conditions géographiques globales (climat, configuration du bassin versant,...).

De plus, les zones humides permettent de limiter la vitesse de ruissellement et contribuent à la diminution de l'érosion des sols. La réduction du courant, lors du passage de l'eau à travers une zone humide, dépend de sa topographie et de la structure de la végétation présente, qui font office d'obstacles. Cette réduction s'accompagne d'une augmentation de la sédimentation des particules, la végétation agissant comme un filtre. La rétention de matière en suspension (MES) favorise le piégeage de particules avec éléments associés (phosphore, ion ammonium, éléments traces métalliques, composés organiques). Cette capacité d'immobilisation des MES conduit à l'exhaussement progressif de la surface de certaines zones humides mais surtout à une réelle amélioration de la qualité des eaux à l'aval, par réduction de leur charge solide et donc de leur turbidité (Barnaud et Fustec, 2007).

- **Les fonctions biogéochimiques**

Au sein des zones humides, différents processus participent au maintien de la qualité des eaux dans la zone et en aval de celle-ci. Outre des processus d'ordre physique (sédimentation, adsorption) mentionnés précédemment, des processus biologiques interviennent (assimilation végétale, dénitrification microbiologique,...). Ils participent à la régulation des flux de nutriments (azote, phosphore) et de toxiques. La réalisation de ces fonctions dépend des caractéristiques biologiques et physico-chimiques de la zone. En effet, selon le type de végétation, les conditions d'oxydoréduction liées aux phases d'anoxie et d'oxygénation du sol, de pH ou de températures, les zones humides réalisent des fonctions biogéochimiques de manière plus ou moins efficace et durable.

La régulation des flux de nutriments et des toxiques (éléments traces métalliques, micropolluants) est influencée par différents facteurs (physiques, chimiques, biologiques). Les formes particulières du phosphore et des polluants sédimentent. Les formes dissoutes peuvent être adsorbées sur des argiles ou de la matière organique présente dans les sols. Lorsque les conditions sont favorables (température, conditions Redox), les microorganismes peuvent dégrader certains composants pour réaliser leur métabolisme. La dénitrification, qui aboutit à l'émission d'azote atmosphérique par dégradation des nitrates, relève des capacités biogéochimiques de ces milieux humides. Enfin, la végétation participe à la régulation en assimilant certaines formes, utiles à leur croissance. Le stockage par les végétaux étant plus ou moins pérenne, les polluants peuvent être restitués au milieu lors de la chute des feuilles ou à la mort du végétal (Interagences de l'eau, 2003).

- **La fonction diversité d'habitats, de flore et de faune**

Le terme biodiversité regroupe plusieurs notions telles que le nombre d'espèces et d'habitats observés mais aussi leur rareté et la diversité génétique des populations (Ecosphère, 2008). Trop souvent pris dans ce sens restrictif, la biodiversité comprend pourtant les écosystèmes et les sociétés humaines selon la définition de 1992. Ici, on s'intéresse à des fonctions liées à la présence d'espèces et à leurs conditions de vie (diversité, abondance, productivité). La localisation des zones humides à l'interface entre milieux aquatiques et terrestres leur confère des conditions favorables à la diversité spécifique. En effet, la large gamme de conditions physico-chimiques observée au sein des zones humides, est propice à l'implantation de végétations diversifiées. Celles-ci servent d'habitat à une grande variété d'espèces animales (invertébrés, amphibiens, reptiles, poissons, oiseaux, mammifères), qui y réalisent tout ou partie de leur cycle de vie (Cordelier et De Billy, 2009). Toutefois, tous les milieux humides ne sont pas riches en espèces, certains se distinguent par leur nombre réduit d'espèces très spécialisées et adaptées aux conditions physico-chimiques stressantes (tourbières, prés salés,...).

La multitude de zones humides aux caractéristiques chimiques, physiques et biologiques différentes, explique que l'intensité des fonctions réalisées (hydrologique, biogéochimique, diversité des habitats, de la flore et de la faune) varie selon le milieu considéré (Barnaud et Fustec, 2007). Cette diversité fait des milieux humides des écosystèmes en majorité riches d'un point de vue patrimonial et à préserver. Les réglementations et mesures appliquées à la conservation des zones humides font l'objet de la partie suivante. L'accent est mis sur les mesures compensatoires zones humides mises en place dans le cadre de projets soumis à autorisation ou déclaration au titre de la procédure loi sur l'eau et portant atteinte à des zones humides.

## c. Les mesures compensatoires zones humides

### 1. La procédure loi sur l'eau

La procédure loi sur l'eau correspond au « déroulement administratif d'une opération soumise à autorisation ou déclaration au titre de la loi sur l'eau ». Le code de l'environnement, fixe dans son article R 214-1, la liste des Installations Ouvrages Travaux Activités (IOTA) soumis à autorisation ou déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-6. Concernant les zones humides, c'est la rubrique de référence 3.3.1.0 du code de l'environnement qui s'applique : « assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zone humide ». Celle-ci prévoit une autorisation préfectorale pour les IOTA concernés par la rubrique 3.3.1.0 de plus de 1 hectare. Une déclaration est suffisante pour les travaux compris entre 0,1 et 1 hectare (Tab. II). En dessous de ces seuils, les travaux ne sont pas règlementés (Cizel, 2010).

Tableau II: Seuils d'autorisation et de déclaration pour la rubrique 3.3.1.0 (d'après Cizel, 2010).

Rubrique	Activités ou travaux	Seuil d'autorisation	Seuil de déclaration
3.3.1.0	Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zone humide	≥ 1 ha	0,1 ha > seuil < 1 ha

Tout projet concerné par cette législation doit constituer un dossier d'étude d'incidences (variante de l'étude d'impact spécifique à la loi eau) qui est soumis à la procédure loi sur l'eau.

L'étude d'incidences est un document administratif qui contraint le porteur d'un projet à évaluer les conséquences négatives de son projet sur l'environnement afin de proposer les mesures aptes à les prévenir. Dans cette étude figurent un état initial du site et de son environnement, une description du projet, une analyse des conséquences prévisibles de ce projet, ainsi que des propositions de mesures visant à éviter, réduire voire compenser les atteintes environnementales. Cette étude est soumise à l'avis des différents établissements publics et administrations concernés, dont l'ONEMA.

### 2. Cadre réglementaire de la compensation

Issues de la loi sur la protection de la nature<sup>4</sup> et de son décret d'application, les mesures compensatoires sont prévues dans l'étude d'impact depuis 1976. Elles sont codifiées aux articles L.122-1 à 3 et R.122-1 à 16 du code de l'environnement et stipulent que le maître d'ouvrage doit impérativement compenser les impacts qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. Le code de l'environnement précise que l'impact doit être notable ou accepté pour des raisons d'intérêt public. La réforme des études d'impacts, décidée par la loi Grenelle 2<sup>5</sup> exige en plus que les modalités de suivi des mesures soient présentées dans l'étude d'incidences.

Dans le domaine de l'eau, le code de l'environnement est complété à l'échelle du bassin versant, par les SDAGE et par les schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) lorsqu'ils existent. Ces schémas donnent des préconisations notamment en matière de compensation des zones humides. Les préconisations données dans ces documents de planification de la gestion de l'eau ont une valeur juridique. Elles servent à formuler le niveau d'exigences minimum que doit respecter le maître d'ouvrage lors de la réalisation des mesures compensatoires. Les autorités en charge du dossier peuvent demander des mesures compensatoires plus contraignantes, si elles le jugent nécessaire à l'atteinte de l'équivalence écologique.

Les dossiers doivent être compatibles ou rendu compatibles avec le SDAGE et avec le SAGE lorsqu'il existe. Les SAGE doivent eux même être compatibles avec le SDAGE concerné.

<sup>4</sup> Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature

<sup>5</sup> Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement

Dans le domaine de la biodiversité, le code de l'environnement prévoit une procédure spécifique avec un examen du Comité National de Protection de la Nature (CNPN) et l'obligation d'étude d'impact. Cette procédure conduit, ou non, à une autorisation de destruction d'espèces protégées, associée à des mesures compensatoires adaptées.

A l'heure actuelle, les liens entre ces deux procédures sont trop peu développés, en particulier dans le cas des zones humides, d'autant plus qu'elles sont instruites par des services différents (respectivement les services de police de l'eau et la DREAL).

### 3. Définition de la compensation et des mesures compensatoires

La compensation s'inscrit directement dans le triptyque « éviter, réduire, compenser » (Fig. 5). Elle n'est que la dernière étape, l'ultime solution lorsque les impacts du projet sur l'environnement n'ont pu être évités ou complètement réduits et qu'il reste un impact résiduel significatif (MEDDTL, 2012). Elles ne concernent pas exclusivement les projets impactant des zones humides mais l'ensemble des projets ayant une incidence significative sur le milieu naturel (cours d'eau, biodiversité, zone humide).

Dans ce rapport, nous n'aborderons pas les mesures d'évitement et de réduction. En effet, intervenir au niveau des mesures d'évitement implique que l'ONEMA soit associé très en amont du projet, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle. De plus, les savoirs faire sur les mesures de réduction sont plus développés.

Nous nous limiterons aux mesures compensatoires zones humides dans le cadre de la loi sur l'eau, le champ des mesures compensatoires étant trop vaste pour être abordé dans sa totalité. Ceci explique que le protocole d'évaluation concerne spécifiquement les fonctionnalités hydrologiques et biochimiques. La fonction « diversité d'habitats, de flore et de faune » est volontairement mise de côté, cette dernière étant associée à la procédure biodiversité.

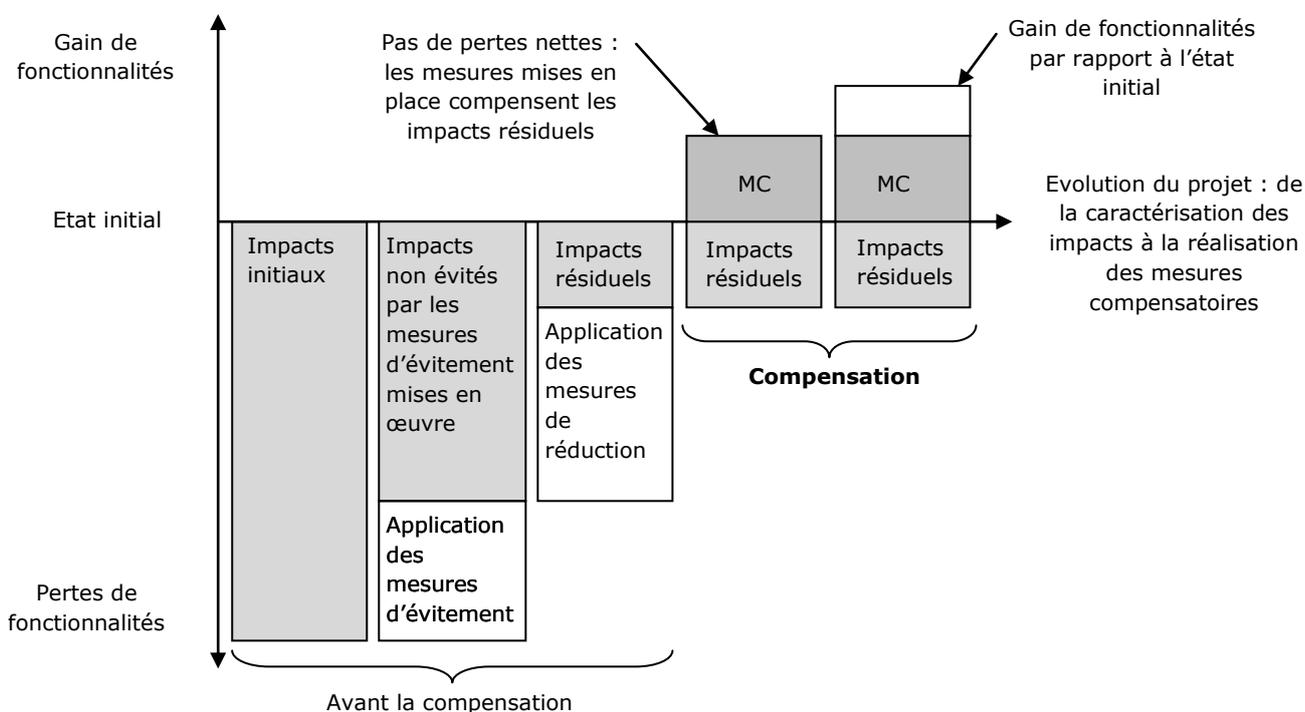


Figure 5: Hiérarchisation des mesures d'évitement, d'atténuation et de compensation (adapté de Soyer et al., 2011)

Le but des mesures compensatoires est d'apporter une contrepartie aux impacts résiduels du projet qui n'ont pu ni être évités ni être suffisamment réduits afin de maintenir, voire améliorer, la qualité

environnementale des « milieux naturels » concernés (MEDDTL, 2012). Elles permettent de reconstruire ailleurs un « milieu naturel » équivalent à celui détruit, mais pas identique, (Lucas, 2009). Les mesures compensatoires doivent être équivalentes à l'impact, faisables d'un point de vue technique et financier compte tenu des connaissances et savoirs faire du moment, et efficaces. Le maître d'ouvrage a une obligation de résultat et non pas de moyens, même s'il est préconisé d'utiliser les meilleures techniques existantes (MEDDTL, 2012). Le maître d'ouvrage peut proposer différents types de mesures compensatoires, du moment que la somme des mesures mises en place permet de compenser les pertes.

Il existe différents types de mesures compensatoires (Barnaud et Coïc, 2011) :

- **La création** ex-nihilo (à partir de rien) d'une zone humide à un endroit non humide (et qui l'a toujours été) mais cependant propice à cette création. La création fait appel à des techniques de travaux de génie civil (terrassement, hydraulique, reconstitution de sols,...) et biologiques (ingénierie écologique, revégétalisation, reforestation,...). Bien que développées dans d'autres pays depuis longtemps, les techniques de génie écologique sont relativement récentes en France et complexes à mettre en œuvre pour des organismes non spécialisés. Ce sont des interventions en profondeur sur les milieux dont les résultats ne sont pas garantis (méthodes expérimentales, reproduction difficile de processus naturels).

- **La restauration** d'une ancienne zone humide qui a été dégradée ou détruite (pour d'autres raisons que le projet). La zone étant a priori prédisposée à accueillir ce type de milieu, le taux de réussite (composition, structure, fonctionnement) est généralement plus élevé que pour la création.

- **L'amélioration** des fonctions d'une zone humide existante (et dégradée), avec pour objectif de bonifier et d'optimiser certaines fonctions détériorées (hydrologiques, biogéochimiques et diversité des habitats, de la flore et de la faune). L'absence de gain de surface impose un ratio compensatoire plus élevé que lors de la création ou la restauration d'un site. Cette mesure est rarement acceptée seule mais plutôt combinée avec de la restauration ou de la création.

- **La préservation**, c'est-à-dire le maintien en état des fonctions d'une zone humide existante qui, si elle n'était pas préservée, risquerait d'être dégradée suite à des pressions. Cette option implique la mise en œuvre d'une protection à choisir selon la situation. Différents types de protection existent. Les outils règlementaires les plus forts sont les parcs nationaux, les réserves naturelles et les arrêtés de protection de biotopes. Ces derniers permettent de limiter ou d'interdire les activités humaines sur les espaces désignés. Ensuite, la protection foncière consiste à acquérir des terrains qui font ultérieurement l'objet de conventions avec des propriétaires privés afin de mettre en place une gestion appropriée (ex : conservatoires d'espaces naturels, conservatoires du littoral). Enfin, la protection contractuelle des zones humides consiste en un contrat passé entre deux personnes, ou plus, et tenant lieu d'engagement mutuel (ex : parcs naturels régionaux, contrats NATURA 2000) (Cizel, 2010).

La préservation n'est généralement pas considérée comme une compensation à elle seule étant donné l'absence de gain de surface et de fonctionnalité. Afin de respecter le principe de « non perte de fonctionnalités », les milieux ainsi préservés doivent faire l'objet d'une intervention qui consiste à améliorer ou augmenter les performances environnementales des milieux. A noter que des méta-analyses, réalisées récemment par des chercheurs, montrent que les opérations de restauration écologique restent en majorité et largement en dessous des objectifs attendus, que ce soit pour les systèmes fluviaux, côtiers ou tourbeux (Barnaud, comm.pers). Si la composition et la structure de la végétation, la présence et la densité en oiseaux, semblent signifier un milieu en bon état de fonctionnement, il n'en est pas de même pour les fonctions hydrologiques et/ou biogéochimiques.

La réussite des mesures compensatoires dépend d'un ensemble de facteurs qui doivent être pris en compte lors de leur détermination (Fig. 6). Afin de pallier les incertitudes liées à l'efficacité des mesures d'évitement, de réduction et de compensation, des ratios sont utilisés. Ils servent à ajuster le dimensionnement de la mesure compensatoire avec une marge de sécurité suffisante pour atteindre

l'équivalence entre les pertes et les gains. Le choix du ratio doit être le résultat d'une démarche analytique de la part du maître d'ouvrage visant à atteindre les objectifs recherchés et intégrant les facteurs influençant le calcul de ce ratio (V. De BILLY).

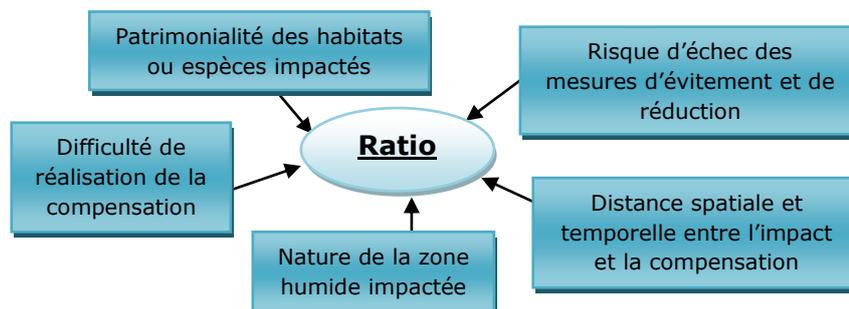


Figure 6: Facteurs influençant le choix du ratio

Toute mesure compensatoire doit faire l'objet d'une gestion et d'un suivi afin de vérifier son effectivité et son efficacité. La gestion consiste en un ensemble d'opérations ayant pour objectif l'atteinte des critères de réussite de la zone humide, précédemment fixés par le maître d'ouvrage. L'efficacité de ces mesures de gestion doit être vérifiée par des suivis réguliers qui aboutiront, si besoin, à une modification des opérations de gestion.

Il est utile de rappeler que tout n'est pas compensable. Certaines dégradations ne peuvent être compensées et peuvent donner lieu à un refus des demandes d'autorisation ou déclaration, afin de préserver les milieux d'impacts irréversibles (DREAL Franche-Comté, 2011). Pour des projets à impacts importants, la notion d'utilité publique du projet doit être démontrée et justifiée au préalable (Soyer et al., 2011). De plus, la question du bien fondé de la compensation se pose, puisque la récupération de caractéristiques écologiques n'implique pas forcément celle des fonctions écologiques.

#### 4. La compensation : solution « miracle » ou permis de détruire ?

La raison d'être des mesures compensatoires est remise en question par la communauté scientifique. A l'origine, leur rôle est d'améliorer la protection de l'environnement en tenant compte des impacts probables d'un projet sur l'environnement. Cependant, l'expérience amène à se demander si elles ne desservent pas la cause par manque d'un cadre de mise en œuvre clair (Lucas, 2009). Des dérives ont été constatées, certains maîtres d'ouvrage s'appuyant sur les mesures compensatoires pour s'arroger le droit de réaliser leur projet en négligeant de mettre en place des opérations d'évitement et de réduction, qui doivent être des préalables incontournables à la compensation. Trop souvent, la sélection du site de compensation et du type de mesure compensatoire résultent d'une opportunité et non pas d'une réflexion autour de l'atteinte de l'équivalence écologique. Cette « compensation opportuniste » ne doit plus être tolérée. La compensation s'inscrit dans une réflexion globale en amont, visant à protéger au maximum les écosystèmes impactés de façon à perdre le moins de fonctionnalités possible. La politique de compensation ne doit pas servir à encourager les destructions de zones humides ni donner le sentiment qu'elles sont permises en contrepartie d'un paiement (CNPN, 2007).

Un système permettant de compenser via un partenaire extérieur a été mis au point depuis les années 80 aux Etats-Unis. Il s'agit des banques de compensation, dont le principe a été repris par la caisse des dépôts en France depuis 2007. Ce système fonctionne sur le principe de l'achat-vente, ou de l'offre et de la demande. Un organisme agréé acquiert des terrains pour y créer, restaurer, améliorer ou préserver des zones humides. Celles-ci sont ensuite revendues, en tenant compte de ratios, à un maître d'ouvrage en guise de mesure compensatoire. La surface vendue est calculée selon les destructions subies par la zone humide impactée (crédit de compensation). L'avantage principal de cette pratique est de disposer de compensation en amont de l'impact mais elle présente aussi des

inconvenients. En effet, elle n'encourage pas la réflexion sur une stratégie plus globale de conservation des zones humides à une échelle appropriée : bassin versant, hydroécocorégion<sup>6</sup>, écorégion<sup>7</sup>,... (Barnaud et Coïc, 2011). De plus, cette option offre au maître d'ouvrage des facilités d'intervention risquant de susciter des travaux sans chercher à en éviter ou réduire l'impact.

Le service instructeur et les services associés doivent donc veiller à ce que le projet aboutisse bien à des impacts négligeables voire nuls sur le milieu aquatique, tout en veillant au respect de la séquence éviter-réduire-compenser.

## II. ROLE DE L'ONEMA DANS L'INSTRUCTION DES DOSSIERS LOI SUR L'EAU

### a. Les avis techniques

Dans le cadre de l'examen de dossiers de demande d'autorisation ou de déclaration d'IOTA soumis à la procédure loi eau, le service instructeur peut consulter l'ONEMA pour avis (cf. annexe 1). Cet avis est favorable, favorable sous réserves ou défavorable et peut être suivi ou non par le service instructeur.

Les agents de l'ONEMA en charge de l'expertise des dossiers doivent évaluer leur pertinence en termes d'état initial et d'estimation des impacts ainsi que l'efficacité et la pérennité des mesures compensatoires proposées. Suite à cet examen, l'avis rendu par l'ONEMA doit pointer les éventuelles lacunes techniques du dossier concernant l'eau et les milieux aquatiques. Ainsi, charge aux agents de déterminer les informations manquantes et les prescriptions complémentaires nécessaires pour garantir la conformité environnementale du projet et la réalisation effective des mesures compensatoires.

Les mesures compensatoires restent, la plupart du temps, soit inachevées soit inexistantes (Lucas, 2009). Un stage au sein de la DIR de Metz de l'ONEMA, sur la gestion des zones humides dans les dossiers loi sur l'eau, a permis de faire un état des lieux de la mise en œuvre des mesures compensatoires.

L'ineffectivité des mesures compensatoires s'explique tout d'abord par des oublis ou un manque de précision dans la rédaction des dossiers d'incidences et des arrêtés préfectoraux (Etchecopar Etchart, 2011). Une amende de 5<sup>e</sup> classe est prévue par l'article R 216-12 du code de l'environnement en cas de non respect des mesures compensatoires prévues par le projet au vu duquel la demande a été autorisée ou le récépissé délivré. Ce même article sanctionne le non respect des prescriptions de l'arrêté. Cependant, si aucun délai de réalisation n'est précisé dans l'arrêté, le maître d'ouvrage n'est tenu de respecter aucun impératif quant à la mise en œuvre de la compensation (Etchecopar Etchart, 2011).

La qualité du dossier présenté par le pétitionnaire peut également être mise en cause. En effet, pour des raisons économiques, celui-ci a tout intérêt à sous-évaluer les impacts prévisibles de son projet sur l'environnement afin de réduire les coûts liés à la compensation (Lucas, 2009). De plus, la réalisation des dossiers est le plus souvent déléguée à un bureau d'études. Le lien financier existant entre le maître d'ouvrage et le bureau d'études peut amener à se poser la question de l'objectivité de l'étude d'incidences réalisée.

Une autre raison peut être le manque d'information des agents en charge de la rédaction de ces avis. En effet, il n'est pas toujours évident d'identifier l'information manquante au sein d'un dossier d'étude d'incidences. Or, c'est la qualité de l'état initial qui détermine la qualité de la compensation (CNPN, 2007). En effet, l'évaluation de ce qui est détruit sert de base à la définition des mesures compensatoires.

<sup>6</sup> Hydroécocorégion : zone homogène du point de vue la géologie, du relief et du climat (source : d'après Ministère chargé de l'environnement et Onema)

<sup>7</sup> Ecorégion : zone géographique assez large (aquatique ou terrestre) se distinguant par le caractère unique de son climat, de ses caractéristiques écologiques, de sa faune et de sa flore.

## **b. Création du référentiel « milieu aquatique-documents d'incidences »**

### **1. Origines du référentiel « milieu aquatique – documents d'incidences »**

Le manque de précision des prescriptions techniques observé dans les arrêtés a conduit l'ONEMA, dans le cadre de la démarche progrès initiée au département du contrôle des usages, à développer un référentiel « milieu aquatique-documents d'incidences » (référentiel MADI). Ce référentiel doit permettre d'argumenter et d'harmoniser les avis techniques sur tous les projets d'IOTA ayant un impact sur le milieu aquatique (ONEMA, 2011). Une première version du référentiel milieu aquatique-documents d'incidences est parue en 2009. Celle-ci est accessible aux agents de l'ONEMA par le biais d'une application intranet appelée « OPALE - avis technique ». Or l'évolution rapide de la réglementation environnementale et le développement des outils informatiques ont rendu nécessaire son actualisation. Une nouvelle version du référentiel MADI doit paraître courant 2012-2013. Celle-ci sera indépendante de l'application OPALE et consultable en dehors de toute connexion internet. Elle sera ensuite mise à disposition des DDT et des DREAL afin de permettre une harmonisation entre les différents services, grâce à l'utilisation de cet outil commun. Par la suite, certaines rubriques seront accessibles à tous les professionnels de l'eau.

Ce référentiel présente donc un double objectif. Les services de l'état en charge de l'étude de la recevabilité des dossiers déposés, s'en servent comme d'une aide à l'instruction de ces dossiers. De plus, il constituera à terme une aide pour les maîtres d'ouvrage lors de la construction d'un dossier d'incidences.

Afin d'encourager l'utilisation de la nouvelle version de cet outil, une bonne communication devra être mise en place auprès des agents des services départementaux afin de leur montrer les possibilités offertes par ce référentiel.

### **2. Présentation du référentiel « milieu aquatique – documents d'incidences »**

Le référentiel se présente comme un ensemble de documents techniques :

- Des **fiches techniques documents d'incidences**, traitant des recommandations sur le contenu attendu des documents d'incidences ou du volet milieu aquatique des études d'impact. Il existe pour chaque opération une fiche qui permet de vérifier que le maître d'œuvre apporte toutes les informations nécessaires à la bonne mise en œuvre des mesures compensatoires. Les fiches techniques sont donc un outil de vérification du contenu du dossier en reprenant point par point les informations.

Il existe trois niveaux d'exigence différents selon les enjeux du projet (enjeux faibles, modérés ou importants) qui sont représentés par un code couleur spécifique (Fig. 7).

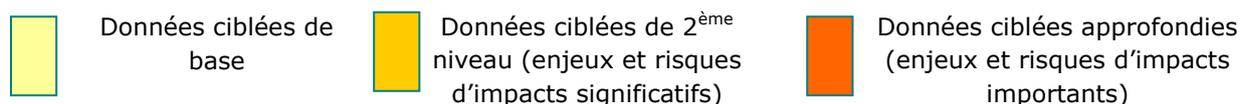


Figure 7: Code couleur indiquant le niveau d'exigence selon les enjeux du projet

- Des **fiches études-notices d'incidences** concernant les aménagements existants. Ces fiches proposent des éléments de démarche et de contenu pour l'élaboration des études ou notices d'incidences attendues lors des dossiers de demande de modification des arrêtés préfectoraux et règlements d'eau (augmentation de puissance, aménagement d'un ouvrage de franchissement...).

- Des **fiches et notes méthodologiques** qui sont des synthèses d'informations, plus ou moins complètes, sur une thématique particulière. En parallèle des fiches techniques, les fiches et notes méthodologiques permettent aux agents d'étayer leur argumentaire lors de la rédaction d'un avis. En effet, ces fiches apportent des informations relatives aux différents points devant figurer dans les pièces du document d'incidences.

La recherche documentaire dans la nouvelle version du référentiel se veut plus instinctive (Fig. 8). Chaque opération renvoie à un jeu de fiches techniques « document d'incidences » qui apportent aux agents l'information minimum nécessaire à la rédaction de leurs avis. Ces fiches permettent de répondre à la question : le contenu de l'étude d'incidences est-il suffisant pour que les mesures compensatoires puissent être réalisées de manière efficace ? Si l'agent souhaite un complément d'information, il a accès à des fiches et notes méthodologiques plus documentées et argumentées. Les fiches sont des synthèses d'informations courtes (une page A4) alors que les notes sont des documents plus complets (pas de limite de taille). De plus, une rubrique « aide rédactionnelle » donne des exemples types de formulation à utiliser pour rédiger l'avis, afin d'harmoniser les termes et tournures utilisées par les agents de l'ONEMA.

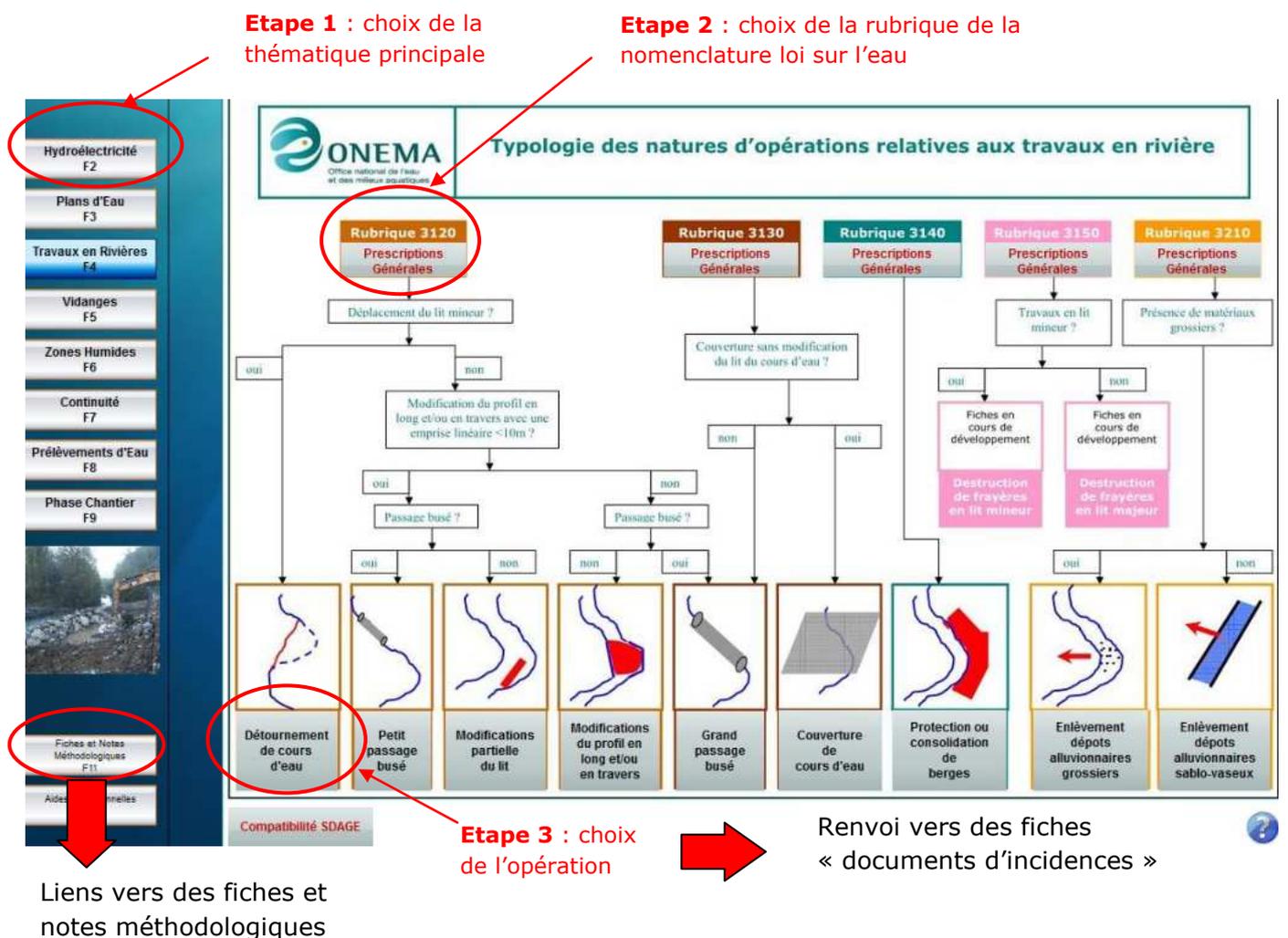


Figure 8: Etapes de recherche dans le référentiel MADi

Les fiches créées lors de ce stage ont vocation à alimenter le « référentiel milieu aquatique-documents d'incidences ». Pour cela, les fiches doivent suivre un processus de validation. Une première validation, à valeur non officielle, est réalisée lors des comités de pilotage de ce stage. Cette phase de validation présente l'intérêt de faire participer des professionnels issus de différentes structures (ONEMA, MNHN,

DREAL, DDT, bureaux d'études,...) ayant des points de vue et des compétences complémentaires. Cela permet d'étayer au maximum les fiches et de ne pas omettre un aspect important de la compensation.

Une procédure de validation officielle des fiches, au niveau national, est prévue dans un second temps (Fig. 9). Celle-ci se décompose en plusieurs phases :

Tout d'abord, des avant-projets de fiches sont élaborés par un groupe de travail (1). Ces fiches sont ensuite soumises à l'avis d'un comité de relecture (2). Si elles sont validées, elles sont intégrées au référentiel MADI. Un groupe d'utilisateurs décide alors si les fiches sont « utilisables » en l'état, auquel cas elles sont validées et diffusées (3). Dans le cas contraire, elles sont renvoyées au comité de relecture pour amélioration (4).

Le niveau de validation des fiches figure sur la fiche elle-même et est renseigné par l'encadré suivant :

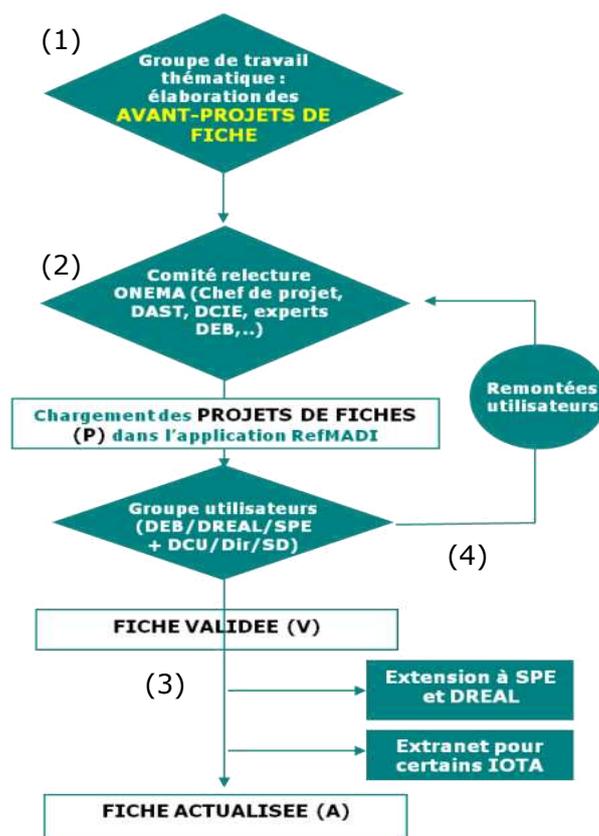


Figure 9: Processus de validation officielle des fiches (ONEMA, 2011)

### III. OUTILS TECHNIQUES A DESTINATION DES ACTEURS DE L'EAU

La qualité de la mise en œuvre des mesures compensatoires dépend, en partie, de celle des avis techniques. De ce fait, l'un des leviers d'action en faveur d'une meilleure effectivité des mesures compensatoires zone humide consiste à fournir des outils aux agents de l'ONEMA afin d'améliorer leur capacité d'expertise. Ce besoin d'outils techniques s'est fait sentir au cours de mes déplacements dans les services départementaux. En effet, certains agents ont fait part de leurs interrogations sur la façon de traiter des dossiers concernant des impacts sur les zones humides. A titre d'exemples, les questions suivantes ont été formulées : Comment évaluer les fonctionnalités d'une zone humide dégradée ? Quelles sont les fonctionnalités des zones humides selon le type de sol ? A partir de quel niveau d'eau la zone humide n'est-elle plus fonctionnelle ? De plus, les agents rencontrent des problèmes pour utiliser l'arrêté de délimitation des zones humides notamment dans l'interprétation de la carotte pédologique. A l'heure actuelle, il y a un manque de référents, dans ce domaine, capables de former les agents.

Pour tenter d'apporter des éléments de réponse aux agents de terrain, mes travaux ont conduit à l'élaboration de documents de référence. Tout d'abord, un ensemble de fiches techniques et méthodologiques sur la thématique des mesures compensatoires zones humides, a été réalisé. Puis, un logigramme présente la marche à suivre pour évaluer la pertinence de la construction de la mesure compensatoire zone humide. En parallèle à la production des documents cités précédemment, un protocole d'évaluation des fonctionnalités des zones humides, provenant des Etats-Unis, a été testé.

## a. Les fiches référentiel « milieu aquatique – documents d’incidences »

Lors de ce stage, seules des fiches en relation avec les mesures compensatoires ont été produites (Fig.10). Le champ des mesures d’évitement et de réduction étant trop vaste pour être abordé dans le cadre d’un stage de 6 mois. Pour faciliter la lecture, les fiches ne sont pas détaillées dans le corps du rapport mais les renvois aux annexes permettent un accès aux documents complets.

