



Effets de la dépoldérisation des marais maritimes sur les peuplements piscicoles

Synthèse bibliographique

Juin 2011

Jérémy DON

Unité Écosystèmes Estuariens et Poissons
Migrateurs Amphihalins - Cemagref de Bordeaux

50, avenue de Verdun - Gazinet
33612 CESTAS cedex

SOMMAIRE

1	Introduction : de la poldérisation à la dépoldérisation	3
2	La dépoldérisation : Où et quand ?	5
3	Les différents types de dépoldérisation : Comment ?	7
4	Les gains biologiques de la dépoldérisation	7
4.1	La végétation des marais maritimes	10
4.1.1	Conditions de mise en place et structuration le long de l'estran.....	10
4.1.2	Le retour de la végétation suite à la dépoldérisation	10
4.1.3	Les bénéfices apportés par le retour de la végétation.....	11
4.2	Le rôle des marais maritimes vis-à-vis des peuplements piscicoles.....	12
4.2.1	Richesse spécifique.....	12
4.2.2	Fonction trophique et fonction de nourricerie	13
4.2.3	Export de matière organique	13
4.2.4	Les conséquences de la poldérisation.....	13
4.3	Les gains biologiques de la dépoldérisation sur le plan piscicole.....	14
4.3.1	Richesse spécifique et abondance	14
4.3.2	Le retour de la fonction trophique	15
4.3.3	Le retour de la fonction de nourricerie	17
4.4	Les bénéfices apportés à la faune benthique	18
4.5	Les gains biologiques au plan avicole	18
5	Épuration et décontamination	19
6	La dépoldérisation comme moyen de protection contre la montée du niveau de la mer	20
7	Les nouvelles activités économiques.....	20
8	Conclusion	21
9	Bibliographie	22

1 Introduction : de la poldérisation à la dépoldérisation

Depuis plus d'un millénaire, l'homme essaie d'acquérir de nouvelles terres (polder) par endiguement des marais maritimes. Généralement de nature agricole (WOLTERS *et al.*, 2005), l'ampleur des poldérisations tient également à la nécessité de se défendre contre les submersions marines (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a). Depuis le siècle dernier, elles profitent davantage à l'urbanisation et à l'industrie et, depuis quelques décennies, à des activités touristiques et récréatives (GOELDNER-GIANELLA, 1999). En Europe, on estime avec prudence, à 1,5 millions d'hectares la surface de marais poldérisés (BARON-YELLES & GOELDNER-GIANELLA, 2001 *in* BAWEDIN, 2004 a) contre 168 000 ha aux États-Unis (COLCLOUGH *et al.*, 2003). Les plus grandes surfaces conquises en Europe se trouvent aux Pays-Bas et en Allemagne (600 000 ha dans chaque pays), en France (140 000 ha) et au Royaume-Uni (près de 100 000 ha) (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a).

L'abandon des polders est lié à l'évolution récente de la politique agricole européenne (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a). Ayant abouti à une surproduction agricole, la politique agricole commune, a décrété le gel d'un certain nombre de terres (VERGER, 2004). Il s'agit désormais d'augmenter les rendements agricoles plutôt que de gagner en surface.

Les marais maritimes sont constitués d'une vasière intertidale (slikke) et de prés salés (schorre). Le terme « marais salé » est communément utilisé dans la littérature scientifique mais sa délimitation spatiale varie selon les auteurs. Il ne sera donc pas utilisé ici. Les marais sont des milieux à la flore et à la faune très riches et très diversifiées. De nombreuses fonctions écologiques leur sont également attribuées (ANRAS *et al.*, 2004) :

- **Fonctions biologiques**
 - Réservoir de biodiversité
 - Fonction d'alimentation
 - Fonction de reproduction
 - Fonction d'abri, de refuge et de repos

- **Fonctions biogéochimiques**
 - o Filtre épurateur
 - Filtre physique (dépôt de sédiments et piégeages d'éléments toxiques)
 - Filtre biologique (dégradation bio-physico-chimiques)
- **Fonctions hydrologiques**
 - o Régulation des régimes hydrauliques (absorption momentanée d'excès et restitution progressive lors des périodes de sécheresse)
- **Fonctions climatiques (régulation des microclimats)**

Cependant, toutes ces fonctions ne sont pas forcément remplies par les marais endigués (ANRAS *et al.*, 2004). Les endiguements consécutifs ont entraîné des perturbations au sein de leurs structures et de leurs fonctions écologiques.

Les schorres permettent d'atténuer progressivement l'énergie des vagues et de réduire leur hauteur (GOELDNER-GIANELLA, 1999). Ils constituent de ce fait un moyen de défense efficace contre l'élévation du niveau de la mer.

Dans le contexte de déprise agricole (coût de l'entretien des digues supérieur à la rentabilité des activités) et face aux enjeux environnementaux actuels (élévation du niveau de la mer, baisse de la biodiversité, ...), la restauration (renaturalisation) des marais présente un fort intérêt. Les projets de restauration ont pour but de rétablir leurs fonctions écologiques perdues ou altérées (par l'endiguement par exemple) (GRAY *et al.*, 2002). Ils se présentent sous différentes formes, notamment sous celle de la « **dépoldérisation** » (désendiguement). La dépoldérisation consiste en une réouverture à la mer d'espaces gagnés sur celle-ci à des fins le plus souvent agricoles (BAWEDIN, 2007). En règle générale, les dépoldérisations concernent des terres agricoles en déprise et ont pour objectif de recréer l'écosystème détruit par l'endiguement antérieur, qui avait entraîné un assèchement et une désalinisation du milieu (MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005). Si elle s'opère généralement à des fins écologiques, la dépoldérisation constitue aussi une nouvelle forme de protection côtière car elle est favorable à la recréation d'un schorre.

2 La dépoldérisation : Où et quand ?

La dépoldérisation consiste en une reconquête de la nature sur des espaces façonnés par l'homme, par recréation de marais maritimes (BARON-YELLES & GOELDNER-GIANELLA, 2001, *in* BAWEDIN & HOEBLICH, 2006). C'est au cours des années 80 qu'elle trouve ses premiers exemples d'application en Allemagne, suivie des Pays-Bas et de l'Angleterre (BAWEDIN, 2004 a ; BAWEDIN, 2004 b). En France, il existe également plusieurs cas de réouverture de polders à la mer : le polder du Mollonel en Baie de Somme (80), le polder du Carmel en Baie de Veys (50), le polder de Sébastopol à Noirmoutier (85), le polder de Mortagne-sur-Gironde (17) et le polder de Graveyron dans le bassin d'Arcachon (33) (cf. fig. 1).

Soixante dix pour cent des marais maritimes endigués du Nord-Ouest de l'Europe sont toujours exploités, mais leur abandon augmente rapidement (BAKKER *et al.*, 1997 *in* BAKKER *et al.*, 2002). Les dépoldérisations pratiquées en Europe du Nord-Ouest ne sont pas nombreuses et seuls deux tiers d'entre elles sont achevées (GOELDNER-GIANELLA & IMBERT, 2005). Ce phénomène a surtout pris une grande ampleur au Royaume-Uni puisque l'on compte actuellement, sur les seules côtes britanniques, une quinzaine de dépoldérisations, soit autant que sur les côtes européennes (GOELDNER-GIANELLA, 2004). En Europe, elles ne représentent encore qu'un caractère limité puisqu'elles ne concernent que moins de 1% des terres initialement conquises par la mer. La taille moyenne des surfaces dépoldérisées en Europe atteint une centaine d'hectares environ, mais celle-ci varie fortement d'un pays à l'autre (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a).

