



LES MARAIS SALÉS ATLANTIQUES

MIEUX CONNAÎTRE POUR MIEUX GÉRER



Note

Ce guide résulte de la collaboration entre des scientifiques et des spécialistes de terrain de l'hydrobiologie et de différentes formes de productions aquatiques dans les marais endigués. Il est le fruit de discussions et d'échanges qui ont permis de confronter divers points de vue et de retenir les aspects les plus pratiques des connaissances acquises sur ces milieux. Le guide présente ainsi des savoirs de terrain et des savoirs scientifiques qui se complètent. Il y a encore de nombreuses incertitudes sur le fonctionnement des marais, et ce document correspond donc à une première synthèse qui méritera d'être complétée dans les années à venir.

Auteurs

Loïc Anras (Forum des Marais Atlantiques)
Philippe Blachier (CREAA)
Jérôme Hussenot (IFREMER - CREMA l' Houmeau)
Jean-Paul Lagardère (CNRS- CREMA l' Houmeau)
Patrick Lapouyade (CURUMA)
Jacques Massé (Cemagref)
Benoît Poitevin (Ecomusée des Marais Salants - Ile de Ré)
Christian Rigaud (Cemagref)

PRÉAMBULE

L'édition d'un guide sur l'entretien des marais salés peut paraître surprenante tant les savoir-faire techniques apparaissent connus depuis des siècles. En effet, depuis plus d'un millénaire l'homme a conquis ces espaces sur la mer pour répondre à des besoins de production. Tous ces usages ont vu se développer des techniques pour rendre exploitable un milieu fait d'eau et construit de terre et de vase. Il demeure très fragile face aux assauts de la mer et du climat et nécessite un travail permanent, pour rétablir ce qui a été défait.

Ce guide ne présente pas seulement un catalogue des actes techniques d'entretien liés aux différents usages de marais salés. La mémoire et le savoir-faire sont encore suffisamment vifs sur le sujet. Non, l'objectif est de fournir certains éclairages sur le rôle et les conséquences des pratiques sur ces milieux modelés par l'homme.

Ce guide souhaite apporter des éléments qui permettront aux socio-professionnels, aux opérateurs de plans de gestion, aux particuliers de comprendre certains liens de cause à effet entre des actes techniques et les conséquences qui en découlent sur les milieux aquatiques. Il ne s'agit pas de fournir ici un ensemble de recettes qui s'appliqueraient partout. Les principes de fonctionnement décrits sont d'ordre général. Chaque site et activité de gestion sur le terrain doivent faire l'objet d'une approche spécifique, au besoin épaulée par des experts.

C'est enfin un document qui souhaite inspirer la reprise de pratiques de gestion susceptibles d'améliorer l'état de santé des milieux aquatiques, qui sont délaissés dans de nombreuses zones. Pour les sites en gestion, ce guide désire aider les activités qui s'y déroulent à pleinement assumer leurs rôles, productifs et récréatifs, et à remplir les fonctions qui demeurent essentielles dans l'évolution positive de ces paysages et de ces écosystèmes.

Coordonnées des auteurs

Loïc Anras
Forum des Marais Atlantiques
17304 Rochefort Cedex

Philippe Blachier
Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole
Prise de Terdoux

Jérôme Hussenot (IFREMER)
Jean-Paul Lagardère (CNRS)
Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Marins et Aquacoles de l'Hourmeau
Place du Séminaire
BP 5
17137 L'HOUMEAU

Patrick Lapouyade
Association CURUMA
15 route de Soulac BP 9
33123 LE VERDON SUR MER

Jacques Massé, Christian Rigaud
Cemagref
Ressources aquatiques continentales
50, avenue de Verdun
Gazinet
33612 Cestas cedex

Benoît Poitevin
Ecomusée des Marais Salants de l'Île de Ré
Route de Loix - BP 21
17111 LOIX EN RE

