

ÉLIANE FUSTEC  
JEAN-CLAUDE LEFEUVRE

# FONCTIONS ET VALEURS DES ZONES HUMIDES

*Avec la collaboration de*

Geneviève Barnaud  
Hocine Bendjoudi  
Philippe Boët  
Catherine Boutin  
Jean-Paul Bravard  
Aline Cattan  
André Chesterikoff  
Marc Chevreuil  
Jean-Marcel Dorioz  
Jean-Claude Fardeau  
Bernard Frochot

Yann Laurans  
Patrick Lesueur  
Loïc Marion  
Ghislain de Marsily  
Jean-Marie Mouchel  
Guy Oberlin  
Gilles Pinay  
Patrick Point  
Jean Roché  
Michèle Trémolières  
Daniel Yon

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1 • De l'élimination à la reconquête des zones humides</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Sacralisées ou diabolisées, les zones humides ont une histoire tourmentée</b>	<b>2</b>
1.1.1 Les zones humides, berceaux des anciennes cultures	2
1.1.2 Les raisons profondes d'une condamnation sans appel	3
<b>1.2 Des causes multiples de détérioration</b>	<b>6</b>
1.2.1 En France, une succession d'étapes décisives	6
1.2.2 Une tendance générale à la disparition des zones humides	8
<b>1.3 Une volte-face récente</b>	<b>10</b>
1.3.1 Les réactions des protecteurs et scientifiques	11
1.3.2 Les enjeux actuels	15
<b>2 • Les fonctions des zones humides : des acquis et des lacunes</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Caractéristiques des zones humides</b>	<b>18</b>
2.1.1 Importance des conditions hydrologiques	19
2.1.2 Contrôle de l'hydrologie par les organismes	20
2.1.3 Milieux singuliers et multiples, variables et temporaires	21
<b>2.2 Les différentes fonctions des zones humides</b>	<b>24</b>
2.2.1 La notion de fonction	24
2.2.2 Identification et qualification des fonctions	25
<b>2.3 L'évaluation des fonctions</b>	<b>29</b>
2.3.1 Les objectifs	30
2.3.2 Différentes démarches	31
<b>2.4 Conclusions</b>	<b>38</b>
<b>3 • Identifier et caractériser les zones humides : une variété de points de vue</b>	<b>39</b>
<b>3.1 De la mare au delta, des caractéristiques communes ou divergentes ?</b>	<b>39</b>
3.1.1 Identité de ces objets aux frontières floues	40
3.1.2 Des définitions circonstanciées et opportunes ?	42
3.1.3 Un exercice piégé, la détermination scientifico-juridique des zones humides	46
<b>3.2 Des tentatives de rationalisation : typologies, classifications</b>	<b>48</b>
3.2.1 La classification la plus sophistiquée	48
3.2.2 La classification la plus ambitieuse	52
3.2.3 La typologie voulue la plus opérationnelle en terme de planification	52
<b>3.3 Les logiques actuelles des systèmes de caractérisation</b>	<b>53</b>
<b>3.4 Les perspectives</b>	<b>57</b>

<b>4 *</b>	<b>Le fonctionnement hydrologique des zones humides</b>	<b>61</b>
4.1	Introduction	61
4.2	L'eau au sein de la zone humide	63
4.2.1	Les eaux souterraines	63
4.2.2	Les eaux de surface	65
4.3	Les échanges avec le milieu environnant	67
4.3.1	Quelques fonctionnements caractéristiques	67
4.3.2	Le bilan hydrologique	70
4.3.3	Caractérisation des zones humides	76
4.4	Le rôle des zones humides dans la recharge des nappes et leur drainage	78
4.5	L'aménagement des zones humides	80
4.6	Conclusion	80
<b>5 *</b>	<b>Le contrôle des crues</b>	<b>83</b>
5.1	Fonctions recherchées en contrôle des crues dans un bassin versant et principaux déterminants	83
5.2	Fonctionnement hydraulique des zones humides en période de crues	85
5.2.1	Origines hydrologiques des entrées et estimations	85
5.2.2	Comportement hydraulique de la zone humide en période de crue	92
5.2.3	Modalités des écoulements de sortie et contrôles possibles	93
5.3	Estimation des effets de ce fonctionnement sur le régime hydrologique en aval de la zone humide	95
5.3.1	Effets aval, recherchés ou non, de ce laminage des crues en amont	95
5.3.2	Effets induits en étiages et en apports cumulés	96
5.4	Les liens avec les autres fonctionnalités : contraintes et avantages à prendre en compte pour l'aval	98
5.4.1	Habitats pour les biocénoses	98
5.4.2	Qualité des eaux	98
5.4.3	Équilibre sédimentaire	99
5.5	Aspects cartographiques : affichage des connaissances pour une meilleure gestion	100
5.5.1	Qualification des emprises variables des zones humides en période de crues (aléas)	100
5.5.2	Représentation des besoins des milieux de la zone humide et de l'aval (vulnérabilité)	101
5.5.3	L'équité des taux de satisfaction comme clé d'un contrôle des crues raisonné	103
5.6	Conclusion : conditions d'un fonctionnement durable du laminage des zones humides pour la modération du régime des crues en aval	104
<b>6 *</b>	<b>La dynamique des flux, la rétention et le renouvellement des sédiments</b>	<b>107</b>
6.1	Les zones humides de dépressions	107
6.2	Les plaines alluviales	110
6.2.1	Principes généraux du transport et du dépôt des sédiments dans les systèmes fluviaux	110
6.2.2	Mesure de la vitesse de sédimentation à la surface des lits majeurs	112
6.2.3	La rétention des sédiments dans le <i>continuum</i> fluvial	115