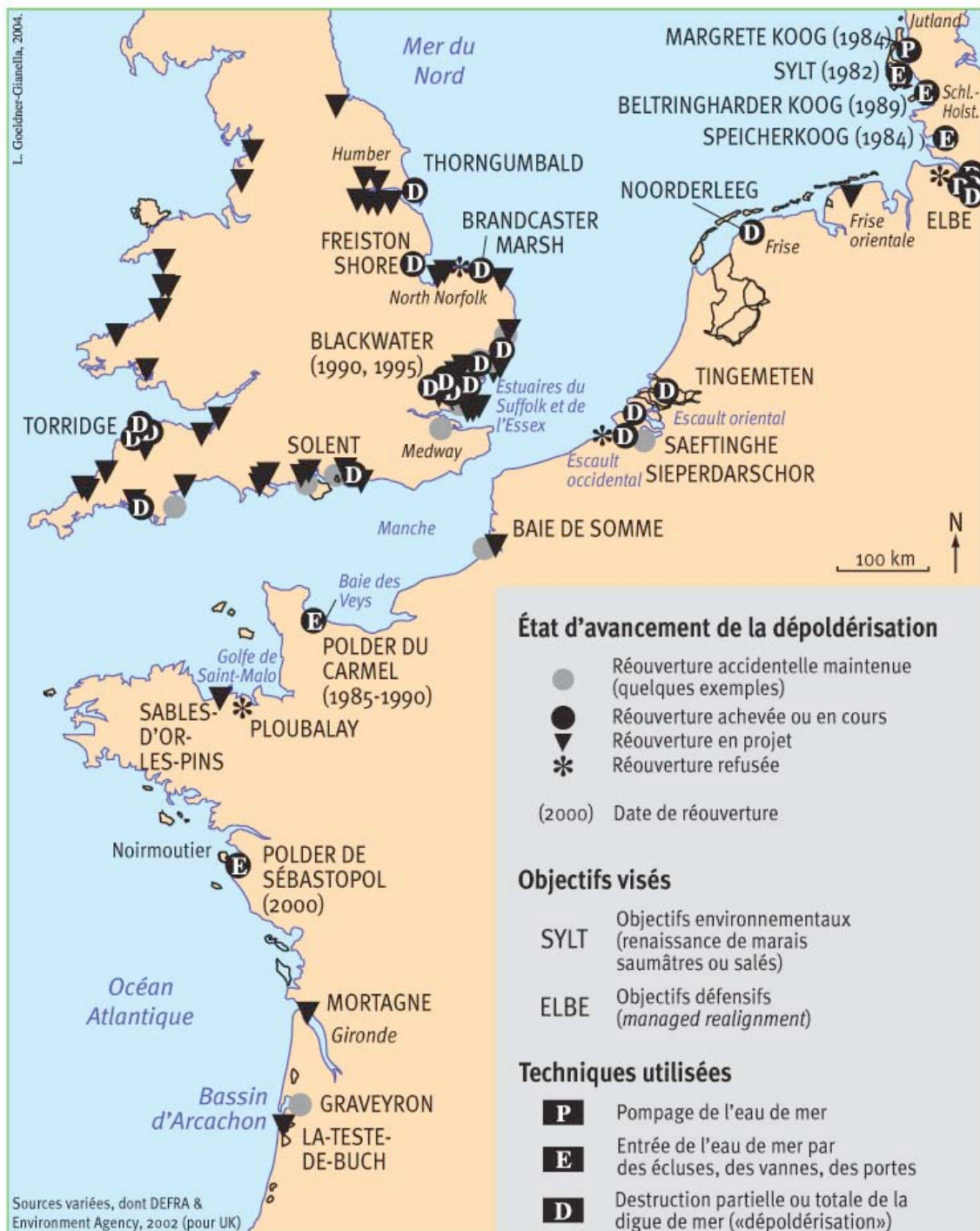


Figure 1. Les réouvertures sur la mer des polders agricoles dans le Nord-Ouest de l'Europe (GOELDNER-GIANELLA & IMBERT, 2005).

Des projets de restauration ont également vu le jour aux États-Unis comme par exemple dans le Connecticut (SWAMY *et al.*, 2002 ; WARREN *et al.*, 2002), en Caroline du Nord à Delaware Bay (ABLE *et al.*, 2008 ; ABLE *et al.*, 2000 ; BALLETTTO *et al.*, 2005 ; JIVOFF & ABLE, 2003; WEINSTEIN *et al.*, 2001), en Louisiane (ROZAS & MINELLO, 2001), au Texas (MINELLO & WEBB JR, 1997;

MINELLO & ZIMMERMAN, 1992), en Californie (MADON, 2007 ; PWA, 2003 ; RITTER *et al.*, 2008 ; SIMENSTAD *et al.*, 2000) et dans l'Oregon (GRAY *et al.*, 2002).

3 Les différents types de dépoldérisation : Comment ?

Dépoldériser en bordure d'un estuaire qui se comble n'est pas la même chose que dépoldériser le long d'un rivage confronté à l'assaut des houles (BAWEDIN, 2004 b). Le mode de dépoldérisation est variable selon les cas et en fonction des objectifs visés (environnementaux, défensifs, ...).

Les dépoldérisations se présentent sous différentes formes, le retour de la mer pouvant être plus ou moins marqué. On entend par dépoldérisation trois types très différents de retour à la mer (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a) :

- **Installation de tuyaux, écluses ou vannes** (p. ex. Noirmoutier avec le polder de Sébastopol). L'entrée des eaux marines est alors limitée et régulée dans son ampleur et sa durée ;
- **Création d'une ou plusieurs brèches dans la digue de mer** (p. ex. : Graveyron dans le bassin d'Arcachon). Elles se produisent souvent accidentellement dans les digues non entretenues ;
- **Retrait de la digue** (p. ex. Brandcaster en Angleterre). Ce phénomène reste beaucoup plus rare.

4 Les gains biologiques de la dépoldérisation

Malgré les premiers exemples d'application, les connaissances sur le phénomène de dépoldérisation demeurent encore assez peu nombreuses (CURRIN *et al.*, 2008 ; FRENCH, 2001 *in* GOELDNER-GIANELLA & IMBERT, 2005 ; MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005). Nous chercherons cependant à

fournir des éléments pour un chiffrage des gains biologiques sur le plan piscicole, apportés par la reconnexion des milieux. Pour cela, nous synthétiserons les données existantes issues des expériences menées dans des contextes similaires. Étant donné les caractéristiques propres à chaque marais, ces expériences demeurent difficilement comparables. Elles nous permettront cependant de connaître la tendance des gains piscicoles apportés par la dépoldérisation.

La recherche a été élargie au phénomène de restauration plutôt que de n'être limitée qu'à celui de la dépoldérisation. Ce sujet s'appuie sur des expériences menées en Europe et aux États-Unis (cf. Tableau 1). La composition floristique des marais maritimes américains et sa disposition le long de l'estran varient de celles des marais maritimes européens (THORIN & LEFEUVRE, 2001). C'est également le cas pour la structure de leurs peuplements piscicoles (LAFAILLE, 2000). Cependant aucune distinction n'a été faite ici.

Tableau 1. Liste des références bibliographiques concernant différents projets de restauration ou de dépoldérisation en Europe et aux États-Unis.