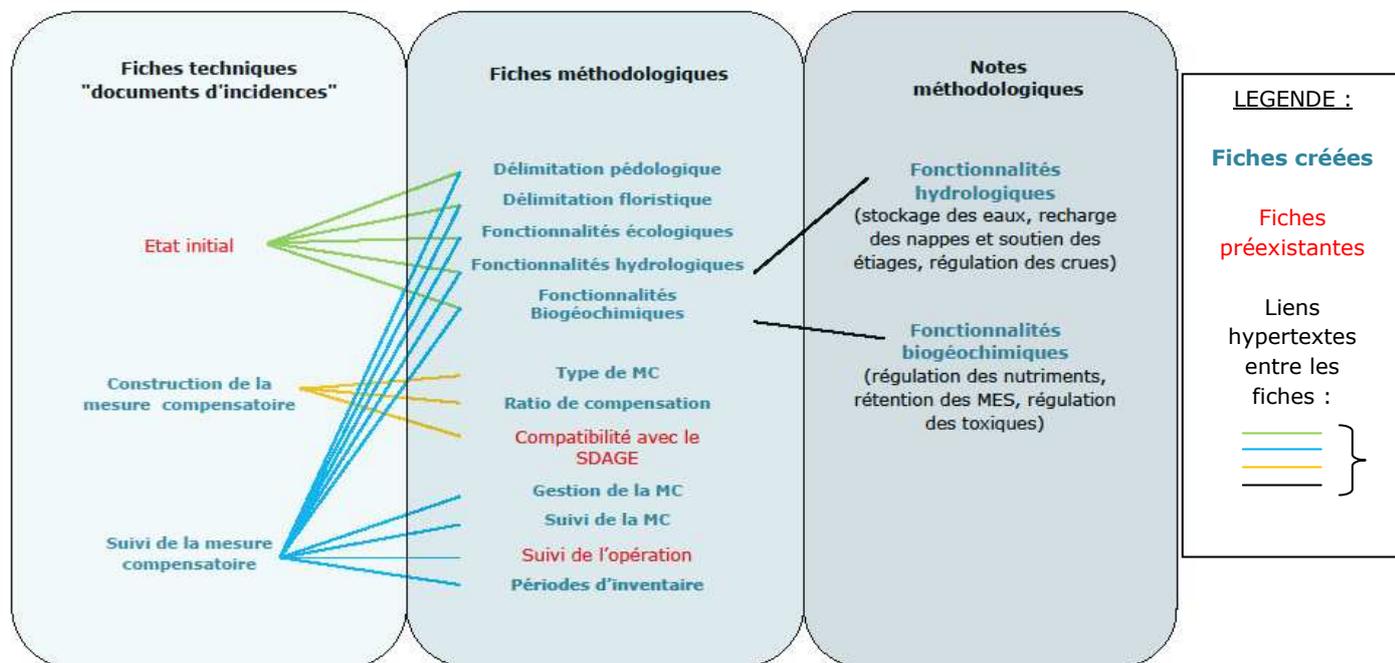


Figure 10: Organigramme des fiches créées sur la thématique des « mesures compensatoires zones humides ».

### 1. Fiches techniques documents d’incidences

La première phase du travail de réalisation des fiches techniques a été de déterminer quelles informations doivent apparaître dans ces fiches. Nous nous sommes pour cela basés sur des études existantes. Claudia ETCHECOPAR ETCHART a pointé du doigt le manque d’information, dans les dossiers d’incidences ainsi que dans les arrêtés et les récépissés de déclaration, qui entraîne une mise en œuvre partielle voire aucune mise en œuvre des mesures compensatoires. De même, Marthe LUCAS fait le constat du peu d’effectivité des mesures compensatoires à l’heure actuelle. Ces observations ont permis de mettre en exergue les éléments importants, devant être précisés pour avoir le maximum de chance de voir la mesure compensatoire mise en place. Dès lors, les informations ont été organisées pour correspondre au format du référentiel MADI. Un travail de synthèse des informations a été nécessaire afin d’être concis tout en restant suffisamment exhaustif. En effet, les fiches ne doivent pas dépasser un format A4 paysage. Une fois les informations insérées dans les fiches, une part importante du travail a consisté à déterminer le degré d’importance de chaque information (code couleur selon l’enjeu du projet).

Lors de ce stage, deux fiches techniques documents d’incidences ont été réalisées. La première, concerne la « construction de la mesure compensatoire » (cf. annexe 2-1). Un premier point permet de vérifier le respect de la séquence éviter-réduire-compenser. Pour cela, il est demandé de rappeler les mesures d’évitement et de réduction de l’impact prévues en préalable de la compensation. La fiche détaille les étapes de construction de la mesure compensatoire et les informations devant figurer dans le dossier de demande d’autorisation ou de déclaration. **Le but de cette fiche est de vérifier que la mesure compensatoire proposée est le fruit d’une réflexion de la part du maître d’ouvrage et non pas d’une opportunité.**

La seconde fiche, intitulée « gestion de la mesure compensatoire », détaille les opérations de gestion et de suivi nécessaires à la réussite de la mesure compensatoire (cf. annexe 2-2). Le maître d'ouvrage doit présenter les opérations de gestion envisagées ainsi que les critères permettant de s'assurer de leur effectivité et efficacité. Une description du suivi est demandée ainsi qu'un calendrier précisant les délais de mise en œuvre des opérations de gestion.

## 2. Fiches et notes méthodologiques

La création des fiches et des notes méthodologiques est liée à celle des fiches techniques. En effet, elles ont pour vocation première d'être un support d'informations des fiches techniques pour faciliter leur compréhension. Elles doivent permettre aux agents qui le souhaitent, de compléter et d'approfondir leurs connaissances sur des thématiques ou des protocoles précis. Le format des fiches méthodologiques est le même que celui des fiches techniques. L'information qu'elles apportent reste donc synthétique. Pour plus de précisions, les fiches renvoient à des notes méthodologiques par le jeu des liens hypertextes. Les notes ne sont pas limitées en taille et permettent ainsi d'approfondir une thématique précise. Ces notes sont, soit des documents réalisés uniquement pour le référentiel MADi, soit des documents existants (ONEMA ou non) qui sont intégrés à la base documentaire.

Cette hiérarchisation des fiches permet d'alléger les documents fournis et offre plusieurs niveaux de lecture à l'utilisateur.

- Les fiches méthodologiques

Au cours de ce stage, dix fiches méthodologiques ont été créées. Les thèmes abordés sont des compléments d'information, en lien avec les fiches techniques documents d'incidences. Les fiches « délimitation pédologique » et « délimitation floristique » font la synthèse de l'arrêté de délimitation des zones humides (cf. annexes 3-1 et 3-2). Elles expliquent le principe et le protocole de chacune des méthodes. Les fiches « fonctionnalités hydrologiques, biogéochimiques et biologiques » des zones humides rappellent les principaux processus qui ont lieu au sein de ces zones (cf. annexes 3-3 à 3-5). Les fiches « types de mesures compensatoires », « ratio de compensation », « gestion », « suivi » et « périodes d'inventaires » apportent une définition précise de ces termes (cf. annexes 3-6 à 3-10). De plus, leur but est de montrer l'intérêt de la mise en place d'un ratio de compensation, de mesures de gestion et d'une procédure de suivi dans l'atteinte des objectifs fixés (équivalence impact-compensation).

- Les notes méthodologiques

Les six notes méthodologiques réalisées (cf. annexes 4), concernent exclusivement les fonctions hydrologiques et biogéochimiques des zones humides (Tab. III). Ces notes sont toutes construites sur le même modèle. En guise d'introduction, certains termes sont définis afin de clarifier la compréhension. Puis, les enjeux liés à la réalisation de cette fonction sont précisés. La partie suivante aborde les mécanismes mis en jeu au sein de la zone humide, qui aboutissent à la réalisation de la fonction. Enfin, la dernière partie précise l'importance des différents types de zones humides (typologie SDAGE) dans la réalisation de la fonction. Une page de synthèse (en fin de note) reprend les points essentiels du document.

Tableau III: Les différentes notes méthodologiques « fonctionnalités ».

notes fonctionnalités hydrologiques	notes fonctionnalités biogéochimiques
Stockage des eaux (cf. annexe 4-1)	Régulation des nutriments (cf. annexe 4-4)
Recharge des nappes et soutien des étiages (cf. annexe 4-2)	Régulation des toxiques (cf. annexe 4-5)
Régulation des crues (cf. annexe 4-3)	Rétention des matières en suspension (cf. annexe 4-6)

**Les notes « fonctionnalités » réalisées présentent le double intérêt d'être :**

- **un outil de communication et de sensibilisation pour les agents de l'ONEMA à destination des citoyens ;**
- **un outil d'aide à la réalisation des avis techniques et des procédures (administratives ou judiciaires).**

D'autres fonctions remplies par les zones humides ne font pas l'objet de notes méthodologiques car jugées moins pertinentes. Ainsi, les argumentaires utilisés pour protéger les zones humides mettent souvent en avant les fonctions qui rendent service aux populations. En effet, les populations sont plus enclines à agir en faveur des zones humides lorsqu'elles en retirent un bénéfice (notion de service rendu).

Ces fiches ont donc pour objectif d'apporter des arguments pour la préservation des zones humides et plus largement de la ressource en eau. Cependant, il est ici utile de rappeler que ces zones ne doivent pas uniquement être protégées au vu des services qu'elles nous rendent (protection contre les inondations,...), mais également pour l'intérêt qu'elles présentent au sein de leur écosystème. Ces fiches n'ont pas vocation à créer un classement de valeur des zones humides en fonction des services qu'elles nous apportent, même si elles préconisent de mettre en avant certaines de leurs fonctions pour mieux les protéger.

### **b. Le logigramme**

Le logigramme « respect de la séquence éviter – réduire - compenser » reprend les différentes étapes de construction de la mesure compensatoire. Il a vocation à être mis à disposition des agents de l'ONEMA, en charge de la réalisation des avis techniques, pour les guider lors de l'expertise des dossiers. En effet, les différents éléments devant apparaître dans le dossier d'incidences figurent dans le logigramme, l'ordre des éléments pouvant néanmoins différer entre le dossier et le logigramme. Une diffusion plus large de ce document, à l'ensemble des acteurs concernés par la réalisation des mesures compensatoires, est prévue par la suite.

Le logigramme, fonctionne sur le mode des questions/réponses. Lorsque la réponse est négative, cela renvoie à des préconisations. Certains éléments, plus importants, doivent obligatoirement figurer dans le dossier car ils sont les garants de la réalisation des mesures compensatoires. Ces éléments sont identifiés dans le logigramme par un pictogramme « réserves » de couleur rouge.

Afin d'illustrer les questions du logigramme, des compléments d'information figurent dans des encadrés à droite de la question concernée. Le logigramme est structuré en 4 parties distinctes :

- **Partie 1 : Construction des mesures compensatoires** (cf. annexe 5-1)

Délibérément, ce logigramme n'aborde pas en détail les mesures d'évitement et de réduction. Il nous a cependant paru important de rappeler que la compensation n'intervient qu'en dernier lieu après que les mesures d'évitement et de réduction de l'impact aient été mises en place mais qu'il reste malgré tout un impact résiduel significatif.

- **Partie 2 : avis technique – mesures compensatoires** (cf. annexe 5-2)

Cette partie détaille l'ensemble des étapes à suivre afin de proposer la ou les mesure(s) compensatoire(s) les plus aptes à compenser l'impact. **Une bonne mesure compensatoire repose sur un bon état initial.** En effet, un état initial de bonne qualité, permet d'estimer efficacement ce qui va disparaître et donc ce qui doit être compensé. Suite à cette évaluation, la description des mesures compensatoires proposées ainsi qu'une estimation des gains potentiellement apportés peut être réalisée. Il a semblé judicieux de faire apparaître une distinction entre les projets peu impactant

(niveau d'exigences faible) et les projets moyennement ou très impactant (niveau d'exigences élevé). Pour les niveaux d'exigences faibles, une simple évaluation de la surface de zone humide détruite est demandée. Une évaluation des fonctionnalités perdues est exigée, en plus de l'estimation surfacique, pour les niveaux d'exigences élevés. La réflexion sur l'évaluation des fonctionnalités fait l'objet de la partie suivante. En effet, à l'heure actuelle, il n'existe pas de méthode clairement définie permettant d'évaluer les fonctions hydrologiques et biogéochimiques des zones humides.

- **Partie 3 : mise en œuvre des mesures compensatoires** (cf. annexe 5-3)

Cette partie explicite des critères concernant la mise en œuvre de la mesure compensatoire. Dans un premier temps, des généralités sont rappelées, comme le risque d'échec plus élevé dans le cas d'une mesure compensatoire trop artificialisée (forme géométrique, berge régulière, contour simplifié). Les dates de mise en œuvre et de fin des travaux de compensation sont également un aspect important de la réussite des mesures compensatoires. L'absence de cette information constitue une cause de refus du dossier par manque de certitudes quant à la réalisation de la mesure compensatoire.

- **Partie 4 : gestion et suivi des mesures compensatoires** (cf. annexe 5-4)

La dernière partie du logigramme aborde l'aspect gestion et suivi de la compensation. Elle met en avant les informations qui permettent de s'assurer de la bonne réussite des mesures de compensation mises en place. La différenciation du niveau d'exigences se répète lors de la description des critères d'effectivité et des opérations à mettre en place pour les atteindre. Dans le cas de travaux peu impactant, une simple description des travaux est suffisante. Pour des IOTA plus impactant, les informations à fournir sont plus contraignantes (nature des travaux, description des opérations, plan de gestion et planning de mise en œuvre de l'ensemble). La durée du suivi doit impérativement être précisée dans l'étude d'incidences et doit être suffisamment longue pour démontrer que l'équivalence entre les impacts et la compensation est atteinte.

En théorie, il faut absolument que l'ensemble des informations présentes dans le logigramme figure dans le dossier d'incidences pour que l'agent en charge de l'expertise rende un avis favorable. Dans la pratique, nous avons conscience de la difficulté à y parvenir et que cela est rarement atteint dans les études d'incidences. Ce logigramme a été créé dans le but de montrer ce que l'on peut attendre d'un maître d'ouvrage. Libre à chaque agent de suivre ou non les préconisations du logigramme, en fonction de son jugement à propos des mesures compensatoires proposées.

### **c. Méthode d'évaluation des fonctionnalités des zones humides**

A l'heure actuelle, les propositions de mesures compensatoires sont le plus souvent construites sur des critères de ratio de surface. Cependant, une évaluation basée uniquement sur des critères de surface n'est plus satisfaisante car elle ne tient pas compte des fonctionnalités de la zone humide. Pour que la compensation soit plus cohérente, il faut compenser à hauteur des fonctionnalités perdues. Certains SDAGE, ainsi que la doctrine nationale préconisent déjà cette approche par évaluation des fonctionnalités de la zone humide.

A l'heure actuelle, la fonction biodiversité est plus fréquemment compensée que les fonctions hydrologiques et biogéochimiques. Ce constat s'explique, d'une part, par une mise en place plus cadrée de la procédure biodiversité et où la notion de seuil surfacique n'intervient pas forcément, au contraire de la procédure loi sur l'eau. D'autre part, l'évaluation de la fonction « diversité d'habitats, de flore et de faune » d'une zone humide est plus pratiquée. En effet, un pré-requis à la mise en place d'une compensation fonctionnelle, est de disposer d'un protocole d'évaluation des fonctionnalités des zones humides reproductible, applicable et valable en France, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle. En effet, beaucoup de résultats scientifiques et techniques existent, qui portent sur une fonction ou un type de milieux, mais il manque une méthode générique et validée à l'échelle nationale. Les Etats-Unis,

précurseurs dans ce domaine, disposent de méthodes d'évaluation testées, appliquées et amendées depuis plus de 30 ans.

En France, plusieurs approches ont été développées, plus particulièrement depuis le début des années 2000. Elles ont été présentées et comparées par Coïc et al. en 2012. En 2001, la commission technique zones humides (CTZH) du bassin Rhône-Méditerranée-Corse a lancé une étude sur les indicateurs de fonctionnement des zones humides sur le bassin RMC. La même année, l'agence de l'eau Seine-Normandie a initié des travaux visant à identifier les zones humides alluviales efficaces pour la dénitrification et le stockage de l'eau. La classification fonctionnelle, basée sur leurs caractéristiques hydrogéomorphologiques (HGM) de ces zones, s'inspire de l'expérience états-unienne. Plus récemment, les bureaux d'études Asconits consultant et Ecosphère ont réalisé une hiérarchisation fonctionnelle des zones humides du bassin Adour-Garonne, afin de dégager des secteurs à enjeux pour la gestion de l'eau. En 2008, l'EPTB Dordogne a commandé une étude sur l'évaluation des fonctionnalités des zones humides par télédétection. Cette méthode se base sur une analyse d'images satellite permettant de détecter la présence d'indicateurs fonctionnels. Enfin, une délimitation de l'espace fonctionnel de zones humides par fonction qualifiée et par type de milieux a été réalisée dans le bassin Rhône-Méditerranée par les bureaux d'études Burgeap et Ecosphère en 2008. Celle-ci est basée sur le principe qu'il existe une corrélation entre les fonctions réalisées et le type de zone humide.

Le MNHN, l'ONEMA, le bureau d'études BIOTOPE et l'IRSTEA envisagent de construire un protocole commun, qui pourra être utilisé par tous les acteurs de la gestion de l'eau concernés par la réalisation d'évaluation des fonctionnalités des zones humides. Ce projet doit se dérouler sur trois années entre 2013 et 2015.

Le travail présenté dans ce rapport, réalisé en collaboration avec le MNHN, s'intègre dans cette dynamique. Il a pour objectif la mise en place d'un protocole d'évaluation des fonctionnalités hydrologiques et biogéochimiques des zones humides, adapté des méthodes américaines. Ce travail s'appuie sur un rapport du MNHN, faisant la revue bibliographique des différentes méthodes d'évaluation des fonctionnalités qui existent aux niveaux national et international. Cependant, l'obtention du rapport du MNHN, initialement prévu en mai 2012, a été retardée. Le projet initial concernant la construction d'un protocole pour évaluer des fonctions des zones humides a donc subi des modifications. Le délai étant très court, il n'a pas été envisageable de mettre en place le protocole prévu, adapté des méthodes existant aux Etats-Unis. Nous avons alors décidé de tester directement « l'adaptabilité » de l'une des méthodes, présentée dans le rapport du MNHN, à des milieux humides présents dans le Nord-Est de la France. Les motifs du choix de la méthode sont développés ci-dessous.

Dans le contexte de la compensation des zones humides, l'évaluation des fonctionnalités se fait à deux reprises. Tout d'abord, au moment de l'état initial du site qui va être impacté, afin de déterminer les fonctions des zones humides détruites par le projet d'aménagement. Ensuite, au moment du suivi de la zone humide de compensation afin de déterminer si les mesures mises en place permettent d'atteindre l'équivalence entre « ce qui est perdu et ce qui est récupéré ». Le protocole d'évaluation ante et post aménagement est souvent le même mais pas systématiquement, le but étant de savoir si les fonctions perdues ont été restaurées ou non.

Ceci démontre l'importance de disposer d'un outil commun permettant d'évaluer les fonctionnalités des zones humides. En effet, on obtiendrait alors une harmonisation des méthodes/procédures au niveau national. Le contrôle des mesures compensatoires par les agents de l'ONEMA serait simplifié par l'existence d'un protocole de terrain « facile et rapide » à mettre en place. A terme, la création d'une base de données nationale sur la compensation zone humide pourrait être envisagée. Celle-ci listerait l'ensemble des sites de compensation avec leurs caractéristiques et fournirait des informations sur les fonctionnalités des zones humides compensées. De telles bases existent déjà dans certaines régions

(registre de suivi des dossiers soumis à compensation de la DREAL Alsace), mais elles restent pour l'heure, des initiatives ponctuelles.

## 1. Choix de la méthode d'évaluation

Le MNHN nous a fourni les protocoles de six méthodes d'évaluation des fonctionnalités existantes aux Etats-Unis :

<p><b>IVA</b> (Indicator Value Assessment)  <b>WRS</b> (Wetland Rating System)  <b>UMAM</b> (Uniform Mitigation Assessment Method)</p>	<p><b>Descriptive approach</b>  <b>FAP</b> (Functional Assessment Procedure)  <b>CRAM</b> (California Rapid Assessment Method)</p>
--	--

Une comparaison de ces méthodes est réalisée dans le rapport « revue bibliographique sur les méthodes d'évaluation des fonctionnalités des zones humides » rédigé par le MNHN. Celui-ci présente les caractéristiques des différentes méthodes (Tab. IV).

Tableau IV: Comparaison de six méthodes d'évaluation des fonctionnalités des zones humides (d'après Coïc et al., 2012).

méthode	Fonctions évaluées	Temps nécessaire	Niveau de connaissances
IVA	Variété de fonctions et de valeurs socioéconomiques dont le nombre dépend de la ZH étudiée	Si modèle disponible : 1-4h / site ; sinon 40-70h / site	Experts
WRS	Amélioration de la qualité de l'eau ; Hydrologie ; Habitat	Quelques minutes à plusieurs heures	Non experts mais connaissances sur les ZH appréciée
UMAM	5 fonctions favorables aux poissons et à la faune sauvage	Moins d'une journée de terrain	Connaissances naturalistes
Descriptive approach	13 fonctions et valeurs	2h / site	Experts
FAP	Habitat ; Hydrologie ; Qualité de l'eau		Non experts
CRAM	<u>4 attributs / sites :</u> Paysage ; Hydrologie ; Structure physique ; Structure biotique	4h de terrain + 1/2 journée de préparation	Non experts

A partir de ce comparatif, un premier tri de ces méthodes est possible. Plusieurs critères sont apparus limitant pour la mise en œuvre d'une méthode simple. Ces critères sont encadrés en jaunes dans le tableau n° IV. Il s'agit des fonctions évaluées, du temps et du niveau de connaissances nécessaire à la mise en œuvre du protocole. Ainsi, nous nous intéressons particulièrement aux fonctions hydrologiques et biogéochimiques des zones humides car se sont celles qui sont mises en avant dans les argumentaires en faveur de la préservation de ces zones. Cela nous permet d'éliminer la méthode UMAM qui ne prend en compte que les fonctions en faveur des poissons et de la faune sauvage, ce qui nous paraît trop limitant pour les fonctions à évaluer. La méthode IVA semble intéressante dès lors que l'on dispose d'un modèle. A l'heure actuelle, aucun modèle n'est disponible en France. Le temps nécessaire à la mise en place d'un modèle au niveau d'un bassin versant est estimé entre 40 et 60 heures. Cette contrainte nous permet d'éliminer la méthode IVA. L'approche descriptive est également éliminée car elle se base sur des dires d'experts. Or nous souhaitons que la méthode soit accessible

également à des non experts des zones humides (possédant tout de même un minimum de connaissances naturalistes).

A ce stade, les méthodes CRAM, FAP et WRS sont celles qui semblent les plus adaptées à une possible utilisation en France. La méthode FAP est mise en avant dans le rapport du MNHN, comme étant celle qui présente le meilleur potentiel d'adaptation en France. En effet, elle a déjà été développée en Europe et son adaptation au contexte français nécessiterait peu de modifications (Coïc al., 2012). Cependant, la prise en main du logiciel nécessite un temps dont nous ne disposons pas. La méthode choisie doit pouvoir être mise en place rapidement, sans période de latence.

De plus, les méthodes d'évaluation rapides (RAM) et la méthode FAP ont déjà fait l'objet de travaux en France. L'applicabilité des RAM et leur adéquation avec les enjeux de conservation des zones humides en France ont été testées lors d'un stage réalisé par E. Schwoertzig en 2011. Six méthodes d'évaluation rapide ont été testées, dont UMAM et CRAM, sur 13 plaines alluviales du département de l'Isère. Les RAM se basent sur une évaluation suivant trois enjeux : l'hydrologie, le paysage et la végétation. Les résultats suggèrent que l'utilisation des RAM pourrait être envisagée pour le critère hydrologique mais qu'il reste des modifications à apporter en ce qui concerne les critères paysage et végétation (Schwoertzig, 2011).

La « Functional Assessment Procedure » (FAP) a été testée par L. Meneau (Meneau, 2011). Ce protocole d'évaluation a donné des résultats prometteurs. En effet, la précision des résultats a été jugée bonne et le logiciel permet de tester différents scénarios de gestion. Cependant, cette méthode présente également des inconvénients. Ainsi, elle nécessite la maîtrise du logiciel et donc un accès à un ordinateur disposant de ce logiciel. Afin que les résultats soient pertinents, il faut également que la base de données soit la plus complète possible ce qui implique que le temps passé à rassembler les informations soit long. Si certains critères ne sont pas renseignés par absence de données, le logiciel le considère comme nul ce qui peut fausser l'analyse. Au final, cette méthode d'évaluation semble adaptée dans le cas d'une évaluation plus poussée des fonctionnalités des zones humides. Or, le protocole que l'on souhaite mettre en place doit être simple et pouvoir être mis en place rapidement en fonction de données disponibles. Il ne comprend pas de phase de recherche des informations.

Même si ces protocoles ont donné des résultats globalement satisfaisants, il nous a paru peu pertinent de tester un protocole qui a déjà fait l'objet d'études plus poussées.

Au final, la méthode WRS semble la plus adaptée en vu d'un test. En effet, elle est peu chronophage, accessible à des non experts des milieux humides et permet une évaluation des fonctionnalités hydrologiques, biogéochimiques et écologiques des zones humides. De plus les conditions écologiques dans l'Ouest de l'Etat de Washington sont proches de celles rencontrées en France (Coïc et al., 2012). L'évaluation de sa pertinence et de la possibilité de l'adapter en France est l'objet des tests de terrain réalisés lors de ce stage.

## **2. Mise en place de la méthode**

### **2.1. Présentation des zones humides évaluées**

Le protocole d'évaluation des fonctionnalités des zones humides WRS a été testé sur trois types de zones humides différents (marais, tourbière et prairie humide), toutes situées sur le territoire de la délégation interrégionale du Nord-Est.

- Zone d'étude n°1 : marais de Droitaumont (Fig. 11)



Figure 11: Marais de Droitaumont (source : cg54.fr).

Le marais de Droitaumont est situé sur la commune de Jarny dans le département de la Meurthe-et-Moselle (54). Classé Espace Naturel Sensible (ENS), ce site fait l'objet d'opérations de gestion et de mise en valeur (création d'un sentier de découverte autour de la zone). Ce site est géré par le conservatoire des sites lorrains et le conseil général de Meurthe-et-Moselle.

La délimitation d'ENS permet de « préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels et d'aménager ces espaces pour être ouverts au public ». Ce niveau de protection est mis en place

pour des sites menacés (menace effective ou potentielle) en raison du développement des activités anthropiques ou à cause de la rareté des espèces animales ou végétales qui s'y trouvent. De ce fait, le classement en ENS du marais de Droitaumont apporte des informations concernant le site. Cette zone humide est protégée car elle présente un intérêt de part la qualité de sa faune et de sa flore. De plus, si elle nécessite la mise en place d'un ENS, c'est qu'il y a des pressions qui s'exercent sur cette zone humide. Ces informations vont aiguiller les réponses au questionnaire.

La recherche préalable d'informations a une grande importance. Elle permet de se forger une opinion sur la zone humide et sur le contexte dans lequel elle se situe, en amont de la visite de terrain. Cela a pour effet de nous rendre plus attentifs à certains points du questionnaire et d'orienter nos réponses grâce aux connaissances acquises en amont.

- Zone d'étude n°2 : prairie humide de St Clément (Fig. 12)



Figure 12: Prairie humide de St Clément.

Le site d'étude n°2 est une prairie humide située sur la commune de St Clément en Meurthe-et-Moselle (54). Cette zone humide de bordure de cours d'eau est menacée par un projet immobilier. Une première visite de ce site a été réalisée début mai, suivie d'un second passage, au mois d'août. Dans le cadre de ce projet de construction, différentes études ont été réalisées sur la zone dont un inventaire floristique. Dans le cadre du projet de lutte contre les inondations, la communauté de communes du lunévillois a fait réaliser une étude globale relative à la protection contre les inondations du

ruisseau des fauchées. Ce document, réalisé par un bureau d'étude, est une source d'informations sur la zone et ses environs. De plus, cette zone humide est connue de l'un des agents du SD 54. Ce dernier a ainsi pu apporter ses connaissances de la zone afin de répondre à certaines questions du protocole d'évaluation.

- Zone D'étude n°3 : tourbière de Lispach (Fig. 13)



Figure 13: Tourbière de Lispach.

La tourbière de Lispach est située dans le département des Vosges (88) sur la commune de la Bresse (altitude 910m). Située en tête de bassin de la vallée du Chajoux, elle appartient au Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges (PNRBV). La rareté de ce type de zone humide explique qu'elle fait partie du réseau natura 2000 (n° du site : FR4100205). En effet, elle présente des habitats d'intérêt communautaire (ex : bas marais flottant : tremblant à Comaret et à Ményanthe (code NATURA 2000 : 7140), tourbière boisée

(code NATURA 2000 : 91D0)) ainsi que des espèces végétales protégées (ex : *Drosera rotundifolia* L., *Andromeda polifolia* L.) (PNRBV/CSL, 2010). Certains renseignements demandés dans le protocole d'évaluation sont d'ores et déjà disponibles sur le site du PNRBV. Ainsi, la superficie de la zone humide est connue (9,9 ha), le nombre d'habitats et en particulier d'habitats d'intérêt communautaire et les différents types de végétaux ont fait l'objet d'inventaires. De plus, une étude sur les activités ayant cours à proximité du site a été réalisée. Toutes ces informations vont faciliter le remplissage du protocole d'évaluation et assurer l'exactitude des informations recueillies.

## 2.2. Présentation de la méthode WRS

La méthode WRS a été créée en 1993 pour la partie ouest de l'Etat de Washington en Amérique du Nord (Fig. 14).



Figure 14: Position géographique de l'Etat de Washington (adapté de wikipédia.fr).

Celle-ci permet de réaliser une classification des zones humides en 4 catégories. Cette classification se fait sur la base de l'évaluation du potentiel et de la capacité de la zone humide à réaliser les fonctions « hydrologiques », « amélioration de la qualité de l'eau » et « habitat ». Ce protocole d'évaluation des fonctionnalités pourrait servir à évaluer les pertes attendues d'un projet et à contrôler que les gains, apportés par les mesures compensatoires mises en place, suffisent à atteindre l'équivalence écologique. Après un travail de traduction du protocole de l'anglais au français, la méthodologie suivie pour évaluer la ZH est la suivante :

**1. Définition de la classe hydrogéomorphologique (HGM) de la zone humide évaluée** (cf. annexe 6-1): Une première phase consiste à définir la ou les classes hydrogéomorphologiques de la zone humide (selon l'approche HGM datant du début des années 90). Cette classification repose sur l'observation des critères hydrologiques (niveau d'eau dans la zone humide, entrées d'eau,...) et physiques (topographie) qui conditionnent la fonctionnalité de la zone humide. La classification hydrogéomorphologique différencie sept classes de zones humides : riverine, dépressionnaire, pente, plate, bordure de lac, bordure d'estuaire, estuaire (cf. annexe 6-2).

Une clé d'identification, fournie avec le protocole d'évaluation, permet de déterminer la classe HGM de la zone humide au travers de huit questions. Si malgré la clé il est impossible de classer la zone humide, celle-ci sera considérée comme dépressionnaire pour la suite de l'évaluation.

**2. Evaluation des fonctionnalités « hydrologiques », « amélioration de la qualité de l'eau » et « habitat »** (cf. annexes 6-3 à 6-7): Ces trois termes correspondent respectivement aux fonctions « hydrologiques », « biogéochimiques » et « diversité d'habitats, de flore et de faune » telles que définies en début de rapport. Pour des raisons de correspondance avec le protocole WRS, les termes d'origine de cette méthode sont utilisés dans cette partie.

Les protocoles d'évaluation des fonctions « hydrologiques », « amélioration de la qualité de l'eau » et « habitat » sont différents selon la classe HGM de la zone humide. Cette distinction permet de tenir compte du type de zone humide évalué et de ses caractéristiques, afin d'obtenir le résultat le plus satisfaisant possible. L'évaluation considère à la fois la capacité de la zone humide à réaliser la fonction et son opportunité à réaliser cette même fonction au vu de l'environnement dans lequel elle se situe. L'évaluation des trois fonctionnalités de la zone humide est distincte et aboutit à un score chiffré. Les fonctions « hydrologiques » et « amélioration de la qualité de l'eau » sont notées chacune sur 32 et la fonction « habitat » sur 36 de façon à obtenir un score total de 100 (addition des scores obtenus pour chaque fonction). Cette évaluation individuelle des fonctions permet de déterminer celle qui est potentiellement la plus réalisée au sein de la zone. La somme des scores des différentes fonctions permet de définir la catégorie à laquelle appartient la zone humide évaluée.

**3. Classification en catégorie** : La zone humide évaluée peut être classée dans 4 catégories selon le score obtenu lors de l'évaluation des fonctionnalités (Tab. V).

Tableau V: Présentation des catégories de la méthode WRS (d'après Hruby, 2004).

Catégorie	Score total	Intitulé de la catégorie
Catégorie I	> 70 points	Toute dégradation de ce type de ZH doit être interdite, leurs fonctions et valeurs étant trop difficiles à recréer. Généralement, ces ZH représentent un faible pourcentage des ZH de la région.
Catégorie II	Entre 51 et 69 points	ZH difficiles voire impossibles à remplacer et fournissant un niveau élevé de fonctions. Ce type de ZH est plus fréquemment rencontré que celles de la catégorie I mais nécessitent tout de même un niveau élevé de protection.
Catégorie III	Entre 30 et 50 points	ZH généralement dégradées, souvent moins diversifiées et plus isolées dans le paysage que celles de la catégorie II.
Catégorie IV	< 30 points	ZH souvent fortement dégradées, possédant les scores de fonctionnalités les plus faibles. Elles peuvent être remplacées et dans certains cas améliorées mais le résultat n'est pas garanti. Potentiellement, elles ont la capacité de fournir des fonctions écologiques importantes et doivent être protégées à ce titre.

Le classement des zones humides en différentes catégories permet de définir les enjeux qui y sont rattachés et ainsi les modes de gestion et de protection qui doivent être mis en place. Cette catégorisation des zones humides permet donc à un gestionnaire de se faire une idée globale de la façon de gérer la zone évaluée.

Certaines questions peuvent être renseignées au bureau. Une vision de terrain peut néanmoins être utile, afin de compléter les informations obtenues lors de la phase de bureau. D'autres questions ont nécessité une adaptation pour correspondre au contexte français. Ainsi, les habitats prioritaires listés par le Washington Department of Fish and Wildlife (WDFW), spécifiques aux Etats-Unis, ont été remplacés, pour l'évaluation, par les habitats d'intérêt communautaire NATURA 2000.

### 3. Résultats des évaluations

Le marais de Droitaumont, la prairie humide de St Clément et la tourbière de Lispach obtiennent respectivement des scores totaux de 48/100, 52/100 et 83/100. C'est donc la tourbière qui fournit le maximum de fonctions, devant la prairie humide et le marais. Une étude plus poussée des résultats, fonction par fonction, est proposée dans cette partie.

#### ➤ Le marais de Droitaumont

Le marais de Droitaumont a atteint un score total de 48 points ce qui le classe dans la catégorie III « Zones humides généralement dégradées, souvent moins diversifiées et plus isolées dans le paysage que celles de la catégorie II ». D'après les résultats obtenus individuellement pour chaque fonction, la fonction « amélioration de la qualité de l'eau » est clairement plus développée que les fonctions « hydrologiques » et « habitat » (Tab. VI).

Tableau VI: Scores atteints par les différentes fonctions pour le marais de Droitaumont

Fonction (score maximum)	Score obtenu	Score ramené à une note /20
<b>Amélioration de la qualité de l'eau (32)</b>	28	17,5
<b>Hydrologique (32)</b>	10	6,25
<b>Habitat(36)</b>	10	5,5

L'intérêt de ce type de méthode d'évaluation apparaît nettement par ce type de test terrain. En effet, une simple visite n'aurait pas permis de savoir quelles fonctions étaient les plus prononcées. Pour des personnes non expertes, il est rapide de privilégier la fonction « habitat » car les végétaux et habitats sont clairement visibles (tout comme les espèces vivant dans ce marais). A l'inverse, les capacités épuratrices et de régulation du régime hydraulique ne sont pas facilement identifiables.

#### ➤ La prairie humide de St Clément

La prairie humide de St Clément atteint un score de 52 qui la classe dans la catégorie II « Zone humide difficiles voire impossibles à remplacer et fournissant un niveau élevé de fonctions ». La zone humide obtient la note maximale pour la fonction « hydrologique ». Les autres fonctions sont moins réalisées (Tab. VII).

Tableau VII: Scores atteints par les différentes fonctions pour la zone humide de St Clément

Fonction (score maximum)	Score obtenu	Score ramené à une note /20
<b>Amélioration de la qualité de l'eau (32)</b>	16	10
<b>Hydrologique (32)</b>	32	20
<b>Habitat(36)</b>	7	3,8

Ces résultats illustrent l'importance de la zone humide dans la régulation des inondations. Cela amène à se poser la question de la légitimité du projet de construction sur cette zone humide qui diminuerait les fonctionnalités de celle-ci. Ainsi, la zone de prime abord peu intéressante, remplit plus de fonctions que le grand marais de Droitaumont qui pourtant fait parti d'un programme de protection. Ce type de protocole permet de montrer que même si la zone humide ne présente pas d'intérêt patrimonial, elle remplit des fonctions qui impliquent qu'elle soit protégée.

➤ La tourbière de Lispach

La tourbière de Lispach a été évaluée à partir du questionnaire pour les zones humides de frange de lac. Celle-ci se voit attribuer un score de 83/100 (après correction) qui correspond à la catégorie I « toute dégradation de ce type de zone humide doit être interdite, leurs fonctions et valeurs étant trop difficiles à recréer ». La méthode n'a pas permis d'obtenir un score sur 100, les fonctions « hydrologiques » et amélioration de la qualité de l'eau » étant respectivement notées sur 24 et 16 au lieu de 32. Une correction a donc été nécessaire pour ramener le résultat à une note sur 100, permettant la catégorisation de la zone humide évaluée. Comme attendu, les scores obtenus pour chaque fonctions sont élevés (Tab. VIII).

Tableau VIII: Scores atteints par les différentes fonctions pour la tourbière de Lispach

Fonction (score maximum)	Score obtenu	Score ramené à une note /20
<b>Amélioration de la qualité de l'eau (32)</b>	24/24 soit 32/32	20
<b>Hydrologique (32)</b>	16/16 soit 32/32	20
<b>Habitat(36)</b>	19/36	10,5

Les fonctions « hydrauliques » et « amélioration de la qualité de l'eau » obtiennent la note maximum et la fonction « habitat » atteint 19/36. Cette note s'explique, en partie, par la situation de la zone humide dans un environnement particulièrement préservé, qui l'intègre dans un réseau de corridors écologiques plus important que pour les deux autres zones humides évaluées.