● Introduction	1
● 1. Présentation générale : les marais salés atlantiques	3
1.1 - Origine et structures actuelles	
1.2 - Fonctionnement hydraulique	
1.3 - Mécanismes de productivité et réseaux de transfert d'énergie	
1.4 - Fonctions bio-écologiques remplies par les marais salés	
1.5 - Aménagement, contraintes et incidences	
1.6 - Menaces et atteintes	
● 2. Pratiques de gestion particulière à chaque type de marais	20
2.1 - Les marais salicoles	
2.2 - Les marais à usage ostréicole	
2.3 - Les marais pour l'élevage des palourdes et des coques	
2.4 - Les marais pour l'élevage de la crevette impériale	
2.5 - Les marais à poissons	
● 3. Pratiques d'entretien communes aux différents types de marais	53
3.1 - Généralités	
3.2 - Les nettoyage et la gestion des algues macrophytes	
3.3 - L'assec	
3.4 - Le curage et le douage	
3.5 - Le varangage ou valangage	
3.6 - Stimulation de la productivité naturelle par fertilisation	
3.7 - Interprétation des actes de gestion	
● 4. Conclusion	64
● 5. Références bibliographiques	66
● 6. Glossaire	71

INTRODUCTION

Depuis parfois plus d'un millénaire, l'homme a conquis des espaces sur la mer pour répondre à des besoins de production, pour le pacage des moutons ou des vaches, pour tirer le sel, pour élever des poissons marins et plus récemment affiner des huîtres... Des activités de cueillette (chasse, pêche) se sont bien sûr aussi développées dans ces territoires au potentiel biologique important. Tous ces usages ont vu et voient encore la mise en place progressive de techniques et de méthodes de gestion visant à atteindre les objectifs poursuivis. Depuis leur origine, le maintien de ces milieux fragiles, soumis aux assauts de la mer et du climat, nécessite surveillance et entretien sans cesse renouvelés.

Les interventions de gestion et d'entretien vont donc de pair avec la pérennité et la valorisation de ces territoires et les savoir-faire techniques spécifiques à chaque usage se sont précisés au fil des générations d'exploitants. Toutefois, les années passant, la valorisation diversifiée de ces milieux a très souvent disparu (spécialisation des usages) et la prise en compte des différentes facettes du marais ne va plus de soi dans les pratiques individuelles mises en oeuvre.

D'autre part, face aux menaces d'abandon, de perte de fonctionnalités ou de fermeture de ces paysages, les marais maritimes endigués de la façade atlantique connaissent aujourd'hui un regain d'intérêt de la part de la collectivité au sens large. Les premières mesures d'aides et de soutien aux activités primaires en marais (ostréiculture, aquaculture...) ont été prises au niveau local (Région, Département...) afin de favoriser le maintien des acteurs économiques qui assurent la gestion et l'entretien de ces territoires en voie d'abandon. Ces aides concernent l'entretien et la réhabilitation du marais mais aussi la création d'activités nouvelles. Ces politiques ont un impact notable en terme de surface de marais entretenu et réhabilité et participent activement et durablement au nouveau modelage paysager et fonctionnel du marais. On remarquera qu'une grande partie de ces opérations répondent généralement à des logiques individuelles d'aménagement et que les concepteurs de ces opérations ne disposent actuellement pas d'outils ou de méthodes permettant d'aider à la définition de stratégies raisonnées à une échelle plus vaste et d'évaluer leurs retombées environnementales après application.

Actuellement, une attention accrue sur ces espaces résulte d'une évolution générale des mentalités se traduisant notamment par la prise en compte des zones humides dans des politiques publiques (plan d'action gouvernemental en faveur des zones humides, Schémas Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, Natura 2000, zonages réglementaires...). Ces démarches s'appuient sur des obligations légales (Loi sur l'eau, Directive-cadre Eau de la Communauté européenne, Directive Habitats,...).

Les projets qui en découlent visent de plus en plus à mettre en application des préconisations techniques au sein de plans de gestion déclinés à différentes échelles (parcelle ou fossé, exploitation, territoire syndical,...) via différents types de contrats passés avec propriétaires, exploitants ou syndicats. L'accent y est surtout mis sur la prise en compte de la qualité environnementale, paysagère et de la protection de la ressource en eau par les usages concernés.