	ÉCOSSE	ANGLETERRE	PAYS-BAS	FRANCE	ÉTATS-UNIS	DIVERS
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	Forth Estuary: MC LUSKY <i>et al.</i> , 1992	Estuaire de l'Humber: PEREZ-DOMINGUEZ, 2008	BAKKER <i>et al.</i> , 2002 ; HAMPEL <i>et al.</i> , 2003 (Escault Occidental)	Les Bas-champs de Cayeux (Somme) : BAWEDIN, 2004 b ; BAWEDIN & HOEBLICH, 2006 ; BAWEDIN, 2004 c	Connecticut : SWAMY <i>et al.</i> , 2002 ; WARREN <i>et al.</i> , 2002	BROOKE, 1992 ; FRENCH, 2006 ; GOODWIN & WILLIAM, 1992 ; SIMENSTAD & THOM, 1996 ; WILLIAMS & FABER, 2001 ; VACA DULCICH, 2008 ; WOLTERS <i>et al.</i> , 2005
		Freiston Shore (Lincolnshire): BAWEDIN, 2004 a ; BAWEDIN, 2004 b ; JAMES & BADLEY, 2004 ; GOELDNER-GIANELLA, 1999 ; GOELDNER-GIANELLA, 2007 b ; BROWN <i>et al.</i> , 2007		Baie de Veys (Normandie) : BAWEDIN, 2004 a ; VERGER, 2004	Delaware Bay (Caroline du Nord) : ABLE <i>et al.</i> , 2000 ; ABLE <i>et al.</i> , 2008 ; BALLETTTO <i>et al.</i> , 2005 ; JIVOFF & ABLE, 2003 ; WEINSTEIN <i>et al.</i> , 2001	
		Brandcaster Westmarsh (Northfolk): GOELDNER-GIANELLA, 2007 a ; GOELDNER-GIANELLA, 2007 b		Sable d'Or les Pins (Bretagne) : GOELDNER-GIANELLA, 2004 ; GOELDNER-GIANELLA & IMBERT, 2005 ; GOELDNER-GIANELLA, 2007 b	southern Outer Banks section (Caroline du Nord) : CURRIN <i>et al.</i> , 2008	
		Tollesbury (Essex): BAWEDIN, 2004 a ; BAWEDIN 2004 b, BAWEDIN & HOEBLICH, 2006 ; DYER & DALE, 2001 ; GOELDNER-GIANELLA, 1999		Aber de Crozon (Bretagne) : BAWEDIN, 2004 a ; YONI <i>et al.</i> , 1999	Onslow Beach & Hobucken (Caroline du Nord) : ANDERSON & KIRBY SMITH, 1992	
		Wallasea Island: DIXON <i>et al.</i> , 2008		Noirmoutier (Vendée) : GOELDNER-GIANELLA, 2007 a ; GOELDNER-GIANELLA, 2007 b	Southwest Louisiana : ROZAS & MINELLO, 2001	
		Blacwater estuary (Essex) : COCLOUGH <i>et al.</i> , 2005		Estuaire de la Gironde (Gironde et Charente-Maritime) : FORUM DES MARAIS ATLANTIQUE, 2004 ; JAWORSKI, 2005 ; ROYANT, 2001 ; VERGER, 2004	Galveston Bay (Texas) : MINELLO & WEBB, 1997	
		Thames Estuary (Essex) : COLCLOUGH <i>et al.</i> , 2005 ; COLCLOUGH <i>et al.</i> , 2003		Graveyron (Aquitaine) : ANSELME <i>et al.</i> , 2008 ; GOELDNER-GIANELLA, 2004 ; MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005 ; GOELDNER-GIANELLA, 2007 a ; GOELDNER-GIANELLA, 2007 b ;	Golfe du Mexique (Texas) : MINELLO & ZIMMERMAN, 1992	
					San Diego County (Californie): MADON, 2007	
					Elkhorn Slough (Californie) : RITTER <i>et al.</i> , 2008	
					Sonoma Baylands (Californie) : PWA, 2003	
				Sacramento/San Joaquin Delta (Californie) : SIMENSTAD <i>et al.</i> , 2000		
				Salmon Estuary River (Oregon) : GRAY <i>et al.</i> , 2002		

4.1 La végétation des marais maritimes

4.1.1 Conditions de mise en place et structuration le long de l'estran

La végétation des marais maritimes provient du colmatage progressif du fond de baie (ou d'estuaire), là où les sédiments fins se déposent à l'abri de la houle et des courants. Un faible dénivelé, un faible hydrodynamisme et un apport suffisant en sédiments favorisent la mise en place de la végétation (DIJKEMA, 1987 *in* BAKKER *et al.*, 2002). La partie la plus élevée du marais se couvre alors d'une végétation halophile adaptée à l'immersion périodique par la marée.

Les communautés sont réparties selon une zonation claire et déterminée par la fréquence et la durée des inondations, la salinité des apports en eau et l'évolution géomorphologique du site (LEFEUVRE, 2002). Parmi cette végétation, il se crée un réseau de chenaux permettant le ressuyage d'une partie des eaux du marais. Une importante quantité de microphytobenthos (p. ex. diatomées) se trouve dans la zone intertidale, notamment à l'intérieur de ces chenaux.

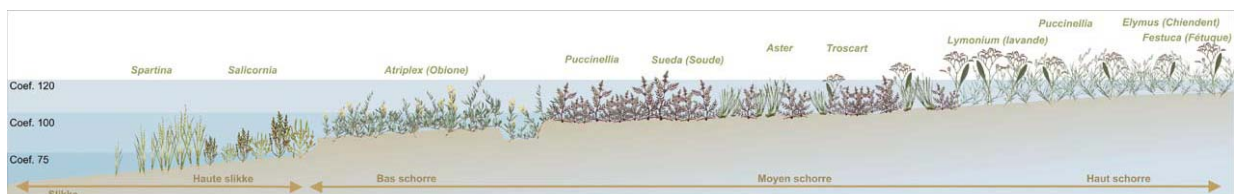


Figure 2. Profil et étagement de la végétation des marais maritimes (ANRAS & MIOSSEC, 2006).

4.1.2 Le retour de la végétation suite à la dépoldérisation

La dépoldérisation favorise le retour d'une végétation halophile et les espèces autrefois présentes réapparaissent (BAWEDIN, 2004 b). La réapparition des premiers végétaux (végétation pionnière) se déroule au printemps et peut parfois survenir au cours du premier printemps qui suit la dépoldérisation si le sol a été inondé suffisamment de fois par la marée pour lui avoir conféré les propriétés physico-chimiques adéquates (COLCLOUGH *et al.*, 2005). L'alternance des marées permet l'élimination de plantes invasives (ex. : *Baccharis halimifolia* dans le bassin

d'Arcachon) (MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005). La recolonisation totale par les végétaux peut prendre de quelques années à quelques décennies.

HEMINGWAY *et al.* (2008) relèvent la présence de 23 espèces de plantes typiques des marais maritimes, présentes à l'intérieur du marais dépoldérisé de Paull Holme Strays dans l'estuaire de l'Humber (Angleterre). Autant d'espèces sont relevées dans le marais témoin non endigué, un marais de référence situé à l'extérieur de la digue.

À Tollesbury dans l'estuaire du Blackwater (Angleterre), la dépoldérisation d'une surface de 21 ha a permis un gain de surface de 0,63% pour la zone intertidale et de 1,9% pour le schorre (DYER & DALE, 2001).

4.1.3 Les bénéfices apportés par le retour de la végétation

La végétation des marais représentent pour de nombreuses espèces une zone de refuge, une zone d'apport en nourriture ainsi qu'un lieu d'éclosion à marée haute (MC IVOR & ODUM, 1988 *in* COLCLOUGH *et al.*, 2005). Les schorres sont colonisés par l'ichtyofaune lors de chaque marée pénétrant dans les chenaux et, durant cette faible période, les poissons s'alimentent activement, exploitant la forte production primaire et secondaire (LAFAILLE, 2000). Ces schorres produisent de la matière organique et des nutriments qui peuvent être exportés vers les eaux marines, entrant dans le réseau trophique en aval ; c'est le concept d'*outwelling* développé par TEAL, 1962 et ODUM, 1968. La matière organique provenant de la végétation halophile est intégrée dans le réseau trophique global (THORIN & LEFEUVRE, 2001).

Sur un autre plan, des recherches menées en baie du Mont-Saint-Michel ont prouvé que la grande productivité des marais maritimes, notamment des marais à obione, très étendus dans cette baie, est à l'origine de rendements importants obtenus localement par l'ostréiculture et la mytiliculture (LEFEUVRE, 2005 *in* GOELDNER-GIANELLA, 2007 a). La présence d'un schorre est par ailleurs appréciée par l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication (E.I.D.) : en

effet, comme l'eau n'y stagne pas, les moustiques n'y déposent pas leurs œufs (MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005).

4.2 Le rôle des marais maritimes vis-à-vis des peuplements piscicoles

4.2.1 Richesse spécifique

Les marais maritimes sont colonisés par de nombreuses espèces de poissons depuis les milieux adjacents. Les chenaux et les zones végétalisées du schorre ne sont inondés et donc disponibles pour les poissons que seulement lors des marées de grande amplitude (environ 43% des marées pour les chenaux et de 5 à 10% pour la végétation tout au long de l'année en baie du Mont Saint-Michel) et durant de courtes périodes (entre une et deux heures en moyenne) (CATTRIJSSSE *et al.*, 1994 ; LEFEUVRE *et al.*, 1999 ; 2000 *in* LAFFAILLE, 2000). Dans les schorres européens, la richesse spécifique varie entre 12 et 39 espèces (LAFAILLE, 2000). Un petit nombre d'espèces domine les effectifs (gobies et mulets en Europe et *Fundulus heteroclitus* en Amérique).