Globalement, les résultats obtenus lors des tests terrain ne semblent pas aberrants. La tourbière de Lispach obtient naturellement le score le plus élevé. Les résultats obtenus pour le marais et la prairie humides sont proches mais l'évaluation a permis de montrer que ce ne sont pas les mêmes fonctions qui sont remplies par ces deux types de zones humides. L'intérêt de ce protocole est donc de faire ressortir les points forts et les points faibles des milieux évalués afin d'adapter les discours de préservation. Il peut sembler exagéré d'attribuer la note maximale pour certaines fonctions mais il faut garder à l'esprit que ce type de protocole d'évaluation se veut rapide et simple d'utilisation ce qui implique des économies de précision et de rigueur.

Le lien, entre les résultats obtenus et les précautions relatives à la mise en avant de certaines fonctions dans le but de protéger les zones humides, peut être fait ici. Ainsi, la tourbière de Lispach est un milieu oligotrophe (qui nécessite peu d'apports). De ce fait, même si celle-ci atteint la note maximale pour la fonction amélioration de la qualité de l'eau, il n'est pas judicieux de mettre en avant le côté épuratoire de cette dernière. En effet, tout apport d'éléments extérieurs peut être à l'origine d'une dégradation de la zone humide.

#### 4. Discussion et perspectives

➤ Discussion par rapport à la méthode : points forts, points faibles

La méthode d'évaluation WRS est rapide et peu coûteuse à mettre en place. D'une part, aucun matériel n'est nécessaire. La détermination du type de sol peut être facilitée par l'utilisation d'une tarière mais les profondeurs d'exploration restant faibles (5cm), elle n'est pas obligatoire. De plus,

cette méthode propose une analyse de terrain rapide et qui mobilise peu de personnel (1-2 personnes sur ½ journée de terrain environ+phase de recherche documentaire). Elle est donc adaptée au contexte actuel, d'économie de temps et de coûts.

Toutefois, des difficultés ont été rencontrées lors de la phase de terrain. Certains paramètres du protocole sont difficiles à évaluer. Ainsi, dans le cas du questionnaire d'évaluation des fonctionnalités des zones humides de classe HGM dépressionnaire, la question concernant les niveaux d'eau est délicate. Elle se base sur l'observation de traces de variation de niveau d'eau à l'exutoire ou, à défaut, sur des traces de variation des hauteurs d'eau au sein de la zone humide (Fig. 15).

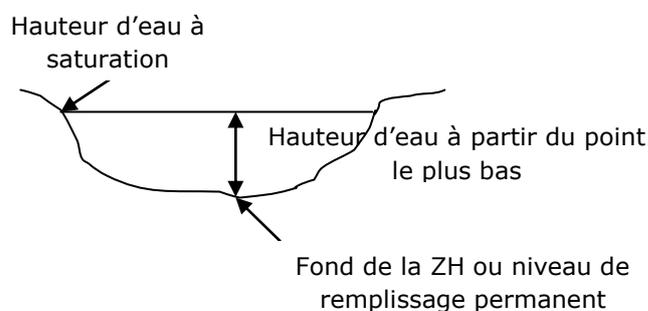


Figure 15: Estimation de la variation du niveau d'eau en l'absence d'exutoire (source : Hruby, 2004).

La définition des variations par observations de terrain est complexe d'autant que la précision demandée est de l'ordre de la dizaine de centimètres.

D'autres difficultés sont présentes dans la partie « évaluation de la fonction habitat de la zone humide ». La question sur les régimes hydrauliques observés au sein de la zone humide ne peut pas être renseignée lors d'une seule visite de terrain. En effet, il n'est pas possible de déterminer si la zone est inondée en permanence ou occasionnellement, surtout si la phase de terrain est réalisée en été pour observer la végétation. Pour ce type de question, il faudrait pouvoir mettre en place du matériel de mesure (piézomètres) permettant de suivre les variations de niveaux d'eau sur de longues durées. L'interprétation de sondages pédologiques, réalisés dans la zone évaluée, permet également d'obtenir des informations sur les régimes hydrauliques. Ces options sont envisageables lors de la réalisation d'une étude d'incidences car le porteur de projet a une obligation de résultats. Par contre, dans le cas d'un contrôle des mesures compensatoires, réalisé par les services de l'Etat, ce type d'alternatives relativement longues à mettre en place, est peu envisageable. La présence de laisse de crue peut également aiguiller la réponse mais ne permet pas de déterminer la durée des potentielles inondations.

De plus, pour des non experts en botanique, dénombrer le nombre d'espèces végétales qui occupent plus de 1m<sup>2</sup> peut s'avérer être un exercice complexe, surtout lorsque l'on connaît la difficulté qu'il y a à distinguer les différents types de carex ou de sphaignes. Cela implique également que l'évaluation soit réalisée à une période favorable aux inventaires floristiques.

La durée de réalisation de l'évaluation peut donc être longue s'il faut attendre que les conditions soient favorables à la fois pour l'observation des régimes hydrauliques et de la végétation présente. Cette méthode ne peut donc pas être utilisée à toutes les périodes de l'année. Protocole d'évaluation rapide ne signifie donc pas sans préparation préalable.

➤ [Discussion par rapport à sa mise en place](#)

Au cours de ce stage, le temps alloué à la mise en place d'un protocole d'évaluation est trop réduite. Les erreurs induites par une mise en place trop rapide sont nombreuses : manque de temps pour

recupérer le maximum de données sur la zone étudiée en phase bureau et en phase terrain, mauvaise compréhension des subtilités de la méthode d'origine...

La méthode testée est issue des Etats-Unis et n'a jamais été transposée en France. Outre la difficulté qu'il peut y avoir à traduire des protocoles scientifiques sans erreur de compréhension, certaines spécificités aux Etats-Unis, n'existent pas en France (liste des habitats prioritaires, certains végétaux, ...). Ceci est à l'origine de difficultés à déterminer le terme ou la notion de substitution qui se rapproche le plus de celui évoqué dans le protocole américain.

La méthode WRS prévoit, en plus de l'évaluation des fonctionnalités, un classement selon les caractéristiques spéciales de la zone humide. Ce classement permet de différencier les zones humides sur la base de leur sensibilité aux perturbations, de leur importance, de leur rareté, de notre capacité à les recréer et des fonctions qu'elles remplissent (Hruby, 2004). Celui-ci n'a pas été pris en compte lors de cette première phase de test. En effet, son adaptation au contexte français est complexe car il fait intervenir des espèces et des critères (classement Natural Heritage Wetland) qui n'existent pas en France. Dès lors, il a été décidé de mettre la classification spéciale entre parenthèses pour se concentrer uniquement sur l'évaluation à partir des fonctionnalités. Nous avons conscience du biais que cela peut représenter et de l'intérêt d'avoir une classification qui tient compte du type de zone humide évalué. En effet, si la zone humide est rare, cela permet d'augmenter la catégorie et d'avoir un degré de protection plus élevé.

Les résultats obtenus peuvent sembler cohérents mais l'absence de retours d'expérience ne permet pas de l'affirmer avec certitude. Les inexactitudes liées à la transposition des modèles états-uniens sont grandes. Cette méthode, développée pour et dans l'Etat de Washington, se base sur des caractéristiques propres aux zones humides de cet Etat. Or, il faut souligner que les zones humides d'Amérique du Nord présentent des différences par rapport aux zones humides européennes et françaises. De plus, la politique de gestion n'est pas la même. Les objectifs sont différents et les méthodes développées tiennent compte des objectifs attendus. De ce fait, il y a des variations non négligeables mais difficilement quantifiables, qui peuvent être à l'origine de biais. C'est pour cela, qu'une transposition pure et dure de ces protocoles semble peu pertinente. Des modifications seraient nécessaires afin que ces protocoles soient plus adaptés à la situation française.

➤ [Perspectives quand à l'utilisation de la méthode WRS en France](#)

Au final, cette méthode présente le potentiel pour être transposée en France, ou au moins mérite que l'on se penche sur l'opportunité de son adaptation. Cependant, des études plus poussées (calibration, validation) restent à faire avant qu'une utilisation de la méthode WRS puisse être généralisée en France. Cette problématique d'adaptation du protocole à la politique de protection des zones humides françaises, pourrait faire l'objet d'un stage ultérieur.

Tout d'abord, il faudrait se pencher sur un ajustement, au contexte national et aux zones humides françaises, du classement fondé sur les caractéristiques spéciales de la zone humide, tel que mis en œuvre par la méthode WRS.

Ensuite, les exigences concernant certains critères de distance sont jugées trop faibles dans le protocole WRS. Par exemple, ceux permettant d'évaluer l'opportunité de la zone humide à améliorer la qualité de l'eau, semblent peu contraignants : la distance permettant de tenir compte des pollutions potentielles arrivant dans la zone humide est de 50 mètres. Au-delà de cet intervalle, ces sources de pollutions potentielles ne sont plus considérées comme « impactantes » pour la zone humide. Ainsi, il paraît pertinent, dans notre contexte de durcir ce critère.

Un lien entre le protocole ainsi établi et les fiches techniques documents d'incidences du référentiel MADI pourrait être envisagé. A titre d'exemple, la catégorie obtenue, serait corrélée au niveau d'exigences demandé dans la réalisation des documents d'incidences (Tab. IX).

**Tableau IX:** Lien entre catégories de la méthode WRS et les niveaux d'exigences prévus dans les documents d'incidence.

Catégorie obtenue par la méthode WRS	Niveau d'exigences demandé dans les documents d'incidences	Code couleur associé dans le référentiel « MADI »
Catégorie I	Niveau d'exigence élevé (enjeux et risques d'impacts important)	
Catégorie II		
Catégorie III	Niveau d'exigence moyen (enjeux et risques d'impacts significatifs)	
Catégorie IV	Niveau d'exigence faible (enjeux et risques d'impacts faibles)	

Une relation entre les ratios de compensation peut être proposée. L'adaptation devra cependant être confiée à des experts des zones humides qui pourront ajuster le protocole au contexte français sur des bases scientifiques et techniques pertinentes.

De prime abord, la méthode WRS permet une évaluation qualitative plus que quantitative. Le score obtenu doit être interprété avec précaution. Un système de marge d'erreur pourrait être mis en place pour tenir compte de la difficulté à renseigner certaines questions avec certitude. Cette marge permettrait d'obtenir les résultats sous forme d'intervalles plutôt que de notes brutes. Un système d'intervalle comme pour les catégories pourrait être imaginé pour chacune des trois fonctions évaluées par le protocole WRS (Tab. X) :

**Tableau X:** Proposition de système d'intervalles pour les fonctions « hydrologique », « amélioration de la qualité de l'eau » et « habitat ».

	mauvais	moyen	bon
Fonctions « hydrologiques » et « amélioration de la qualité de l'eau »	0-10	11-21	22-32
Fonction « habitat »	0-11	12-24	25-36

Selon ce classement, des préconisations de compensation pourraient être indiquées. Ainsi, si la zone humide détruite a un score « bon » pour la fonction « hydrologique », il faut compenser la perte sur la même hydro région. Si le score est « mauvais », le rôle de la zone humide dans la gestion quantitative de l'eau ne se trouve pas directement mis en jeu. De même, si la fonction « habitat » est « bonne », la compensation doit obligatoirement se faire sur la même écorégion. Dans le cas où ces deux fonctions sont évaluées « bonnes », il faut compenser sur la même hydroécorégion. Cela fournirait une assise scientifique aux prescriptions faites.

Il faut garder à l'esprit que d'autres protocoles ont été testés avec des résultats encourageants. A l'instar de la méthode WRS, une adaptation des RAM et de la méthode FAP semble pertinente en France, sous réserve de modifications. Une étude comparative de ces différentes méthodes permettrait de définir laquelle présente le meilleur potentiel.

## DISCUSSION GENERALE SUR LA COMPENSATION

Les attentes concernant la compensation des milieux naturels sont grandes mais les outils techniques disponibles insuffisants pour en assurer correctement la mise en œuvre. L'effervescence autour de cette thématique, observée depuis une dizaine d'années, est à l'origine d'initiatives multiples. Toutefois, la prolifération de documents (guides, études, rapports,...) ne doit pas nuire à la clarté du processus de compensation. Le développement des connaissances et des capacités techniques pour mener à bien la compensation des milieux naturels ne doit pas entraîner une dérive dans le respect de la séquence « éviter-réduire-compenser ». La question fondamentale n'est-elle pas d'« éviter » plus que de « compenser ». En effet, si les mesures d'évitement étaient efficacement mises en place, les impacts résiduels restant à réduire puis à compenser seraient moindres. De plus, l'évitement favorise le maintien en place du milieu naturel alors que la compensation implique généralement la recréation d'un milieu équivalent, mais jamais identique.

Or, la tendance actuelle semble être de compenser sans chercher au préalable à éviter ni à réduire les impacts environnementaux. C'est pourquoi, le Ministère en charge de l'écologie a élaboré une doctrine nationale, en vue de clarifier et d'harmoniser les pratiques (MEDDTL, 2012).

Actuellement, l'évaluation économique des services, rendus aux sociétés, par les zones humides et les milieux naturels en général constitue une piste de réflexion importante pour la préservation de l'environnement. Si cette démarche de monétarisation de la nature peut sembler réductrice, elle présente néanmoins certains atouts. Ainsi, cela peut dissuader des porteurs de projet lorsque le coût économique des impacts environnementaux apparaît supérieur aux bénéfices socio-économiques de l'aménagement. Au-delà d'une évaluation du coût économique de la destruction des milieux naturels, une approche par évaluation des bénéfices à les préserver existe.

A défaut d'un changement d'état d'esprit, de la part de la société, en faveur de la préservation de l'environnement, cette approche par évaluation monétaire de la nature permet de faire prendre conscience de l'intérêt de la préservation des milieux naturels.

D'une manière plus globale, il est intéressant de s'interroger sur la pertinence des interventions réalisées sur les milieux naturels et sur les zones humides en particulier. Sur cette question, deux courants de pensées se distinguent au sein de la communauté des scientifiques et des praticiens spécialistes de ces milieux. Le premier consiste à rapprocher un milieu de son état naturel ancien, quitte à intervenir, par le génie écologique notamment. Se pose alors la question de la définition l'état de référence de ce milieu.

Le second est favorable à une évolution naturelle des milieux, sans aucune intervention de l'homme. Il met d'avantage en avant le retour de fonctions écologiques au sein de l'écosystème plutôt que la présence d'espèces en elles même. La question de l'interventionnisme interroge sur le but recherché par les différentes actions engagées par l'Homme sur les zones humides et sur les milieux naturels en général. En effet, la plupart du temps les actions réalisées ont pour objectif de restaurer ou de créer une fonction qui nous rend service. Or, le choix de privilégier une fonction se fait, en général, au détriment d'une autre. Cette vision ethno centrée est-elle pertinente ? La nature y gagne-t-elle quelque chose ? On peut penser que la nature parvient toute seule à un équilibre qui lui est favorable.

Globalement, il semble que malgré toutes les avancées scientifiques, les progrès législatifs et les efforts réalisés dans le sens de la protection des milieux naturels, les aspects environnementaux restent, encore aujourd'hui, le plus souvent négligés face aux pressions économiques et financières.

## CONCLUSION

La mise en œuvre des mesures compensatoires zones humides n'est, à l'heure actuelle, pas pleinement efficiente. En effet, elles restent souvent inachevées voire inexistantes. Un moyen pour améliorer leur mise en œuvre consiste à améliorer la capacité d'expertise des agents de l'ONEMA sur le volet « mesures compensatoires - zones humides ». Pour cela, un levier d'action consiste à leur fournir des outils techniques permettant de faciliter et d'harmoniser les avis techniques réalisés.

Le premier objectif de ce stage a donc été de réaliser un ensemble de documents visant à apporter un complément d'informations, sur la thématique des mesures compensatoires zones humides. Ces documents serviront à compléter le référentiel « milieu aquatique-documents d'incidences » de l'ONEMA, diffusé auprès des agents de l'ONEMA dans un premier temps, puis à tous les services de l'Etat et aux bureaux d'études. L'un des documents clé, créé au cours de ce stage, est un logigramme intitulé « respect de la séquence éviter-réduire compenser ». Il reprend l'ensemble des points qui devraient figurer dans le dossier d'incidences concernant la partie mesure compensatoire zone humide, afin de construire la meilleure mesure compensatoire possible. Ce logigramme constitue donc une trame pouvant être suivie par les agents de l'ONEMA lors de l'expertise des dossiers.

Ce premier objectif a été atteint. Les documents réalisés représentent un petit pas pour la conservation des zones humides au sens large mais, nous l'espérons, un grand pas pour les réflexions sur les mesures compensatoires. Cependant, la réalisation d'outils seule n'est pas suffisante. La mise en place d'une communication efficace autour de l'existence et de l'intérêt de ces outils est nécessaire.

Le second objectif du stage était de mettre en place un protocole d'évaluation des fonctionnalités hydrologiques et biogéochimiques des zones humides. En effet, il est préconisé de compenser à hauteur des fonctionnalités perdues. Cependant aucune méthode validée et attestée n'est disponible en France pour le moment. Cet objectif est crucial tant la nécessité de disposer d'une méthode permettant d'évaluer les fonctions détruites est grande. L'objectif n'a cependant pas été pleinement rempli par manque de temps pour mettre en place un protocole adapté. Il a donc été décidé de tester directement le protocole d'évaluation des fonctionnalités des zones humides de l'Etat de Washington (Washington State Wetland Rating System WS-WRS).

Les tests de terrain se sont avérés encourageants, même si des modifications restent à faire avant d'envisager une utilisation du protocole en France. En effet, certains critères doivent être adaptés au contexte français afin que la méthode soit valable.

Pour conclure, nous tenons à rappeler l'importance de la compensation pour la préservation des zones humides. Les efforts doivent se poursuivre, tout en insistant, encore et encore, sur le fait que les mesures compensatoires sont obligatoires et qu'elles ne doivent pas être interprétées comme un « droit à détruire ».

Toutefois, il faut souligner que les moyens humains consacrés au contrôle de la mise en œuvre et de l'efficacité des mesures compensatoires, sont trop réduits pour être complètement efficaces. De plus, le faible pourcentage de poursuites donné aux procès verbaux, couplé à des amendes trop peu dissuasives, n'encouragent pas les porteurs de projet à agir en faveur de la préservation des zones humides. De nombreux efforts restent donc à faire pour que le respect de la séquence « éviter - réduire - compenser » soit une réalité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme. 1995. Plan d'action pour les zones humides, Ministère de l'environnement, 5 p.
- Barnaud, G. et Coïc, B. 2011. *Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction des zones humides : revue bibliographique et analyse critique des méthodes*. MNHN-SPN, ONEMA, 119 p.
- Barnaud, G. et Fustec, E. 2007. *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 295 p.
- Cizel, O. 2010. *Protection et gestion des espaces humides et aquatiques. Guide juridique d'accompagnement des bassins de Rhône-Méditerranée et de Corse*. Groupe d'histoire des zones humides, Agence de l'eau RM&C, Pôle relais lagunes méditerranéennes, 566 p.
- CNPN, 2007. *Recommandations du conseil national de la protection de la nature concernant le rapport du groupe 2 du grenelle de l'environnement « préserver la biodiversité et les ressources naturelle »*, 5 p.
- Coïc B., Gayet G. et Barnaud G. 2012. *En préalable à la compensation des zones humides, l'évaluation des fonctions écologiques : revue bibliographique et analyse critique des méthodes*. Convention ONEMA – MNHN, 203 p.
- Cordelier, C. et De Billy, V. 2009. *Observatoire « zones humides » : guide d'expertise de documents d'incidences*, ONEMA, 43 p.
- De Billy, V. *Fiches 16-définir des mesures compensatoires équivalentes aux impacts du projet*, version provisoire, Onema, 10 p.
- DREAL Franche-Comté, 2011. *Note sur les modalités de mise en œuvre des mesures compensatoires*, 14 p.
- Ecosphère, 2006. *Synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130 p.
- Ecosphère, 2008. *Délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182 p.
- EPTB Vienne, 2009. *Préservation des zones humides : Vade-mecum à l'usage des maires*. Etablissement Public du Bassin de la Vienne, Non paginé.
- 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 compensatoire*. ONEMA, Master 2 Pro "Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques", UFR Sciences & Techniques Côte Basque, 30 p. + annexes.
- Hruby, T. 2004. *Washington State wetland rating system for western Washington – revised*. Washington State Department of Ecology Publication # 04-06-025, version annotée 2006, 103 p.
- Interagences de l'eau, 2003. *Les zones humides et la ressource en eau*. Guide technique interagences. Groupement BURGÉAP, Jean-Louis Michelot, ACER CAMPESTRE. Etude sur l'eau n°89, non paginé.
- Lucas, M. 2009. *La compensation environnementale, un mécanisme inefficace à améliorer*. Revue juridique de l'environnement, n°1-2009 : 59-68.

MEDDTL, 2012. *Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel*, 8 p.

Meneau, L. 2011. *Evaluation fonctionnelle et système d'aide à la décision : application aux marais du Bas-Couesnon*. Université de Lille 1 Sciences et technologies, Master Ecologie : Master 2 pro spécialité « Gestion de la biodiversité et des écosystèmes terrestres » 38 p.

ONEMA, 2011. *Référentiel milieu aquatique – documents d'incidences : état d'avancement du projet*. - Direction du contrôle des usages et de l'activité territoriale, 18 p.

Parc naturel régional des Ballons des Vosges/Conservatoire des sites lorrains, 2010. *Document d'objectifs Natura 2000, Tourbière de Lispach, cahier 2 : les annexes techniques et les données cartographiques*.

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 Etats-Unis et appliquées au département de l'Isère*. Rapport de stage M2 Plantes et Environnement, Laboratoire d'Ecologie Alpine UMR 5553 du CNRS Grenoble, 32 p.

Soyer, H. et coll. 2011. *La compensation écologique : Etat des lieux et recommandations*. UICN France Paris, 43 p.

### Sites internet

<http://www.zones-humides.eaufrance.fr>

<http://www.onema.fr>



**UNIVERSITE DE LIMOGES  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
FILIERE EAU ET ENVIRONNEMENT**

**MEMOIRE PRESENTE PAR  
« Lise MARTIN »**

Pour l'obtention du Master Professionnel  
« Gestion de l'Environnement et Traitement des Eaux »

**« 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 D'ANNEXES

**Soutenu le 31 Août 2012 à LIMOGES**

Responsable Universitaire du stage : Gilles GUIBAUT  
Responsable du stage au sein de l'ONEMA : Emmanuel PEREZ

Année universitaire 2011-2012

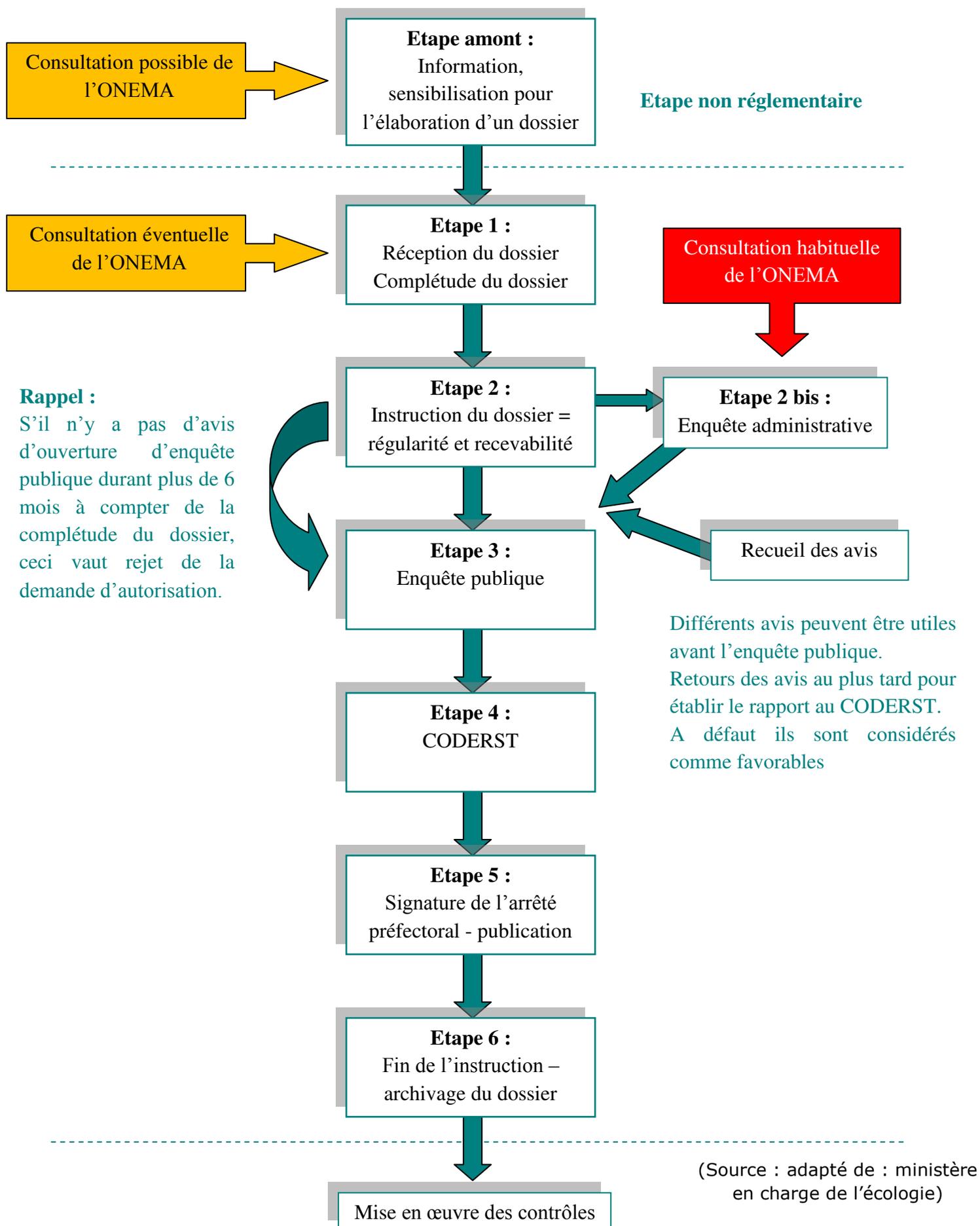
En collaboration avec :



## SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe 1: processus d'autorisation.....	1
Annexes 2: fiches techniques documents d'incidences.....	3
annexe 2-1: construction de la mesure compensatoire.....	5
annexe 2-2: gestion de la mesure compensatoire.....	6
Annexes 3: fiches méthodologiques.....	7
annexe 3-1: délimitation des ZH: méthode pédologique.....	9
annexe 3-2: délimitation des ZH: méthode floristique.....	10
annexe 3-3: fonction diversité d'habitats, de flore et de faune.....	11
annexe 3-4: fonctions hydrologiques.....	12
annexe 3-5: fonctions biogéochimiques.....	13
annexe 3-6: types de mesures compensatoires.....	14
annexe 3-7: ratios de compensation.....	15
annexe 3-8: gestion de la ZH de compensation.....	16
annexe 3-9: suivi des mesures compensatoires.....	17
annexe 3-10: périodes d'inventaires.....	18
Annexes 4: Notes méthodologiques.....	19
annexe 4-1: stockage des eaux.....	21
annexe 4-2: soutien des étiages-recharge des nappes.....	26
annexe 4-3: régulation des crues.....	36
annexe 4-4: régulation des nutriments.....	44
annexe 4-5: rétention des toxiques.....	54
annexe 4-6: rétention des MES.....	63
Annexes 5: logigramme "respect de la séquence éviter-réduire-compenser".....	69
annexe 5-1: logigramme partie 1.....	71
annexe 5-2: logigramme partie 2.....	72
annexe 5-3: logigramme partie 3.....	73
annexe 5-4: logigramme partie 4.....	74
Annexes 6: Protocole d'évaluation des fonctionnalités WRS.....	75
annexe 6-1: définition de la classe HGM de la zone humide évaluée.....	77
annexe 6-2: définition des sept classes HGM disponibles pour l'évaluation.....	81
annexe 6-3: évaluation des fonctions "qualité de l'eau et hydrologique" (classe HGM dépressionnaire ou plate).....	83
annexe 6-4: évaluation des fonctions "qualité de l'eau et hydrologique" (classe HGM alluviale).....	87
annexe 6-5: évaluation des fonctions "qualité de l'eau et hydrologique" (classe HGM bordure de lac).....	89
annexe 6-6: évaluation des fonctions "qualité de l'eau et hydrologique" (classe HGM pente).....	91
annexe 6-7: évaluation de la fonction "habitat".....	93

## ANNEXE 1 : Logigramme simplifié du processus d'autorisation



# Annexes 2:

## Fiches techniques documents d'incidences

Pour des raisons de mise en page des fiches techniques documents d'incidences, la légende ne figure pas directement sur les fiches. Elle est rappelée ci-dessous :



Données ciblées  
de base



Données ciblées de 2<sup>ème</sup>  
niveau (enjeux et risques  
d'impacts significatifs)



Données ciblées approfondies  
(enjeux et risques d'impacts  
importants)

**Nature d'opération :**

**Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides**

**Données ciblées**

<b>Respect de la séquence Eviter/Réduire/compenser</b>	rappel des différentes mesures prises pour <u>éviter et réduire</u> les impacts sur l'environnement	
<b>Construction de la mesure compensatoire</b>	Présence de mesures compensatoires dans le dossier	
	Argumentaire explicitant comment le maître d'ouvrage a choisi la mesure compensatoire et pourquoi elle permet d'atteindre l'équivalence (rappel des impacts résiduels du projet après évitement et réduction (nature de l'impact, espèces concernées, ampleur de l'impact,...))	
<b>Description de la mesure compensatoire</b>	<u>Type</u> de mesure compensatoire proposé (création, restauration,...)	
	localisation de la mesure compensatoire par rapport à l'impact (bassin versant, unité hydrographique, écorégion,...)	
	Si distance par rapport à l'impact, justification que l'équivalence est garantie	
	Nature de la zone humide de compensation	
	<u>Surface</u> de la zone humide de compensation	
	Utilisation d'un <u>ratio de compensation</u>	
	Modalités de détermination du ratio (prise en compte des fonctions, des facteurs influençant la réussite de la MC, de la surface, du type de MC, de sa localisation, de la nature de la ZH,...)	
	<u>Compatibilité</u> du ratio, à minima avec les préconisations du SDAGE et SAGE concerné	
<u>Compatibilité</u> de la mesure compensatoire proposée avec le SDAGE et SAGE concerné		
<b>Réalisation de la mesure compensatoire</b>	Description des travaux (personne en charge de la réalisation, calendrier de mise en œuvre)	
	Délai de réalisation des travaux (date de début, date de fin)	
	Justification des capacités techniques et financières (conventionnement, preuve notariale,...)	

**Nature d'opération :**

**Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de Zones humides**

**Données ciblées\***

<b>Gestion du site</b>	Présentation des <u>opérations de gestion</u> envisagées	
	Justification du choix des opérations de gestion en fonction des objectifs à atteindre	
<b>Critères d'effectivité de la mesure compensatoire</b>	Pourcentage de réalisation de l'ensemble des mesures compensatoires prévues	
	Etat de réalisation de chaque mesure	
<b>Critères d'efficacité de la mesure compensatoire</b>	Type de zone humide compensée	
	<u>Surface</u> de zone humide compensée	
	<u>Fonctionnalités</u> attendues	
	Retour d' <u>espèces</u> animales et/ou végétales	
<b>Suivi de la mesure compensatoire</b>	Nature du <u>suiti</u>	
	Durée et fréquence du suivi	
	Protocole d'élaboration du suivi	
	Personnes en charge de la réalisation du suivi	
	Rapport de suivi	
<b>Protection de la mesure compensatoire</b>	Mesures de protection règlementaires et/ou de protection foncière	
<b>Calendrier de mise en œuvre</b>	Calendrier de mise en œuvre des opérations de gestion et des mesures de protection	
<b>Mesures compensatoire alternative</b>	Présence de mesure(s) compensatoire(s) complémentaires(s) en cas d'échec de la (des) mesures compensatoires envisagées	

# Annexes 3:

**fiches méthodologiques**

<b>THEME</b>	<b>METHODE PEDOLOGIQUE</b> (d'après <i>Vadémécum des sols hydromorphes</i> , Emmanuel POLLET 2009 et arrêté de 2008)	
<b>Principe</b>	réalisation de sondage de terrain afin d'observer la présence ou l'absence d'horizons de sol caractéristiques d'une zone humide (liste de l'arrêté).	
<b>Localisation des points de mesure</b>	les sondages sont à situer de part et d'autre de la frontière supposée de la ZH, suivant les <u>transects</u> perpendiculaires à celle-ci. Le nombre, la localisation et la répartition précise de ces points dépendent de la taille et de l'hétérogénéité du site, avec un point (=un sondage) par secteur homogène du point de vue des conditions mésologiques.	
<b>Protocole de terrain</b> <i>(pour une tarière de 20cm)</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Prélever l'intégralité de la première carotte dans la tête de la tarière ;</li> <li>2- Déposer les vingt premier cm sur le sol ;</li> <li>3- Renouveler l'opération en ne conservant que les 10 cm de sol situés dans la partie basse de la tarière. Le reste correspond à du matériau qui a été remanié lors de la réalisation du sondage ;</li> <li>4- Déposer la carotte à la suite du prélèvement précédent ;</li> <li>5- Répéter l'opération jusqu'à avoir mis bout à bout 1,20 m de sol ;</li> </ol>	
	<p>6- analyse de l'échantillon de sol obtenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>horizon histiques</b> (ou tourbeux) débutant à moins de 50 cm de la surface du sol et d'une épaisseur d'au moins 50 cm ;</li> <li>- <b>traits réductiques</b> débutants à moins de 50 cm de la surface du sol ;</li> <li>- <b>traits rédoxiques</b> débutants à moins de 50 cm de la surface du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur + traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 cm de profondeur ;</li> <li>- <b>traits rédoxiques</b> débutant à moins de 25 cm de la surface du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ;</li> <li>- <u>liste</u> des sols caractéristiques d'une zone humide selon l'arrêté du 24 juin 2008.</li> </ul>	<p>La présence de ce type d'horizon caractéristique permet de conclure de la présence d'une zone humide. En revanche, l'absence d'horizons caractéristiques ne permet pas de conclure, il convient de faire une analyse de la végétation.</p>

<b>THEME</b>	<b>Méthode floristique</b> (d'après le <i>Vademecum des habitats hygrophiles</i> , Emmanuel POLLET 2009 arrêté de 2008)
<b>Principe</b>	Déterminer si la zone est humide à partir d'une étude des espèces végétales présentes et de leur répartition. Cet examen doit avoir lieu pendant une période où les espèces sont à un stade de développement permettant leur détermination (la période incluant la floraison des principales espèces est à privilégier).
<b>Localisation des points de mesure</b>	les relevés sont à réaliser de part et d'autre de la frontière supposée de la ZH, suivant les <u>transects</u> perpendiculaires à celle-ci. Le nombre, la localisation et la répartition précise de ces points dépendent de la taille et de l'hétérogénéité du site, avec un point (=une placette) par secteur homogène du point de vue des conditions mésologiques
<b>Protocole de terrain</b>	<p>ce protocole doit être réalisé séparément pour chaque strate (herbacée, arbustive, arborée) et par ordre décroissant de recouvrement. Il s'agit pour les différentes strates :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1-</b> d'estimer visuellement le pourcentage de recouvrement des espèces. (Les espèces à faible taux de recouvrement (&lt;5%) apportent peu de renseignements, il n'est donc pas obligatoire de les relever) ;</li> <li><b>2-</b> de classer les espèces par ordre décroissant de pourcentage de recouvrement ;</li> <li><b>3-</b> de faire une liste des espèces dont les pourcentages cumulés de recouvrement les plus élevés permettent d'atteindre 50% du recouvrement total de la strate ;</li> <li><b>4-</b> d'ajouter les espèces ayant individuellement un pourcentage de recouvrement supérieur à 20%, lorsque celles-ci n'ont pas été comptabilisées précédemment ;</li> <li><b>5-</b> de faire une liste des espèces dominantes pour la strate considérée.</li> </ol> <p>Une fois l'opération réalisée pour chaque strate :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>6-</b> regrouper les listes obtenues en une seule liste d'espèces dominantes toutes strates confondues (lorsqu'une espèce est dominante dans 2 strates différentes, elle doit être comptée 2 fois dans la liste finale) ;</li> <li><b>7-</b> examiner le caractère hygrophile des espèces de la liste : si au moins la moitié des espèces de cette liste figure dans la <u>liste des espèces indicatrices d'une zone humide</u>, la végétation peut être qualifiée d'hygrophile → caractéristique d'une zone humide.</li> </ol>

**Nature d'opération :**

**Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides**

**THEME**

FONCTION DIVERSITE D'HABITATS, DE FLORE ET DE FAUNE

**Diversité biologique**

- diversité des espèces et des habitats
- rareté des espèces ou des communautés
- diversité génétique

**Rôle dans le cycle de vie**

- aire de repos
- lieu de reproduction
- lieu de croissance
- lieu d'alimentation
- lieu de migration

**Régulation des cycles trophiques**

Régulation des chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles circulent l'énergie et la matière

**Corridors écologiques**

Milieu ou réseau de milieux répondants à des besoins fondamentaux des êtres vivants, à savoir se déplacer ou se propager de façon à pouvoir se nourrir ou se reproduire

**Nature d'opération :**

**Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides**

THEME

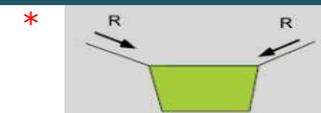
FONCTIONS HYDROLOGIQUES

MECANISMES

SCHEMA DE PRINCIPE

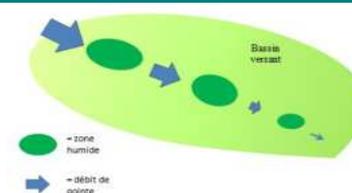
Stockage des eaux

Rétention des eaux arrivant dans la zone humide (eaux de ruissellement, eaux de pluies, eaux de crues,...)