<b>6.3</b>	<b>Deltas et estuaires</b>	<b>117</b>
6.3.1	Les deltas	118
6.3.2	Les estuaires	120
<b>6.4</b>	<b>L'altération des conditions de la sédimentation par les aménagements</b>	<b>126</b>
<b>7 *</b>	<b>La rétention et l'élimination de l'azote</b>	<b>129</b>
<b>7.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>129</b>
<b>7.2</b>	<b>Le transfert de l'azote dans les bassins versants</b>	<b>130</b>
<b>7.3</b>	<b>Le cycle de l'azote dans les zones humides</b>	<b>133</b>
<b>7.4</b>	<b>Les processus impliqués dans la rétention et l'élimination de l'azote</b>	<b>134</b>
<b>7.5</b>	<b>Variations spatio-temporelles des capacités de régulation</b>	<b>137</b>
<b>7.6</b>	<b>Quels sont les enjeux en termes de recherche et d'application ?</b>	<b>141</b>
<b>7.7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>142</b>
<b>8 *</b>	<b>La dynamique du phosphore dans les zones humides</b>	<b>143</b>
<b>8.1</b>	<b>Le phosphore ou la complexité des problématiques environnementales</b>	<b>143</b>
8.1.1	Élément vital mais devenu gênant	143
8.1.2	L'origine des excès de phosphore	144
8.1.3	Les conditions de nutrition phosphatée des végétaux	145
8.1.4	Les formes du phosphore	146
<b>8.2</b>	<b>Le destin du phosphore dans les zones humides</b>	<b>147</b>
8.2.1	Les zones humides : « puits » ou « sources » de phosphore ?	148
8.2.2	Le phosphore dans les zones humides quasi fermées	149
8.2.3	Les transferts du phosphore dans des zones humides ouvertes	152
<b>8.3</b>	<b>Quelques zones humides artificielles</b>	<b>156</b>
8.3.1	Les rizières inondées : des zones humides presque fermées, créées par et pour la production agricole	156
8.3.2	Les bassins de décantation des eaux usées ou des lisiers : des zones fermées créées pour dépolluer	157
8.3.3	Les bandes enherbées : des zones humides ouvertes créées pour « dépolluer »	157
<b>8.4</b>	<b>Des constats à l'action</b>	<b>158</b>
<b>9 *</b>	<b>La rétention et le devenir des micropolluants</b>	<b>161</b>
<b>9.1</b>	<b>La dynamique des éléments en traces potentiellement toxiques</b>	<b>161</b>
9.1.1	L'origine des ETPT	162
9.1.2	Les processus qui affectent les ETPT	162
9.1.3	Le piégeage des ETPT dans les zones humides	163
9.1.4	Le devenir des ETPT retenus dans les zones humides	168
<b>9.2</b>	<b>La dynamique des micropolluants organiques</b>	<b>174</b>
9.2.1	Les apports de micropolluants organiques dans les zones humides	174
9.2.2	Le devenir des micropolluants organiques	176
<b>9.3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>181</b>