Certaines espèces rencontrées (p. ex. gobies) effectuent l'intégralité de leur cycle biologique à l'intérieur même des marais. Les groupes d'espèces se succèdent en fonction des saisons (LAFAILLE *et al.*, 2000 b), mais également en fonction du mode de gestion appliqué aux marais (FEUNTEUN *et al.*, 1999 ; LAFAILLE *et al.*, 2000 a). Ces zones de transition entre le milieu marin et le milieu dulçaquicole sont également colonisées par des espèces migratrices comme l'anguille. Leur présence est généralement due au temps qui leur est nécessaire pour s'adapter aux variations des facteurs abiotiques entre le milieu salé et le milieu d'eau douce. Il n'est cependant pas rare de rencontrer des espèces, comme l'anguille notamment, colonisant les réseaux de canaux de façon plus prolongée.

4.2.2 Fonction trophique et fonction de nourricerie

La tolérance vis-à-vis des fluctuations rapides de nombreux paramètres abiotiques (salinité, température, oxygène dissous, vitesse et direction des courants de marée, ...), permet aux poissons pénétrant dans les marais de profiter de l'importante quantité de matière organique (production primaire et secondaire) produite *in situ* (fonction trophique) (LAFAILLE *et al.*, 1998; LAFAILLE *et al.*, 2002). Ils se nourrissent de débris végétaux, d'invertébrés résidents (p. ex. petits crustacés du genre *Orchestia*) et de microphytobenthos (p. ex. diatomées benthiques). L'alimentation des bars dans les schorres contribue de 45 à 95% de leur croissance et les résultats sont très similaires pour les mulets (THORIN & LEFEUVRE, 2001).

Les populations piscicoles rencontrées sont majoritairement constituées de jeunes individus. Ces derniers viennent se nourrir en colonisant les chenaux et les zones végétalisées mais ils peuvent également y trouver refuge (fonction de nourricerie). LAFAILLE (2000) a estimé que 40 à 60% de la croissance des bars du groupe 0+ peuvent être soutenus par leur alimentation au niveau du schorre.

4.2.3 Export de matière organique

Les poissons qui colonisent les chenaux participent aux échanges de matière entre les schorres et le système marin puisqu'ils prélèvent de la matière organique à marée haute dans les chenaux, puis, quittent la zone intertidale lorsque la marée descend (LAFAILLE *et al.*, 1998 *in* THORIN & LEFEUVRE, 2001). Ils participent donc à l'export de la matière organique depuis les schorres jusqu'aux milieux adjacents *via* le contenu de leur tractus digestif (expulsé sous forme de fèces) et le gain de leur biomasse corporelle.

4.2.4 Les conséquences de la poldérisation

Les endiguements consécutifs dont le but était l'assèchement et la désalinisation des sols ont entraîné de profondes modifications au sein des marais

maritimes. Les digues ne permettent plus à la masse d'eau d'inonder des surfaces qui étaient autrefois exploitées par les peuplements piscicoles (alimentation, refuge, ...). Les barrages littoraux entravent, malgré des mesures compensatoires, les déplacements des poissons anadromes ou catadromes, qui partagent leur existence entre l'eau douce et la mer (anguilles, saumons, flets, aloses, ...) (Verger 2004).

4.3 Les gains biologiques de la dépoldérisation sur le plan piscicole

La plupart des projets de restauration ont pour but de rétablir les fonctions écologiques vis-à-vis des peuplements piscicoles (ZEDLER *et al.*, 1997; WILLIAMS & ZEDLER, 1999 *in* MADON, 2007). La restauration des marais endigués au travers le retour de la marée semble avoir un impact positif sur ces peuplements (GILMORE *et al.*, 1982 ; REY *et al.*, 1990 ; CHAMBERLAIN & BARNHART, 1993 ; PECK *et al.*, 1994 *in* ROZAS & MINELLO, 2001).

4.3.1 Richesse spécifique et abondance

Un changement majeur s'opère au niveau de la richesse spécifique et de l'abondance de poissons (ABLE *et al.*, 2000). La recolonisation par les populations est un processus rapide, une fois le retour de la marée effectué (ROMAN *et al.*, 2001 ; BURDICK *et al.*, 1997 *in* SWAMY *et al.*, 2002). La richesse et l'abondance piscicoles de plusieurs marais maritimes dépoldérisés de la baie de Delaware (États-Unis) ont augmenté de manière spectaculaire durant les deux années qui ont suivi la dépoldérisation (ABLE *et al.*, 2008). Dans l'aber de Crozon (France), une étude réalisée quatre ans après la restitution du polder à la mer, tant dans sa partie aval (démantèlement de digue) que dans sa partie amont (ouverture permanente d'un clapet à marée), montre que le site a recouvré son ancienne richesse piscicole (YONI *et al.*, 1999 *in* GOELDNER-GIANELLA, 2007 a). Une vingtaine d'espèces de poissons ont en effet recolonisé la lagune de l'aber de Crozon (BAWEDIN, 2004 a).

La richesse spécifique est sous l'influence du degré d'inondation par la marée (RITTER *et al.*, 2008). Le mode de reconnexion retenu (tuyaux, écluses, vannes, brèche ou retrait de la digue) influencera donc la richesse spécifique.

La dépoldérisation du marais de Abbot Hall (estuaire du Blackwater en Angleterre) par création de 5 brèches dans la digue de protection et recréation de 80 ha de zones humides, a permis le retour de plusieurs espèces (*Chelon labrosus*, *Atherina presbyter*, *Clupea harengus*, *Platichthys flesus*, *Gasterosteus aculeatus*, *Pomatoschistus microps* et *Pomatoschistus minutus*) (COLCLOUGH *et al.*, 2005). Le retour à une situation supposée naturelle n'est pas instantané et passe par une ou plusieurs phases transitoires. En effet, il subsiste encore quelques espèces de poissons dulcicoles tolérantes vis-à-vis des intrusions marines, et ceci deux à trois années après la dépoldérisation par création de trois brèches de 50 m dans la digue du marais de Freiston Shore (Angleterre) (BROWN *et al.*, 2007).

BROWN *et al.* (2007), HEMINGWAY *et al.* (2008) et SWAMY *et al.* (2002) ont mis en évidence cette tendance que présentent la richesse spécifique et l'abondance à retourner à leur état initial, ou du moins, à s'apparenter à celles rencontrées dans les marais adjacents n'ayant pas été endigués. Cependant, l'utilisation des marais maritimes en tant qu'apports trophiques, lieu de reproduction et refuge n'est pas aussi rapide que leur recolonisation (SWAMY *et al.*, 2002).

4.3.2 Le retour de la fonction trophique

Le retour de la fonction trophique intervient après la réapparition de la végétation des parties hautes du marais (schorre) qui suit elle-même la dépoldérisation. Cette fonction réapparaît plus tardivement que le simple phénomène de recolonisation par les poissons qui est lui quasi immédiat. Selon HEMINGWAY *et al.* (2008), la fonction trophique serait réapparue après 4 ans à Paull Holmes Strays dans l'estuaire de l'Humber (Angleterre). Ce même suivi suggère qu'il n'existe aucune différence entre le nombre de poissons venant se nourrir à l'intérieur du site dépoldérisé de Paull Holmes Strays et le nombre de poissons venant se nourrir à l'intérieur du site de référence. Cependant, le nombre d'individus venant se nourrir sur un autre site dépoldérisé de Chowder Ness (plus en amont dans l'estuaire de

l'Humber) reste encore inférieur à celui du site témoin. HEMINGWAY *et al.* (2008) émettent alors l'hypothèse que la période qui a suivi la dépoldérisation de Chowder Ness est encore trop courte pour que l'on assiste à une recolonisation totale de la faune benthique, d'où ce sous effectif de l'ichtyofaune qui s'en nourrit.

Au-delà du nombre d'individus qui viennent s'alimenter, la dépoldérisation influence la consommation journalière, le régime alimentaire, et par conséquent, le taux de croissance de chaque poisson.

Selon MADON (2007) étudiant un marais dépoldérisé de San Diego County aux États-Unis, la consommation journalière de *Fundulus parvipinnis* est 2 à 5 fois plus élevée s'il colonise la zone intertidale que s'il colonise la zone subtidale. Puisque sa consommation est plus élevée s'il colonise la zone intertidale, nous pouvons supposer que la croissance de *F. parvipinnis* sera plus rapide chez un individu ayant accès aux schorres que chez un individu n'ayant accès qu'à la vasière subtidale. Dans ce cas, la recréation d'un schorre par dépoldérisation présente un intérêt tout particulier.