Laminage des crues

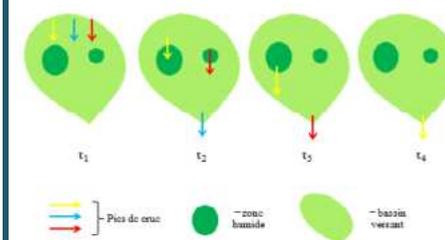
Réduction et retardement des volumes d'eau à l'origine d'une diminution du taux de croissance des débits de pointes



Contrôle des crues

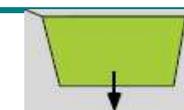
Désynchronisation des pics de crue

Décalage entre l'arrivée des pics de crues au niveau des confluences



Recharge des nappes

Toute zone humide située à un niveau topographique plus élevé que la nappe peut participer à sa recharge par infiltration des eaux de la ZH vers la nappe au travers d'un substrat perméable



Soutien d'étiage

Les ZH stockent de l'eau pendant les périodes de crues et de fortes précipitations. Elles vont ensuite relarguer de façon plus ou moins lente et retardée. Cette restitution peut parfois s'étaler jusqu'à la période d'étiage ce qui contribue au maintien du débit d'étiage



Limite l'érosion des berges et des sols

-Par dissipation de l'énergie des eaux (diminution du débit du cours d'eau par stockage de gros volumes d'eau dans les zones d'expansion des crues, végétalisation des dépôts créant des zones contre l'érosion du courant)  
-Par érosion de la zone humide qui induit une augmentation du transport solide et donc une diminution de l'énergie du cours d'eau, de sa vitesse et donc de sa capacité érosive

**Nature d'opération :**

**Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides**

**THEME**

**FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES**

paramètres		Mécanismes	Schéma de principe
Matières en suspension (MES)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- interception des MES</li> <li>- sédimentation des MES</li> </ul>	
nutriments	Phosphore (P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dépôt du P<sub>particulaire</sub> (associé à des particules minérales ou organiques)</li> <li>- Précipitation du P<sub>dissout</sub> (avec Fe, Ca ou Al)</li> <li>- adsorption du P<sub>dissout</sub> (sur des argiles, des composés organiques ou des oxydes métalliques)</li> <li>- assimilation du P par les végétaux (sous forme d'ions phosphates)</li> </ul>	
	Azote (N)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rétention/interception du N<sub>organique</sub> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> liés aux particules</li> <li>- absorption des nitrates et de l'ammoniaque par les végétaux</li> <li>- dénitrification par les microorganismes aérobies et anaérobies</li> </ul>	
Éléments traces potentiellement toxiques (ETPT)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- rétention par sédimentation des formes associées aux particules et/ou par adsorption des formes dissoutes sur des argiles ou des constituants organiques</li> <li>- précipitation des formes associées aux colloïdes</li> <li>- absorption par les végétaux</li> </ul>	
Micropolluants organiques		<ul style="list-style-type: none"> <li>- volatilisation des composés volatiles ou semi-volatiles</li> <li>- sédimentation des micropolluants fixés sur des particules</li> <li>- adsorption des composés dissouts sur des argiles, des hydroxydes (Fe ou Mn), de la matière organique</li> <li>- biodégradation des micropolluants biodégradables par les microorganismes</li> <li>- hydrolyse et photolyse</li> </ul>	

<b>Définition</b>		La compensation vise à compenser les dommages persistants après la réalisation des mesures d'évitement et de correction. Elle a pour but une non perte nette de fonctionnalité entre la zone impactée et la zone compensée.
<b>Types de mesures compensatoires</b>	<b>Création</b>	<p><b>Création ex-nihilo (à partir de rien) d'une zone humide à un endroit non humide et qui l'a toujours été mais qui est propice à cette création.</b></p> <p>La création fait appel à des techniques de travaux physiques (terrassement, hydraulique, reconstitution de sols,...) et biologiques (génie écologique, revégétalisation, reforestation,...). Les techniques de génie écologique sont récentes et complexes à mettre en œuvre pour des organismes non spécialisés.</p> <p>Ce sont des <b>interventions profondes sur les milieux dont les résultats ne sont pas garantis</b> (méthodes expérimentales non éprouvées, complexité des processus naturels difficilement reproductibles).</p>
	<b>Restauration</b>	<p><b>Restauration d'une zone humide en un lieu connu d'un point de vu historique et/ou scientifique pour l'avoir été, et qui, pour de multiples raisons, a été dégradée ou détruite</b> (pour d'autres raisons que le projet). La zone étant à priori prédisposée à accueillir ce type de milieu, le taux de réussite est généralement plus élevé que pour la création.</p> <p>La restauration peut impliquer la mise en œuvre de dispositifs similaires à ceux cités dans la partie création (reconstitution de sol, replantation, aménagement de berges,...). Elle doit être complétée par une pérennisation des interventions à long terme. C'est le cas notamment de zones humides altérées mais encore existantes dont une gestion adéquate (remise en état de prairies ou landes humides par fauche ou pâturage ou coupe de ligneux...) permettrait de recouvrer un caractère patrimonial (réhabilitation en terme de biodiversité).</p>
	<b>Amélioration</b>	<p><b>Amélioration des fonctions d'une zone humide existante (et dégradée), avec pour objectif de bonifier et d'optimiser les fonctions détériorées</b> (rétablissement des continuités écologiques, restauration de haies, réhabilitation d'un délaissé ...) L'absence de gain de surface impose un ratio compensatoire plus élevé que pour la création ou la restauration. Cette mesure est rarement acceptée seule mais plutôt combinée avec de la restauration ou de la création</p>
	<b>Préservation</b>	<p><b>Maintien en état des fonctions d'une zone humide existante qui, si elle n'était pas préservée, risquerait d'être dégradée suite à des pressions.</b> Cette intervention implique la mise en œuvre d'une protection (acquisition foncière notamment).</p> <p>La préservation n'est généralement pas considérée comme une méthode de compensation à elle seule étant donné l'absence de gain de surface ou de fonctionnalité. Afin de respecter le principe de « non perte de biodiversité », les milieux ainsi préservés doivent faire l'objet d'une mise en valeur qui consiste à améliorer ou augmenter les performances écologiques des milieux (amélioration de la qualité écologique ou de la capacité de résilience en cas d'agressions diverses, ressource génétique pour d'autres milieux naturels).</p>
<b>références</b>		<p>- Barnaud G. et Coïc B., 2011. Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction des zones humides : revue bibliographique et analyse critique des méthodes. MNHN – Service du Patrimoine Naturel, ONEMA.</p> <p>- ATELIER n° 4 LES COMPENSATIONS ECOLOGIQUES</p>

THEME	RATIO DE COMPENSATION
<p><b>Définition</b></p>	<p>Un ratio de compensation est un coefficient multiplicateur visant à ajuster le dimensionnement de la mesure compensatoire avec une marge de sécurité suffisante pour atteindre l'équivalence entre les pertes et les gains. Le choix du ratio doit être le résultat d'une démarche analytique visant à atteindre les objectifs recherchés et intégrant les facteurs influençant le calcul de ce ratio.</p>
<p><b>Facteur influençant le choix du ratio</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risques associés à l'<b>incertitude sur l'efficacité des mesures</b> d'évitement, de réduction et de compensation.</li> <li>- <b>Type de zone humide</b> recrée (ou compensé). Certains types de zones humides sont plus difficiles à compenser que d'autre et le taux d'échec est plus grand. Pour prendre en compte le risque d'échec, des ratios de compensation différents seront appliqués selon le type de zone humide compensé.</li> <li>- <b>Type de mesure compensatoire</b> choisi : Les différents types de mesures compensatoires présentent des taux de réussites ainsi que des gains potentiels variables. La création présente un risque d'échec plus important que la restauration ou l'amélioration mais, les gains attendus de la création sont plus grands que pour les autres types de mesures compensatoires. Ainsi, le ratio de compensation utilisé est un compromis entre le taux d'échec de la mesure et les gains attendus.</li> <li>- <b>Diversité</b> et <b>patrimonialité</b> des habitats ou espèces impactés. Un ratio de compensation plus élevé sera demandé dans le cas d'atteintes à des espèces ou des habitats protégés présentant un intérêt patrimonial.</li> <li>- <b>Décalage spatial</b> entre les impacts du projet et les effets des mesures.</li> <li>- <b>Décalage temporel</b> : il doit être pris en compte pour intégrer les pertes intermédiaires entre le moment de l'impact et le moment où la mesure compensatoire acquière ses fonctions (fiche 16, <i>Définir des mesures compensatoires équivalentes aux impacts du projet</i>, V. De BILLY)</li> </ul>
<p><b>Préconisations « réglementaires »</b></p>	<p>En dehors des cas où leurs minimums sont prévus au niveau de textes ou de documents cadres (SAGE, SDAGE,...) les ratios ou coefficients d'ajustements ne sont pas utilisés de manière systématique et ne constituent pas une donnée d'entrée.</p>
<p><b>Mise en garde</b></p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <p>Un ratio élevé n'est pas une garantie d'une mesure compensatoire pertinente. L'utilité et les modalités de détermination des coefficients doivent être justifiées par le maître d'ouvrage dans son dossier d'instruction.</p> </div>
<p><b>Sources</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>guide DREAL PACA, 2009</i></li> <li>- <i>fiche 16, Définir des mesures compensatoires équivalentes aux impacts du projet, V. De BILLY</i></li> <li>- <i>Doctrine nationale relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel, mars 2012</i></li> </ul>

Afin d'être effective, une mesure compensatoire nécessite d'**identifier et de mettre en place les opérations de gestion nécessaires à l'atteinte des objectifs fixés** (équivalence entre l'impact et la compensation) et **adéquates** (adaptées au type de zone humide). Les mesures de gestion peuvent être réalisées directement par le maître d'ouvrage ou déléguées à un organisme spécialisé. Le maître d'ouvrage reste réglementairement responsable de l'ensemble de la réalisation de la mesure compensatoire, même en cas de délégation de certaines activités.

Le niveau d'exigence attendu est variable selon l'importance des enjeux du projet :

 Données ciblées de base	 Données ciblées de 2 <sup>ème</sup> niveau (enjeux et risques d'impacts significatifs)	 Données ciblées approfondies (enjeux et risques d'impacts importants)
<p><b>Description des opérations de gestion</b></p>	<p><b>Plan de gestion requis + bilan annuel</b></p>	

Un **plan de gestion** est requis pour les projets à enjeux et risques d'impacts significatifs et importants, afin de formaliser les mesures de gestion et leur financement. Le plan de gestion est un document écrit, diffusé et approuvé par l'ensemble des acteurs de la compensation qui décrit le site de la compensation et les problèmes et opportunités liés à sa gestion. A partir de ces informations, le plan décrit les objectifs à atteindre et les travaux à mettre en place pour y parvenir (*Eurosite Management Planning Toolkit, 1999*). La durée de la gestion des mesures doit être justifiée et déterminée en fonction de la durée prévue des impacts, du type de milieux naturels ciblé en priorité par la mesure, des modalités de gestion et du temps estimé nécessaire à l'atteinte des objectifs (*Doctrine nationale relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel, mars 2012*).

Un **bilan annuel** de mise en œuvre des mesures de gestion et de protection des zones humides sera réalisé. De plus, les opérations de gestion font l'objet d'un **suivi** permettant de juger de leur pertinence par rapport aux objectifs fixés et si nécessaire d'adapter les opérations de gestion.

Sources : - *Doctrine nationale relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel, mars 2012*  
- *Eurosite Management Planning Toolkit, 1999*

<b>définition</b>	L'efficacité d'une mesure compensatoire doit être vérifiée. Ainsi, un <b>dispositif de surveillance</b> (pour s'assurer que les engagements sont tenus) et un <b>dispositif de suivi</b> (pour évaluer la pertinence des préconisations et, le cas échéant, les corriger), doivent être intégrés à la mesure. La mise en œuvre de la mesure doit comporter un <b>suivi des techniques et de l'évolution des milieux mobilisés</b> . Un <b>bilan de la mise en œuvre</b> est à prévoir, rendant compte des protocoles et des résultats
<b>but</b>	Le but du suivi est d'évaluer le succès de la compensation et de déterminer le cas échéant, les opérations de gestion à modifier et/ou mettre en place pour atteindre les critères de performance.
<b>Facteurs de réussite du suivi</b>	<p>Les clés d'un bon suivi sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Une bonne mesure des conditions initiales du site de compensation</b> : ces mesures se basent sur des inventaires et des analyses réalisés en amont de la réalisation de la compensation. Cela permet d'identifier les paramètres à suivre et qui serviront de base pour la comparaison.</li> <li>- <b>Un système de surveillance efficace</b> qui consiste à collecter des données (qualitatives et quantitatives sur la faune, la flore, la qualité des eaux,...) qui permettront de réaliser un état des lieux de la zone humide à un instant donné, qui sera comparé à aux conditions initiales du site de compensation.</li> <li>- <b>Un programme permettant d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en place</b> c'est-à-dire dans quelles mesures les opérations de gestions réalisées permettent d'atteindre les objectifs fixés.</li> </ul> <p>Les protocoles sur lesquels se base le suivi sont détaillés par le maître d'ouvrage et précisent le lieu et les objectifs de la compensation, les critères de succès devant être atteint, la méthode utilisée pour les atteindre ainsi que la manière dont les résultats seront analysés. Les protocoles utilisés pour réaliser le suivi doivent être identiques à ceux utilisés pour réaliser l'état initial du site de compensation ainsi qu'à ceux utilisés pour réaliser l'état initial de la zone humide impactée (méthode, période,...)</p>
<b>Durée</b>	La durée du suivi doit être suffisante pour démontrer que les performances attendues par la mesure compensatoire ont bien été atteintes, mais ne doit pas être inférieure à 5 ans. Certains projets mettant plus de temps à se développer, ils nécessitent donc des durées de suivi plus longues.
<b>fréquence</b>	<p>Un suivi annuel est approprié pour la plupart des projets de compensation. Certains projets peuvent nécessiter un suivi plus fréquent en particulier pendant les premières périodes de développement pour permettre au maître d'ouvrage de voir s'il y a des problèmes et modifier le mode de <a href="#">gestion</a> si besoin.</p> <p>Si le suivi est plus long que 5 ans, la fréquence peut être diminuée mais il vaut mieux toujours garder une fréquence annuelle au début pour s'assurer que tout se déroule comme prévu.</p>
<b>Rapport/bilan</b>	<p>Un rapport de la mise en œuvre doit être réalisé après chaque suivi. Celui-ci doit apporter les informations nécessaires à l'évaluation de l'état de la mesure compensatoire. Il doit contenir les données appropriées pour déterminer comment progresse la mesure compensatoire vers l'atteinte des performances de référence. Les données peuvent être des plans, des cartes, des photos qui illustrent les conditions du site aussi bien que les résultats des évaluations menées afin d'obtenir des mesures quantitatives ou qualitatives des fonctions réalisées par la MC.</p> <p>Les agents en charge du dossier veilleront à ce que le SD concerné soit associé à la diffusion de ce rapport.</p>
<b>Types de suivis</b>	inventaires faunistiques et floristiques, physico-chimique, pluviométrique, limnimétrique, photographique
<b>Références</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Note méthodologique pour la réalisation du volet faune - flore - milieux naturels des études d'impact (DREAL Champagne Ardennes)</i></li> <li>- <i>modalités de mise en œuvre des MC (DREAL Franche-Comté, 2011).</i></li> <li>- Gibson &amp; Skordal, LLC., 2008, Compensatory Wetland Mitigation and Monitoring</li> <li>- <i>Regulatory guidance letter</i></li> </ul>

Afin d'être le plus justes possibles, les inventaires et autres opérations de suiti doivent être réalisés pendant les périodes les plus adaptées aux espèces considérées. Le tableau qui suit indique les périodes d'inventaire les plus propices selon les taxons considérés.

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Flore de zone humide													
oiseaux	Nidification												
	Migration printanière												
	Migration automnale												
	Hivernage												
Reptiles													
Amphibiens	Reproduction												
	Reproduction (secondaire)												
Insectes													
Chauve-souris	Général												
	Migration												
poissons	Général												

Sources (ONEMA, MNHN, ...)

# Annexes 4:

## **Notes méthodologiques**

## Annexe 4-1 : fonction de stockage des eaux

### LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES : *Stockage des eaux*

#### 1. INTERET DU STOCKAGE DES EAUX DANS LES ZONES HUMIDES

La fonction de stockage des eaux à plus ou moins long terme, participe à la préservation quantitative de la ressource en eau et garantissent un approvisionnement en eau (recharge des nappes, soutient des étiages, régulation des crues).

#### 2. MECANISME DE STOCKAGE DES EAUX

Toutes les zones humides sont susceptibles de stocker un certain volume d'eau de façon plus ou moins durable en fonction de leurs caractéristiques. L'eau stockée provient de différentes origines (figure 1):

- Précipitations directes dans la zone humide
- Ruissellement sur le bassin versant
- Réseau hydrographique superficiel (cours d'eau voisins)
- Ecoulements souterrains (nappe)

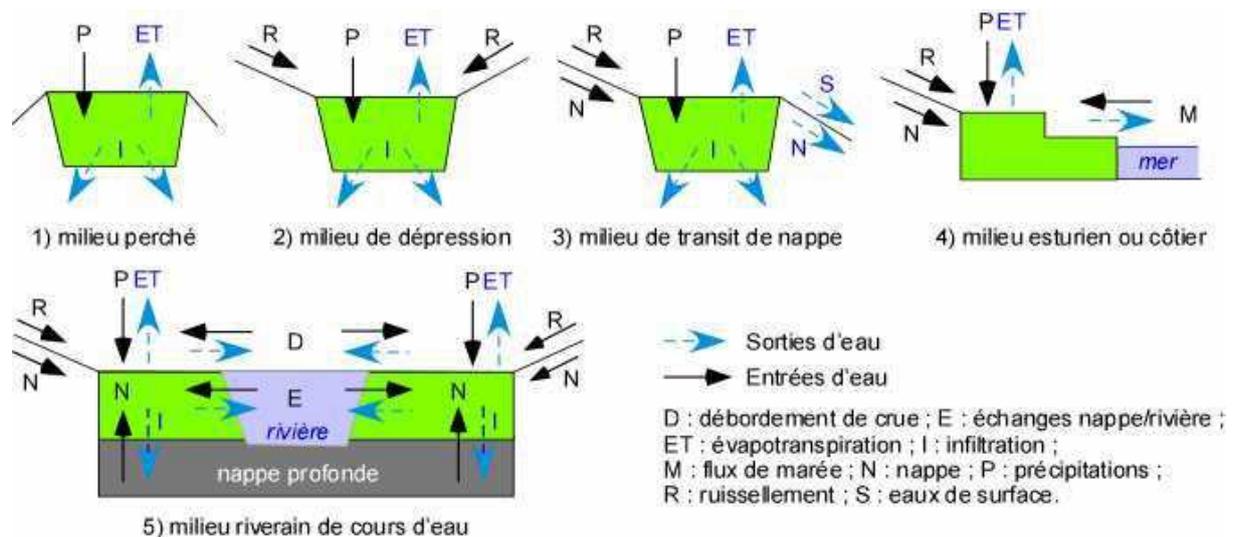


Figure 1 : sorties et entrées d'eau pour différents types de ZH ([1])

Le volume d'eau stockée par la zone humide dépend de différents paramètres que sont :

- **La situation de la zone humide sur le bassin versant** : D'une manière générale, les zones humides de montagne ou de bord de cours d'eau possèdent une capacité de stockage moindre par rapport aux zones humides de fond de bassin versant. La pente plus importante et l'étroitesse des rives des cours d'eau expliquent cette observation.

- **La taille de la zone humide** : la capacité de stockage de la zone humide augmente avec sa superficie. Le volume de stockage peut être apprécié à partir du volume à l'air libre (= profondeur x surface de la zone humide) puis par le volume stocké dans le sol (= hauteur d'eau dans la zone saturée x porosité du sol de la zone saturée) (figure 2).

$$V = S_{zh} \times H_{moyen} \times \omega \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} S_{zh} : \text{emprise surfacique de la zone humide} \\ H_{moyen} : \text{hauteur d'eau souterraine moyenne} \\ \omega : \text{porosité de l'aquifère} \end{array}$$

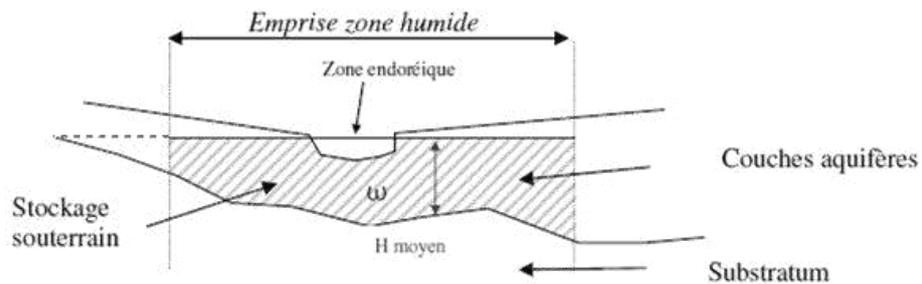


Figure 2 : méthode de calcul du volume stocké dans le sol ([4]).

- **Le substrat** : un sol de perméabilité élevée retient moins bien l'eau dans la zone humide qu'un sol imperméable.
- **La quantité d'eau reçue** : les arrivées d'eau dans la zone humide sont corrélées aux quantités d'eau qui arrivent par les précipitations, le ruissellement, les nappes et les eaux de surface (rivières, mer,...). Celles-ci sont variables dans le temps et l'espace.
- **La rugosité** : La rugosité influe sur la durée du stockage. La vitesse de transit de l'eau dans la zone humide diminue lorsque la rugosité augmente. La rugosité dépend dans un premier temps de la complexité de la topographie de la zone humide. La présence d'anciens méandres, de dépressions ou encore d'anciens chenaux qui se remplissent prioritairement, est à l'origine de l'arrêt ou du frein de la propagation des eaux. Ensuite, la végétation freine la propagation des eaux en offrant une résistance à l'écoulement. Enfin, les caractéristiques de l'exutoire influent sur le débit et donc sur le temps de rétention des eaux : un faible débit de sortie des eaux augmente le temps de stockage.

Cependant, seule une partie de l'eau stockée est destockable, le reste ne pouvant pas être valorisé.

### 3. TYPES DE ZONES HUMIDES REALISANT LA FONCTION

Les zones humides qui participent le plus à la fonction de stockage des eaux sont celles qui présentent les caractéristiques de surface, de relief, de perméabilité du substrat, de rugosité et de végétation les plus adaptées. La capacité de stockage varie donc d'un type de zone humide à un autre mais elle varie également au sein d'un même type de zone humide. En effet, pour un type de zone humide donné, l'artificialisation du bassin versant, la pluviométrie sont des exemples de facteurs qui jouent sur la capacité de rétention. En effet, l'artificialisation est à l'origine d'une imperméabilisation des sols qui

favorise le ruissellement sur le bassin versant et les précipitations sont directement corrélées à la quantité d'eau qui arrive dans la zone humide.

Le tableau suivant présente l'importance relative des différents types de zones humides dans la capacité de stockage des eaux.

Tableau I : importance des différents types de zones humides dans le stockage des eaux (adapté de [4])

	Type SDAGE	Sous type de ZH	stockage
1	Grands estuaires		
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats	
		Vasières	
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers	
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés	
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves	
		Vasières	
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales	
		Forêts alluviales	
		Bras morts et secondaires	
		Marais alluviaux	
		Grèves et bancs d'alluvions	
		Berges végétalisées	
		Berges nues	
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Marais	
		Prairies humides	
		Tourbières	
		Milieus fontinaux	
		Petites zones humides de fond de vallée	
8	Régions d'étangs	Etangs (>1000m <sup>2</sup> )	
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau	
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais	
		Prairies humides	
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés	
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières	
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées	
		Bassins de décantation et autres	

Fonction de stockage des eaux importante

Fonction de stockage des eaux moyenne

Absence de rôle avéré pour le stockage des eaux

Ce tableau indique que ce sont principalement les marais, les mares, les étangs et, dans une plus faible mesure, les tourbières et les plaines alluviales qui participent à la rétention des eaux.

Cette fonction de stockage permet directement de réaliser les autres fonctions hydrauliques :

- Le soutien des étiages
- La recharge des nappes

### **Bibliographie**

[1] De Billy, V., et Cordelier, C., 2009, *Guide d'expertise des documents d'incidences*, ONEMA, DIR Midi-Pyrénées Aquitaine.

[2] Barnaud, G., et Fustec, E., *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 2007.

[3] Ecosphère, 2006, *synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130p.

[4] Ecosphère, 2008, *délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.

[5] Interagences de l'eau, 2003, *Les zones humides et la ressource en eau*, Guide technique interagences, étude sur l'eau n°89.

## **SYNTHESE :** **Stockage des eaux**

La fonction de stockage des eaux à plus ou moins long terme, participe à la préservation quantitative de la ressource en eau et garantissent un approvisionnement en eau (recharge des nappes, soutient des étiages, régulation des crues).

- **Comment les zones humides participent au stockage des eaux ?**

Toutes les zones humides sont susceptibles de stocker un certain volume d'eau de façon plus ou moins durable en fonction de leurs caractéristiques. Le volume d'eau stocké dans la zone dépend de différents paramètres :

- **La situation de la zone humide sur le bassin versant** : D'une manière générale, les zones humides de montagne ou de bord de cours d'eau possèdent une capacité de stockage moindre par rapport aux zones humides de fond de bassin versant. La pente plus importante et l'étranglement des rives des cours d'eau expliquent cette observation.
- **La taille de la zone humide** : la capacité de stockage de la zone humide augmente avec sa superficie.
- **Le substrat** : un sol de perméabilité élevée retient moins bien l'eau dans la zone humide qu'un sol imperméable.
- **La quantité d'eau reçue** : les arrivées d'eau dans la zone humide sont corrélées aux quantités d'eau qui arrivent par les précipitations, le ruissellement, les nappes et les eaux de surface (rivières, mer,...). Celles-ci sont variables dans le temps et l'espace.
- **La rugosité** : La rugosité influe sur la durée du stockage. La vitesse de transit de l'eau dans la zone humide diminue lorsque la rugosité augmente. La rugosité dépend dans un premier temps de la complexité de la topographie de la zone humide. La présence d'anciens méandres, de dépressions ou encore d'anciens chenaux qui se remplissent prioritairement, est à l'origine de l'arrêt ou du frein de la propagation des eaux. Ensuite, la végétation freine la propagation des eaux en offrant une résistance à l'écoulement. Enfin, les caractéristiques de l'exutoire influent sur le débit et donc sur le temps de rétention des eaux : un faible débit de sortie des eaux augmente le temps de stockage.

- **Quelles zones humides réalisent la fonction de stockage des eaux ?**

Les zones humides qui participent le plus à la fonction de stockage des eaux sont celles qui présentent les caractéristiques de surface, de relief, de perméabilité du substrat, de rugosité et de végétation les plus adaptées. La capacité de stockage varie donc d'un type de zone humide à un autre mais elle varie également au sein d'un même type de zone humide. En effet, pour un type de zone humide donné, l'artificialisation du bassin versant, la pluviométrie sont des exemples de facteurs qui jouent sur la capacité de rétention. En effet, l'artificialisation est à l'origine d'une imperméabilisation des sols qui favorise le ruissellement sur le bassin versant et les précipitations sont directement corrélées à la quantité d'eau qui arrive dans la zone humide.

### **LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES :** *Soutien des étiages - Recharge des nappes*

Les zones humides peuvent stocker un certain volume d'eau en fonction de leurs caractéristiques (cf. fiche stockage des eaux). A partir de là, si les conditions nécessaires sont présentes, la zone humide peut, soit participer à la recharge des nappes par infiltration des eaux stockées vers la nappe située en profondeur. Si les restitutions d'eau se poursuivent jusqu'à la période d'étiage, la zone humide peut alors participer au maintien d'un débit d'étiage.

#### **A. LA FONCTION DE SOUTIEN DES ETIAGES**

##### **a. Qu'est ce que l'étiage ?**

Lorsqu'un cours d'eau est en étiage, cela signifie que le débit qui circule est à son niveau le plus bas (c'est le débit d'étiage). Ce phénomène a lieu le plus souvent en été lorsque les pluies sont les moins fréquentes et que le niveau des nappes est le plus bas. Les températures élevées accentuent le phénomène, car elles favorisent l'évaporation des eaux. Le déficit en eau se traduit par un faible débit des cours d'eau.

Dans certaines régions, cet étiage est amplifié par les activités anthropiques telles que l'alimentation en eau potable, la production d'énergie et/ou la production agricole.

##### **b. Conséquences des étiages**

Les conséquences d'un étiage trop important sur l'environnement sont multiples. Il est à l'origine de modifications de la physico-chimie et du débit du cours d'eau qui ont des impacts sur la faune et la flore aquatique et plus généralement sur l'ensemble des usages en lien avec le cours d'eau.

- **Physico-chimie de l'eau**

D'un point de vue physico-chimique, l'étiage va modifier la composition de l'eau. La diminution des débits est à l'origine d'une limitation des turbulences et donc d'une mauvaise oxygénation de l'eau.

Les températures élevées vont entraîner un réchauffement de l'eau, d'autant plus important que l'épaisseur de la lame d'eau et le débit sont faibles. Plus la température augmente, plus la solubilité de l'oxygène baisse (tableau I).

<b>Température (°C)</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
<b>Solubilité de l'O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	16,64	11,26	9,08	7,54

Tableau I : solubilité de l'oxygène en fonction de la température (d'après [7])

Cette diminution, couplée à une baisse des échanges gazeux avec l'atmosphère, est à l'origine d'un déficit en O<sub>2</sub> néfaste pour la faune aquatique.

La diminution de la quantité d'eau disponible est à l'origine d'un phénomène de concentration des polluants (c'est-à-dire d'une augmentation artificielle de leur concentration) qui peut avoir pour conséquence directe la mort de certaines espèces.

L'eutrophisation est favorisée par ce phénomène de concentration artificielle des « polluants » [7].

- **Faune-flore**

L'augmentation des températures couplée à une baisse du courant et une augmentation artificielle des concentrations en nitrates et phosphates favorisent le phénomène d'eutrophisation des cours d'eau (L'eutrophisation correspond à un développement accéléré des algues et des végétaux qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau (diminution des concentrations en oxygène, mortalité des organismes, développement de toxines,...)).

L'étiage a des conséquences directes sur la faune piscicole. D'une manière générale, les modifications des conditions du milieu (augmentation des T°C, baisse de la concentration en O<sub>2</sub>,...) ont un impact sur les populations piscicoles de même que l'augmentation des concentrations en polluants. La baisse des débits et des niveaux d'eau est à l'origine de déconnexions de certains bras de rivière, emprisonnant alors les espèces. Des mises à sec de frayère sont également observées pendant cette période.

De plus, les faibles volumes d'eau disponibles peuvent rendre les déplacements de certains poissons migrateurs plus complexes [7].

- **Activités**

De plus, d'un point de vue pratique, lorsque le débit d'un cours d'eau est trop faible, cela a un impact sur l'ensemble des usagers (pêche, activité nautique, irrigation, production d'eau potable). Les modifications de la physico chimie du cours d'eau (concentration des polluants, développement de cyanobactéries) peuvent également être néfastes pour certains usages (baignade, alimentation en eau potable).

### **c. Mécanisme de soutien des étiages**

L'eau stockée dans les zones humides lors d'épisodes pluvieux importants et de crues peut être restituée au milieu naturel de façon plus ou moins lente et retardée. Si cette restitution dure jusqu'en période d'étiage, l'eau relarguée contribue au maintien du débit d'étiage de ce cours d'eau [3]. Le retard entre le moment où l'eau entre dans la zone humide et le moment où elle en sort contribue à équilibrer le bilan hydrologique annuel du cours d'eau qui bénéficie de la fonction de soutien des étiages de la zone humide [5].

Il existe deux natures de sortie de l'eau contenue dans une zone humide. Celle-ci peut se faire par infiltration souterraine et donc peu rapide ou par ruissellement de surface de manière plus rapide.

La zone où s'effectuent les échanges entre le cours d'eau et la nappe est appelée zone hyporhéique.

### **d. Zone humide capable de réaliser cette fonction**

L'aptitude d'une zone humide pour le soutien d'étiage dépend de sa situation géographique dans le bassin versant [5]. L'efficacité d'une zone humide à soutenir le débit d'étiage d'un cours d'eau augmente lorsque :

- La taille et le nombre de zones humides sont importants, permettant ainsi de stocker de gros volumes d'eau.
- L'effet éponge de la zone humide est important. Celui-ci est lié à la composition du sol.

Tableau II: importance des différents types de zones humides dans le soutien des étiages (adapté de [4])

	Type SDAGE	Sous type de ZH	stockage	Soutien étiages
1	Grands estuaires			
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats		
		Vasières		
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers		
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés		
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves		
		Vasières		
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales		
		Forêts alluviales		
		Bras morts et secondaires		
		Marais alluviaux		
		Grèves et bancs d'alluvions		
		Berges végétalisées		
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Berges nues		
		Marais		
		Prairies humides		
		Tourbières		
		Milieux fontinaux		
8	Régions d'étangs	Petites zones humides de fond de vallée		
		Etangs (>1000m <sup>2</sup> )		
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau		
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais		
		Prairies humides		
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés		
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières		
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées		
		Bassins de décantation et autres		

Fonction de contrôle des crues importante

Fonction de contrôle des crues moyenne

Absence de rôle avéré pour le contrôle des crues

### e. Limite de la fonction

L'effet de la fonction de soutien du débit d'étiage d'un cours d'eau par une zone humide est très limité et difficilement évaluable.

A titre d'exemple, une nappe de 1 km<sup>2</sup> baissant de 1m en 4 mois ne soutiendrait le débit de la rivière que de l'ordre de 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>[5]. Un effet notable n'est observé que pour des surfaces de zone humide importantes [5].

La fonction de soutien des débits d'étiage n'est donc pas un enjeu à prendre en compte à l'échelle d'une seule zone humide. Pour que l'enjeu soit significatif il faut considérer et prendre en compte l'ensemble des zones humides du bassin versant [3].

### f. Exemples illustrant l'importance des zones humides dans le soutien des étiages [3]:

La moyenne vallée de l'Oise est caractérisée par une zone humide alluviale de 5.000 ha environ qui s'étend de la Fère à Noyon. Cette zone humide présente un aquifère alluvial important qui joue un rôle dans le soutien des étiages de l'Oise, de l'ordre de 12 à 23 millions de m<sup>3</sup>. On peut estimer la valeur de remplacement de cette fonction par la construction d'un ouvrage de remplacement. Le coût moyen des ouvrages de soutien d'étiages est de 1,5 €/m<sup>3</sup> environ. Donc pour une telle quantité, il faudrait construire un ouvrage de 18,3 à 35 millions d'euros.

## B. LA FONCTION DE RECHARGE DES NAPPES

### a. Mécanisme

L'infiltration de l'eau stockée dans la zone humide (précipitations, crues) dans le sol alimente les nappes sous jacentes.

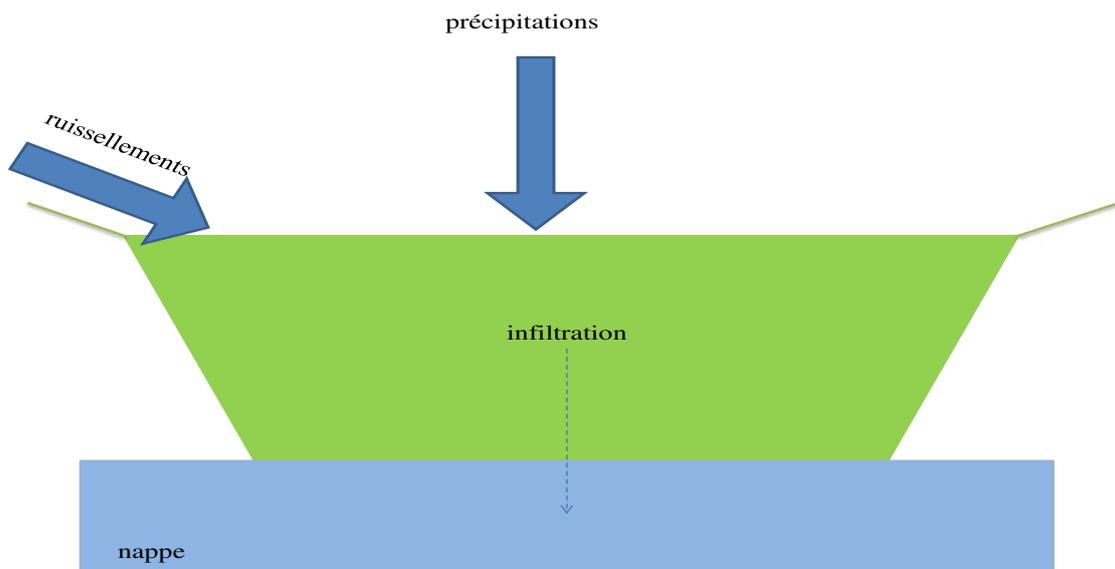


Figure 1 : schéma présentant le mécanisme de recharge de la nappe

## b. Type de zones humides

Théoriquement, toutes les zones humides situées à un niveau plus élevé que la nappe, peuvent participer à sa recharge.

Cette fonction est cependant plus ou moins importante en fonction des caractéristiques de la zone humide.

Le substrat joue un rôle clé dans cette fonction. Ainsi, plus la perméabilité (capacité d'un milieu à laisser passer l'eau) du sol de la zone humide est importante plus l'eau pourra s'infiltrer dans le sol et rejoindre la nappe. Les sols contenant de fortes concentrations en argile ont des perméabilités très faibles. L'eau est maintenue plus fortement dans la zone humide. A contrario des sols plus sableux ont une perméabilité plus importante et les infiltrations d'eau seront facilitées.