Si aujourd'hui un certain nombre de modalités techniques sont énoncées pour une meilleure compatibilité entre activités économiques et préservation de l'environnement, celles-ci concernent dans la majorité des cas, la partie terrestre " exondée ", bien qu'inondable de ces territoires. Elles s'appuient pour cela sur les indicateurs et descripteurs listés dans les annexes des directives européennes " habitat " et " oiseaux ". Il s'agit surtout d'éléments floristiques et ornithologiques importants.

Toutefois, le constat qui est généralement fait est le suivant :

- Il ne s'agit pas de descripteurs qui rendent compte de l'état du système dans toutes ses composantes et notamment aquatiques (il n'existe dans ces nomenclatures qu'une désignation, pas de sous-qualifications).

- Ces descripteurs visent surtout à désigner et qualifier un territoire au titre de son capital en espèces remarquables ou en habitats pour ces espèces. Ils ne suffisent pas à eux seuls pour qualifier la dynamique évolutive et la richesse fonctionnelle de ces biocénoses ou écosystèmes.
- Ces descripteurs n'ont pas la vocation à rendre compte du rôle productif de ces milieux ni de leur contribution à la qualité ou à la pérennité des milieux environnants et encore moins de leur rôle sur les filières de production (pêche, aquaculture).

Dès lors, de plus en plus de concepteurs et d'opérateurs de plans de gestion confrontés au besoin d'élaborer des préconisations complètes et de concevoir un suivi environnemental manifestent le besoin de s'appuyer sur un complément de descripteurs et d'indicateurs. D'autre part, de plus en plus d'exploitants, soucieux de minimiser les impacts sur le système dans lequel ils évoluent, s'intéressent, en complément de leurs propres observations de terrain, aux connaissances acquises sur le fonctionnement de leurs milieux. Enfin, de nombreux acteurs, militant pour la prise en compte des fonctions d'intérêt général que peuvent jouer ces marais endigués salés, méconnaissent les contraintes des usages qui font encore vivre et exister ces territoires.

L'ensemble de ces constats nous a amené à prendre l'initiative de rédiger ce document qui vise, de manière modeste et pragmatique, à présenter un certain nombre de connaissances acquises sur le fonctionnement des milieux aquatiques de ces territoires, sur les objectifs poursuivis lors de la mise en œuvre des actes de gestion des surfaces en eau et sur leurs impacts. Il nous a semblé en effet que la présentation des relations connues entre ces interventions, le fonctionnement du plan d'eau et les fonctions d'intérêt général que ces territoires sont susceptibles de jouer (paysage, accueil de faune, qualité de l'eau,...), était susceptible d'amener chacun à juger, en connaissance de cause, de ce qu'il peut intégrer à sa pratique individuelle, au bénéfice de la collectivité du marais et de ses multiples usagers.

Dans un premier temps, le lecteur trouvera une présentation générale de ces marais salés (origine, structure, usages, fonctions), de leurs modalités de fonctionnement hydraulique et des mécanismes de fonctionnement des milieux aquatiques.

Après avoir décrit un certain nombre d'interventions d'entretien et de gestion communes aux différents types de marais et d'usages, chaque type d'exploitation de l'eau sera ensuite passé en revue avec exposé et commentaires des contraintes, des objectifs poursuivis et d'un certain nombre d'interventions spécifiques mises en œuvre.