La consommation journalière d'*Atherinops affinis* est 2 fois plus importante lorsque le marais maritime est inondé par la marée. Nous pouvons donc supposer que plus le degré de connectivité du marais à l'océan est élevé, plus la consommation journalière des individus qui le colonisent est importante. Leur taux de croissance devrait alors être plus important lui aussi. Le régime alimentaire d'*A. affinis* peut également varier en fonction du degré de connectivité (MADON, 2007).

Le taux de croissance des individus capturés à l'intérieur des marais dépoldérisés de la baie de Delaware (États-Unis) présente des similitudes avec celui des individus capturés à l'intérieur du marais témoin (ABLE *et al.*, 2008).

La reconnexion des milieux par dépoldérisation, la recréation de nouvelles zones intertidales, notamment de schorre, et un degré de connectivité plus élevé favoriseront donc le retour de la fonction trophique. Ceci permettra à chaque individu d'accroître sa consommation journalière et d'avoir un taux de croissance plus important. Les populations piscicoles recolonisant le marais pour se nourrir deviendront à leur tour les proies (p. ex. espèces fourrages) de nombreux prédateurs (poissons, oiseaux, ...). Au plan halieutique, elles constitueront un stock exploitable par les pêcheurs professionnels.

4.3.3 Le retour de la fonction de nourricerie

Le retour de la fonction de nourricerie est plus tardif que le phénomène de recolonisation par les poissons lequel suit presque instantanément la dépoldérisation.

La dépoldérisation favorise le retour d'une végétation halophile et la mise en place d'un réseau de chenaux de ressuyage. Les chenaux constituent une zone de refuge pour de nombreuses espèces (PATERSON & WHITFIELD, 2000 *in* COLCLOUGH *et al.*, 2003).

La végétation et les chenaux recréés après dépoldérisation dans la baie de Delaware (États-Unis) constituent également un habitat favorable à l'accueil de juvéniles (ABLE *et al.*, 2000, 2004 *in* ABLE *et al.*, 2008).

Au travers d'une étude sur l'utilisation par les peuplements piscicoles de marais maritimes restaurés en Angleterre, COLCLOUGH *et al.* (2005) ont montré que la majorité des poissons capturés étaient des juvéniles. Les bars y étaient l'une des espèces les plus représentées dans les marais restaurés de Abbotts Hall et de Orplands (estuaire du Blackwater). Les juvéniles appartenant à la classe d'âge 0+ dominaient les effectifs parmi un petit nombre d'adultes.

Une analyse basée sur l'alimentation de juvéniles de *Fundulus heteroclitus* (classe d'âge 0+) dans la baie de Delaware (États-Unis) a mis en évidence une utilisation équivalente des marais dépoldérisés et ceux de références (ABLE *et al.*, 2008).

Le site dépoldérisé de Freiston Shore (Angleterre) joue un rôle important en tant que zone de nourricerie pour de nombreuses espèces de poissons à caractère commercial comme le bar, le sprat et le hareng (BROWN *et al.*, 2007). À long terme, la dépoldérisation peut contribuer à accroître, voire renouveler, le stock de plusieurs espèces piscicoles côtières à caractère halieutique exploitant les schorres en tant que zone de nourricerie (COLCLOUGH *et al.*, 2003).

4.4 Les bénéfices apportés à la faune benthique

La faune benthique des marais maritimes se compose d'espèces d'origine marine dont l'installation n'est que temporaire (*Cereus pedunculatus*, ...), d'espèces autochtones capables de se reproduire dans ce milieu (*Gammarus sp.*, ...) et de larves de chironomes et de diptères dont la présence n'est liée ni à la gestion ni à la qualité du milieu (ANRAS *et al.*, 2004). La structure des peuplements dépend en grande partie de la topographie des marais (renouvellement d'eau et confinement) et de la nature du substrat (granulométrie), ainsi que de sa compacité (ANRAS *et al.*, 2004).

Les marais maritimes sont colonisés par les espèces benthiques lors de leur stade larvaire (larves nageuses) selon deux mécanismes complémentaires : le recrutement des larves émises par les espèces en place et la colonisation d'espèces littorales et côtières par des formes de dissémination comme les gamètes, les œufs ou les larves (ANRAS & MIOSSEC, 2006).

La reconnexion des milieux par dépoldérisation favorise la recolonisation de l'ancien polder grâce à l'ensemencement en larves nageuses lors du flot de la marée. Selon ABLE *et al.* (2008) 3 années ont été nécessaires avant que le peuplement benthique du marais dépoldérisé de la baie de Delaware (États-Unis) ne retrouve, voire ne dépasse, les abondances d'origine du marais de référence.

4.5 Les gains biologiques au plan avicole

De nombreuses espèces d'oiseaux (Grand gravelot, oie cendrée, bernache cravant, avocette, chevalier, courlis corlieu, tadorne de belon, ...) fréquentent les marais maritimes, soit durant de longues périodes de leur cycle de vie, soit sur des périodes plus brèves au cours de haltes dans leurs déplacements migratoires. La plupart d'entre elles viennent y consommer gobiidés, épinoches, crustacés décapodes, amphipodes, larves d'insectes ou mollusques, ... (ANRAS *et al.*, 2004). Le mode de gestion appliqué au schorre (fauchage, pâturage, ...) conditionne l'occurrence des populations aviaires (BAKKER *et al.*, 1997 *in* BAKKER *et al.*, 2002).

La dépoldérisation partielle – une brèche s’est formée accidentellement dans la digue frontale – du domaine de Graveyron a accentué la richesse biologique du bassin d’Arcachon, en particulier sa richesse aviaire (MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005). Plus au nord, la reconnexion du marais de Mortagne-sur-Gironde dans l’estuaire de la Gironde par l’ouverture de sa digue de protection a engendré une recolonisation extrêmement rapide par les oiseaux. Les oies stationnent maintenant à cet endroit, ce qui n’est pas très fréquent dans l’estuaire de la Gironde (FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2004).

Toutefois, l’évolution du milieu naturel n’est pas nécessairement favorable à toutes les espèces. Les limicoles, par exemple, espèces d’oiseaux qui se nourrissent de benthos présent dans les vasières, ne parviennent pas toujours à s’alimenter dans ces zones dépoldérisées trop exigües et ne s’en servent alors que comme zone refuge ou reposoir (HÖTKER, 1994 *in* GOELDNER-GIANELLA, 2007 a).

5 Épuration et décontamination

Les marais maritimes ont une action de filtre épurateur. L’épuration naturelle ou auto-épuration est un processus relativement lent qui permet à un écosystème de réduire ou de supprimer les éléments nutritifs contenus dans l’eau, comme l’azote ou le phosphore, voire des polluants métalliques ou organiques piégés dans les sédiments. Ceci résulte de phénomènes physico-chimiques naturels (filtration, oxydation, décantation) et/ou d’organismes vivant dans l’eau (bactéries, algues, plantes, insectes) qui assimilent les excès de nutriments ou concentrent et dégradent petit à petit la pollution. Pour certains scientifiques, les enjeux écologiques des dépoldérisations permettraient de restaurer la capacité des estuaires à piéger et stocker de nombreux polluants (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a).

6 La dépoldérisation comme moyen de protection contre la montée du niveau de la mer

Face à la montée du niveau des océans (élévation eustatique), de nombreux spécialistes, anglais notamment, ont évalué l'intérêt de la présence d'un schorre et celui du rehaussement des anciennes digues de protection.

En présence d'un schorre suffisamment large, l'énergie de la houle est progressivement atténuée, ce qui induit des hauteurs de vagues progressivement réduites (GOELDNER-GIANELLA, 2004). La protection qu'offre un schorre est d'autant plus efficace, qu'elle est avantageuse d'un point de vue financier. Or, pour recréer ce schorre sur les côtes à polders – où, comme en Angleterre, ils ont été largement endigués ou érodés – les britanniques préconisent justement de dépoldériser (DEFFRA *et al.*, 2002 *in* GOELDNER-GIANELLA, 2007 a).

Ainsi, plutôt que de détruire seulement la digue, il est possible de pratiquer un retrait contrôlé de la digue (« managed retreat ») (GOELDNER, 1999) ou « managed realignment » (MARCADET & GOELDNER-GIANELLA, 2005). Une nouvelle digue de protection, moins haute que la précédente en raison de la présence d'un nouveau schorre, est construite en amont de ce dernier.