<b>10 • Structure des habitats et biodiversité</b>	<b>183</b>
<b>10.1 Des conditions propices à une diversité biologique élevée</b>	<b>183</b>
10.1.1 Les conditions induites par une situation d'interface entre terre et eau	183
10.1.2 Réponse des plantes à des conditions hydriques variables	184
<b>10.2 La répartition de la végétation</b>	<b>187</b>
10.2.1 Répartition zonale	187
10.2.2 Les perturbations de l'ordonnement zonal	189
<b>10.3 Le cas particulier des zones ripariennes</b>	<b>195</b>
10.3.1 Le poids des activités humaines	195
10.3.2 Variété des habitats et diversité des groupements végétaux	198
10.3.3 Importance de la dynamique fluviale et des perturbations de nature hydrologique	199
10.3.4 Variation longitudinale de la diversité biologique	201
<b>10.4 Habitats diversifiés pour de nombreuses espèces animales</b>	<b>205</b>
<b>11 • La production végétale des zones humides</b>	<b>211</b>
<b>11.1 Une production primaire variable dans le temps et l'espace</b>	<b>211</b>
11.1.1 Évaluation de la production primaire : un problème de méthodes	213
11.1.2 Une production primaire souvent sous-estimée	216
11.1.3 La production primaire hypogée, un problème encore mal résolu	218
11.1.4 Une production primaire évoluant dans l'espace et le temps	221
11.1.5 Une production primaire insuffisamment référencée aux données environnementales	224
11.1.6 La nécessaire prise en compte de l'équilibre entre production phytoplanctonique et macrophytique dans les eaux stagnantes	227
11.1.7 Diversité des zones humides, diversité de production primaire	228
11.1.8 Importance de la production primaire pour les écosystèmes aquatiques	232
<b>11.2 La production primaire des marais : une ressource exploitée</b>	<b>233</b>
11.2.1 Plantes cultivées des marais	234
11.2.2 Les roseaux, de la cueillette au ramassage industriel	234
11.2.3 Autres espèces végétales intéressantes	238
11.2.4 Pâturage et production de foin et de litière	239
11.2.5 Production primaire et épuration des eaux usées par voies naturelles	242
<b>12 • Fonctions des zones humides pour les poissons</b>	<b>245</b>
<b>12.1 Zones humides et besoins biologiques des poissons</b>	<b>246</b>
12.1.1 Lieux de reproduction et nurseries	247
12.1.2 Lieux d'alimentation	248
12.1.3 Lieux de protection et de repos	249
<b>12.2 Socle de la diversité piscicole des hydrosystèmes</b>	<b>250</b>
12.2.1 Organisation naturelle	252
12.2.2 Effets des aménagements	254
12.2.3 Quelques cas particuliers d'aménagements utiles	255
<b>12.3 Enjeu pour un développement durable</b>	<b>258</b>

<b>13 • Les fonctions des zones humides pour les oiseaux</b>	<b>261</b>
13.1 Zones humides et traits biologiques des oiseaux	261
13.2 Place des zones humides dans le cycle biologique des oiseaux	263
13.2.1 Des milieux de reproduction	263
13.2.2 Des zones de mue	268
13.2.3 Des lieux de migration	268
13.2.4 Des lieux d'hivernage	270
13.2.5 Des zones refuge	273
13.3 Intérêt et valeur des oiseaux des zones humides	274
13.3.1 Intérêt des oiseaux d'eau comme indicateurs	274
13.3.2 Les oiseaux d'eau au service de la conservation des zones humides	275
<b>14 • La valeur récréative et culturelle des zones humides</b>	<b>277</b>
14.1 Une perception sociale ancienne, des espaces vécus	277
14.1.1 Espaces de relégation	277
14.1.2 Espaces multifonctionnels	279
14.1.3 Espaces maîtrisés	279
14.1.4 Espaces familiaux	280
14.1.5 Objets désignés et décrits	281
14.2 Une valeur éducative au service de la citoyenneté	282
14.2.1 Lieux privilégiés de l'éducation à l'environnement : les espaces protégés	282
14.2.2 Des outils très divers pour des cibles nombreuses	283
14.3 Une reconnaissance sociale en construction	290
14.3.1 Des usages multiples et une pression croissante	290
14.3.2 Des traductions économiques	292
14.3.3 Des conflits d'usage à réguler	292
<b>15 • Les évaluations économiques des services rendus par les zones humides</b>	<b>295</b>
15.1 Reconnaître les zones humides comme un capital naturel générateur de services	295
15.2 Identifier les formes de valeur associées aux services délivrés par les zones humides	297
15.3 Rendre visible la valeur économique des services livrés	298
15.4 Portée et limites des évaluations monétaires	299
15.5 Une mise en œuvre qui gagne du terrain	300
15.6 Comment évaluer ? L'exemple de la valeur d'épuration	301
15.6.1 Construction des fonctions de coût	303
15.6.2 Principes d'évaluation économique de la prise en charge des effluents par les hydrosystèmes	303
15.7 Des obstacles qui restent à franchir	305
15.7.1 Le transfert des valeurs	305
15.7.2 La détermination du nombre de personnes concernées à un moment donné	306
15.7.3 Valeur brute, valeur nette et partage des usages	306
15.7.4 Évolution temporelle de la valeur attribuée à une fonctionnalité	308
15.7.5 Évolution conjointe de l'impact et du coût d'opportunité	308
15.8 Conclusion	309