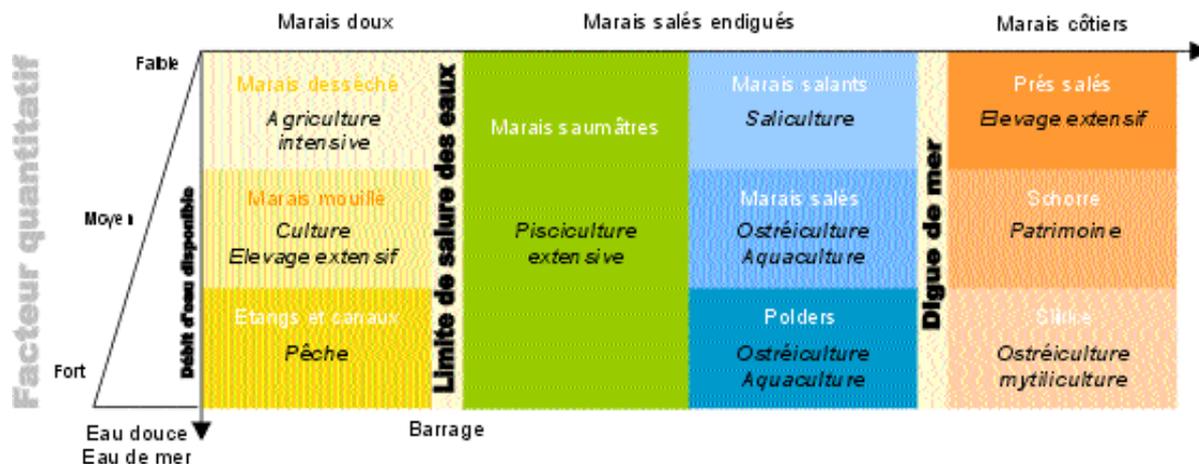
Enfin, quelques indications sur le suivi des milieux aquatiques sont fournies pour permettre aux exploitants ou aux gestionnaires qui le souhaitent de suivre régulièrement la qualité de leurs milieux aquatiques. Toutefois, il est recommandé de se tourner vers des guides plus spécifiques édités par les structures d'assistance technique (Ifremer, CREAA, etc.).

1. Présentation générale : les marais salés atlantiques

1.1 Origine et structures actuelles

Les grands types de marais littoraux sont récapitulés dans le schéma suivant :

Typologie et utilisation principale des différents types de marais (d'après Hussenot et Coll., 1995)



Au cours des siècles, les paysages ont évolué de diverses façons selon l'usage qui y prédominait : pisciculture, ostréiculture, conchyliculture, pénéculture, élevage extensif de bovins et ovins, chasse, fauche... Ces caractéristiques vont être présentées dans les chapitres 4 à 9.



Interfaces des domaines océaniques et continentaux, la bande côtière, et les marais maritimes submersibles, renferment plus de 90 % des ressources biologiques marines exploitées (réf. 1). Modestes par leur superficie sur le globe terrestre (13 % de l'ensemble des biotopes côtiers selon P. LASSERRE, 1982 : réf. 39), ils sont extrêmement productifs avec une productivité primaire de 2,9 à 7,5 kg mat. sèche m²/an (forêt tropicale humide : 5 à 8 kg, plateau continental : 0,5 kg et écosystèmes océaniques : 0,1 kg - réf. 46, réf. 61).