7 Les nouvelles activités économiques

Il est possible d'aller jusqu'à parler d'intérêt économique de la dépoldérisation, en ce sens qu'une telle opération peut, dans certaines conditions et malgré la perte de la fonction agricole des polders, entraîner des bénéfices économiques (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a). La reconstitution d'une baie engendrée par une dépoldérisation est en effet susceptible de permettre de nouvelles activités économiques directement liées aux produits de la mer (conchyliculture et aquaculture, culture de la salicorne, nouvel espace d'élevage ovin) et de nouvelles formes de tourisme et de loisirs (BAWEDIN, 2007 a ; BAWEDIN & HOEBLICH, 2006).

8 Conclusion

La dépoldérisation présente un intérêt tout particulier vis-à-vis des communautés biologiques. Plusieurs études citées dans ce document mettent en évidence un retour de la végétation, des peuplements piscicoles, de la faune benthique et des oiseaux sur des sites dépoldérisés. Les fonctions écologiques attribuées aux marais maritimes (alimentation, reproduction, refuge, épuration, ...) réapparaissent également à la suite d'une dépoldérisation.

Les marais dépoldérisés constituent une zone d'apport en nourriture, une zone de refuge ainsi qu'une zone de nurricerie pour de nombreuses espèces de poissons. Ces dernières rentrent à leur tour dans le réseau trophique global et une partie d'entre elles représentent un stock commercialement exploitable par les pêcheurs professionnels (bars, soles, ...).

La dépoldérisation présente de nombreux avantages sur le plan halieutique (poissons, mollusques, crustacés) mais elle constitue également un moyen efficace de lutte contre l'élévation du niveau de la mer. Enfin, elle peut être valorisée par de nombreuses activités économiques: conchyliculture, fauchage, pâturage, loisirs touristiques, ...

Cependant, il n'est pas toujours souhaitable de restaurer un écosystème de marais maritime, si cela doit se faire aux dépens d'un autre écosystème littoral d'une valeur ou d'une rareté comparable (p. ex. les marais doux et saumâtres qui se sont spontanément développés dans les polders en déprises agricoles) (GOELDNER-GIANELLA, 2007 a). Une politique de dépoldérisation ne doit pas entraîner de danger et doit prendre en compte les terres situées en arrière (VERGER, 2004).

Les expériences menées dans le passé apportent plusieurs arguments en faveur de la dépoldérisation. Elles concourent en effet à l'apport de nombreux gains biologiques, notamment piscicoles. Ces conclusions doivent cependant être avancées avec prudence, étant donné la comparaison parfois difficile entre les résultats des expériences antérieures. L'étude pluridisciplinaire d'un site, comme celui de Mortagne-sur-Gironde et son suivi à long terme, permettra de connaître avec encore plus d'objectivité les effets réels de la dépoldérisation sur l'environnement naturel et économique.

9 Bibliographie

- ABLE, K. W., NEMERSON, D. M., LIGHT, P. R. & BUSH, R. O., 2000. Initial response fishes marsh restoration at former salt hay farm bordering Delaware Bay *in* WEINSTEIN, M. P. & KREEGER, D. A. (eds.). Concepts and controversies in tidal marsh ecology. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers : 749-773
- ABLE, K. W., NEMERSON, D. M. & GROTHUES, T. M., 2004. Evaluating salt marsh restoration in Delaware Bay: analysis of fish response at former salt hay farms. *Estuaries* 27 (1) : 58–69
- ABLE, K. W., GROTHUES, T. M., HAGAN, S. M., KIMBALL, M. E., NEMERSON, D. M. & TAGHON, G. L., 2008. Long-term response of fishes and other fauna to restoration of former salt hay farms: multiple measures of restoration success. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18 : 65-97
- ANDERSON, A. L. & KIRBY SMITH, W., 1992. Effects on open marsh water management fish and birds in two North Carolina salt marshes. Proceedings of the 79th annual meeting of the New Jersey mosquito control association. 79 : 59-92
- ANRAS, L., BLACHIER, P., HUSSENOT, J., LAGARDERE, J.-P., LAPOUYADE, P., MASSE, J., POITEVIN, B. & RIGAUD, C., 2004. Les marais salés atlantiques. Mieux connaître pour mieux gérer. Cahier technique du Forum des Marais Atlantiques : 71
- ANRAS, L. & MIOSSEC, G., 2006. Les prés salés du littoral Atlantique – Manche. *Vivre en Marais. Forum des Marais Atlantiques* : 19
- ANSELME, B., DURAND, P., GOELDNER-GIANELLA, L. & BERTRAND, F., 2008. Impacts de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un marais maritime endigué : le domaine de Graveyron, bassin d'Arcachon (France). *VertigO – La revue en sciences de l'environnement* 8 (1) : 9
- BAKKER, J. P., ESSELINK, P., VAN DER WAL, R. & DIJKEMA, K. S., 1997. Options for restoration and management of coastal salt marshes in Europe. In Urbanska, L.M., N. R. Webb & P. J. Edwards (eds), *Restoration Ecology and Sustainable Development*. Cambridge University Press, Cambridge : 286–322.
- BAKKER, J. P., ESSELINK, P., DIJKEMA, K. S., VAN DUIN, W. E. & DE JONG, D. J., 2002. Restoration of salt marshes in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478 : 29-51
- BALLETTO, J.H., HEIMBUCH, M.V. & MAHONEY, H.J., 2005. Delaware Bay salt marsh restoration: Mitigation for a power plant cooling water system in New Jersey, USA. *Ecological Engineering* 25 : 204-213
- BARON-YELLES, N. & GOELDNER-GIANELLA, L., 2001. Les marais maritimes d'Europe atlantique, PUF, Coll. Géographies, 295 p.

- BAWEDIN, V., 2004 a. La dépoldérisation, composante d'une gestion intégrée des espaces littoraux ? Prospective sur le littoral picard et analyse à la lumière de quelques expériences: Baie des Veys (Normandie), Aber de Crozon (Bretagne), Tollesbury (Essex) et Freiston shore (Lincolnshire). Cahiers Nantais : 11-20
- BAWEDIN, V., 2004 b. Les inondations de 1990 : l'occasion manquée d'une dépoldérisation spontanée ? in HOEBLICH, J.-M., (ed) 2007. Les bas-champs picards : enjeux entre terre et mer, Actes du Colloque national, Université de Picardie Jules Verne, LPBS, pp 85-97
- BAWEDIN, V., 2004 c. Y a-t-il développement durable quand la dynamique littorale est contrecarrée ? La politique de gestion du littoral des Bas-champs de Cayeux à la baie de Somme : des stratégies d'affrontement. *in* Les bas-champs picards : enjeux entre terre et mer (J.-M. HOEBLICH, dir.), 2007, Actes du Colloque national, Université de Picardie Jules Verne, LPBS, 22-23 octobre 2004, 221 p, pp. 163-169.
- BAWEDIN, V., 2007. Y a-t-il développement durable quand la dynamique littorale est contrecarrée ? La politique de gestion du littoral des Bas-Champs de Cayeux à la baie de Somme: des stratégies d'affrontement. In: Actes du Colloque national, Université de Picardie Jules Vernes, LPBS, pp 163-169
- BAWEDIN, V. & HOEBLICH, J.-M., 2006. Les Bas-Champs de Cayeux (Somme, France) : vers une gestion intégrée ? Enjeux et perspectives de l'ouverture à la mer d'un espace jusque là protégé. VertigO - La revue en sciences de l'environnement 7
- BROOKE, J. S., 1992. Coastal defence: the retreat option. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management* 6 (2) : 151-157
- BROWN, S. L., PINDER, A., SCOTT, L., BASS, J., RISPIN, E., BROWN, S., GARBUTT, A., THOMSON, A., SPENCER, T., MOLLER, I. & BROOKS, S. M., 2007. Wash Banks Flood Defence Scheme. Freiston Environmental Monitoring 2002-2006. In. DEFRA & Environment Agency pp 378-378
- BURDICK, D. M., DIONNE, M., BOUMANS, R. M. & SHORT, F. T., 1997. Ecological responses to tidal restorations of two northern New England salt marshes. *Wetland Ecology and Management* 4 : 129-144
- CATTRIJSE, A., MAKWAIA, E. S., DANKWA, H. R., HAMERLYNCK, O. & HEMMINGA, M. A., 1994. Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. *Marine Ecology Progress Series* 109 : 195-208
- CHAMBERLAIN, R. H. & BARNHART, R. A., 1993. Early use by fish of a mitigation salt marsh, Humboldt Bay, California. *Estuaries* 16 : 769-783
- COLCLOUGH, S., COATES, S., DUTTON, C., COUSINS, T. & ASTLEY, T., 2003. The potential for fisheries enhancement associated with managed realignment in LEDOUX, L. (ed.), 2003. *Wetland Valuation: State of the Art and Opportunities for Further Development*. Proceedings of a Workshop