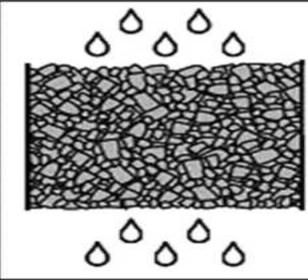
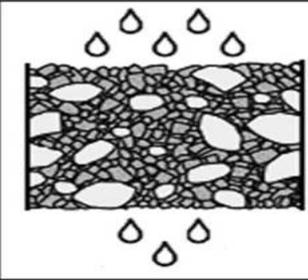
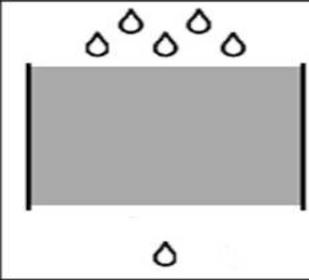
Texture du sol et perméabilité		
SABLE	LOAM SABLEUX	ARGILE
		
RAPIDE	MOÉRÉE	TRÈS LENTE

Figure 2 : perméabilité du sol en fonction de la texture (adapté d'omafra.gov.on.ca)

La perméabilité est liée à la *structure* et à la *texture* du sol. La structure d'un sol désigne le mode d'assemblage, l'arrangement des particules minérales du sol (figure 3). La texture d'un sol correspond à sa granulométrie c'est-à-dire à la répartition des particules en fonction de leur taille (figure 4). Il est possible de déterminer le type de sol grâce à un triangle des textures (figure 5)

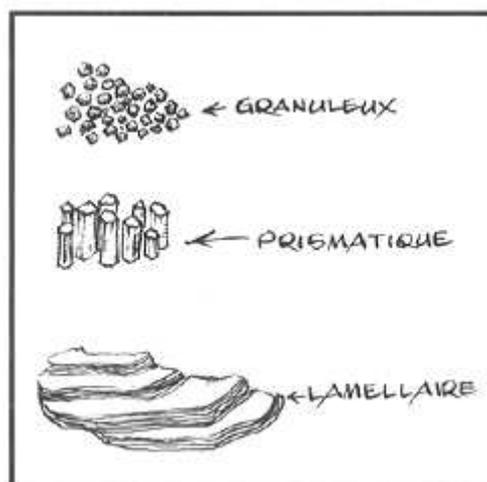


Figure 3 : exemples de structures de sol  
(Tiré de fao.org)

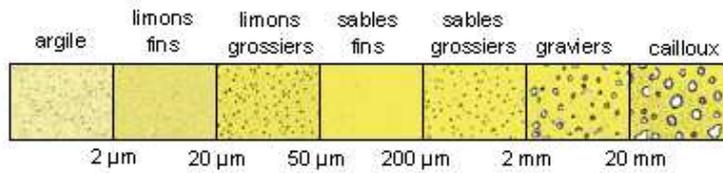


Figure 4 : échelle texturale (tec-search.net)

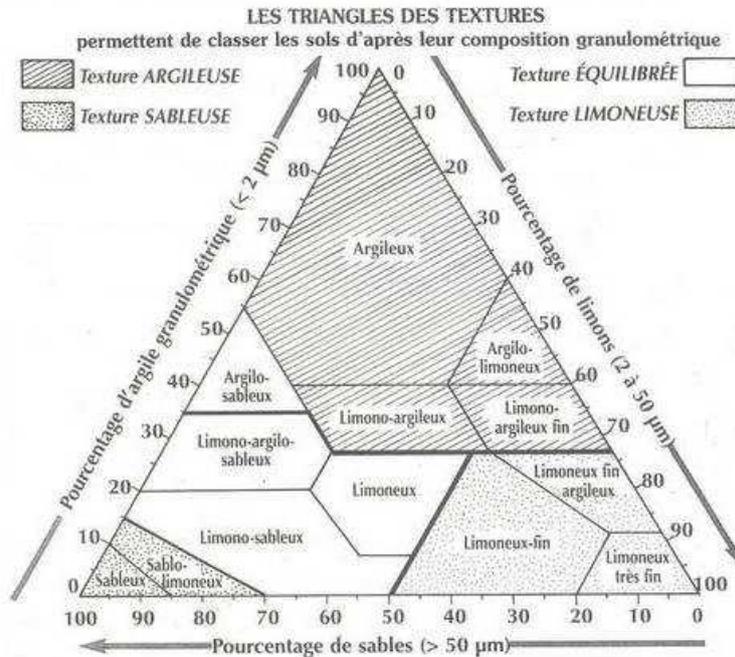
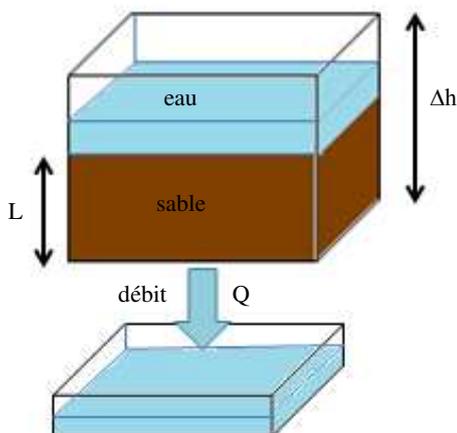


Figure 5 : triangle des textures (aujardin.org)

La perméabilité d'un sol ( $K$ ) peut se calculer grâce à l'expérience de Darcy. Il s'agit dans un contenant de volume connu (surface  $S$  et hauteur  $\Delta h$ ), de faire passer un volume d'eau connu ( $V$ ) à travers une hauteur de sol ( $L$ ) connue.

D'après la loi de Darcy :  $Q = K.S.\frac{\Delta h}{L}$  avec

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = \text{m}^3.\text{s}^{-1} \\ K = \text{m}.\text{s}^{-1} \\ S = \text{m}^2 \\ \Delta h = \text{m} \\ L = \text{m} \end{array} \right.$$



Afin de connaître le débit ( $Q$ ) d'eau qui passe au travers, il suffit de mesurer quel volume d'eau est récupéré pendant un intervalle de temps donné  $t$ .  $Q = \frac{V}{t}$  ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ )

De là on en déduit  $K = \frac{Q}{S\frac{\Delta h}{L}}$  ( $\text{m}.\text{s}^{-1}$ )

Le coefficient de perméabilité K est une vitesse d'infiltration qui traduit la capacité de la roche à transmettre un fluide. Plus K est faible plus la perméabilité de la roche est faible (tableau III).

K (m.s <sup>-1</sup> )		10 <sup>1</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Granulométrie	Homogène	Gravier pur			Sable pur		Sable très fin		Silt		Argile		
	variée	Graviers gros et moyens		Graviers et sables		Sables et argiles-limons							
Degrés de perméabilité		TRES BONNE			BONNE		MAUVAISE				NULLE		
Types de formations		PERMEABLES					SEMI-PERMEABLES				IMPER.		

Tableau III : ordres de grandeur de K selon la granulométrie du sol

La surface de la zone humide est également à prendre en compte. Celle-ci intervient dans la capacité de stockage de l'eau et donc logiquement dans la fonction de recharge des nappes. En effet, plus les quantités d'eau stockées sont importantes plus le volume qui pourra théoriquement s'infiltrer et rejoindre la nappe sera important. Ce paramètre est à nuancer car gros volume de stockage ne signifie pas forcément grande capacité de recharge des nappes. Si le sol présente une perméabilité faible malgré un volume de stockage important, la fonction de recharge de la nappe peut ne pas être significative.

### c. Exemples illustrant l'importance des zones humides dans la recharge des nappes [3]:

Les échanges nappes/rivières/marais sont des phénomènes complexes : une étude canadienne a montré sur un marais alimenté par les eaux souterraines et les précipitations que la contribution de cette zone humide au débit du cours d'eau était faible (Rouet, 1990 et Hill, 1990) alors qu'une étude menée en Ontario a montré que la zone humide fonctionnait comme un système de recharge et de fourniture d'eau pour les systèmes adjacents.

Les tourbières ont longtemps été considérées comme sans relation hydraulique avec les eaux souterraines, leurs couches profondes devenant presque imperméables. Cependant dans de vastes étendues de tourbières en Amérique du Nord (nappe en dôme sous les tourbières bombées), elles peuvent au contraire être des zones de recharge permanente pour les autres zones humides périphériques et la nappe à l'échelle régionale (Fustec et Frochot, 1994).

Tableau IV : importance des différents types de zones humides dans le soutien des étiages et la recharge des nappes (adapté de [4])

	Type SDAGE	Sous type de ZH	stockage	Régulation crues
1	Grands estuaires			
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats		
		Vasières		
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers		
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés		
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves		
		Vasières		
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales		
		Forêts alluviales		
		Bras morts et secondaires		
		Marais alluviaux		
		Grèves et bancs d'alluvions		
		Berges végétalisées		
		Berges nues		
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Marais		
		Prairies humides		
		Tourbières		
		Milieux fontinaux		
		Petites zones humides de fond de vallée		
8	Régions d'étangs	Etangs (>1000m <sup>2</sup> )		
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau		
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais		
		Prairies humides		
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés		
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières		
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées		
		Bassins de décantation et autres		

Fonction de contrôle des crues importante

Fonction de contrôle des crues moyenne

Absence de rôle avéré pour le contrôle des crues

Rôle négatif pour le contrôle des crues

## **Bibliographie :**

- [1] Michelot J.L., 2003, Les zones humides et l'eau, Cahier thématique du PNRZH, p 20-21.
- [2] Barnaud, G., et Fustec, E., *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 2007.
- [3] Ecosphère, 2006, *synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130p.
- [4] Ecosphère, 2008, *délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.
- [5] Interagences de l'eau, 2003, *Les zones humides et la ressource en eau*, Guide technique interagences, étude sur l'eau n°89.
- [6] <http://www.risquesmajeurs.fr/le-risque-inondation>
- [7] <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0102/travaux/optsee/bei/1/g14/pa04.htm>

## **SYNTHESE :** *Soutien des étiages – recharge des nappes*

Les zones humides peuvent stocker un certain volume d'eau. Si les conditions nécessaires sont présentes, la zone humide peut, soit participer à la recharge des nappes par infiltration des eaux stockées vers la nappe située en profondeur. Si les restitutions d'eau se poursuivent jusqu'à la période d'étiage, la zone humide peut alors participer au maintien d'un débit d'étiage.

### 1. Soutien des étiages

Les conséquences d'un étiage trop important sur l'environnement sont multiples. Il est à l'origine de modifications de la physico-chimie et du débit du cours d'eau qui ont des impacts sur la faune et la flore aquatique et plus généralement sur l'ensemble des usages en lien avec le cours d'eau.

- ***Comment les zones humides participent au soutien des débits d'étiage ?***

L'eau stockée dans les zones humides lors d'épisodes pluvieux importants et de crues peut être restituée au milieu naturel de façon plus ou moins lente et retardée. Si cette restitution dure jusqu'en période d'étiage, l'eau relarguée contribue au maintien du débit d'étiage de ce cours d'eau [3].

- ***Quelles zones humides réalisent la fonction de soutien des étiages ?***

L'efficacité d'une zone humide à soutenir le débit d'étiage d'un cours d'eau augmente lorsque :

- La taille et le nombre de zones humides sont importants, permettant ainsi de stocker de gros volumes d'eau.
- L'effet éponge de la zone humide est important. Il est lié à la composition du sol.

### 2. Recharge des nappes

- ***Comment les zones humides participent à la recharge des nappes ?***

Les zones humides participent à la recharge des nappes par infiltration de l'eau stockée dans la zone suite à des précipitations ou à des crues. Si l'eau s'infiltré suffisamment profondément dans le sol elle peut alimenter les nappes sous jacentes.

- ***Quelles zones humides réalisent la fonction de recharge des nappes ?***

Théoriquement, toutes les zones humides situées à un niveau plus élevé que la nappe, peuvent participer à sa recharge. Cette fonction est cependant plus ou moins importante en fonction des caractéristiques de la zone humide.

Le substrat joue un rôle clé dans cette fonction. Ainsi, plus la perméabilité (capacité d'un milieu à laisser passer l'eau) du sol de la zone humide est importante plus l'eau pourra s'infiltrer dans le sol et rejoindre la nappe. Les sols contenant de fortes concentrations en argile ont des perméabilités très faibles. L'eau est maintenue plus fortement dans la zone humide. A contrario des sols plus sableux ont une perméabilité plus importante et les infiltrations d'eau seront facilitées.

### LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES *Contrôle des crues*

#### 1. QU'EST CE QU'UNE CRUE ?

Une crue correspond à une montée des eaux d'un cours d'eau due à des précipitations en forte quantité. Ce phénomène peut être accentué par différentes causes qui peuvent être d'origine humaine ou anthropique. L'imperméabilisation des sols ou une agriculture non adaptée sont des facteurs qui augmentent encore le risque d'inondation.

Les crues sont un phénomène naturel important pour le maintien des écosystèmes aquatiques. En effet, les crues permettent de remettre en eau des zones déconnectées des cours d'eau (noues, bras morts) servant de frayères ou de zone de reproduction pour certaines espèces de poissons (ex : brochet). Les crues ont une action mécanique sur la morphologie du cours d'eau car elles permettent de remettre en suspension le fond du lit et évitent ainsi le colmatage. Dans le même temps, elles assurent un rajeunissement des berges. Cette action permet également de créer un milieu propice à la diversification des écosystèmes.

Les inondations peuvent être de trois types [6]:

- par **débordement direct**, plus ou moins rapide, du cours d'eau qui quitte son lit mineur pour occuper le lit moyen et éventuellement le lit majeur.

- par **remontée de la nappe** sous-jacente. Lorsque le sol est saturé en eau, il arrive que la nappe affleure et qu'une inondation spontanée se produise. Ce phénomène concerne particulièrement les terrains bas ou mal drainés.

- par **ruissellement ou stagnation d'eau pluviale**. Les sols ayant une capacité d'infiltration ou d'évacuation insuffisante vont emmagasiner l'eau, créant une inondation. Le ruissellement est accentué sur les bassins versants anthropisés car l'imperméabilisation du sol (bâtiments, voiries, parkings, etc.) limite l'infiltration des pluies, ce qui occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues.

Au niveau côtier, des inondations par **submersion marine** sont également possibles.

Une rivière est constituée de différentes zones et reliefs à savoir :

- Un **lit mineur** qui correspond au plenissimum flumen c'est-à-dire le niveau de l'eau avant que la rivière déborde.
- Un **lit d'étiage** qui est la zone où coule l'eau quand son niveau est le plus bas.
- Un **lit majeur** qui est la zone d'expansion c'est-à-dire la zone maximum que peut occuper la rivière en période de hautes eaux.
- Une **plaine de débordement**

## 2. QUEL EST L'INTERET DE REGULER LES CRUES ?

Les crues peuvent également avoir un impact négatif sur les populations dans les bassins versants artificialisés où l'urbanisation s'étend dans le lit majeur des cours d'eau et dans les zones d'expansion des crues (zones inondables).

En effet, la plupart du temps, un cours d'eau chemine dans son lit mineur... (Figure 1)



Figure 1 : illustration de l'occupation du lit en période

... mais il arrive que lors de crues importantes, le cours d'eau occupe tout ou partie de son lit majeur entraînant un risque pour les populations vivant dans le lit majeur (figure 2).

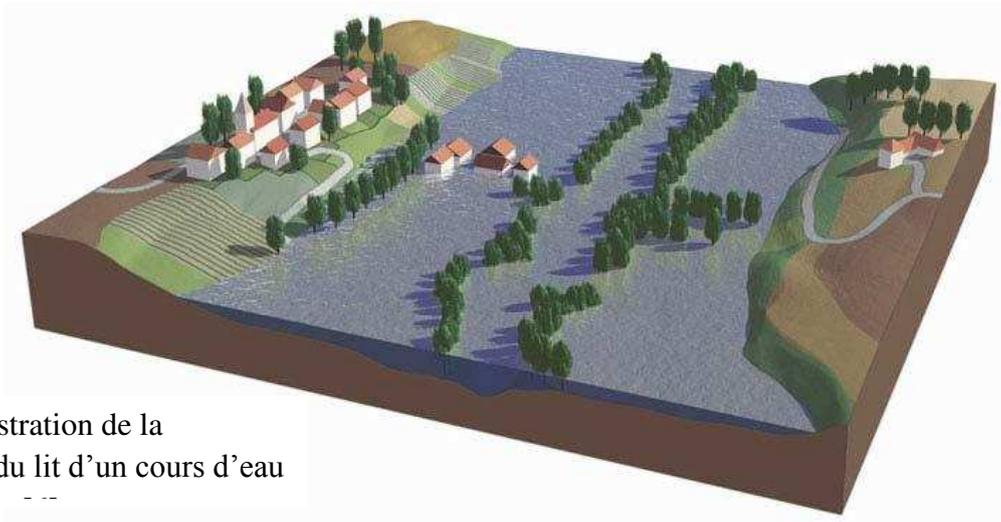


Figure 2 : illustration de la modification du lit d'un cours d'eau

La régulation des crues (et non pas leur suppression) est un enjeu important pour la protection des populations soumises au risque d'inondation. Il y a en France 13 300 communes dont 300 grosses agglomérations soumises à ce risque. En l'espace d'un siècle (entre 1910 et 2002), les inondations les plus graves ont fait de nombreuses victimes et ont engendré des destructions et donc des coûts importants [6].

Le risque d'inondation correspond à l'addition d'un aléa (crue) et d'un enjeu (habitation située dans la zone d'expansion du cours d'eau) :

$$\text{Risque} = \text{aléa} + \text{enjeu}$$

Afin d'éviter le risque, différentes mesures réglementaires ont été mises en place.

La directive européenne inondation relative à l'évaluation et à la gestion du risque d'inondation (octobre 2007), impose aux États membres d'identifier et de cartographier les bassins hydrographiques et les zones côtières à risque et d'établir des plans de gestion (PGRI).

Au niveau national, les programmes d'action et de prévention contre les inondations (PAPI) ont été lancés en 2002. Leur rôle étant de promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement [7].

A l'échelle du département, des plans de prévention du risque d'inondation (PPRI) peuvent être élaborés avec pour objectif de caractériser le risque d'inondation et de préconiser des mesures visant à réduire la vulnérabilité des biens et des personnes principalement en limitant l'augmentation du bâti en zone à risques et en préservant des champs d'expansion de crues [7]. L'élaboration d'un PPRI entraîne deux obligations :

- La pose de repères de crues matérialisant les crues historiques et jouant le rôle de mémoire collective (figure 3) ;
- La mise en place de plans communaux de sauvegarde (PCS) pour les communes concernées par le PPRI ;

Le PCS est un document élaboré par le maire au niveau communal. Il a pour objectif d'organiser les secours et d'informer les habitants sur la conduite à suivre en cas d'inondation.

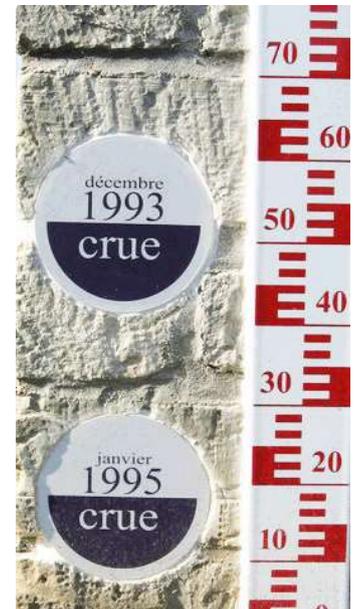


Figure 3: repère de crue (tiré d'edile.fr)

### 3. COMMENT LES ZONES HUMIDES PARTICIPENT AU CONTROLE DES CRUES ?

Les zones humides participent au contrôle des crues par deux mécanismes :

- L'écrêtement des crues
- La désynchronisation des pics de crue

#### a) L'écrêtement des crues

L'écrêtement correspond à une réduction et un retardement de l'arrivée des volumes d'eau au niveau de l'exutoire par transit au travers d'une zone humide. Cela se traduit dans les faits par une diminution du taux de croissance des débits de pointe ( $Q_p$ ). En effet, en absence de zones humides, les débits ont tendance à s'additionner au fur y et à mesure de la progression vers l'aval, ce qui augmente l'intensité de la crue. Les zones humides jouent le rôle de zone tampon. Ce rôle est d'autant plus marqué que le nombre de zones humides sur le bassin versant est important (figure 4).

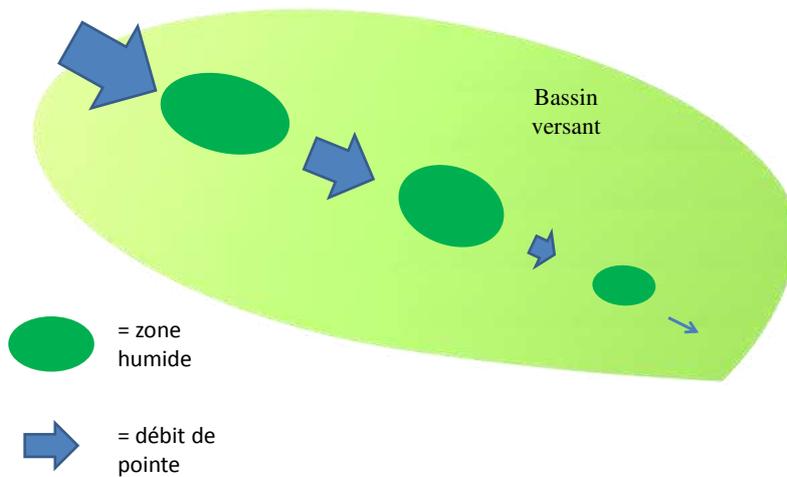


Figure 4: schéma représentant le rôle des zones humides dans la diminution du taux de croissance des débits de pointe.

*b) Désynchronisation des pics de crue*

La désynchronisation des pics de crue correspond à un décalage entre les arrivées des pics de crue des affluents au niveau des zones d'étranglement d'un bassin versant. Le résultat observable est que la crue est moins intense (le débit est plus faible) mais plus longue à l'aval de la confluence (figure 5).

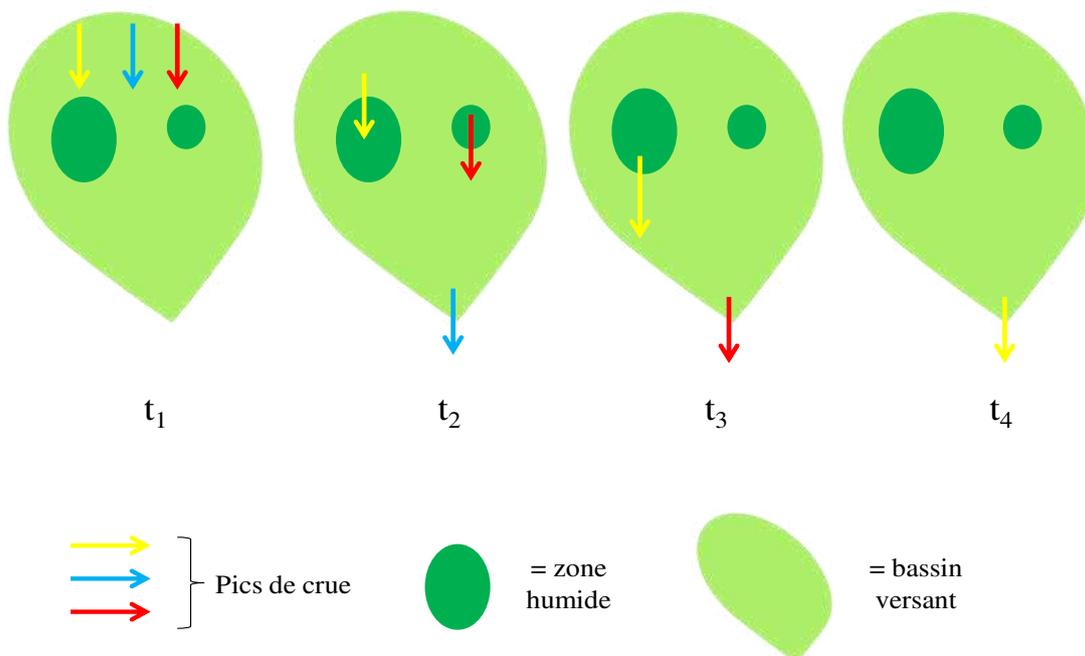


Figure 5: schéma représentant la désynchronisation des pics de crue par les zones humides

#### 4. CARACTERISTIQUES DES ZONES HUMIDES CAPABLES DE REALISER LA FONCTION

De manière générale, les zones humides qui présentent de bonnes aptitudes au stockage des eaux ont également un rôle intéressant pour le contrôle des crues. En effet, ce sont des zones qui vont retenir les eaux et ainsi diminuer les débits de pointes et créer un retard du pic de crue.

Il existe une complémentarité entre les différents types de zones humides. En effet, les zones humides littorales (pré-salé, mangroves,...) vont faire office de zone tampon pour atténuer l'effet des vagues avec pour conséquence une protection des littoraux. Les zones humides situées sur les versants vont intercepter les eaux de ruissellement. Les plaines alluviales sont celles qui présentent la plus grande capacité de contrôle des crues étant donné les volumes de stockage important qu'elles possèdent par rapport aux autres types de zones humides. Ainsi, il est important de considérer l'ensemble des zones humides dans la fonction de contrôle des crues.

Le rôle des **écoulements souterrains** est négligeable lors d'une crue. Les zones humides présentent un volume de stockage potentiel important. Par exemple, une zone humide de 30 ha présentant un battement de nappe de 1 m (valeur courante pour une nappe libre) possède un volume de stockage potentiel de  $300\,000\text{ m}^3$  x porosité moyenne sols argileux. Si l'on considère une porosité moyenne de 40 à 60% pour un sol argileux [8], le volume de stockage potentiel de la zone humide est de 120 000 à 180 000  $\text{m}^3$ . Malgré ces volumes de stockage importants, les vitesses d'infiltration des eaux vers la nappe (de l'ordre de  $10^{-3}$  à  $10^{-4}\text{ m.s}^{-1}$ ) sont très inférieures par rapport aux vitesses d'écoulement des crues (de l'ordre de  $1$  à  $3\text{ m.s}^{-1}$ ) [4].

##### Quelques données chiffrées [4] :

- Les débits de pointe sont réduits de plus de 60% à l'aval des bassins versants où les zones humides représentent entre 5 et 15% de la superficie du bassin.
- Les débits de pointe sont réduits de 50% lorsque les zones humides alluviales et de fond de vallée représentent moins de 5% de la superficie du bassin versant.

Ce tableau présente la capacité des différents types de zones humides à participer au contrôle des crues. Il est important de noter que la présence de « berges nues » sans végétation accentue les effets de la crue. Cela signifie que ces zones favorisent une progression rapide des crues.

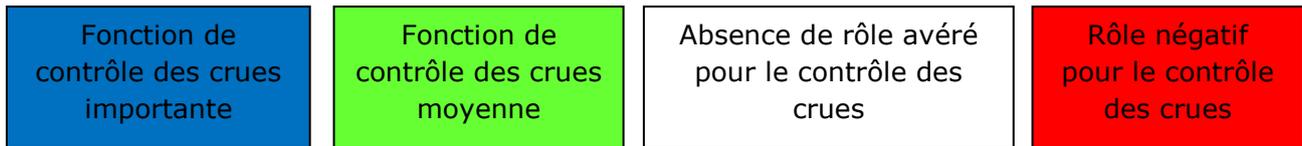
Les informations présentées dans ce tableau sont données à titre indicatif. Au sein d'une même typologie de zone humide, l'importance de la zone dans le contrôle des crues est variable selon différents critères. Les enjeux liés à la fonction de contrôle des crues sur le bassin versant considéré, participent également à déterminer des objectifs de préservation ou de restauration, dans le cadre de documents de planification pour l'eau et l'aménagement du territoire. La présence d'une zone humide donnée sur un bassin versant peu anthropisé aura une importance moindre que la même zone sur un bassin versant plus artificialisé car, les enjeux sont plus importants (risques pour les biens et les personnes).

La fonction de contrôle des crues remplie par les zones humides est à mettre en exergue, lors des choix de gestion et de communication, lorsque les paramètres suivants sont identifiés [4]:

- présence d'enjeux soumis à l'aléa (enjeu + aléa = risque) (présence de zones habitées ou industrielles dans la zone d'expansion des crues par exemple).
- capacité potentielle de rétention significative (estimation basée sur la superficie de la zone humide).

Tableau I: importance des différents types de zones humides dans le contrôle des crues (adapté de [4])

	Type SDAGE	Sous type de ZH	stockage	Régulation crues
1	Grands estuaires			
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats		
		Vasières		
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers		
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés		
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves		
		Vasières		
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales		
		Forêts alluviales		
		Bras morts et secondaires		
		Marais alluviaux		
		Grèves et bancs d'alluvions		
		Berges végétalisées		
		Berges nues		
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Marais		
		Prairies humides		
		Tourbières		
		Milieus fontinaux		
		Petites zones humides de fond de vallée		
8	Régions d'étangs	Etangs (>1000m <sup>2</sup> )		
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau		
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais		
		Prairies humides		
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés		
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières		
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées		
		Bassins de décantation et autres		



Exemples tirés de doc RMC 2006 illustrant l'importance des zones humides dans la régulation des crues [3].

Les 6.500 ha du secteur de la Bassée (vallée de la Seine en amont de Paris) assurent un rôle considérable de protection contre les inondations, de l'ordre de 65 millions de mètres-cube pour la plus grande crue connue (inondation de 1910). Le service rendu par cette zone inondable est équivalent à celui d'un barrage de 100 à 300 millions d'euros (approche de la valeur de remplacement).

Sur le bassin de la Maine en amont d'Angers, l'épanchement des eaux de crue de 1995 sur les 100 km<sup>2</sup> de marais et de prairies humides des basses vallées angevines a réduit la cote maximale atteinte au niveau de la ville d'Angers (5.400 m<sup>3</sup>/s à Montjean en aval immédiat de la confluence de la Maine et de la Loire) de 20 à 30 cm. Les zones humides ont ainsi contribué à atténuer la gravité des débordements dans les zones habitées (DIREN de bassin Loire-Bretagne ; Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 2005, in (36)).

Dans le secteur de Miribel-Jonage au Nord-est de l'agglomération lyonnaise 15% du débit transite dans les îles, soit un débit en aval de 4390 m<sup>3</sup>/s au lieu de 4530 m<sup>3</sup>/s pour une crue centennale (Les Agences de l'Eau, 2000, n°89, in (36)).

### **Bibliographie :**

- [1] Michelot J.L., 2003, *Les zones humides et l'eau*, Cahier thématique du PNRZH, p 20-21.
- [2] Barnaud G., et Fustec E., *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 2007.
- [3] Ecosphère, 2006, *synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130p.
- [4] Ecosphère, 2008, *délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.
- [5] Interagences de l'eau, 2003, *Les zones humides et la ressource en eau*, Guide technique interagences, étude sur l'eau n°89.
- [6] <http://www.risquesmajeurs.fr/le-risque-inondation>
- [7] <http://www.developpement-durable.gouv.fr>
- [8] Mermoud A., 2006, *cours de physique du sol : propriétés de base du sol et de la phase liquide*, école polytechnique fédérale de Lausanne, 29p.

## **SYNTHESE :** ***Fonction de contrôle des crues***

Les inondations par débordement sont des phénomènes naturels qui participent au maintien des écosystèmes aquatiques. Or, elles peuvent aussi entraîner des conséquences graves en présence de constructions ou d'activités anthropiques dans la zone d'expansion des crues (zone inondable). De ce fait la capacité des zones humides à stocker les eaux de débordement leur confère un rôle de protection des biens et des populations.

- ***Comment les zones humides régulent-elles les crues ?***

Les zones humides peuvent participer au contrôle des crues de deux manières différentes :

**1. Par écrêtement des crues :** L'écrêtement correspond à une réduction et un retardement de l'arrivée des volumes d'eau au niveau de l'exutoire par transit au travers d'une zone humide. Cela se traduit dans les faits par une diminution du taux de croissance des débits de pointe ( $Q_p$ ). En effet, en absence de zones humides, les débits ont tendance à s'additionner au fur y et à mesure de la progression vers l'aval, ce qui augmente l'intensité de la crue. Les zones humides jouent le rôle de zone tampon. Ce rôle est d'autant plus marqué que le nombre de zones humides sur le bassin versant est important.

**2. Par désynchronisation des pics de crue :** La désynchronisation des pics de crue correspond à un décalage entre les arrivées des pics de crue des affluents au niveau des zones d'étranglement d'un bassin versant. Le résultat observable est que la crue est moins intense (le débit est plus faible) mais plus longue à l'aval de la confluence.

- ***Quelles zones humides réalisent la fonction de contrôle des crues ?***

De manière générale, les zones humides qui présentent de bonnes aptitudes au stockage des eaux ont également un rôle intéressant pour le contrôle des crues. En effet, ce sont des zones qui vont retenir les eaux et ainsi diminuer les débits de pointes et créer un retard du pic de crue.

Les plaines alluviales sont celles qui présentent la plus grande capacité de contrôle des crues étant donné les volumes de stockage important qu'elles possèdent par rapport aux autres types de zones humides.

Toutefois, il est important de prendre en considération l'ensemble des zones humides dans la fonction de contrôle des crues afin de tenir compte des complémentarités qui existent entre les différents types de zones humides.

### LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES : *Régulation des nutriments*

Les nutriments (Azote et Phosphore) sont des éléments nutritifs indispensables au développement des organismes autotrophes. Cependant, en excès, ces nutriments ont des effets néfastes sur les milieux aquatiques (eutrophisation,...). Les zones humides sont capables de retenir ces nutriments et participent ainsi à l'atteinte du bon état des masses d'eau (objectif de la DCE).

#### I. QU'EST CE QUE LES NUTRIMENTS, LEURS ORIGINES ?

- **L'azote**

Formes de l'azote : L'azote est présent dans l'environnement sous forme réduite ou oxydée.

Les formes réduites de l'azote sont l'azote organique  $N_{org}$  (lié à un ou plusieurs atomes de carbone), apporté par les engrais et les détergents, et l'ammoniaque  $NH_4^+$  issu de la dégradation de l'azote organique.

Les formes oxydées de l'azote (liées à un ou plusieurs atomes d'oxygène) sont les nitrites  $NO_2^-$  et les nitrates  $NO_3^-$ . Le nitrate est la forme de l'azote majoritaire dans l'environnement. Selon les conditions du milieu (concentration en oxygène, température, microorganismes,...) les nitrates peuvent subir différentes transformations chimiques. Les nitrites sont présents en faibles quantités dans l'environnement à cause de leur caractère instable.

*Origine naturelle* : L'azote est un constituant naturel de la croûte terrestre et entre dans la composition de certains minéraux (ex : nitrates de potassium  $KNO_3$ ).

*Origine anthropique* : L'azote entre dans la composition des engrais minéraux, très utilisés en agriculture pour favoriser la croissance des cultures. Les plantes prélèvent les nutriments du sol pour réaliser leur métabolisme. L'excédant entre ce qui est apporté par les engrais et ce qui est prélevé par la plante représente une menace pour l'environnement. Ainsi, l'azote peu soluble, peut être lessivé des sols et rejoindre les cours d'eau de surfaces ou s'infiltrer jusqu'à la nappe phréatique entraînant une pollution de ces eaux qui peut se traduire par une eutrophisation du milieu.

L'industrie produit de l'azote atmosphérique (ex : oxydes d'azote :  $NO_x$ ). Les dépôts atmosphériques qui en résultent sont potentiellement capables de polluer des zones humides très éloignées de la source de la pollution (cas de pollution sur des tourbières oligotrophes).

- **Le phosphore**

Formes du phosphore : le phosphate soluble est la forme oxydée la plus courante dans l'eau. On rencontre également les formes organiques plus ou moins mobiles ou assimilables.

*Origine naturelle* : le phosphore est présent dans l'environnement dans les roches phosphatées. La dissolution de ces roches par les précipitations entraîne une dissolution du phosphore qui peut alors être lessivé jusque dans les cours d'eau.

Les apports naturels de phosphore dans les milieux aquatiques restent très faibles. Le phosphore est un facteur limitant de la croissance des végétaux.

*Origine anthropique* : La majorité du phosphore retrouvé dans les milieux aquatiques a une origine anthropique. En effet, celui-ci entre dans la composition des détergents (ex : lessives) et des engrais phosphatés. Lors de rejets d'eaux usées domestiques directement dans le milieu naturel, un enrichissement des eaux en phosphore est observé pouvant être à l'origine d'un phénomène d'eutrophisation.

## II. ENJEUX LIES A LA REGULATION DES NUTRIMENTS

L'eutrophisation correspond à un enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau (diminution des concentrations en oxygène, mortalité des organismes, développement de toxines,...).

Outre le risque environnemental lié à une utilisation excessive de nutriments, le risque sanitaire est bien réel. La contamination d'une ressource d'eau potable ou d'une zone de baignade peut engendrer un risque pour la santé (cyanobactéries toxiques) et en particulier pour les personnes sensibles (personnes âgées, femmes enceintes, enfants,...).

Ainsi, une substance peut être bénéfique pour un environnement et délétère pour un autre (*biodisponibilité du phosphore dans le sol agricole VS biodisponibilité du P dans les milieux aquatiques*)

## III. MECANISMES DE REGULATION DES NUTRIMENTS PAR LES ZONES HUMIDES

- **régulation des nitrates**

L'azote est présent sous différentes formes chimiques dans les eaux. Il peut être organique (c'est-à-dire fixé à un ou plusieurs atomes d'oxygène : nitrates, nitrites) ou minéral (ammoniaque). Différents mécanismes existent naturellement au sein des zones humides à l'origine d'une régulation de l'azote :

- **interception/rétention** : l'azote organique et les ions ammoniums associés à des particules sont captés par les végétaux et les microorganismes. L'azote est ensuite stocké par les végétaux. Le temps de stockage est variable en fonction des végétaux (espèces, stade de développement) : les espèces « annuelles » ne stockent l'azote que sur une période d'une année, celui-ci étant relargué à la mort de la plante. Certaines espèces vivaces sont donc à privilégier car elles effectuent un stockage à plus long terme.

- **Ammonification/Minéralisation de l'azote organique par voie microbienne:** cette réaction a lieu dans la partie non saturée du sol de la zone humide (partie supérieure du sol). La minéralisation correspond à la transformation de l'azote organique en ammoniacque ( $N_{org} \rightarrow NH_4^+$ ) qui sera par la suite transformé en nitrites et en nitrates par la réaction de nitrification ( $NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$ ). Les nitrates solubles peuvent ensuite être assimilés et stockés par la plante ou s'infiltrer en profondeur où ils seront éliminés par dénitrification.
- **Dénitrification par les microorganismes :** ce processus a lieu dans la partie saturée du sol (absence d'oxygène dissous). Il est réalisé par les microorganismes hétérotrophes aérobies facultatifs qui utilisent soit l'oxygène moléculaire ( $O_2$ ) soit l'oxygène lié aux nitrates. En conditions anaérobies dans les sols (absence d'oxygène moléculaire) les microorganismes consomment l'oxygène lié aux nitrates. La réaction qui a lieu correspond à une réduction de l'azote trivalent (= nitrates liés à trois atomes d'oxygène  $NO_3^-$ ) en azote divalent (=nitrites liés à deux atomes d'oxygène  $NO_2^-$ ) puis en azote gazeux ( $NO_3^- \rightarrow (NO_2^-) \rightarrow N_2$ ) relargué dans l'atmosphère. Les nitrites étant instables, le passage de nitrites à azote gazeux se fait très rapidement, cette étape n'est donc pas représentée sur la figure 1.