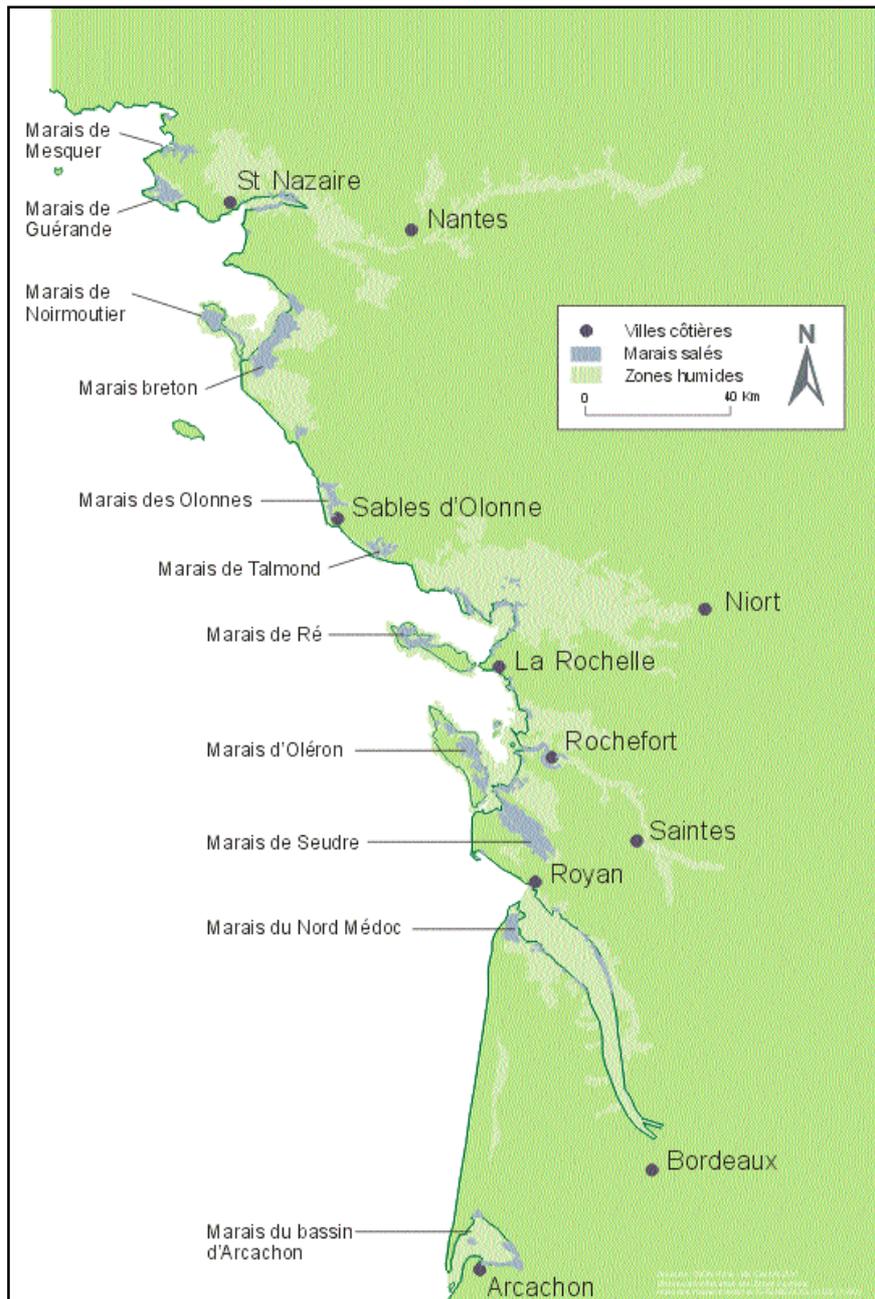
L'endiguement et l'aménagement interne de ce type de milieu a eu 2 effets complémentaires :

- la réduction des échanges (entrées et sorties) avec le milieu marin traduite par la notion de confinement développée par GUELORGET et PERTHUISOT (1983) (réf. 29);

- la création de prises ou de parcelles gérables de manière spécialisée en orientant le fonctionnement de ces milieux et en ne récupérant qu'une fraction de leur productivité.

Si ces marais endigués restent très productifs par rapport à la majorité des autres milieux, continentaux ou océaniques, le confinement et la spécialisation de l'usage se traduisent par des niveaux bien sûr nettement inférieurs à ceux précédemment annoncés dans les marais maritimes ouverts.

Cet endiguement a débuté aux environs de 6 000 avant JC dans des infrastructures côtières abritées, sièges d'une sédimentation naturelle fluvio-marine (terre de bri = argiles flandriennes). Il a créé des territoires dont les points les plus élevés sont le plus souvent sous le niveau actuel des hautes mers de vive eaux.



Réalisation : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Les marais salés atlantiques

Sur la façade atlantique de notre pays, ces marais salés endigués s'étendent encore sur 27 000 ha. Façonnés de main d'homme, ils ont assuré durant des siècles notre production de sel (en 1830, 50 000 ha de production) et de coquillages. Malgré la mise en évidence de restes témoignant d'une activité

humaine sur cette bordure côtière dès les temps protohistoriques (réf. 6), il semble bien que les marais n'aient pas été le siège d'activités spécifiques avant le début de l'ère chrétienne (réf. 50).

L'utilisation par l'homme des marais salés a d'abord été fondée sur son besoin de terrains de production desservis par les eaux marines côtières. Cette appropriation visait surtout l'extraction du sel et, dans une moindre mesure, la production de coquillages. Après l'apogée de la phase de production salicole, il a fallu trouver des solutions de gestion. L'observation des poissons issus de l'alevinage naturel et produits dans les vasières de marais salants a conduit de nombreux propriétaires et exploitants à convertir, surtout au 19^{ème} et au 20^{ème} siècle, de nombreuses salines en marais à poissons. Là encore, après une phase de développement important, cette activité est devenue de moins en moins présente surtout après le 2^{ème} conflit mondial. De nombreux marais salés (environ 20 000 ha) sont alors passés en gestion eau douce à des fins de production agricole dans les années 1950-1960.