Organised for the Environment Agency by Environmental Futures Ltd. and CSERGE. Bristol: Environment Agency, pp 5-17

- COLCLOUGH, S., FONSECA, L., ASTLEY, T., THOMAS, K. & WATTS, W., 2005. Fish utilisation of managed realignments. *Fisheries Management and Ecology* 12 : 351-360
- CURRIN, C. A., DELANO, P. C. & VALDES-WEAVER, L. M., 2008. Utilization of a citizen monitoring protocol to assess the structure and function of natural and stabilized fringing salt marshes in North Carolina. *Wetlands Ecology and Management* 16 : 97-118
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, ENVIRONMENT AGENCY, FLOOD AND COASTAL DEFENCE R&D PROGRAMME, 2002. Managed Realignment Review. R&D Technical Report FD2008, 212 p.
- DIJKEMA, K. S., 1987. Changes in salt-marsh area in the Netherlands Wadden Sea after 1600 in HUISKES, A. H. L., BLOM, C. W. P. M. & ROZEMA, J. (eds.), *Vegetation Between Land and Sea*. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht : 42–49.
- DIXON, M., MORRIS, R. K. A., SCOTT, C. R., BIRCHENOUGH, A. & COLCLOUGH, S., 2008. Managed realignment – lessons from Wallasea, UK. *Maritime Engineering* 161 (2) : 61-71
- DYER, M. F. & DALE, K. M., 2001. Biological assessment of the Tollesbury managed set-back site. Annual report 3 (surveys undertaken between May 1998 and October 2000). In. *Unicomarine*
- FEUNTEUN, E., RIGAUD, C., ELIE, P. & LEFEUVRE, J.-C., 1999. Les peuplements piscicoles des marais littoraux endigués atlantiques : un patrimoine à gérer ? Le cas du marais de Bourneuf-Machecoul (Loire-Atlantique, France). *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture* 72 : 63-79
- FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2004. Risques naturels en marais littoraux – Perception et organisation des acteurs cinq ans après la tempête de décembre 1999. Conclusions de l’audit réalisé durant l’été 2004 et témoignages apportés lors du Conseil des Marais des 4 et 5 octobre 2004. 166 p.
- FRENCH, P.W., 2001. Coastal defences : Processes, Problems and Solutions. Londres : Routledge, 366 p.
- FRENCH, P. W., 2006. Managed realignment - The developing story of a comparatively new approach to soft engineering. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67 (3) : 409-423
- GILMORE, R. G., COOKE, D. W. & DONOHOE, C. J., 1982. A comparison of the fish populations and habitat in open and closed salt marsh impoundments in east-central Florida. *Northeast Gulf Science* 5 : 25–37.
- GOELDNER-GIANELLA, L., 1999. Réouverture de polders et restauration des marais salés en Angleterre. *Revue de Géographie de Lyon* 74 : 75-84

- GOELDNER-GIANELLA, L., 2004. Vouloir, accepter ou refuser la dépollérisation in CORNETTE, J.-C., TRIPLET P. & ROLLAND, G. (eds.), 2004. Pour une approche intégrée de la protection de la nature en faveur des oiseaux d'eau. Atelier organisé par Eurosite et le Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde, pp 11-18
- GOELDNER-GIANELLA, L. & IMBERT, C., 2005. Représentations sociales des marais et dépollérisation. Le cas d'un marais breton. *L'Espace Géographique* 34 : 251-265
- GOELDNER-GIANELLA, L., 2007 a. Dépollériser en Europe occidentale. *Annales de Géographie* 116 (656) : 339-360
- GOELDNER-GIANELLA, L., 2007 b. Perceptions and attitudes toward de-pollérisation in Europe: A comparison of five opinion surveys in France and the UK. *Journal of Coastal Research*, 23 (5) : 1218-1230
- GOODWIN, P. & WILLIAMS, P., 1992. Restoring coastal wetlands Californian experience. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management* 6 (6) : 709-719
- GRAY, A., SIMENSTAD, C. A., BOTTOM, D. L. & CORNWELL, T. J., 2002. Contrasting functional performance of juvenile salmon habitat in recovering wetlands of the Salmon River estuary, Oregon, USA. *Restoration Ecology* 10 : 514-526
- HAMPEL, H., CATTRIJSE, A. & VINCX, M., 2003. Habitat value of a developing estuarine brackish marsh for fish and macrocrustaceans. – *ICES Journal of Marine Science*, 60 : 278–289.
- HEMINGWAY, K., CUTTS, N. & PÉREZ-DOMINGUEZ, R., 2008. Managed Realignment in the Humber Estuary, UK. In. Institute of Estuarine & Coastal Studies (IECS), University of Hull, UK
- HÖTKER, H., 1994. Wadden sea birds and embankments. Can artificial wetlands compensate for losses due to land claims? *Ophelia Suppl.* 6 : 279-295.
- JAMES, L. & BADLEY, J., 2004. Succès d'une dépollérisation à Freiston Shore (GB) in CORNETTE, J.-C., TRIPLET, P. & ROLLAND, G. (eds.), 2004. Pour une approche intégrée de la protection de la nature en faveur des oiseaux d'eau. Atelier organisé par Eurosite et le Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde, pp 19-22
- JAWORSKI, L., 2005. Recueil d'expériences de restauration de fonctions hydro-écologiques de zones humides littorales. Etude de cas. INSTITUT NATIONAL D'HORTICULTURE 19 p.
- JIVOFF, P. & ABLE, K., 2003. Evaluating salt marsh restoration in Delaware Bay: The response of blue crabs, *Callinectes sapidus*, at former salt hay farms. *Estuaries and Coasts* 26 : 709-719

- LAFAILLE, P., BROSSE, S., FEUNTEUN, E., BAISEZ, A. & LEFEUVRE, J.-C., 1998. Role of fish communities in particulate organic matter fluxes between salt marshes and coastal marine waters in the Mont Saint-Michel Bay. *Hydrobiologia* 373/374 : 121-133
- LAFAILLE, P., 2000. Relations entre l'ichtyofaune et les marais sales macrotidaux: l'exemple de la baie du Mont-Michel. Thèse, Université de Rennes, p 202
- LAFAILLE, P., FEUNTEUN, E. & LEFEUVRE, J.-C., 2000 a. Impact of sheep grazing on juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*, in tidal salt marshes. *Biological Conservation* 96 : 271-277
- LAFAILLE, P., FEUNTEUN, E. & LEFEUVRE, J.-C., 2000 b. Composition of fish communities in a European macrotidal salt marsh (the Mont Saint-Michel Bay, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51 : 429-438
- LAFAILLE, P., FEUNTEUN, E., LEFEBVRE, C., RADUREAU, A., SAGAN, G. & LEFEUVRE, J.-C., 2002. Can Thin-lipped Mullet Directly Exploit the Primary and Detritic Production of European Macrotidal Salt Marshes? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54 : 729-736
- LEFEUVRE, J.-C., LAFFAILLE, P. & FEUNTEUN, E., 1999. Do fish communities function as biotic vector of organic matter between salt marshes and marine coastal waters ? *Aquatic ecology* 33 : 293-299.
- LEFEUVRE, J.-C., BOUCHARD, V., FEUNTEUN, E., GRARE, S., LAFAILLE, P. & RADUREAU, A., 2000. European salt marsh diversity and functioning : the case study of the Mont Saint-Michel Bay, France. *Wetlands ecology and management*, 8 : 147-161
- LEFEUVRE, J.-C., 2002. Programme National de Recherche sur les Zones Humides. Etude comparée de l'évolution de la biodiversité dans les marais salés et les marais poldérisés : le modèle de la Baie du Mont-Saint-Michel.
- LEFEUVRE, J.-C., 2005. La baie du Mont-St-Michel, un cas d'école. Fonctionnalité écologique des milieux naturels. *Espaces naturels* 11 : 30-31
- MADON, S. P., 2007. Fish community responses to ecosystem stressors in coastal estuarine wetlands: a functional basis for wetlands management and restoration. *Wetlands Ecol Manage* 16 : 219–236
- MARCADET, C. & GOELDNER-GIANELLA, L., 2005. Dépoldériser dans le bassin d'Arcachon ? Réactions sociales et propositions de gestion ». *Noréis* 197 : 23-35
- MCIVOR, C. C. & ODUM, W. E., 1988. Food, predation risk and microhabitat selection in a marsh fish assemblage. *Ecology* 69 : 1341–1351
- MCLUSKY, D. S., BRYANT, D. M. & ELLIOTT, M., 1992. The impact of land-claim on macrobenthos, fish and shorebirds on the Forth Estuary, eastern Scotland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 2 : 211-222