Les conditions requises pour la réalisation de la dénitrification sont les suivantes : saturation en eau du sol + présence de microorganismes + présence de nitrates + matière organique biodégradable + température favorable à l'action microbienne. Dans ces conditions, la zone humide peut dénitrifier entre 40 et 150 kilos de nitrates par hectare de zone humide et par an (= entre 10 et 40 mg/m<sup>2</sup>/j c'est à dire entre 3 et 9 mg N/m<sup>2</sup>/j).

Les microorganismes étant sensibles aux conditions de température, la notion de région climatique est à prendre en compte dans la réalisation de la dénitrification. Ainsi, dans le cas des zones humides d'altitude ayant des températures plus faibles, la fonction épuratoire de l'azote est généralement moins importante.  
Figure 1 : cycle de l'azote dans une zone humide (adaptée de [2])

L'efficacité de la fonction de rétention et d'élimination de l'azote par les zones humides est variable en fonction du type de zone humide. Dans le cas de zones humides quasi fermées, la rétention de l'azote est presque totale et dépend d'un certain nombre de facteurs comme la végétation, la biodégradabilité de la MO ou encore les conditions RedOx du milieu.

Pour les zones humides riveraines des cours d'eau, la surface de zone humide importe moins que son linéaire. La présence de ces zones humides est importante notamment en zone agricole, de par leur position à l'interface entre milieu terrestre et milieu aquatique. Elles jouent un rôle épuratoire au même titre que la bande enherbée et permet de réduire les quantités de nitrates arrivant jusqu'au cours d'eau (figure 2).

En milieux côtiers et estuariens, la fonction de régulation de l'azote est plus marquée dans les zones de basses eaux fréquemment immergées et dans les zones dépressionnaires des marais salés.

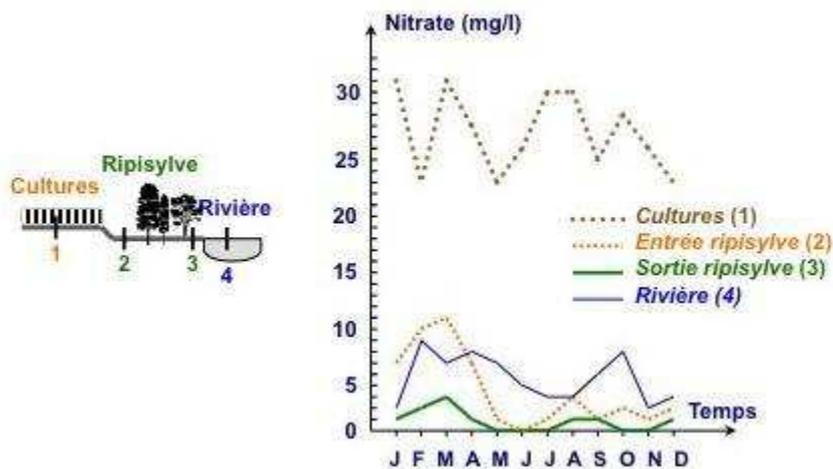


Figure 2 : Variations des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe transitant dans un milieu humide entre un coteau agricole et la Garonne [2].

- **régulation du phosphore**

Les différentes formes du phosphore (particulaire, dissous) subissent différents mécanismes qui aboutissent à la régulation des quantités de phosphore circulantes.

- **Déposition du phosphore particulaire :** Lors de la traversée de la zone humide, le ralentissement du courant est à l'origine d'un phénomène de sédimentation. Ce mécanisme est similaire au mécanisme de rétention des matières en suspension (MES).
- **Immobilisation du phosphore dissous par précipitation** avec le fer, le calcium ou l'aluminium. La précipitation entraîne une diminution des concentrations de phosphore en solution et la formation d'un solide. Ce mécanisme est à l'origine d'une immobilisation du phosphore. Dans certaines conditions, le phénomène inverse est observé. Il s'agit de la dissolution qui entraîne une remise en solution du phosphore qui redevient mobile.
- **Immobilisation du phosphore dissous par adsorption** sur des argiles. L'adsorption est un phénomène de surface lors duquel le phosphore va se fixer sur des sites d'adsorption disponibles à la surface du sol. Les ions phosphates sont chargés négativement, ils seront donc principalement adsorbés par des sols présentant un pH acide (possédant des charges de surface majoritairement positives). La quantité de sites d'adsorption détermine la quantité de phosphore immobilisé par adsorption. De plus, il est possible d'observer un phénomène de compétition d'autres ions négatifs avec le phosphore pour l'occupation des sites d'adsorption du sol. L'adsorption est un phénomène réversible où selon les conditions du milieu le phosphore peut être adsorbé ou désorbé.

Les solides possèdent de nombreux groupes fonctionnels de surface et présentent une charge de surface qui leur confère d'importantes propriétés adsorbantes. Dans les sols, les principaux adsorbants sont la matière organique, les oxydes ou hydroxydes métalliques et les argiles. Les fonctions de surfaces sont généralement assimilées à des groupements hydroxyles de surface notés  $\equiv \text{S-OH}$ .

Ces fonctions ionisables des sites de surface vont se comporter comme des substances amphotères (= elles peuvent être soit des bases soit des acides). Elles peuvent ainsi échanger des protons selon :



Pour les pH acides, la charge de surface sera positive. Inversement, elle sera négative pour des pH basiques. Les fonctions de surface se comportant ici comme des acides.

- **Assimilation des ions phosphates** ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^-$ ) par les végétaux. Les ions phosphates sont assimilés par les végétaux pendant leur période de croissance. Une partie du P stocké reste durablement dans la plante au niveau des organes pérennes. Une autre partie retourne dans l'eau ou dans le sol lors de la mort de la plante ou de la chute des feuilles.
- **Immobilisation d'une partie du phosphore soluble par la biomasse microbienne** surtout dans certaines tourbières. Le développement de la biomasse microbienne implique l'absorption et l'immobilisation d'une partie du phosphore soluble. Ce processus peut être négligeable dans des milieux où la composante minérale est grande, mais important dans les sols organiques de certaines tourbières.

Selon le type de zone humide considéré, l'efficacité de la rétention du phosphore varie. Dans les zones humides fermées, le phosphore particulaire et dissous est stocké durablement dans la zone (figure 3). Celui-ci passe d'un compartiment à un autre selon les saisons.

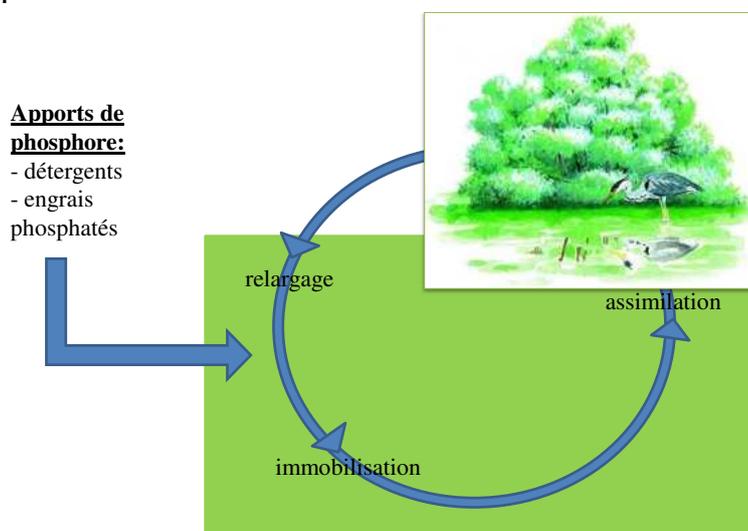


Figure 3 : cycle du phosphore dans une zone humide fermée

Dans les systèmes ouverts, le stockage du phosphore est variable. Il est immobilisé lors des crues hivernales puis prélevé par la végétation. A la mort de la plante, le phosphore retourne dans les eaux ou dans le sol. Le stockage du phosphore est variable selon l'intensité des échanges avec les autres milieux (figure 4).

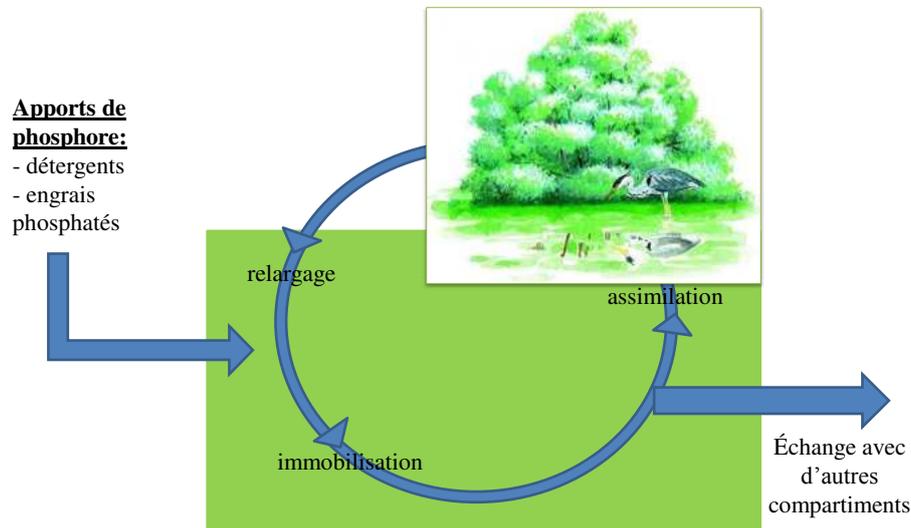


Figure 4 : cycle du phosphore dans une zone humide ouverte

Suivant le type de zone humide et le type de végétation associée, les mécanismes de régulation des nutriments sont différents. La végétation des zones humides joue un rôle majeur dans l'abattement du taux de nutriments.

Retenons par exemple que :

- Les plantes à rhizomes (plantes vivaces possédant des organes de réserve souterrains) constituent des pièges à nutriments efficaces : roseaux, phalaris, nénuphars, nassette).
- Les plantes annuelles absorbant les nutriments par leurs racines, immobilisent le phosphore pendant la durée de leur cycle de vie (une année) et le relarguent ensuite dans le milieu à leur mort. La rétention n'est donc que temporaire.
- Les espèces arbustives et arborescentes stockent durablement le phosphore dans les troncs et les branchages. Une faible partie du phosphore stocké retourne dans le milieu lors de la chute des feuilles.

A titre indicatif voici quelques ordres de grandeur mesurés pour la dénitrification.

Tableau I : ordre de grandeur pour l'abattement de l'azote pour différentes zones humides (tiré de [5])

<b>Type de milieux</b>	<b>Pertes d'azote</b>	<b>Références</b>
<b>Ripisylve (potentiel)</b>	340 mg N/m <sup>2</sup> /j	Pinay, 1986
<b>Ripisylve (potentiel)</b>	260 mg N/m <sup>2</sup> /j	Seitzinger, 1994
<b>Saulaie (potentiel)</b>	240 mg N/m <sup>2</sup> /j	Fustec, 1988
<b>Aulnaie (potentiel)</b>	130 mg N/m <sup>2</sup> /j	Fustec & al., 1991
<b>Prairie mal drainée</b>	30 mg N/m <sup>2</sup> /j	Schnabel & Stout 1994
<b>Prairie mieux drainée</b>	0,7 mg N/m <sup>2</sup> /j	Schnabel & Stout 1994
<b>Sédiments côtiers</b>	0,7 à 3,5 mg N/m <sup>2</sup> /j	Seitzinger, 1988
<b>Marais salé</b>	67,5 mg N/m <sup>2</sup> /j	Kaplan & al., 1979
<b>Marais salé (potentiel)</b>	25,2 mg N/m <sup>2</sup> /j	White & Howes, 1994
<b>Slikke</b>	3 mg N/m <sup>2</sup> /j	Valieda & Teal, 1979
<b>Marais à juncus</b>	4,3 mg N/m <sup>2</sup> /j	Reddy & al., 1989
<b>Estuaire</b>	1,2 mg N/m <sup>2</sup> /j	Jenkins & Kemps, 1984
<b>Tourbière acide</b>	< 50 µg N/m <sup>2</sup> /j	Urban & al., 1988
<b>Lacs</b>	1 à 60 mg N/m <sup>2</sup> /j	Seitzinger, 1988
<b>Plans d'eau</b>	3,7 mg N/m <sup>2</sup> /j	Smith & De Laune, 1983

En résumé, le tableau suivant présente une évaluation qualitative du rôle des différents types de zones humides dans la fonction de régulation des nutriments.

**Tableau II** : importance des différents types de zones humides dans la régulation des nutriments (adapté de [4])

	Type SDAGE	Sous type de ZH	Régulation nutriments
1	Grands estuaires		
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats	
		Vasières	
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers	
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés	
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves	
		Vasières	
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales	
		Forêts alluviales	
		Bras morts et secondaires	
		Marais alluviaux	
		Grèves et bancs d'alluvions	
		Berges végétalisées	
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Berges nues	
		Marais	
		Prairies humides	
		Tourbières	
		Milieux fontinaux	
8	Régions d'étangs	Petites zones humides de fond de vallée	
		Etangs (>1000m <sup>2</sup> )	
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau	
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais	
		Prairies humides	
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés	
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières	
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées	
		Bassins de décantation et autres	

Rôle important

Rôle moyen

Absence de rôle avéré

### Limites de la fonction :

Il ne faut cependant pas considérer les zones humides comme des systèmes d'épuration. En effet, des rejets bruts non traités voire même une quantité incontrôlée de rejets traités peuvent engendrer une pollution de la zone humide.

Certaines actions comme le retournement des sols peuvent être à l'origine d'une remobilisation du phosphore et de l'azote contenu dans les sols des zones humides.

La fonction de régulation de l'azote est donc à privilégier dans le cas de dossiers concernant des zones humides soumises à de fortes pressions (anthropiques et agricoles). En effet, ces zones ont un rôle de protection de la qualité des cours d'eau à jouer.

### Exemples tirés de doc RMC 2006 illustrant l'importance des zones humides dans la régulation des nutriments [3]:

- 60 à 95% du phosphore particulaire introduit dans les zones humides riveraines des petits cours d'eau à l'amont des bassins qui alimentent des lacs est immobilisé avant d'atteindre les eaux de surface (Peterjohn et Correll, 1984)
- En moins de 30 m une ripisylve peut abattre de 80% la teneur en nitrates du bassin versant (Lefeuvre, Colloque zones humides, oct. 1994)
- 60 à 95% de l'azote associé aux particules mises en suspension et transportées par les eaux de ruissellement sont piégés par les ripisylves en particulier dans les petits bassins versants en tête de réseaux hydrographique (Fustec et Frochot, 1994)

### **Bibliographie :**

- [1] Michelot J.L., 2003, *Les zones humides et l'eau*, Cahier thématique du PNRZH, p 20-21.
- [2] Barnaud, G., et Fustec, E., *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 2007.
- [3] Ecosphère, 2006, *synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130p.
- [4] Ecosphère, 2008, *délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.
- [5] Interagences de l'eau, 2003, *Les zones humides et la ressource en eau*, Guide technique interagences, étude sur l'eau n°89.
- [6] OFEFP, 2004, *Le phosphore dans les sols, état de la situation en suisse*, cahier de l'environnement n° 368, 180p.

## **SYNTHESE :** **Régulation des nutriments**

Les nutriments (Azote et Phosphore) sont des éléments nutritifs indispensables au développement des organismes autotrophes. Cependant, en excès, ces nutriments ont des effets néfastes sur les milieux aquatiques (eutrophisation,...). Les zones humides sont capables de retenir ces nutriments et participent ainsi à l'atteinte du bon état des masses d'eau (objectif de la DCE).

La fonction de régulation de l'azote est donc à privilégier dans le cas de dossiers concernant des zones humides soumises à de fortes pressions (anthropiques et agricoles). En effet, ces zones ont un rôle de protection de la qualité des cours d'eau à jouer.

- **Comment les zones humides retiennent-elles les nutriments ?**

L'azote et le phosphore sont régulés au sein des zones humides par différents mécanismes :

	<b>azote</b>	<b>phosphore</b>
<b>Mécanismes de régulation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- interception/rétention par les végétaux et les microorganismes</li> <li>- Ammonification/Minéralisation de l'azote organique par voie microbienne</li> <li>- Dénitrification par les microorganismes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déposition du phosphore particulaire</li> <li>- Immobilisation du phosphore dissous par précipitation avec du fer, de l'aluminium ou du calcium</li> <li>- Immobilisation du phosphore dissout par adsorption sur des argiles</li> <li>- Assimilation des ions phosphates par les végétaux</li> <li>- Immobilisation d'une partie du phosphore soluble par la biomasse microbienne</li> </ul>

- **Quelles zones humides réalisent la fonction de rétention des nutriments ?**

Les mécanismes de régulation des nutriments mis en jeu sont variables suivant le type de zone humide et le type de végétation associée. La végétation des zones humides joue un rôle majeur dans l'abattement du taux de nutriments.

A titre d'exemple, 60 à 95% du phosphore particulaire introduit dans les zones humides riveraines des petits cours d'eau à l'amont des bassins qui alimentent des lacs est immobilisé avant d'atteindre les eaux de surface (Peterjohn et Correll, 1984). De plus, en moins de 30 mètres, une ripisylve peut abattre de 80% la teneur en nitrates du bassin versant (Lefeuvre, Colloque zones humides, oct. 1994)

Il ne faut cependant pas considérer les zones humides comme des systèmes d'épuration. En effet, des rejets bruts non traités voire même une quantité incontrôlée de rejets traités peuvent engendrer une pollution de la zone humide.

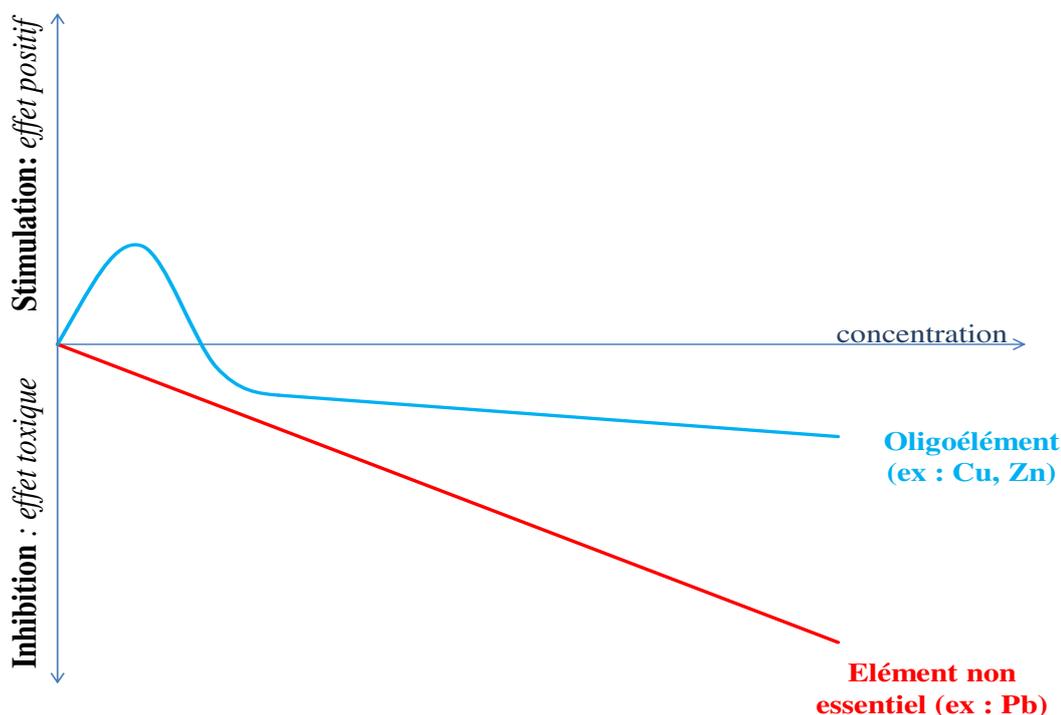
**LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES :**  
**Rétention des toxiques**

**1. LES TOXIQUES**

On entend par toxiques à la fois les éléments traces métalliques et les composés organiques (hydrocarbures, solvants chlorés, produits phytosanitaires).

- Les **éléments traces métalliques** sont peu abondants dans l'environnement (d'où leur nom : ils sont présents à l'état de traces). Certains éléments traces sont essentiels aux processus biologiques à de faibles concentrations mais toxiques à des concentrations élevées (= oligo-éléments). D'autres sont toxiques même à de faibles concentrations (= éléments non essentiels) (figure 1) [2].

Figure 1 : effet des différents éléments traces selon leur concentration



**Définition :**

Un élément trace est un « élément minéral existant dans des milieux divers à très faible concentration » ( $<100 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) (IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry)

Le terme de « métaux lourds » renvoie le plus souvent à la toxicité de l'élément et associe métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Pb,...) et métalloïdes (As et Se). Cette définition étant inexacte, le terme d'éléments traces métalliques est préféré au terme métaux lourds.

Les éléments traces potentiellement toxiques (ETPT) peuvent avoir une origine naturelle (constituants des roches) ou une origine anthropique (agriculture : engrais phosphatés contenant du cadmium, boues de stations d'épuration, lisier de porcs contenant du zinc et du cuivre ; apports atmosphériques : plomb lié aux émissions automobiles ; industrie ;...).

L'érosion des roches contenant des éléments traces métalliques (ETM) joue un rôle sur leur transport. Ainsi, les ETM liés à des particules de petite taille et de faible densité, deviennent mobiles lors des phénomènes d'érosion. Le ruissellement des eaux de pluie peut alors entraîner les particules vers de nouveaux réservoirs qui seront pollués. De plus, le transfert est favorisé par des sols ayant une faible capacité d'infiltration ainsi qu'une forte pente.

Le ruissellement sur des surfaces agricoles ayant reçu des engrais participe au transfert des ETM vers les milieux humides. Les inondations et le transport éolien sont également des moyens de transport des polluants. En effet, lors d'inondations, les surfaces agricoles se retrouvent inondées et les ETPT qui se trouvent à leur surface par apport d'engrais sont ensuite lixiviés.

- Le terme de **composés organiques** regroupe l'ensemble des molécules qui possèdent au moins un atome de carbone lié à au moins un atome d'hydrogène. Ces composés entrent dans la composition des hydrocarbures, des solvants chlorés, des phytosanitaires agricoles) [3] [4]. Les phytosanitaires sont très utilisés en viticulture pour éliminer les nuisibles des vignes.

En conclusion, les ETPT arrivent dans les zones humides de différentes façons (eaux de surface, eaux souterraines, précipitations,...). La charge en ETPT varie selon le degré de contamination des milieux traversés.

## 2. DANGER ET INTERET A LES RETENIR

La plupart des micropolluants possèdent une toxicité élevée qui présente un danger pour les écosystèmes. En effet, ce sont des composés biodisponibles qui s'accumulent dans les organismes végétaux ou animaux. Ces toxiques peuvent donc contaminer l'ensemble de la chaîne trophique et les milieux en question [2].

L'intérêt de retenir les ETPT repose surtout sur les enjeux de qualité à l'aval de la zone humide (AEP, baignade, pisciculture,...) et sur l'intensité des apports potentiels (rejets industriels, agriculture, rejets domestiques [4]). En effet, si les apports en micropolluants sont faibles, cette fonctionnalité de rétention des toxiques sera peu réalisée.

## 3. MECANISMES DE RETENTION

Les zones humides agissent sur les flux de polluants par différents processus (physiques, chimiques ou biologiques) à savoir :

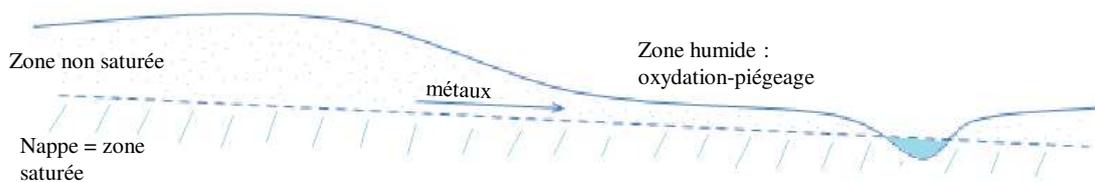
- ⊗ **Adsorption des formes dissoutes** sur les argiles ou la MO contenus dans les sols et les sédiments [2].  
Les composés organiques sont généralement associés à des particules de diamètres plus faibles et qui de ce fait décantent moins facilement [4].
- ⊗ **Sédimentation des formes particulaires** due aux courants faibles circulant au sein de la zone humide [3].
- ⊗ **Absorption des métaux par la végétation** qui l'utilise pour réaliser son métabolisme. Le stockage par la végétation est plus ou moins pérenne. Les polluants rejoignent le milieu lors de la chute des feuille ou à la mort de la plante. Ce mode de rétention est également à l'origine d'un phénomène de

bioaccumulation des polluants au sein des tissus vivants. Ainsi, toute la chaîne trophique peut être contaminée [2] [5].

- ⊗ **Précipitation** des oxydes métalliques. Durant le passage des hautes eaux aux basses eaux, l'oxydation des sols entraîne la précipitation des oxydes de fer qui font co-précipiter les métaux sous forme d'oxydes. En périodes de basses eaux, le processus inverse se produit, la réduction, entraînant la libération des métaux qui peuvent repasser en solution (figure 2). [1]

## ETE

### Devenir des métaux sur un versant



## HIVER

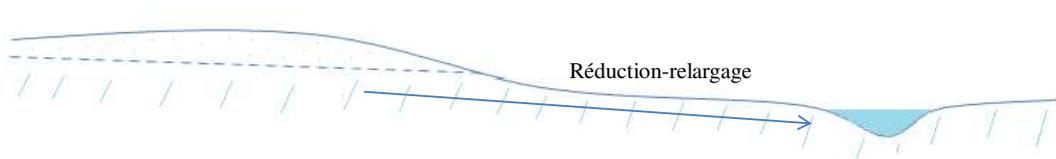


Figure 2 : devenir des métaux sur un versant (adapté de [1])

- ⊗ **Dégradation par les microorganismes** du sol. Ces organismes vont consommer les ETPT pour réaliser leur métabolisme. Ce mécanisme est dépendant des conditions du milieu. (température, saison, type de polluants, pH, ...), la moindre variation pouvant entraîner une inhibition des bactéries. Ce processus de rétention est faible en hiver du aux faibles températures et présente un pic en été au moment où les chaleurs sont les plus élevées [1] [3].

Au-delà du piégeage, certaines réactions chimiques pouvant avoir lieu au sein de la zone humide permettent de diminuer la quantité ou la nocivité des polluants. En effet, dans des conditions particulières, la forme chimique d'une molécule (=spéciation) peut être modifiée. Cette molécule peut alors être transformée en molécule moins toxique ou même changer de forme et être volatilisée sous forme gazeuse vers l'atmosphère.

### Remise en circulation :

- ⊗ Les sédiments contenant des teneurs en matière organique ou en argile élevées retiennent durablement les toxiques. Cependant, des phénomènes d'érosion par décomposition des composés organiques du sol associés aux toxiques entraînent la remise en circulation de ces composés [3].

- ⊗ par les animaux herbivores qui vont exporter les ETPT accumulés dans les végétaux vers d'autres compartiments [3].
- ⊗ lors de la mort des végétaux ou de la chute des feuilles ou par récolte [3]
- ⊗ remobilisation par les processus inverses du piégeage : dissolution et désorption



Les phénomènes de fixation et de relargage des composés toxiques vont dépendre de certaines conditions (caractéristiques du toxique et de la zone humide). En ce qui concerne les toxiques, la rémanence de l'immobilisation des ETPT dépend de la volatilité des toxiques, de leur affinité pour les sédiments et la matière organique, de leur biodégradabilité [5].

La végétation de la zone humide, sa taille, son type, la teneur des sédiments en argile et matière organique et les conditions physico-chimiques à l'intérieur de celle-ci modifient la rétention des polluants.

#### 4. CARACTERISTIQUES DES ZH CAPABLES DE REALISER LA FONCTION

Les processus mis en jeu sont similaires à ceux utilisés pour retenir les MES, les caractéristiques des zones humides jouant un rôle dans la fonction de rétention des toxiques sont donc les mêmes que pour les zones humides retenant les MES.

De manière générale, il est observé que les zones humides fermées et/ou fortement réductrices sont de meilleurs pièges que des zones humides moyennement réductrices [3] ou largement ouvertes vers l'aval ou de fonds de vallées.

La dégradation par les microorganismes de certains produits phytosanitaires est favorisée par l'existence d'un battement de nappe, c'est-à-dire d'une alternance de conditions oxydantes (quand le milieu n'est pas saturé en eau) et de conditions réductrices (quand le milieu est saturé en eau) [1].

La rétention des métaux dans les sédiments augmente avec la concentration en argiles et en matière organique [3].

Le rôle de la ripisylve est important comme le montre le graphique (figure 3) :

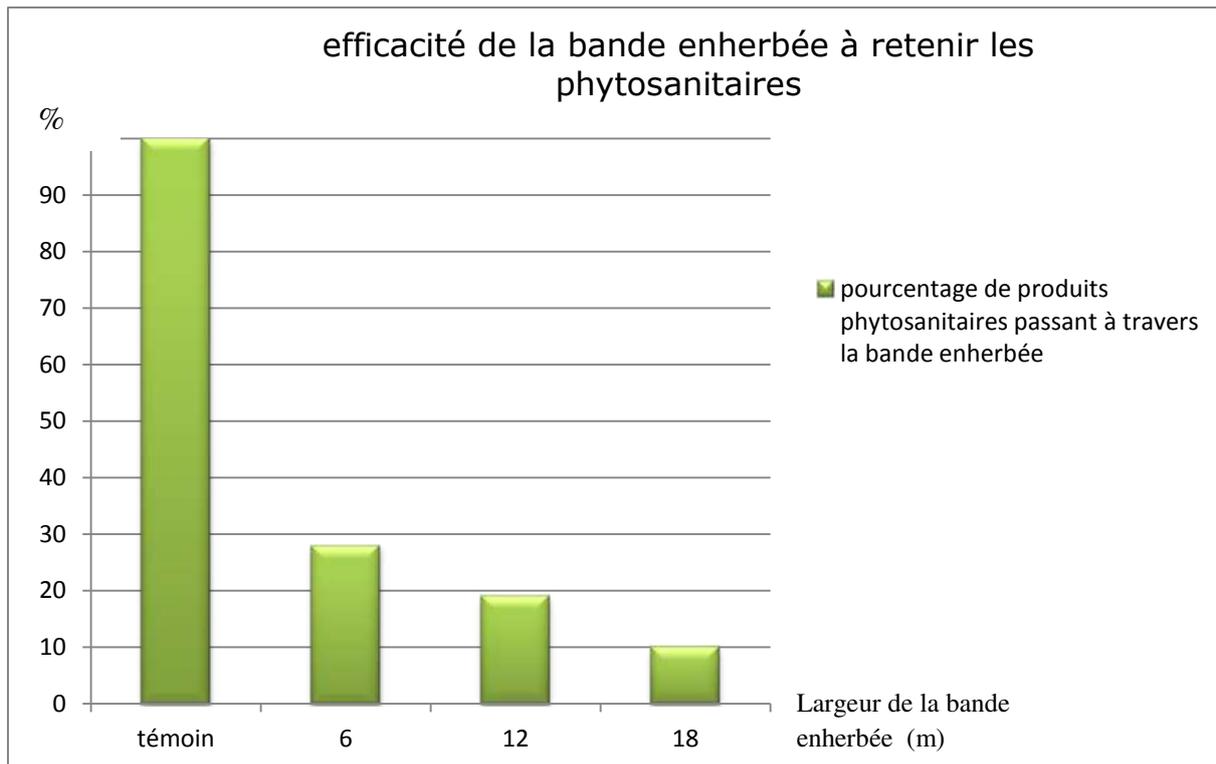


Figure 3 : graphique représentant le pourcentage de produit phytosanitaire passant (=pollution résiduelle) en fonction de la largeur de la bande enherbée ([4])

Certains indicateurs permettent d'estimer l'aptitude d'une zone humide à réaliser la fonction de rétention des toxiques [3].

- ⊗ Connectivité au réseau hydrographique
- ⊗ Surface de la zone humide
- ⊗ Mesure de la teneur en éléments toxiques à l'entrée et à la sortie de la zone humide
- ⊗ Potentiel Redox des sédiments

Les hydrocarbures sont plutôt retenus dans le système racinaire des peuplements à hautes herbes alors que les métaux sont plus retenus par la MO des tourbières, les marais et la vase des cours d'eau.

Tableau I : importance des différents types de zones humides dans la régulation des

	Type SDAGE	Sous type de ZH	Régulation ETPT
1	Grands estuaires		
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats	
		Vasières	
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers	
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés	
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves	
		Vasières	
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales	
		Forêts alluviales	
		Bras morts et secondaires	
		Marais alluviaux	
		Grèves et bancs d'alluvions	
		Berges végétalisées	
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Berges nues	
		Marais	
		Prairies humides	
		Tourbières	
		Milieus fontinaux	
8	Régions d'étangs	Petites zones humides de fond de vallée	
		Etangs (>1000m <sup>2</sup> )	
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau	
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais	
		Prairies humides	
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés	
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières	
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées	
		Bassins de décantation et autres	

éléments toxiques (adapté de [4]).

Fonction de  
contrôle des crues  
importante

Fonction de  
contrôle des crues  
moyenne

Absence de rôle avéré  
pour le contrôle des  
crues

### **Limites :**



Les zones humides exercent en effet le rôle de zone tampon mais un apport continu ou trop important de polluants peut entraîner la saturation du sol en polluants qui ne seront plus retenus. Il y a alors un risque de contamination des cours d'eau en aval de la zone humide.

Si les concentrations en micropolluants sont trop importantes il y a également un risque d'atteinte à la qualité des écosystèmes [2] [4]. Les zones humides ne sont alors plus capables d'assurer la totalité des fonctionnalités qui lui sont attribuées.

La dégradation des toxiques est une fonctionnalité importante que remplissent presque toutes les zones humides à des degrés variables. Cependant, la dégradation des produits phytosanitaires s'accompagne souvent de création de sous-produits de dégradation qui peuvent présenter une toxicité supérieure à l'élément de départ.

Enfin, l'accumulation de toxiques dans les sédiments permet d'éviter que ceux-ci se retrouvent dans les cours d'eau aval mais cela peut également représenter un risque pour l'environnement. En effet, la remobilisation brusque des toxiques accumulés (lors de travaux par exemple) entraîne ainsi une pollution plus concentrée que si les toxiques n'étaient pas retenus (pollution diffuse).

### Exemples tirés de doc RMC 2006 illustrant l'importance des zones humides dans la rétention des toxiques [3]:

- De récentes études ont montré les capacités de dégradation des pesticides par les bactéries et champignons dans des prairies et des boisements de cours d'eau : la capacité épuratrice de dispositifs enherbés de 6m de large atteint une moyenne interannuelle de 71%. Cette efficacité moyenne des « bandes » de 12 à 18 m a atteint 84 à 91% (AELB, IEA, 1997)
- La rétention du sélénium soluble a été étudiée pendant 2 ans dans un marais expérimental aux Etats-Unis, marais submergé par les eaux circulant lentement (53 l/min) et colonisé par des macrophytes émergentes et submergées. La disparition du sélénium introduit dans les eaux est comparée à celle qui se manifeste dans un ruisseau adjacent. La concentration en sélénium est réduite de 20% environ dans le ruisseau mais de plus de 90% dans le marais. La lentille d'eau (*Lemna minor*) s'est révélée l'espèce la plus efficace pour l'immobilisation du métal. Cette disparition présente des fluctuations saisonnières car le métal est absorbé pendant la période estivale de croissance des végétaux. A l'automne la disposition des résidus végétaux sur les sédiments s'accompagne d'une libération de sélénium en partie adsorbé sur les sédiments (l'adsorption étant plus rapide et plus importante dans les sédiments fins et riches en matières organiques que dans les sédiments sableux). Une partie du sélénium est par ailleurs exportée par volatilisation au niveau du matériel végétal en décomposition. La rétention à moyen terme (au-delà de l'année) dans la biomasse végétale s'effectue de manière sélective. Plusieurs études montrent que le zinc semble préférentiellement absorbé par les arbres de la forêt alluviale à bois dur (chêne, orme). Il est retenu dans les parties pérennes (branches, tronc, écorce). Par contre le cuivre est peu absorbé et surtout localisé dans les feuilles ce qui entraîne une restitution automnale (AELB, IEA, 1997).

## **Bibliographie :**

- [1] Michelot J.L., 2003, Les zones humides et l'eau, Cahier thématique du PNRZH, p 20-21.
- [2] Barnaud, G., et Fustec, E., *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 2007.
- [3] Ecosphère, 2006, *synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130p.
- [4] Ecosphère, 2008, *délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.
- [5] Interagences de l'eau, 2003, *Les zones humides et la ressource en eau*, Guide technique interagences, étude sur l'eau n°89.

## **SYNTHESE :** ***Rétention des toxiques***

Les éléments traces potentiellement toxiques (ETPT) arrivent dans les zones humides de différentes façons (eaux de surface, eaux souterraines, précipitations,...). La charge en ETPT varie selon le degré de contamination des milieux traversés. La plupart des micropolluants possèdent une toxicité élevée qui présente un danger pour les écosystèmes. En effet, ce sont des composés biodisponibles qui s'accumulent dans les organismes végétaux ou animaux. Ces toxiques peuvent donc contaminer l'ensemble de la chaîne trophique et les milieux en question [2].

L'intérêt de retenir les ETPT repose surtout sur les enjeux de qualité à l'aval de la zone humide (AEP, baignade, pisciculture,...) et sur l'intensité des apports potentiels (rejets industriels, agriculture, rejets domestiques [4]). En effet, si les apports en micropolluants sont faibles, cette fonctionnalité de rétention des toxiques sera peu réalisée.

- ***Comment les zones humides retiennent-elles les toxiques ?***

Les zones humides participent à la rétention des toxiques par différents processus physiques, chimiques et/ou biologiques. Les toxiques sous forme particulaire seront principalement stockés dans la zone par sédimentation. Les formes dissoutes seront plutôt adsorbées sur des particules qui sédimenteront. Certains toxiques pourront également être dégradés par les microorganismes qui s'en servent pour réaliser leur métabolisme. Enfin, les toxiques peuvent être absorbés par les plantes. Au-delà du piégeage, certaines réactions chimiques pouvant avoir lieu au sein de la zone humide permettent de diminuer la quantité ou la nocivité des polluants. En effet, dans des conditions particulières, la forme chimique d'une molécule (=spéciation) peut être modifiée. Cette molécule peut alors être transformée en molécule moins toxique ou même changer de forme et être volatilisée sous forme gazeuse vers l'atmosphère.