<b>16 * Une économie au service du débat : l'évaluation économique des services rendus par les zones humides</b>	<b>311</b>
<b>16.1 L'évaluation économique : un instrument de débat plutôt qu'un instrument de correction optique</b>	<b>311</b>
16.1.1 La dégradation constatée des zones humides est le résultat de stratégies conscientes, mais conflictuelles par nature, plus que d'une bonne volonté mal gouvernée	311
16.1.2 Pour une pratique de l'économie en phase avec le contexte contradictoire de la politique des zones humides	313
<b>16.2 Évaluer des services rendus : méthodologie</b>	<b>315</b>
16.2.1 Une démarche complémentaire d'autres approches	315
16.2.2 Trois angles d'approche de la valeur du service rendu	317
<b>16.3 Un exemple d'évaluation sur la Bassée, une vallée stratégique pour les Franciliens</b>	<b>318</b>
16.3.1 Un premier service rendu par la Bassée : la protection de la ressource en eau	321
16.3.2 Un deuxième service rendu par la Bassée : la protection contre les inondations	322
<b>16.4 Discussion : portée, limites et perspectives de l'évaluation économique des services rendus</b>	<b>326</b>
16.4.1 Quelques précautions à prendre : la dynamique complexe des fonctionnalités des zones humides et des services rendus à la société	326
16.4.2 Les acquis et les promesses de l'évaluation économique des services rendus	328
<b>17 * Du sauvetage d'espèces et de milieux prestigieux à la restauration de fonctions et de valeurs</b>	<b>329</b>
<b>17.1 La mise en défens du « patrimoine naturel »</b>	<b>329</b>
17.1.1 Sauver les espèces et leurs habitats	330
17.1.2 Préserver les monuments naturels, les écosystèmes, les sites et les paysages	331
17.1.3 Un bilan nuancé de l'application des mesures traditionnelles	333
<b>17.2 La manipulation et la création de zones humides</b>	<b>336</b>
17.2.1 Les protecteurs devenus gestionnaires	337
17.2.2 Du maintien de la valeur écologique à sa reconquête	338
17.2.3 Le remplacement d'une zone humide : utopie ou réalité ?	340
<b>17.3 Un modèle d'expérimentation et d'innovation de stratégies de conservation ?</b>	<b>341</b>
17.3.1 La notion d'utilisation rationnelle des zones humides	342
17.3.2 La dimension transfrontalière et la mise en réseau à des échelles pertinentes	343
<b>17.4 L'intégration dans la planification</b>	<b>344</b>
17.4.1 La conception de plans nationaux pour les zones humides	344
17.4.2 La notion d'infrastructure naturelle	347
<b>17.5 Conclusion</b>	<b>348</b>
<b>18 * Les zones humides artificielles pour l'épuration</b>	<b>351</b>
<b>18.1 Le contexte : histoire et motivations</b>	<b>351</b>
<b>18.2 Les processus mis en jeu pour l'épuration des eaux dans une zone humide artificielle</b>	<b>355</b>
18.2.1 Rôle des végétaux dans les zones humides conçues pour le traitement des eaux	356
18.2.2 Autres voies d'élimination de la pollution	360

<b>18.3 Dimensionnement et performances</b>	<b>362</b>
18.3.1 Les lagunages à macrophytes en traitement d'eaux usées domestiques	<b>362</b>
18.3.2 Les filtres à écoulement horizontal en traitement d'eaux usées domestiques	<b>363</b>
18.3.3 Les filtres à écoulement vertical en traitement d'eaux usées domestiques	<b>365</b>
18.3.4 Éléments de synthèse sur l'application des zones humides artificielles pour traiter les eaux résiduaires domestiques et urbaines	<b>367</b>
<b>18.4 Des zones humides à usages multiples ?</b>	<b>370</b>
<b>19 * Concertation, recherche et action : des clés pour l'avenir</b>	<b>373</b>
<b>Références</b>	<b>381</b>
<b>Index</b>	<b>423</b>