- MINELLO, T. J. & ZIMMERMAN, R. J., 1992. Utilization of natural and transplanted Texas salt marshes by fish and decapod crustaceans. *Marine Ecology Progress Series* 90 : 273-285
- MINELLO, T. J. & WEBB JR, J. W., 1997. Use of natural and created *Spartina alterniflora* salt marshes by fishery species and other aquatic fauna in Galveston Bay, Texas, USA. *Marine Ecology Progress Series* 151 : 165-179
- ODUM, E. P., 1968. A research challenge: evaluating the productivity of coastal and estuarine water. In. *Proceeding of the second Sea Grant Conference*. University of Rhode Island 1 : 63-64
- PATERSON, A. W. & WHITFIELD, A. K., 2000. Do shallow-water habitats function as refugia for juvenile fishes? *Estuarine and coastal shelf science* 51 : 359-364
- PECK, M. A., FELL, P. E., ALLEN, E. A., GIEG, J. A., GUTHKE, C. R. & NEWKIRK, M. D., 1994. Evaluation of tidal marsh restoration: comparison of selected macroinvertebrate populations on a restored impounded valley marsh and an unimpounded valley marsh within the same salt marsh system in Connecticut, USA. *Environmental Management* 18 : 283-293
- PEREZ-DOMINGUEZ, R., 2008. Fish Pilot Studies in the Humber Estuary, UK. Institute of Estuarine & Coastal Studies (IECS), University of Hull, UK. Report produced as part of the European Interreg IIB HARBASINS project.
- PWA, 2003. Sonoma Baylands Wetland demonstration project. 2002 annual monitoring report #7. In. The Department of the Army, San Francisco District Corps of Engineers 61 p. + annexes
- REY, J. R., SHAFFER, J., TREMAIN, D., CROSSMAN, R. A. & KAIN, T., 1990. Effects of re-establishing tidal connections in two impounded subtropical marshes on fishes and physical conditions. *Wetlands* 10 : 27-45
- RITTER, A. F., WASSON, K., LONHART, S. I., PREISLER, R., K., WOOLFOLK, A., GRIFFITH, K. A., CONNORS, S. & HEIMAN, K. W., 2008. Ecological Signatures of Anthropogenically Altered Tidal Exchange in Estuarine Ecosystems. *Estuaries and Coasts* 31 : 554-571
- ROMAN, C. T., RAPOSA, K. B., ADAMOWICZ, S. C., JAMES-PIRRI, M. J. & CATERA, J. G. 2001. Quantifying vegetation and nekton response to tidal restoration of a New England salt marsh. *Restoration Ecology*, in press.
- ROYANT, A., 2001. Diagnostic environnemental et orientation de gestion : la remise en eau des polders de Mortagne-sur-Gironde. Mémoire de DESS: UNIV. EUROPEEN DE LA MER 112 p.
- ROZAS, L. P. & MINELLO, T. J., 2001. Marsh terracing as a wetland restoration tool for creating fishery habitat. *Wetlands* 21 : 327-341
- SIMENSTAD, C., TOFT, J., HIGGINS, H. & CORDELL, J., 2000. Sacramento/San Joaquin Delta Breached Levee Wetland Study (BREACH), Preliminary Report. In. BREACH Interdisciplinary Research Team, University of Washington School of Fisheries.

- SIMENSTAD, C. A. & THOM, R. M., 1996. Functional Equivalency Trajectories of the Restored Gog-Le-Hi-Te Estuarine Wetland. *Ecological Applications* 6 (1) : 38-56
- SWAMY, V., FELL, P. E., BODY, M., KEANEY, M. B., NYAKU, M. K., MCILVAIN, E. C. & KEEN, A. L., 2002. Macroinvertebrate and fish populations in a restored impounded salt marsh 21 years after the reestablishment of tidal flooding. *Environmental Management* 29 (4) : 516-530
- TEAL, J. M., 1962. Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. *Ecology* 43: 614-624
- THORIN, S. & LEFEUVRE, J.-C., 2001. Production des eaux côtières. Un problème de disponibilité des ressources vivantes? in GASCUEL, D. & FONTENELLE, G. (eds), 2001. *Activités halieutiques aménagement et gestion en zone côtière. Actes des 5èmes rencontres halieutiques de Rennes*
- VACA DULCICH, M., 2008. Dépoldérisation: quels enjeux sociaux et environnementaux ? Le cas de l'estuaire de la Gironde. Rapport de stage de Master 2 « CHARGE D'ETUDES SOCIOLOGIQUES » de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2. 110 p. + annexes
- VERGER, F., 2004. Prendre puis rendre des terres à la mer in CORNETTE, J.-C., TRIPLET P. & ROLLAND, G. (eds), 2004. *Pour une approche intégrée de la protection de la nature en faveur des oiseaux d'eau. Atelier organisé par Eurosite et le Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Côte Picarde*, pp 7-10
- WARREN, R. S., FELL, P. E., ROZSA, R., BRAWLEY, A., H., ORSTED, A. C., OLSON, E. T., SWAMY, V. & NIERING, W. A., 2002. Salt Marsh Restoration in Connecticut: 20 Years of Science and Management. *Restoration Ecology* 10 (3) : 497-513
- WEINSTEIN, M. P., TEAL, J. M., BALLETTTO, J. H. & STRAIT, K. A., 2001. Restoration principles emerging from one of the world's largest tidal marsh restoration projects. *Wetlands Ecology and Management* 9 : 387-407
- WILLIAMS, G. D. & ZEDLER, J. B., 1999. Fish assemblage composition in constructed and natural tidal marshes of San Diego Bay: Relative influence of channel morphology and restoration history. *Estuaries* 22 (3A) : 702-716
- WILLIAMS, P. B. & FABER, P. B., 2001. Salt marsh restoration experience in San Francisco Bay. *Journal of Coastal Research, Special Issue No. 27*, 203-311
- WOLTERS, M., GARBUTT, A. & BAKKER, J. P., 2005. Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. *Biological Conservation* 123 : 249-268
- YONI, C., CADIOU, D., HALLEGOUET, B. & LEVASSEUR, J., 1999. L'expérience de réestuarisation du polder de l'aber de Crozon (Finistère) : bilan et perspectives. *Les ateliers du CEL*, n° 19, p. 1-11.
- ZEDLER, J. B., WILLIAMS, G. D. & DESMOND, J. S., 1997. Wetland mitigation: Can fishes distinguish between natural and constructed wetlands? *Fisheries* 22 : 26-28



Résumé :

Depuis plusieurs siècles, l'homme a acquis de nouvelles terres par l'endiguement des marais maritimes (poldérisation). Face aux enjeux actuels, la dépoldérisation, restituant des terres à la mer, présente de forts intérêts. Elle favorise en effet le retour des peuplements de poissons et des fonctions écologiques des marais maritimes (alimentation, reproduction, refuge, épuration, ...). Elle représente aussi un moyen efficace de lutte contre l'élévation du niveau de la mer et peut être valorisée par de nombreuses activités économiques (conchyliculture, loisirs touristiques, ...).

Ce document a pour but de fournir un certain nombre d'éléments pour un futur chiffrage des gains biologiques apportés par la dépoldérisation. Il synthétise les données biologiques existantes (piscicoles notamment) issues des expériences menées dans des contextes similaires, en Europe et aux États-Unis.



Direction générale
Parc de Tourvoie
BP 44 - 92163 Antony cedex
Tél. 01 40 96 61 21
Fax 01 40 96 62 25
www.cemagref.fr