- ***Quelles zones humides réalisent la fonction de rétention des toxiques ?***

De manière générale, il est observé que les zones humides fermées et/ou fortement réductrices sont de meilleurs pièges que des zones humides moyennement réductrices [3] ou largement ouvertes vers l'aval ou de fonds de vallées. La réalisation de cette fonction est également dépendante des conditions physico-chimiques au sein de la zone. En effet, certains processus exigent des conditions particulières pour être mises en place (pH, T°C, concentration en O<sub>2</sub>,...). La végétation présente également un rôle important. A titre d'exemple, une bande enherbée de 6 mètres de large suffit à retenir 70% des produits phytosanitaires.

## Annexe 4-6 : rétention des toxiques MES

### LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES : Rétention des MES

Les zones humides jouent un rôle important dans la préservation qualitative de la ressource en eau. En effet, elles sont complémentaires aux radiers d'un cours d'eau par leur participation à la rétention des MES.

#### 1. PRESENTATION

Les Matières En Suspension (MES) sont des particules solides insolubles de taille comprise entre 1µm et 1 cm (figure 1). Elles peuvent être minérales, organiques ou organo-minérales.

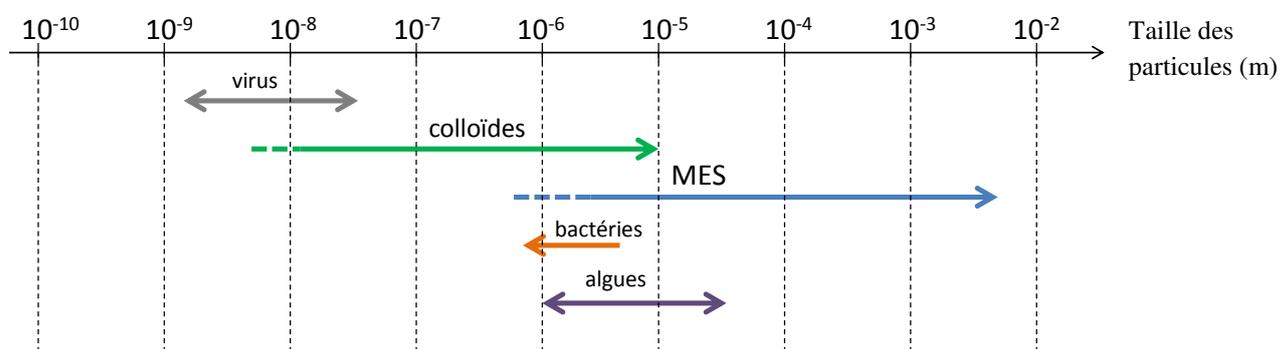


Figure 1 : répartition des types de particules en fonctions de leurs tailles

Les MES sont des particules qui se forment par érosion et qui sont ensuite transportées par ruissellement. Les phénomènes de crues et les flux de marée participent au transport par remise en circulation des MES qui se seraient déposées.

Leur concentration dépend des apports sur le bassin versant et des processus de transport. Les apports de MES sont d'origines diverses :

- ⊗ Erosion des sols
- ⊗ Erosion du réseau hydrographique (berges + fond du cours d'eau)
- ⊗ Développement de plancton
- ⊗ Divers : eaux usées urbaines, émissions industrielles,...

Les phénomènes d'érosion peuvent être amplifiés par les activités anthropiques qui modifient l'usage des sols telles que l'urbanisation ou l'intensification de l'agriculture [6].

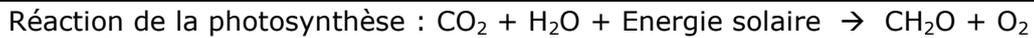
Ces particules solides peuvent servir de support à d'autres éléments qui sont liés par des réactions physiques ou chimiques (ex : Ca<sup>2+</sup>).

#### 2. ENJEUX LIES A LA RETENTION DES MATIERE EN SUSPENSION

Le dépôt de MES au fond des rivières entraîne un colmatage ayant des répercussions à différents niveaux. Tout d'abord, cela va inhiber le développement végétal et les échanges rivière-nappe qui entrent en jeu dans le processus de recharge des nappes et de soutien des étiages (fiches numéros a et b). Ensuite, les MES qui se déposent peuvent aussi colmater les frayères (entraînant la mort des alevins et) gênant leur reproduction.

Les espèces piscicoles peuvent aussi être directement atteintes par le colmatage au niveau des branchies à l'origine d'un phénomène d'asphyxie.

De plus, les matières en suspension sont à l'origine d'une turbidité de l'eau qui empêche la bonne pénétration de la lumière et donc à la photosynthèse d'avoir lieu correctement. La photosynthèse est un processus réalisé par les plantes et certaines bactéries afin de fabriquer de la matière organique :



La photosynthèse conduit à la formation d'oxygène. Une diminution de la photosynthèse entraîne donc une diminution de la quantité d'oxygène produite pouvant être à l'origine d'une asphyxie du milieu pouvant conduire à la mort de certaines espèces.

En outre, les MES peuvent être le support et le vecteur de particules polluantes. Les polluants adsorbés à la surface des MES sont ainsi transportés et peuvent constituer des réserves de pollution potentielles.

La rétention des MES est donc un processus important qui participe à l'amélioration de la qualité de l'eau à l'aval de la zone humide.

Cette fonction apparaît importante notamment dans le cas où il y a une source de MES sur le bassin versant qui pourrait conduire à la dégradation de la masse d'eau (ex : la présence de sols nus en hiver, entraîne une augmentation des MES dans les cours d'eau).

### 3. MECANISMES DE RETENTION DES MATIERES EN SUSPENSION

- **Sédimentation**

Le ralentissement des eaux chargées en MES lors de leur passage dans la zone humide conduit à leur dépôt. La sédimentation dépend des caractéristiques des particules, de la vitesse de la lame d'eau et de la surface de la zone humide. Pour que la sédimentation ait lieu il faut que la vitesse de chute des particules soit supérieure à la vitesse de déplacement du fluide à travers la zone humide. Donc, celle-ci est favorisée pour des particules de densité élevée corrélées avec une vitesse horizontale de l'eau faible. Dans les milieux naturels, la sédimentation dépend principalement de la surface de la zone humide considérée, du débit de l'écoulement et de la taille des particules.

- **Floculation/précipitation** (estuaires à l'interface eaux douces/eaux salées)

La floculation correspond à la rencontre des particules pour former un ensemble décantable. Les agrégats ainsi formés peuvent ensuite tomber au fond par gravité (= sédimentation).

La précipitation correspond à la création d'une phase solide au sein d'un liquide. Des phénomènes de précipitation d'oxydes, d'hydroxydes et de complexes carbonatés peuvent être observés dans ces mêmes secteurs [5].

- **Filtration par végétaux :**

Les végétaux peuvent jouer le rôle de filtres mécaniques en retenant les matières en suspension qui passent au travers par ralentissement mécanique de la vitesse d'écoulement (figure 5).

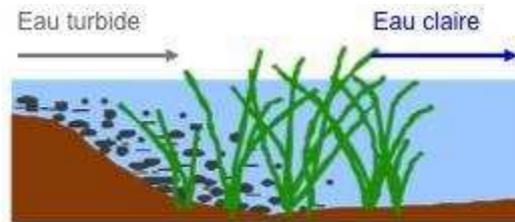


Figure 5 : Schéma de la fonction rétention piégeage de matières en suspension rempli par des zones humides ([1]).

L'ensemble des mécanismes présentés dépendent des caractéristiques de la zone humide et des particules. Ainsi, la concentration et la taille des particules, tout comme l'épaisseur et la vitesse de la lame d'eau influent sur la rétention des MES.

Les particules ainsi retenues peuvent à nouveau être mobilisées par érosion et par entraînement par les eaux lors de crues ou de reflux de marée

#### 4. CARACTERISTIQUES DES ZONES HUMIDES CAPABLES DE REALISER LA FONCTION

Les zones humides capables de retenir les matières en suspension doivent présenter certaines caractéristiques.

- Zone de ralentissement : Les zones humides présentant des zones de calme caractérisées par de faibles vitesses d'écoulement sont favorables aux dépôts.
- Végétation : La présence de végétation permet un phénomène de filtration des eaux et donc de rétention des MES.
- Taille de la ZH : la taille de la zone humide intervient dans le mécanisme de rétention des MES. En effet, une grande surface favorise le ralentissement de la lame d'eau et donc la décantation des particules.

**Tableau II** : importance des différents types de zones humides dans la rétention des MES (adapté de [4])

	Type SDAGE	Sous type de ZH	Rétention des MES
1	Grands estuaires		
2	Baies et estuaires moyens et plats	Baies et estuaires moyens et plats	
		Vasières	
3	Marais et lagunes côtiers	Marais et lagunes côtiers	
4	Marais saumâtres aménagés	Marais saumâtres aménagés	
5	Bordures et cours d'eau	Ripisylves	
		Vasières	
6	Plaines alluviales	Prairies alluviales	
		Forêts alluviales	
		Bras morts et secondaires	
		Marais alluviaux	
		Grèves et bancs d'alluvions	
		Berges végétalisées	
7	Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Berges nues	
		Marais	
		Prairies humides	
		Tourbières	
		Milieux fontinaux	
8	Régions d'étangs	Petites zones humides de fond de vallée	
		Etangs (>1000m <sup>2</sup> )	
9	Bordures de plans d'eau	Bordures de plans d'eau	
10	Marais et landes humides de plaines et plateaux	Marais	
		Prairies humides	
11	Zones humides ponctuelles	Mares et étangs isolés	
12	Marais aménagés dans un but agricole	Marais cultivés, rizières	
13	Zones humides artificielles	Carrières réaménagées	
		Bassins de décantation et autres	

Rôle important

Rôle moyen

Absence de rôle avéré

### Données chiffrées [3] [4] :

- Une proportion de zones humides représentant 40% du bassin versant permet de piéger 90% des matières en suspension (Fustec et Frochot, 1995)
- Une proportion de 10 à 20% de zones humides réparties dans un bassin versant suffit à assurer une rétention importante des matières en suspension, l'efficacité maximale (environ 90%) étant atteinte avec une proportion de 40% de surface (Fustec et Frochot, 1994).
- Une zone humide boisée occupant 36 % de la surface d'un petit sous bassin (16,3 ha) de la Rhode River dans le Maryland (USA) piégeait 94 % des matières en suspension mobilisées dans les zones cultivées à l'amont, la majeure partie étant retenue dans les 20 premiers mètres de la ripisylve.
- Une étude menée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne a montré qu'une bande enherbée de 6m retient 89 % des MES. Ce pourcentage s'élève à 84 % avec 12 m de bande et atteint les 99 % pour 18 m de bande enherbée.

### Quelques exemples de rétention des MES par les zones humides [3]:

Le lac de Grand-Lieu au sud de Nantes (Loire-Atlantique) est alimenté par deux cours d'eau (qui drainent un bassin de 67000 ha) et se déverse jusque dans la Loire par un cours d'eau à pente très faible. En période de crue il couvre une superficie de 6300 ha de prairies périphériques alors qu'en été seuls 4000 ha sont en eau, dont la moitié occupés par une roselière (qui ont progressé de 16 ha par an entre 1945 et 1976 et qui régressent depuis au profit de zones boisées). Dans la partie constamment en eau, aux faibles profondeurs (< 0,7 m en juillet), il y a une couverture de macrophytes flottants. Il ne reste que 600 ha non envahis par la végétation où la profondeur varie entre 1,2 et 1,7 m en juillet. Les études ont montré que depuis 7000 ans il y a progression de la végétation vers le centre du lac. Mais les aménagements réalisés au XIXe siècle et entre 1954 et 1962 ont modifié le fonctionnement hydraulique du lac accélérant la progression des végétaux. De plus les aménagements du bassin versant et les activités qui s'y sont développées (intensification de l'agriculture, urbanisation) ont modifié le fonctionnement hydraulique et augmenté les apports de nutriments. Il en résulte une eutrophisation responsable de l'envasement. De plus la sédimentation s'est accélérée depuis les cinquante dernières années surtout dans la zone à macrophytes de plus en plus développée (7,6 mm/an) (2).

### **Bibliographie :**

- [1] Barnaud, G., et Coïc, B., 2011, *Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction des zones humides : revue bibliographique et analyse critique des méthodes*, MNHN-Service du Patrimoine Naturel, ONEMA.
- [2] Barnaud, G., et Fustec, E., *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?*, Quae, Educagri, 2007.
- [3] Ecosphère, 2006, *synthèse sur les fonctions des zones humides*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 130p.
- [4] Ecosphère, 2008, *délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide*, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.
- [5] Interagences de l'eau, 2003, *Les zones humides et la ressource en eau*, Guide technique interagences, étude sur l'eau n°89.
- [6] Lefrançois, J., 2007, *Dynamique et origines des MES sur de petits bassins versants agricoles sur schiste*, Thèse de doctorat de l'Université de Rennes 1, 255p.

## **SYNTHESE :** ***Rétention des MES (Matières En Suspension)***

Les zones humides jouent un rôle important dans la préservation qualitative de la ressource en eau. En effet, elles sont complémentaires aux radiers d'un cours d'eau par leur participation à la rétention des matières en suspension (MES).

- ***Enjeux liés à la rétention des MES***

Le dépôt de MES au fond des rivières entraîne un colmatage ayant des répercussions à différents niveaux. Tout d'abord, cela va inhiber le développement végétal et les échanges rivière-nappe qui entrent en jeu dans le processus de recharge des nappes et de soutien des étiages. Les MES qui se déposent peuvent aussi colmater les frayères ou directement les espèces piscicoles par colmatage au niveau des branchies à l'origine d'un phénomène d'asphyxie. De plus, les matières en suspension sont à l'origine d'une turbidité de l'eau qui empêche la bonne pénétration de la lumière et donc à la photosynthèse d'avoir lieu correctement. Une diminution de la photosynthèse entraîne une diminution de la quantité d'oxygène produite à l'origine d'une asphyxie du milieu pouvant conduire à la mort de certaines espèces. En outre, les MES peuvent être le support et le vecteur de particules polluantes. Les polluants adsorbés à la surface des MES ainsi transportés constituent des réserves de pollution potentielles.

- ***Comment les zones humides retiennent-elles les MES ?***

Les MES sont retenues par les zones humides selon trois mécanismes :

- La sédimentation (chute des particules par gravité) ;
- La floculation/précipitation (formation d'agrégat de particules/formation d'une phase solide) (→ cas des estuaires à l'interface eaux douces/eaux salées) ;
- La filtration par la végétation de la zone humide.

- ***Quelles zones humides réalisent la fonction de rétention des MES ?***

Les zones humides capables de retenir les matières en suspension doivent présenter certaines caractéristiques.

- Zone de ralentissement : Les zones humides présentant des zones de calme caractérisées par de faibles vitesses d'écoulement sont favorables aux dépôts.
- Végétation : La présence de végétation permet un phénomène de filtration des eaux et donc de rétention des MES.
- Taille de la zone humide : la taille de la zone humide intervient dans le mécanisme de rétention des MES. En effet, une grande surface favorise le ralentissement de la lame d'eau et donc la décantation des particules.

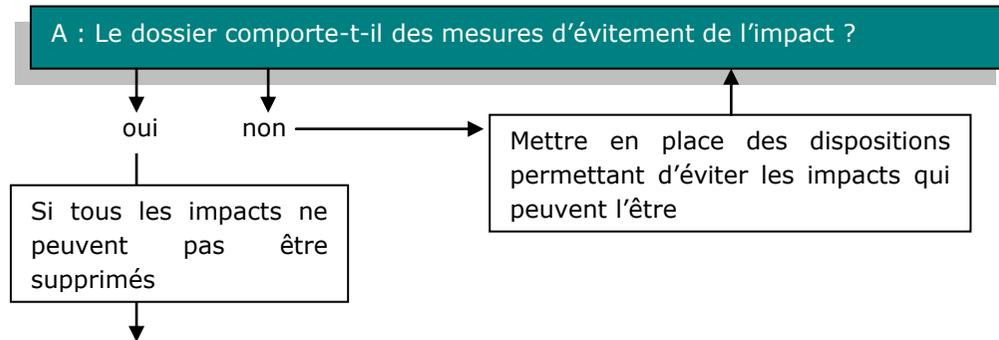
La rétention des MES est donc un processus important qui participe à l'amélioration de la qualité de l'eau à l'aval de la zone humide. Cette fonction apparaît importante notamment dans le cas où il y a une source de MES sur le bassin versant qui pourrait conduire à la dégradation de la masse d'eau.

# Annexes 5:

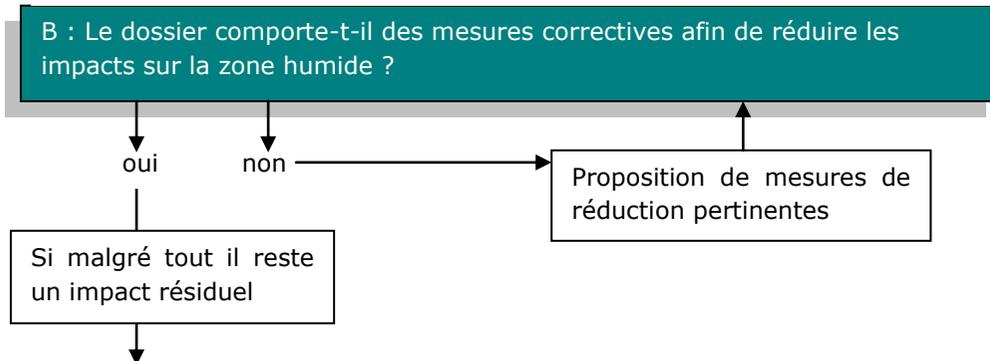
**logigramme « respect de la séquence  
éviter-réduire-compenser »**

## 1. CONSTRUCTION DES MESURES COMPENSATOIRES

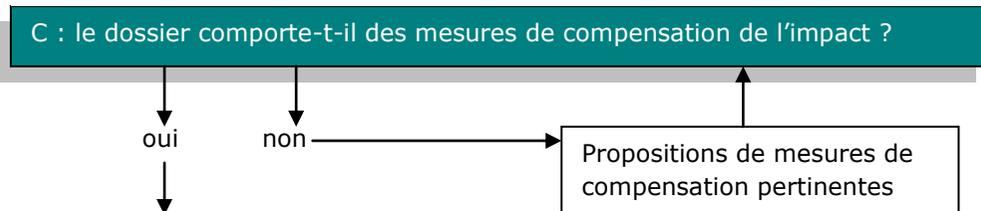
EVITEMENT : Il s'agit d'éviter les impacts prévisibles du projet sur le milieu naturel en modifiant certaines composantes du projet



REDUCTION : Réduction des effets négatifs lorsque la suppression n'a pas permis d'éliminer la totalité des impacts



COMPENSATION : la compensation vise un bilan fonctionnel neutre voire une amélioration globale de la fonctionnalité du milieu naturel



**A, B, C** : La doctrine nationale ERC demande que « les atteintes soient en premier lieu évitées, puis réduites dès lors que les impacts n'ont pu être pleinement évités ». Ce n'est qu'après ça, et s'il reste un impact significatif que la compensation intervient. **Il est par conséquent inconcevable de rendre un avis technique favorable si des mesures d'évitement et des mesures correctives n'ont pas été proposées.**

## 2. AVIS TECHNIQUE - MESURES COMPENSATOIRES

**D** : la zone humide impactée a-t-elle été évaluée (nature du site détruit) ?

- type de ZH impactée
- surface de ZH impactée
- fonctionnalités de la ZH impactée (hydrologiques, biogéochimiques et biologiques)

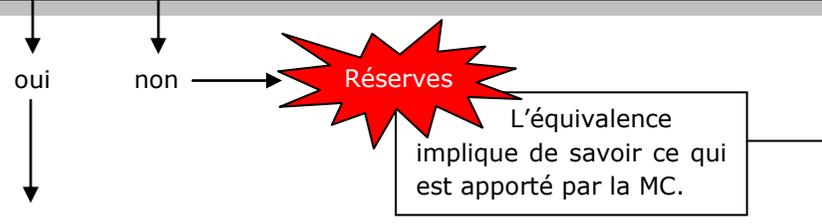


Evaluation des pertes

**E** : description des MC et estimation des gains potentiellement apportés ? (nature du site impacté vs nature du site compensé)

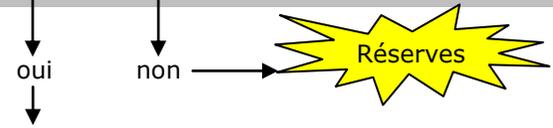
E<sub>1</sub> : niveau d'exigences faible :  
- type de ZH de compensation  
- type de MC  
- surface de ZH de compensation  
- localisation de la MC

E<sub>2</sub> : niveau d'exigences élevé :  
Idem E<sub>1</sub> + évaluation des fonctionnalités



Evaluation des gains

**F** : ratio de compensation compatible avec le SDAGE et le SAGE concernés ?



**G** : Les facteurs influençant le calcul du ratio ont-ils été pris en compte ?

- Prise en compte du risque d'échec de la MC ?
- Prise en compte de l'éloignement entre l'impact et la compensation ?
- ...

**D** : L'évaluation de la ZH impactée permet de :

- quantifier l'impact (type, surface, fonction)
- définir le niveau d'exigences attendu dans le dossier d'incidences :

Enjeux faibles

Enjeux moyens

Enjeux élevés

Niveau d'exigences faible
Niveau d'exigences élevé

**ATTENTION** : Il est important que le MO précise les protocoles utilisés pour réaliser l'état initial

**E** : l'évaluation des gains potentiellement apportés par les propositions de MC permettent de déterminer si les MC proposées permettent d'atteindre l'équivalence. Charge au MO de le prouver.

**ATTENTION** : Les protocoles utilisés pour évaluer la surface et les fonctionnalités de la MC doivent être les mêmes que ceux utilisés pour évaluer la ZH impactée afin que la comparaison des pertes et des gains soit cohérente

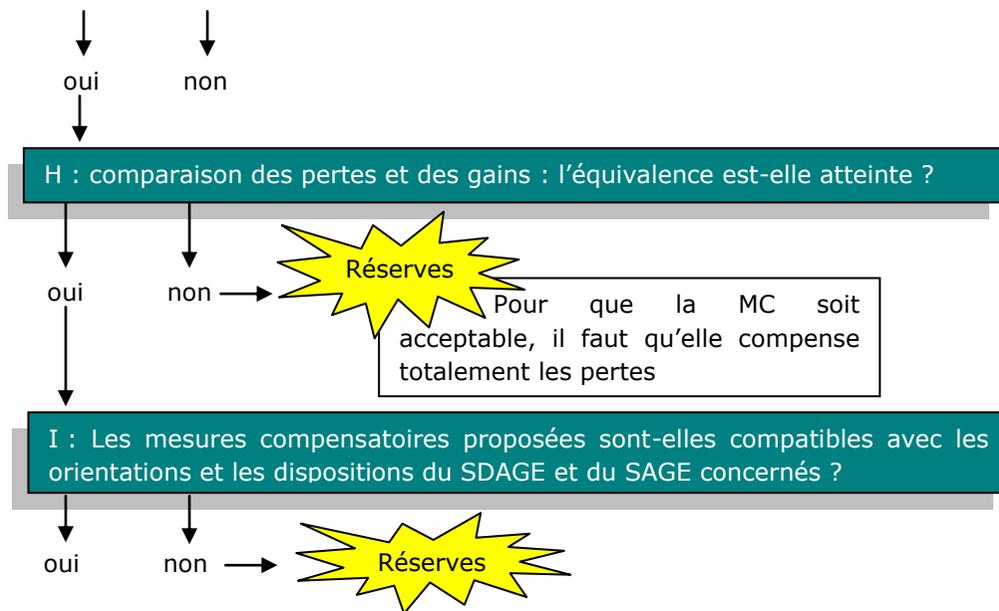
**F** : si l'on raisonne à fonctionnalités équivalentes :

- un ratio 1 : 1 impliquerait une récupération des fonctions immédiate et sans aucun risque d'échec
- un ratio < 1 supposerait que la zone humide de compensation, pour une même surface, fournisse un niveau plus élevé de fonctions
- un ratio > 1 est recommandé pour tenir compte de l'ensemble des facteurs influençant la réussite de la MC

NB : certains SDAGE donnent des préconisations sur les ratios de compensation à utiliser

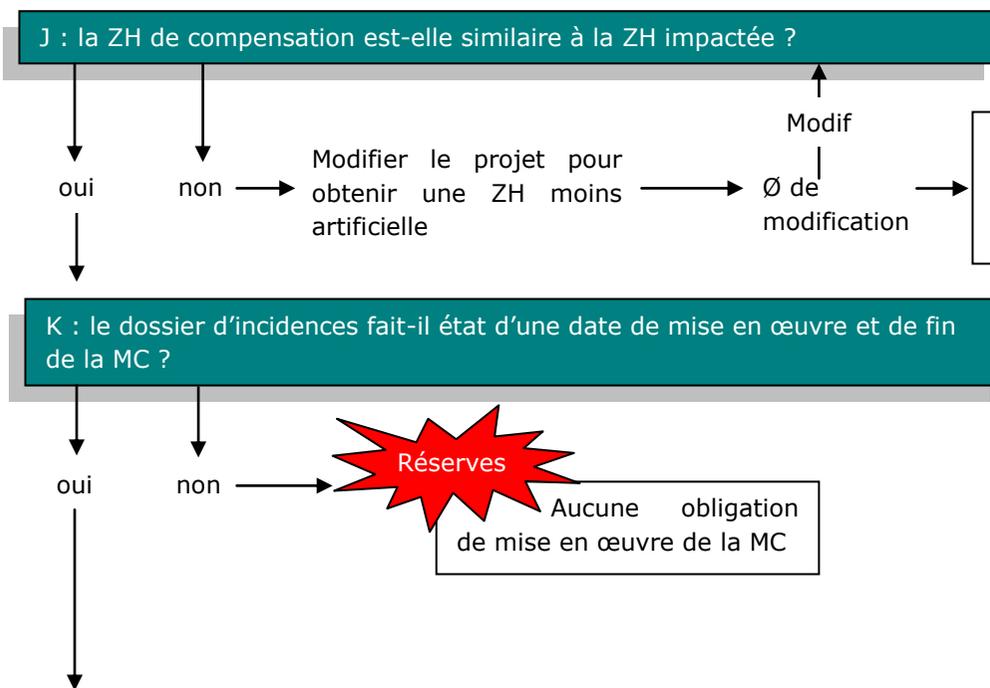
**G** : Les facteurs influençant la réussite de la MC sont :

- l'**incertitude** sur l'efficacité des mesures d'évitement et de réduction.
- le **risque d'échec** de la mesure compensatoire. La réussite de la MC dépend à la fois du type de zone humide compensée et du type de MC choisi (création, restauration, amélioration).
  - Le ratio augmente avec la prise de risque
- la **localisation** de la zone humide de compensation. Celle-ci doit être localisée, lorsque cela est possible dans la masse d'eau concernée par le projet (HER, BV) afin de pouvoir compenser les fonctions inféodées à des secteurs géographiques précis.
  - Le ratio augmente avec l'éloignement géographique
- le **décalage temporel** entre le moment de l'impact et le moment où la mesure compensatoire acquière ses fonctions.
  - Le ratio augmente avec le décalage temporel



**H** : Pour le niveau d'exigences faible l'équivalence est atteinte lorsque la surface et le type de ZH sont compensés. Pour le niveau d'exigences élevé, l'équivalence doit être atteinte à la fois en termes de surface et de type mais également en termes de fonctionnalités.

### 3. MISE EN ŒUVRE DES MESURES COMPENSATOIRES



**J** : les contours simplifiés, des cours d'eau calibrés et l'utilisation de matériaux imperméables sont à proscrire car une artificialisation entraîne une baisse des fonctions des ZH.

**K** : si aucune date de mise en œuvre n'est précisée, l'avis ne peut être favorable car cela laisse le champ libre à une compensation ultérieure qui ne se fera peut être jamais. Un calendrier de mise en œuvre des travaux de réalisation de la MC est préconisé.

## 4. GESTION ET SUIVI DES MESURES COMPENSATOIRES

**L** : Le MO présente-t-il les critères d'efficacité ainsi que les opérations prévues pour les atteindre ?

M1 : niveau d'exigences faible  
Description des opérations (travaux, restauration, gestion)

M2 : niveau d'exigences élevé  
Nature des travaux (incidences loi eau) + Description des opérations + plan de gestion + planning

oui

non

**Réserve**

Si aucune gestion de la zone n'est prévue l'efficacité de la MC est incertaine

**M** : la mesure compensatoire est-elle accompagnée d'un comité de suivi ?

oui

non

**Réserve**

Aucune vérification de la pertinence des opérations de gestion

**N** : la durée du suivi de la MC est-elle précisée dans l'étude d'incidences ?

oui

non

**Réserve**

La durée du suivi doit être suffisante pour démontrer que l'équivalence entre les impacts et la compensation est atteinte

**O** : des mesures subsidiaires d'urgence ont-elles été prévues pour corriger les problèmes potentiels ?

**AVIS FAVORABLE**

**L** : les critères d'effectivité et d'efficacité fixent les objets à atteindre, gages de la réussite de la MC. Pour cela, il faut mettre en place des opérations qui permettent l'atteinte de ces objectifs.

**M2** : Une fois la MC implantée, l'élaboration d'un plan de gestion à long terme est nécessaire car il :

- permet de gérer la MC
- permet le suivi de la ZH pendant une période donnée
- permet d'évaluer la réussite de la compensation et d'adapter la gestion en conséquence.

**M** : le comité de suivi permet de juger de la pertinence du plan de gestion, de ne pas perdre de vue les objectifs initiaux et de fournir une trame pour faciliter la gestion et le suivi du site une fois la MC effectuée.

**N** : la durée du suivi est indispensable car elle permet pendant un laps de temps donné, d'avoir une structure qui s'occupe de la ZH. Cette durée doit être suffisante pour démontrer que les performances attendues par la MC ont bien été atteintes. Aux USA, les durées varient entre 8 et 25 ans. Cette variation s'explique par les différences de type de ZH qui acquièrent leurs fonctions plus ou moins rapidement. De plus, l'étendue des travaux est à prendre en compte.

# Annexes 6:

**Protocole d'évaluation des  
fonctionnalités des zones  
humides « Washington State Wetland  
Rating System » WSWRS**

## ANNEXE 6-1 : Classification HGM de la zone humide évaluée

### 1. LES NIVEAUX D'EAU DE LA ZH SONT-ILS HABITUELLEMENT CONTROLES PAR LES MAREES ?

**NON** – allez à la question 2

**OUI** - la ZH est une frange de marée

Si oui, la salinité de l'eau pendant les périodes d'étiage est-elle inférieure à 0,5 ppm ?

**OUI** – Tidal fringe d'eau douce

**NON** – ESTUAIRE

Ce type de ZH (tidal FW) se trouve le long des côtes et dans les embouchures des cours d'eau soumis à l'influence des marées. L'apport dominant d'eau provient de l'océan ou de la rivière. Toutes les ZH tidal FW ont un critère hydrodynamique en commun : les débits et les hauteurs d'eau sont contrôlés par les marées. Les zones humides qui présentent une salinité supérieure à 0,5 ppm seront classées en tant que ZH d'estuaire. Les autres seront évaluées à partir du questionnaire pour les zones humides « riverines ».

### 2. LA TOTALITE DE LA ZH EST PLATE ET LES PRECIPITATIONS SONT L'UNIQUE ENTREE D'EAU (>90%) DANS LA ZH. LES ECOULEMENTS SOUTERRAINS ET LES EAUX DE RUISSELLEMENT NE SONT PAS DES SOURCES D'EAU DANS LA ZH.

**NON** – allez à la question 3

**OUI** – la ZH est PLATE

- ➔ Si la ZH peut être classée comme une ZH plate, considérez qu'elle fait partie de la classe ZH de dépression pour la suite du questionnaire.

Les ZH plates sont présentes lorsque la topographie de la zone est plate et qu'elle est isolée des apports d'eau souterraine et de surface environnants. Les principales entrées d'eau dans ces ZH sont les précipitations qui arrivent directement sur la ZH. Elles ne reçoivent théoriquement aucun écoulements souterrains ni de ruissellements de surface provenant du bassin versant. Cette caractéristique les distingue des ZH dépressionnaires et de pente.

### 3. LA ZH REMPLIT-ELLE LES CRITERES SUIVANTS ?

- La partie végétalisée de la ZH est localisée sur les bords d'une pièce d'eau permanente d'une surface d'au moins 8 ha.
- Au moins 30% de la partie en eau est plus profonde que 2 mètres

**NON** – allez à la question 4

**OUI** – la ZH est une BORDURE DE LAC

Les ZH de bord de lac se distinguent des autres types de ZH par la surface et par la profondeur des eaux libres adjacentes. Si la surface de la zone d'eau libre à côté de la ZH est plus large que 8 ha et plus profonde que 2m sur plus de 30% de sa surface, la zone humide est de type « frange de lac ». Les ZH le long des bords d'une retenue sont considérées comme des ZH de bordure de lac.

### 4. LA ZH REMPLIT-ELLE TOUS LES CRITERES SUIVANTS ?

- La ZH est en pente ?
- Le flux d'eau traversant la ZH est unidirectionnel et provient habituellement d'infiltrations. (écoulement de sub-surface ou dans des rigoles sans berges nettes)
- L'eau quitte la ZH sans être retenue

**NON** – allez à la question 5

**OUI** - la ZH est une ZH de PENTE

Les ZH de pentes se retrouvent sur les collines ou vallées pentues, où ... Les écoulement dans ces zones humides se font seulement dans une direction (sens de la pente) et la pente est suffisamment raide pour que l'eau ne soit pas retenue. Les zones humides de pente se distinguent des ZH de plaine alluviale par l'absence d'un lit défini avec des sédiments qui peuvent sortir du lit lors d'épisodes de hautes eaux ou lors de débordements. Les ZH de pente peuvent présenter de petites rigoles qui ne servent qu'à transporter l'eau vers la sortie de la ZH.

### 5. LA ZH REMPLIT-ELLE TOUS LES CRITERES SUIVANTS ?

- La ZH est dans une vallée, un chenal où elle est inondée par débordement de la rivière ou du chenal
  - L'inondation par débordement survient au moins tous les 2 ans
- NON** – allez à la question 6                      **OUI** – la ZH est RIVERINE

Les ZH de plaine alluviale sont présentes dans les vallées (et associées avec les chenaux de rivières). Elles se trouvent dans la plaine d'inondation du cours d'eau et ont une connectivité hydraulique importante avec la rivière ou le ruisseau. Les ZH de plaine alluviale peuvent stocker de gros volume d'eau. La proximité entre la ZH et le cours d'eau facilite les transferts rapides des eaux de crue vers et en sortie de ZH, ainsi que l'import et l'export de sédiments. ATTENTION, les ZH qui se situent dans la plaine d'inondation du cours d'eau mais qui ne sont pas fréquemment inondées ne sont pas des ZH de plaine alluviale.

### 6. LA ZH EST-ELLE SITUEE DANS UNE DEPRESSION TOPOGRAPHIQUE

**NON** – allez à la question 7                      **OUI** – la ZH est DEPRESSIONNAIRE

Les zones humides de dépression sont celles qui présentent un niveau dans la zone humide qui est plus bas que le niveau de l'espace autour. Les formes des ZH de dépression varient, mais, dans tous les cas, les mouvements des eaux de surface et des eaux peu profondes sont dirigés vers le point le plus bas. La ZH peut avoir un exutoire mais le point le plus bas de la ZH est quelque part dans les limites de la ZH, pas au niveau de l'exutoire. Ces ZH peuvent parfois être difficile à identifier car la dépression n'est pas forcément nettement marquée. On peut les identifier à l'aide d'une carte topographique ou en vérifiant que le point le plus bas se situe bien vers le centre de la ZH. Un critère qui permet de définir que c'est une ZH dépressionnaire est : il y a un stockage de l'eau (même sur un temps très court) et la ZH n'est ni une ZH de bordure de cours d'eau, ni une ZH de bordure de lac.

### 7. LA TOTALITE DE LA ZH EST-ELLE LOCALISEE DANS UNE ZONE TRES PLATE SANS DEPRESSION EVIDENTE ET SANS INONDATION PAR DEBORDEMENT

**NON** - allez à la question 8                      **OUI** – la ZH est DEPRESSIONNAIRE

Les ZH plates, dont le caractère humide est maintenu par un haut niveau de la nappe, et qui ne se classent pas bien dans les catégories « dépressionnaire, bordure de cours d'eau ou plates », doivent être considérées comme des ZH dépressionnaire pour l'évaluation. Ces ZH sont assez plates, souvent abandonnées et ne semblent pas présenter d'exutoire identifiable. Si ces ZH stockent l'eau c'est uniquement car les niveaux des nappes souterraines sont élevés dans toute la région et que l'eau n'a nulle part où se drainer.

**8. LA ZH EST DIFFICILE A CLASSER ET CONTIENT PROBABLEMENT PLUSIEURS CLASSES HGM DIFFERENTES.**

<b>Classes HGM au sein de la ZH devant être évaluée</b>	<b>Classe HGM devant être utilisée pour l'évaluation</b>
PENTE + RIVERINE	RIVERINE
PENTE + DEPRESSIONNAIRE	DEPRESSIONNAIRE
PENTE + BORDURE DE LAC	BORDURE DE LAC
DEPRESSIONNAIRE + RIVERINE	DEPRESSIONNAIRE
DEPRESSIONNAIRE + BORDURE DE LAC	DEPRESSIONNAIRE

- Si vous ne savez toujours pas à quelle classe HGM appartient la ZH que vous souhaitez évaluer ou qu'elle présente plus de 2 classes HGM, classez-la en DEPRESSIONNAIRE pour l'évaluation.

## ANNEXE 6-2 : Définition des classes HGM

CLASSE HGM	PRESENTATION
Dépressionnaire	Les zones humides dépressionnaires sont rencontrées dans des zones de dépression au sein de laquelle, la zone humide est située à une altitude inférieure à celle du milieu environnant. Les formes des zones humides dépressionnaires sont variées, mais dans tous les cas, les mouvements d'eau de surface et de sub-surface sont dirigés vers le point le plus bas de la zone (qui n'est pas l'exutoire).
Plate	Les zones humides plates sont présentes dans des zones topographiques plates qui sont hydrologiquement isolées des eaux souterraines ou de surface situées à proximité. La principale source d'eau dans ce type de zone humide est les précipitations directes. Ces zones ne reçoivent virtuellement aucun apport d'eau souterraine ni de ruissellement de surface. Cette caractéristique les distingue des zones humides dépressionnaires et de pente.
Pente	Les zones humides de pente sont présentes sur des collines ou des pentes de vallées où les eaux souterraines et commencent à ruisseler le long de la surface, ou immédiatement sous la surface. Dans ces zones humides, l'eau ne coule que dans une direction (sens de la pente) et le pourcentage de pente est suffisant pour que l'eau ne soit pas stockée. Le point le plus en contrebas de la pente est toujours le point de plus basse altitude de la zone humide.
Bordure de lac	Les zones humides de bordure de lac sont distinguées des autres classes de zone humides sur la base de la surface et de la profondeur de la pièce d'eau qui leur est adjacente. Si la surface de la pièce d'eau est supérieure à 8 hectares et d'une profondeur supérieure à 2 mètres sur 30% de sa superficie, la zone humide est de type « bordure de lac ».
Riverine	Les zones humides riverines sont présentes dans les vallées et sont associées aux cours d'eau. Elles sont situées dans la plaine de débordement d'un cours d'eau avec lequel elles ont d'important lien hydrologiques. La caractéristique qui permet de distinguer ces zones humides est qu'elles sont fréquemment inondées par débordement du cours d'eau. Ces eaux de crues sont un facteur majeur qui structure les écosystèmes de la zone humide. Les zones humides riverines peuvent également recevoir des quantités significatives d'eau d'autres sources telles que les eaux souterraines et les ruissellements de surface. Toutefois, les zones humides situées dans la plaine de débordement d'un cours d'eau mais qui ne sont pas fréquemment inondées ne sont pas considérées comme riverines.
Bordure d'estuaire	Les zones humides de bordure d'estuaire sont présentes le long des côtes et à l'embouchure des rivières soumises à l'influence des marées. La source d'eau dominante provient de l'océan ou de la rivière. La caractéristique commune de cette classe est son hydrodynamisme. Toutes les zones humides de bordure d'estuaire ont des flux hydriques dominés par l'influence des marées. De plus, les profondeurs sont contrôlées par le cycle des marées de l'océan adjacent. Pour l'évaluation, les zones humides ayant une salinité >0,5 ppm sont dites estuariennes et celles dont la salinité n'excède pas 0,5 ppm sont dites riverines.

**ANNEXE 6-3 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « dépressionnaires et plates »**

**1. FONCTION « AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX » – indicateurs d'amélioration de la qualité de l'eau**

**D1 : la ZH possède-t-elle le potentiel pour améliorer la qualité de l'eau ?**

D1.1. caractéristiques des écoulements de surface sortant de la ZH :

Les polluants particuliers seront retenus dans des ZH fermées (sans exutoires). Un écoulement intermittent est généralement plus efficace pour retenir les polluants qu'un écoulement permanent car la majeure partie de l'année (sauf en période humide/de hautes eaux), le relargage des polluants vers l'aval n'a pas lieu.

- la ZH est une dépression sans exutoire : aucune sortie d'eau de surface..... **pts=3**
- la ZH présente un écoulement intermittent, OU permanent mais très réduit. (Un écoulement intermittent signifie que l'eau s'écoule que lors de périodes humides ou suite à un épisode orageux important)..... **pts=2**
- la ZH présente un exutoire normal ou légèrement resserrée (écoulements permanents)..... **pts=1**
- la ZH est une dépression plate ou de classe HGM PLATE, avec des écoulements permanents ET sans exutoire évidente et/ou un exutoire artificiel (type fossé) (si le fossé ne présente pas un écoulement permanent, considérez que la ZH a un écoulement intermittent (pts=2))..... **pts=1**

D1.2. présence de sol argileux ou organique à 5 cm de la surface :

- OUI..... **pts=4**
- NON..... **pts=0**

D1.3. caractéristiques de la végétation permanente :

- la ZH présente une végétation persistante et non pâturée  $\geq 95\%$  de sa surface... **pts=5**
- la ZH présente une végétation persistante et non pâturée  $\geq 1/2$  de sa surface..... **pts=3**
- la ZH présente une végétation persistante et non pâturée  $\geq 1/10$  de sa surface... **pts=1**
- la ZH présente une végétation persistante et non pâturée  $< 1/10$  de sa surface..... **pts=0**

D1.4. conditions de saturation de la ZH

Caractéristiques de la partie de ZH qui est alternativement saturée (conditions anoxiques au moins 2 mois dans l'année), et non saturée (conditions aérobies).

- La surface de la zone saturée est  $> 1/2$  de la surface totale de la ZH..... **pts=4**
- La surface de la zone saturée est  $> 1/4$  de la surface totale de la ZH..... **pts=2**
- La surface de la zone saturée est  $< 1/4$  de la surface totale de la ZH..... **pts=0**

**TOTAL D1** : additionnez les points des questions précédentes

## ANNEXE 6-3 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « dépressionnaires et plates »

### D2 : La ZH évaluée a-t-elle l'opportunité d'améliorer la qualité de l'eau ?

Répondez oui si vous savez ou pensez qu'il y a des polluants dans les eaux souterraines ou de surface arrivant dans la ZH et qui en l'absence de ZH entraîneraient une dégradation de la qualité de l'eau dans les masses d'eau en aval de la ZH. Notez de quelles sources proviennent les polluants. Une ZH peut recevoir des polluants provenant de plusieurs sources, mais une source unique suffit pour démontrer l'opportunité que présente la ZH dans l'amélioration de l'eau.

- Pâturage dans la ZH ou à une distance inférieure à 50 mètres
- Arrivées d'eaux pluviales non traitées
- Terrains cultivés ou vergers à moins de 50m de la ZH
- Zones résidentiels, aires urbanisées, terrains de golf à moins de 50m
- Alimentation de la ZH avec des eaux souterraines riches en P ou N
- Autre

**OUI** : coeff. multiplicateur de 2

**NON** : coeff. multiplicateur de 1

**TOTAL – Fonction « amélioration de la qualité de l'eau »** : D1xD2

## 2. FONCTIONS « HYDROLOGIQUES »

### D3. La ZH a-t-elle le potentiel pour réduire les inondations et l'érosion ?

#### D3.1 Caractéristiques des écoulements de surface en sortie de ZH (idem D1.1)

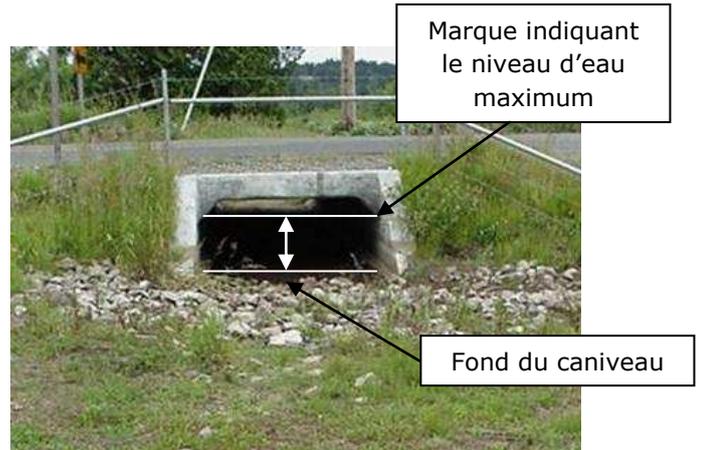
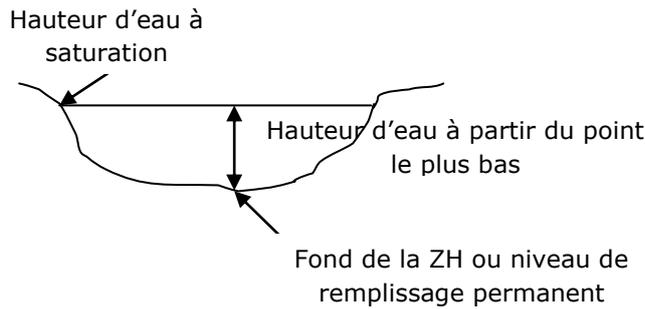
- la ZH est une dépression sans exutoire : aucune sortie d'eau de surface..... **pts=4**
- la ZH présente un écoulement intermittent, OU permanent mais très réduit. (*Un écoulement intermittent signifie que l'eau s'écoule que lors de périodes humides ou suite à un épisode orageux important*)..... **pts=2**
- la ZH est une dépression plate ou de classe HGM PLATE, avec des écoulements permanents ET sans exutoire évidente et/ou un exutoire artificiel (type fossé) (*si le fossé ne présente pas un écoulement permanent, considérez que la ZH a un écoulement intermittent (pts=2)*)..... **pts=1**
- la ZH présente un exutoire normal ou légèrement resserrée (écoulements permanents).... **pts=0**

#### D3.2 hauteur de stockage pendant les périodes « humides »

La quantité d'eau stockée dans la ZH est un indicateur de sa capacité à réguler les crues et réduire l'érosion. Il est très difficile d'estimer la quantité d'eau stockée au moment de la sortie terrain, c'est pour cela que l'on utilise une estimation de la profondeur maximum de stockage comme substitut. Cela reste une approximation car les ZH dépressionnaires peuvent avoir des formes légèrement différentes et de ce fait le volume de stockage n'est pas exactement corrélé à la profondeur maximum. Néanmoins, la corrélation entre les deux est jugée suffisante pour les besoins de cette évaluation.

Il s'agit d'estimer la hauteur d'eau au dessus du fond de l'exutoire de la ZH. Pour les ZH fermée, la hauteur d'eau sera estimée à partir de la partie la plus profonde de la ZH.

**ANNEXE 6-3 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « dépressionnaires et plates »**



- Des marques de présence d'eau sont retrouvées à 3 pieds ou plus au dessus du fond de l'exutoire ou de la ZH..... **pts=7**
- La ZH est une ZH de tête de bassin..... **pts=5**
- Il y a des marques d'eau entre 2 et 3 pieds au dessus du fond de l'exutoire ou de la ZH..... **pts=5**
- Il y a des marques d'eau entre 0,5 et 2 pieds au dessus du fond de l'exutoire ou de la ZH..... **pts=3**
- La ZH est PLATE mais présente de faibles dépressions en surface pouvant piéger de l'eau..... **pts=1**
- Il y a des marques d'une hauteur inférieure à 0,5 pieds..... **pts=0**

*D3.3 contribution de la ZH au stockage de l'eau à l'échelle du bassin versant : estimez le ratio entre la surface de bassin versant qui contribue à l'apport d'eau de surface dans la zone humide par rapport à la surface de la ZH*

- La surface du bassin est inférieure à 10x la surface de la ZH..... **pts=5**
- La surface du bassin est 10 à 100x la surface de la ZH..... **pts=3**
- La surface du bassin est plus de 100x la surface de la ZH..... **pts=0**
- Toute la ZH appartient à la classe HGM PLATE..... **pts=5**

**TOTAL D3** : additionnez les points des questions précédentes

**D4. La ZH a-t-elle l'opportunité de réduire les inondations et l'érosion ?**

Répondez OUI si la ZH est localisée dans un BV où le stockage de l'eau participe à la protection de la qualité des zones en aval et à la protection contre les inondations ou une érosion excessive.

Répondez NON si l'eau arrivant dans la ZH est contrôlée par une structure artificielle (écluse, vanne,...) ou si vous estimez que 90% de l'eau de la ZH est d'origine souterraine dans une zone où les inondations par remontée de nappe n'ont pas lieu.

Notez quels indicateurs d'opportunité sont présents :

La ZH est située en amont d'une rivière présentant des risques d'inondations

La ZH draine les eaux d'une rivière qui présente des risques d'inondation

La ZH n'a pas d'exutoire ni ne contient d'eau de ruissellement qui pourrait s'écouler dans une rivière qui présente des risques d'inondation

Autre

**OUI** : coeff multiplicateur de 2

**NON** : coeff multiplicateur de 1

**TOTAL – Fonctions « hydrologiques »** : D3xD4

**ANNEXE 6-4 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « riverine »**

**1. FONCTION « AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX » – indicateurs d'amélioration de la qualité de l'eau**

**R1. La ZH a-t-elle le potentiel pour améliorer la qualité de l'eau ?**

*R1.1 la superficie de la surface dépressionnaire au sein de la ZH riverine, pouvant piéger les sédiments est :*

- >  $\frac{3}{4}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=8**
- >  $\frac{1}{2}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=4**
- <  $\frac{1}{2}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=2**
- Il n'y a pas de zone dépressionnaire ..... **pts=0**

*R1.2 caractéristiques de la végétation de la ZH :*

- Arbres et broussailles >  $\frac{2}{3}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=8**
- Arbres et broussailles >  $\frac{1}{3}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=6**
- Plantes herbacées non pâturées >  $\frac{2}{3}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=6**
- Plantes herbacées non pâturées >  $\frac{1}{3}$  de la superficie totale de la ZH..... **pts=3**
- Arbres, broussailles et plantes herbacées non pâturées <  $\frac{1}{3}$  de la superficie..... **pts=0**

**TOTAL R1** : additionnez les scores obtenus aux questions R1.1 et R1.2 :

**R2. La ZH a-t-elle l'opportunité d'améliorer la qualité de l'eau ?**

Répondez OUI si vous savez ou pensez qu'il y a des polluants dans les eaux souterraines ou de surface qui arrivent dans la ZH et qui pourraient réduire la qualité de l'eau à l'aval de la ZH. Notez lesquelles de ces sources de pollutions sont présentes :

- Pâturages dans la ZH ou à moins de 50m
- Arrivées d'eaux pluviales non traitées dans la ZH
- Champs labourés ou vergers à moins de 50m de la ZH
- Courants ou « caniveaux » déchargeant dans la ZH ce qui a été drainé dans des zones industrielles ou résidentielles, des champs cultivés, des routes, des exploitations forestières
- Zones résidentielles, urbanisées, parcours de golf à moins de 50m de la ZH
- La rivière liée à la ZH possède un bassin versant où les activités humaines ont élevé les concentrations de sédiments, de composés toxiques ou de nutriments par rapport aux standards de qualités des eaux
- autres

**OUI** : coefficient multiplicateur de 2

**NON** : coefficient multiplicateur de 1

**TOTAL – Fonction « amélioration de la qualité de l'eau »** : multipliez le score obtenu à R1 par le coefficient multiplicateur obtenu à R2 :

**ANNEXE 6-4 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « riverine »**

**2. FONCTION HYDROLOGIQUES – indicateurs de la participation de la ZH à la régulation des crues et la réduction du pouvoir érosif**

**R3 : la ZH a-t-elle le potentiel pour réguler les crues et réduire les forces érosives ?**

*R3.1 description des capacités de stockage de la ZH*

Estimez la largeur moyenne de la ZH perpendiculaire à la direction du courant et la largeur du lit de la rivière (=distance entre les rives). Calculez le ratio  $\frac{\text{largeur moyenne de la ZH}}{\text{distance entre les rives}}$

- ratio > 20..... **pts=9**
- 10 < ratio < 20..... **pts=6**
- 5 < ratio < 10..... **pts=4**
- 1 < ratio < 5..... **pts=2**
- Ratio < 1..... **pts=1**

*R3.2 caractéristiques de la végétation qui ralentit la vitesse des eaux de crue :* (considérer les larges débris de bois comme « forêt ou broussailles »). Choisissez les points appropriés pour avoir la meilleure description possible :

- Forêt ou broussailles > 1/3 de la superficie totale de la ZH OU plantes herbacées > 2/3 de la superficie de la ZH..... **pts=7**
- Forêt ou broussailles > 1/10 de la superficie totale de la ZH OU plantes herbacées > 1/3 de la superficie de la ZH..... **pts=4**
- La végétation ne correspond à aucun des critères précédant ..... **pts=0**

**TOTAL R3 :** additionnez les scores obtenus aux questions R3.1 et R3.2

**R4 : la ZH a-t-elle l'opportunité de remplir les fonctions de régulation de crues et de réduction du pouvoir érosif ?**

Répondez OUI si la ZH est localisée à un endroit sur le bassin versant où la régulation des crues ou la réduction de la vitesse du courant, participe à la protection des biens et de la ressource aquatique contre les crues ou des courants excessifs et/ou érosifs. Notez quelles conditions sont observées :

- Il y a des constructions et des activités anthropiques en aval, qui peuvent être endommagées par les crues (routes, immeubles, ponts, fermes) ;
- Il y a des ressources naturelles en aval qui peuvent être endommagées par les crues (frayères de saumon par ex) ;
- Autre

Répondez NON si la principale entrée d'eau dans la ZH est contrôlée par un réservoir ou si la ZH est une frange de marée située le long d'une digue.

**OUI :** coefficient multiplicateur de 2

**NON :** coefficient multiplicateur de 1

**TOTAL – Fonctions « hydrologiques » :** multipliez le score obtenu à R3 par le coefficient multiplicateur obtenu à R4

**ANNEXE 6-5 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « bordure de lac »**

**1. FONCTION « AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX » – indicateurs d'amélioration de la qualité de l'eau**

**B1 : La ZH possède-t-elle le potentiel pour améliorer la qualité de l'eau ?**

*B.1.1. largeur moyenne de la zone humide le long de la frange de lac :*

- la végétation est large de plus de 10m..... **pts=6**
- la végétation est comprise entre 5 et 10m de large..... **pts=3**
- la végétation est comprise entre 2 et 5m de large..... **pts=1**
- la végétation fait moins de 2m de large..... **pts=0**

*B.1.2. caractéristiques de la végétation dans la zone humide :* choisissez la description qui correspond le mieux. Il ne faut pas inclure les pièces d'eau libre dans l'estimation du pourcentage de recouvrement. Les plantes herbacées peuvent être soit la forme dominante soit une sous partie d'une communauté arbustive ou arborée. Le terme herbacé n'incluse pas les plantes aquatiques.

- les plantes herbacées représentent plus de 90% de la partie végétalisée de la ZH... **pts=6**
- les plantes herbacées représentent plus de 2/3 de la partie végétalisée de la ZH... **pts=4**
- les plantes herbacées représentent plus de 1/3 de la partie végétalisée de la ZH... **pts=3**
- de la végétation autre qu'aquatique et herbacée couvre plus de 2/3 de la ZH..... **pts=3**
- de la végétation autre qu'aquatique couvre plus de 1/3 de la partie végétalisée de la ZH...  
..... **pts=1**
- la végétation aquatique et la pièce d'eau couvre plus de 2/3 de la ZH..... **pts=0**

**TOTAL B1:** additionnez les points des questions précédentes :

**B2 : La ZH évaluée a-t-elle l'opportunité d'améliorer la qualité de l'eau ?**

Répondez oui si vous savez ou pensez qu'il y a des polluants dans les eaux du lac ou les eaux de surface arrivant dans la ZH. Notez de quelles sources proviennent les polluants. Une ZH peut recevoir des polluants provenant de plusieurs sources, mais une source unique suffit pour démontrer l'opportunité que présente la ZH dans l'amélioration de l'eau.

- La ZH est située le long d'un lac ou d'un réservoir qui ne présente pas les critères de qualité standard
- Pâturage dans ou à moins de 50m de la ZH
- Relargage d'eau polluée dans la ZH
- Champs labourés ou vergers à moins de 50m de la ZH
- Aire urbanisée à moins de 50m de la ZH
- Parcs avec des zones d'herbes entretenues, terrain de golf ou terrain de sport à moins de 50m de la ZH
- Navigation de bateau à moteur sur la pièce d'eau
- autre

**OUI :** coeff. multiplicateur de 2

**NON :** coeff. multiplicateur de 1

**TOTAL – Fonction « amélioration de la qualité de l'eau » :** multipliez le score obtenu pour B1 par le coefficient multiplicateur obtenu pour B2

**ANNEXE 6-5 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « bordure de lac »**

**2. FONCTION HYDROLOGIQUES**

**B3 : La ZH a-t-elle le potentiel pour réduire l'érosion des berges du lac ?**

*B3 distance le long de la rive et largeur moyenne des classes de végétation le long des bords du lac (choisissez la description qui correspond et qui apporte le plus de points)*

- Plus de  $\frac{3}{4}$  de la longueur de la rive est arbustive ou arborée sur au moins 10m de large...  
..... **pts=6**
- Plus de  $\frac{3}{4}$  de la longueur de la rive est arbustive ou arborée sur au moins 2m de large.....  
..... **pts=4**
- Plus de  $\frac{1}{4}$  de la longueur de la rive est arbustive ou arborée sur au moins 10m de large...  
..... **pts=4**
- la végétation fait au moins 2m de large (quel que soit le type excepté aquatique)... **pts=2**
- la végétation fait moins de 2m de large (quel que soit le type excepté aquatique)... **pts=0**

**TOTAL B3** : additionnez les points des questions précédentes

**B4 : La ZH a-t-elle l'opportunité de réduire l'érosion ?**

Y a-t-il des caractéristiques le long de la rive qui seraient impactés en cas d'érosion de la rive ?

- Il y a des structures et des activités humaines le long des bords supérieurs de la ZH qui pourraient être endommagés en cas d'érosion
- Il y a des ressources naturelles non perturbées près des bords supérieurs de la ZH qui pourraient être endommagés en cas d'érosion
- autre

**OUI** : coeff multiplicateur de 2

**NON** : coeff multiplicateur de 1

**TOTAL – Fonctions « hydrologiques »** : multipliez le score obtenu à B3 par le coefficient multiplicateur obtenu à la question B4.

## ANNEXE 6-6 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « pente »

### 1. FONCTION « AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX » – indicateurs d'amélioration de la qualité de l'eau

#### **P1 : La zone humide possède-t-elle le potentiel pour améliorer la qualité de l'eau ?**

##### P1.1. caractéristiques de la pente moyenne

- La pente est de 1% ou moins (une pente de 1% représente une élévation de 1m sur une longueur horizontale de 100m) ..... **pts = 3**
- La pente est de 1 à 2%..... **pts = 2**
- La pente est de 2 à 5%..... **pts = 1**
- La pente est supérieure à 5%..... **pts = 0**

P1.2. Le sol, 5cm sous la surface est argileux ou organique    **OUI=3 pts**    **NON=0 pts**

##### P1.3. caractéristiques de la végétation de la zone humide qui capte les sédiments et les polluants

Choisissez les descriptions qui correspondent le mieux à la végétation de la zone. Une végétation dense signifie que vous avez des difficultés à voir la surface du sol (>75% de couverture végétale), et « non coupé » signifie non pâturé ou fauché et des plantes d'une hauteur supérieure à 15cm.

- Végétation herbacée dense et non coupée sur une surface >90% de la zone..... **pts=6**
- Végétation herbacée dense et non coupée sur une surface > ½ de la zone..... **pts=3**
- Végétation dense et ligneuse sur une surface > ½ de la zone..... **pts=2**
- Végétation herbacée dense et non coupée sur une surface > ¼ de la zone..... **pts=1**
- Aucun critères ne correspond ..... **pts=0**

**TOTAL P1 :** additionnez tous les points des questions précédentes

#### **P2 : La zone humide a-t-elle l'opportunité d'améliorer la qualité de l'eau ?**

Répondez OUI si vous savez ou pensez qu'il y a des polluants dans la nappe ou les eaux de surface arrivant dans la zone humide et qui peuvent potentiellement réduire la qualité de l'eau à l'aval.

Notez lesquelles des facteurs suivant sont des sources potentielle de polluants au sein de la zone humide évaluée. Les sources de polluants arrivant dans la zone peuvent être multiples, mais une seule source suffit à qualifier l'opportunité.

- Pâturage dans la zone humide ou à moins de 50m
- Arrivée d'eaux pluviales non traitées
- Champs labourés, exploitation forestière ou vergers à moins de 50m de la zone
- Habitations, aires urbanisées ou terrain de golf à moins de 50m en amont de la zone
- Autre

**OUI :** coefficient multiplicateur de 2

**NON :** coefficient multiplicateur de 1

**SCORE TOTAL :** Fonction « amélioration de la qualité de l'eau » :    P1 x P2

**ANNEXE 6-6 : évaluation des fonctions « amélioration de la qualité de l'eau et hydrologique : zones humides de classe HGM « pente »**

---

**2. FONCTION HYDROLOGIQUES**

**P3. La zone humide possède-t-elle le potentiel pour réduire les inondations et les forces érosives ?**

*P3.1. Caractéristique de la végétation capable de réduire la vitesse des courants de surface lors d'orage.* Choisissez les points qui correspondent le mieux aux conditions observées dans la zone humide (le tronc des plantes doit être assez épais (>0,3cm) ou assez dense pour rester debout lors du passage du courant)

- Végétation dense, non coupée et rigide sur une surface >90% de la zone ..... **pts=6**
- Végétation dense, non coupée et rigide sur une surface > 1/2 de la zone..... **pts=3**
- Végétation dense, non coupée, et rigide sur une surface > 1/4 de la zone..... **pts=1**
- Plus de 1/4 de la zone humide est pâturée, fauchée, labourée ou présente une végétation non rigide ..... **pts=0**

*P3.2 caractéristiques de la zone humide qui retient de faibles quantités des eaux de crues :*

La zone humide présente de petites zones de dépression qui peuvent retenir de l'eau. Celles-ci représentent au moins 10% de la surface de la zone humide.

**OUI=2 pts**

**NON=0 pts**

**TOTAL P3 :** additionnez les scores des questions précédentes

**P4. La zone a-t-elle l'opportunité de réduire les inondations et l'érosion ?**

La zone humide est-elle localisée à un endroit où la réduction de la vitesse de l'eau participe à protéger les propriétés du bassin versant et de la ressource aquatique des inondations et/ou de forces érosives excessives ? Notez quelles conditions sont observées :

- La zone humide draine les eaux de ruissellement vers une rivière qui présente des problèmes d'inondation
- Autre

(Répondez NON si la source majeure d'eau dans la zone humide est contrôlée par un réservoir)

**OUI : coefficient multiplicateur de 2**

**NON : coefficient multiplicateur de 1**

**SCORE TOTAL :** Fonction « hydrologique » : P3 x P4

## ANNEXE 6-7 : Evaluation de la fonction « habitat »

→ Ces questions s'appliquent à toutes les ZH quelles que soient leurs classes HGM.

### H1. LA ZH PRESENTE-T-ELLE UN POTENTIEL POUR FOURNIR DES HABITATS POUR CERTAINES ESPECES ?

#### H1.1. structure de la végétation

Listez les types de classes de végétaux présents – classer par grandeur (seuils) chaque classe d'au moins ¼ d'acre ou de plus de 10% de la surface de la ZH si celle-ci est inférieure à 2,5 acres.

- Herbier aquatique
- Plantes émergentes
- Broussailles/arbustes (surface de broussailles > 30%)
- Forêt (surface boisée > 30%)

Si la zone humide présente une classe « forêt » vérifier si :

La classe forêt possède 3 à 5 strates (canopée, sub-canopée, broussailles, herbacée, mousse/sol) qui représentent chacune 20% du polygone forestier

Additionnez le nombre classes de végétation. Si vous avez :

4 classes ou plus.....	<b>pts=4</b>
3 classes.....	<b>pts=2</b>
2 classes.....	<b>pts=1</b>
1 classe .....	<b>pts=0</b>

#### H1.2. hydro-périodes

Lister les types de régimes hydrauliques (hydro-périodes) présents dans la zone humide. Le régime hydraulique doit couvrir plus de 10% de la surface de la ZH ou ¼ d'acre pour être comptabilisé.

- Inondé en permanence
- Saisonnièrement inondé
- Occasionnellement inondé
- Saturé en permanence
- Ruisseau ou rivière permanent dans ou à côté de la ZH
- Ruisseau non permanent dans ou adjacent à la ZH
- ZH de frange de lac
- ZH à marée d'eau douce

Si vous listez :

4 types ou plus.....	<b>pts=3</b>
3 types.....	<b>pts=2</b>
2 types.....	<b>pts=1</b>
1 type.....	<b>pts=0</b>

#### H1.3. richesse en espèces végétales

Comptabiliser le nombre d'espèces de plantes dans la ZH recouvrant une surface d'au moins 10 foot<sup>2</sup> (plusieurs placettes de la même espèce peuvent être combinées pour atteindre les seuils surfaciques). Il n'est pas nécessaire d'identifier le nom des espèces.

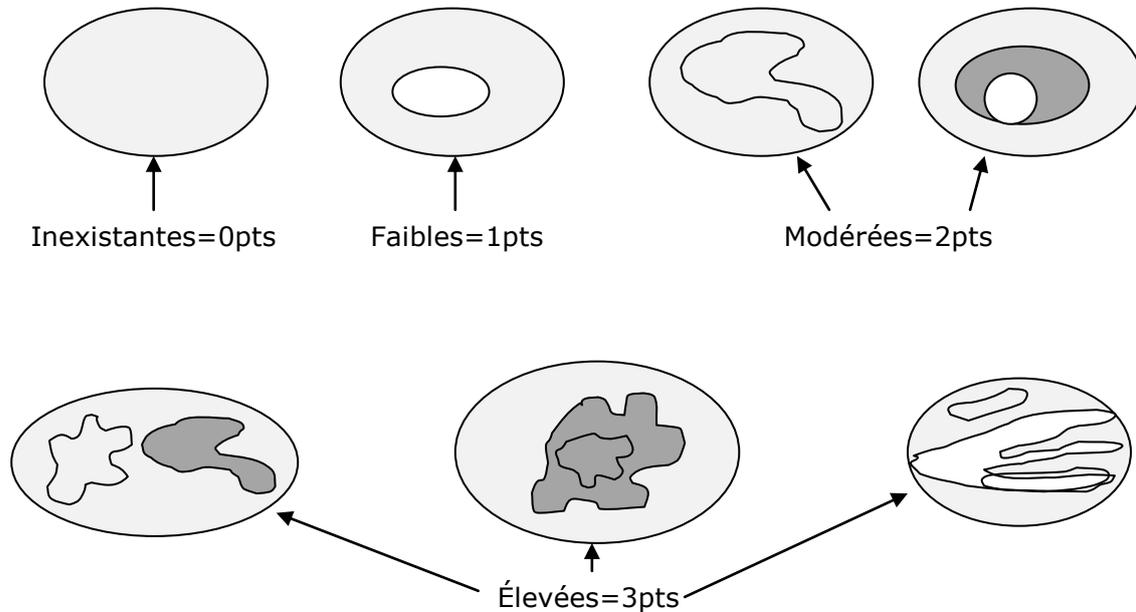
Si vous dénombrez :

>19 espèces.....	<b>pts=2</b>
Entre 5 et 19 espèces.....	<b>pts=1</b>
< 5 espèces.....	<b>pts=0</b>

H1.4. interspersion d'habitats

Déterminer à partir des diagrammes suivant, si les interspersion entre les structures de la végétation (définies en H1.1.) et les milieux physiques non végétalisés (eau libre,...) sont élevées, modérées, faibles ou inexistantes.

NB : si vous avez 4 classes ou plus, ou 3 classes de végétation couplées à de l'eau libre, le résultat sera toujours « élevé ».



H1.5. caractéristiques des habitats particuliers

Listez les caractéristiques des habitats présents dans la ZH. Le nombre de caractères observés correspond au nombre de points qu'il faut comptabiliser pour cette question.

- Débris de ligneux dans la ZH (> 10 cm de diamètre et 1,80 m de long) ;
- Arbres morts (diamètre au pied > 10 cm) ;
- Des undercut berges sont présentes sur au moins 2m et/ou une végétation surplombant la rivière (ou le fossé) d'au moins 1m dans, ou contiguë à la ZH sur au moins 10m ;
- Des berges raides et stables constituées de matériel fin pouvant être utilisé par les castors ou les rats musqués comme tanière (pente >30°) OU signes d'une récente activité des castors (arbustes coupés ou arbres qui n'ont pas encore virés gris/brun) ;
- Au moins 0,1 ha de végétation persistante et effilée ou de branches d'arbres sont présents dans la zone inondée en saisonnièrement ou en permanence (structure pour pontes des amphibiens) ;
- Les plantes invasives couvrent moins de 25% de la surface de la ZH pour chaque strate végétale.

**TOTAL H1** : additionnez les scores obtenus aux questions H1.1, H1.2, H1.3, H1.4 et H1.5

**H2. LA ZH A-T-ELLE L'OPPORTUNITE DE SERVIR D'HABITAT A CERTAINES ESPECES ?**

**H2. La ZH a-t-elle l'opportunité de servir d'habitat à certaines espèces ?**

*H2.1. zone tampon(ZT)*

Choisissez la description qui correspond le mieux aux conditions dans lesquelles se situe la ZH. Le critère qui donne le score le plus élevé est à prendre en compte dans l'évaluation.

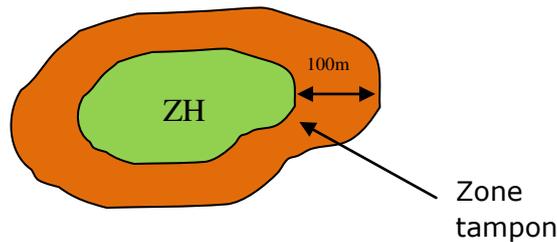
Les caractéristiques observées dans la zone tampon jouent un rôle sur la capacité qu'a la ZH à fournir des habitats pour une large variété d'espèces dépendant ou associées à la ZH.

Notion de « relativement perturbé » :

1. Les ZT dominées par les espèces invasives ne sont pas considérées comme perturbées sauf en cas de présence d'autre perturbation. En effet, les invasives peuvent être le résultat d'une perturbation passée qui a disparu aujourd'hui.
2. Les zones connectées qui n'ont pas subies de perturbations depuis au moins 5 ans peuvent être considérées comme relativement non perturbées. Les plantations de peupliers hybrides de plus de 5 ans sont incluses dans cette définition.
3. Les ZT régulièrement fréquentées par des animaux domestiques, doivent être considérées comme perturbées. Les chiens et autres animaux de compagnie peuvent causer un stress parmi la faune de la ZH.

L'appréciation du niveau de perturbation de la zone tampon peut varier en fonction de l'opérateur qui réalise l'opération. L'appréciation de la ZT doit être justifiée par une note qui explique le point de vue de l'opérateur et pour évaluer la ZT.

les arguments utilisés



- Zone de végétation relativement préservée, de roches, ou d'eau libre de 100 m de large (ou +), sur plus de 95% de sa circonférence ..... **pts=5**
- Zone de végétation relativement préservée, de roches, ou d'eau libre de 100 m de large (ou +), sur plus de 50% de sa circonférence..... **pts=4**
- Zone de végétation relativement préservée, de roches, ou d'eau libre de 50 m de large, sur plus de 95% de sa circonférence..... **pts=4**
- Zone de végétation relativement préservée, de roches, ou d'eau libre de 100 m de large (ou +) sur plus de 25% de sa circonférence..... **pts=3**
- Zone de végétation relativement préservée, de roches, ou d'eau libre de 50 m de large, sur plus de 50% de sa circonférence..... **pts=3**

Si le buffer n'atteint aucun des critères précédant :

- Aucune aire pavée (à l'exception de sentiers) ou immeubles à moins de 25m de la ZH sur plus de 95% de circonférence. Pâturages ou pelouses faibles à modérés sont acceptés ..... **pts=2**
- Aucune aire pavée ou immeubles à moins de 50m de la ZH sur plus de 50% de sa circonférence. Pâturages ou pelouses faibles à modérés sont acceptés..... **pts=2**
- Pâturage important..... **pts=1**
- La ZT est < à 2m de large sur plus de 95% de la circonférence..... **pts=0**

## ANNEXE 6-7 : Evaluation de la fonction « habitat »

- La zone tampon ne remplit aucun des critères précédant.....**pts=1**

### H2.2. corridors et connections

**H2.2.1** La ZH fait-elle partie d'un corridor végétal relativement préservé :

95

- d'au moins 50m de large corridor ;
  - + couvert sur au moins 30% de sa surface par des broussailles, de la forêt, de la prairie native non perturbée ;
  - + connecte l'estuaire avec d'autres ZH ou uplands d'une taille d'au moins 100 ha.
- OUI=4pts** (aller à H2.3)                      **NON=** aller à la question H2.2.2

**H2.2.2** la ZH fait-elle partie d'un corridor écologique relativement préservé et non dégradé qui est :

- Au moins large de 17,5m ;
  - + Présente au moins une couverture de 30% de broussailles, de forêt ;
  - + Connecte à un estuaire, à d'autres ZH ou à un upland non perturbé qui ont des tailles de au moins 10 ha ;
  - OU qui est une frange de lac si elle ne possède pas de corridor préservé.
- OUI=2pts** (aller à H2.3)                      **NON=**aller à la question H2.2.3

**H2.2.3** la ZH est-elle :

- comprise dans 8 km d'un ou d'un estuaire salé OU ;
  - Comprise dans 5km d'un large pré de pâture (>16 ha) ;
  - Comprise dans 1,6 km d'un lac d'une superficie supérieure à 8 ha.
- OUI=1pts**    **NON=0pts**

### H2.3 la ZH présente-t-elle des habitats prioritaires (habitats NATURA 2000 ?

- La ZH a 3 habitats prioritaire ou plus.....**4pts**
- La ZH a 2 habitats prioritaires.....**3pts**
- La ZH a 1 habitat prioritaire.....**1pts**
- La ZH ne présente aucun habitat prioritaire.....**0pts**

H2.4 paysage (choisissez la description du paysage environnant la ZH qui correspond le mieux)

- il y a au moins 3 autres ZH compris à moins de 800 m et les connections entre elles sont plutôt préservées (faible pâturage entre les ZH, quelques bateaux de plaisance : OK, MAIS la connectivité ne doit pas être interrompue par des routes, des champs ou toute autre construction).....**pts=5**
- la ZH est une frange de lac sur un lac peu perturbé et il y a 3 autres ZH de frange de lac à moins de 800 m.....**pts=5**
- Il y a au moins 3 autres ZH à moins de 800 m mais les connexions entre ces ZH sont perturbées.....**pts=3**
- La ZH est une frange de lac sur un lac avec des perturbations et il y a 3 autres ZH de frange de lac à moins de 800m.....**pts=3**
- Il y a au moins une ZH à moins de 800 m.....**pts=2**
- Il n'y a pas de ZH à moins de 800 m.....**pts=0**

**TOTAL H2 :** opportunité de jouer le rôle d'habitat (additionnez les scores des questions H2.1, H2.2, H2.3 et H2.4)


**RAPPEL SCORE H1 :**

**SCORE TOTAL – Fonction « habitat » : H1 + H2**