Aujourd'hui, les territoires restés en gestion salée sont souvent le siège de l'un des phénomènes suivants :

- lent abandon de l'usage et de l'entretien avec en corollaire une dégradation de l'écosystème, un effondrement de la productivité et de la biodiversité animale et végétale,
- apparition de nombreux conflits d'usage entre activités traditionnelles, aquaculture intensive, agriculture, tourisme, aménagement du littoral, etc... (réf. 30, réf. 31).

1.2 Fonctionnement hydraulique

Les marais salés sont issus de la frange littorale sur laquelle des systèmes d'endiguements ont permis la conquête de zones où la dépendance au marnage pouvait être modulée. Le besoin de disposer de parcelles en eau et de parcelles exondables a conduit à différents aménagements. Sur le front de la digue, prenant place sur le schorre (prés-salés pacagé par les moutons), de petites parcelles aux bords contournés sont modelées (exemple des "sartières" en Charente-Maritime) pour stocker des mollusques.

En retrait de la digue qui protège des plus forts coefficients de marée, des bassins insubmersibles sont creusés pour accueillir différents types de productions aquacoles. Des étiers (anciens chenaux de drainage naturels de la zone humide) irriguent l'espace ainsi délimité. Un certain nombre d'autres canaux et fossés sont creusés pour permettre à l'eau de mer d'atteindre les bassins les plus reculés. Une première caractéristique des marais salés aménagés est la forte densité d'ouvrages hydrauliques. Si les canaux et fossés sont équipés de systèmes de vannes conventionnelles, chaque parcelle en eau et chaque réservoir sont équipés d'un dispositif propre (cf. "*Ouvrages hydrauliques et gestionnaires en marais atlantiques*", collection "Vivre en Marais", éd. Forum des Marais Atlantiques).

La caractéristique première de ces ouvrages hydrauliques est de permettre l'amenée d'eau de mer "fraîche" avec une fréquence optimale par rapport à la production que l'on souhaite développer. Ils doivent permettre aussi le franchissement par des bateaux et chalands pour les plus grands d'entre eux. Le marais salé connaît donc un régime oscillant des eaux de surface, fondé sur l'amplitude des marées et à rythme théoriquement contrôlé. Ils se comporte en système stagnant entre deux périodes d'ouverture des ouvrages pour bénéficier des flux de marée. L'eau de mer peut être circulante pendant plusieurs heures par jour, dans un sens, puis dans l'autre. Cette fréquence d'oscillation, selon les secteurs et la gestion appliquée, peut être importante (2 fois par 24 heures) ou faible (quelques fois par mois). C'est une différence fondamentale avec les marais en eau douce qui ont un régime circulant d'évacuation pendant la période annuelle des pluies, et un régime stagnant le reste de l'année.

Cette caractéristique des marais salés a deux conséquences très importantes sur l'entretien et la richesse de ceux-ci :

- il peut s'y produire des flux très importants d'énergie hydraulique, source d'érosion ou d'engraissement par dépôt,
- il peut s'y produire des flux importants de matière inerte et vivante, source de richesse ou d'appauvrissement.

Ces flux dépendent de la gestion hydraulique qui est réalisée sur la zone humide, conditionnant ainsi son degré d'ouverture sur le milieu marin côtier. Ils dépendent aussi de la fréquence des actes d'entretien et de l'usage développé. En règle générale, les parcelles des marais salés sont des systèmes qui exportent peu vers le milieu aquatique extérieur (consommation d'eau, piégeage de sédiments, d'éléments nutritifs et d'organismes vivants).

Particularité hydraulique des marais :

La capacité de renouvellement d'un marais dépend de sa situation relative par rapport au niveau de mi-marée. Les marais étant situés d'une façon générale au-dessus de ce niveau, ils ne peuvent prendre de l'eau qu'à partir de certains coefficients : on dit qu'un marais "boit" à coefficient de 50, de 70, de 90. Ces différences sont fondamentales car elles déterminent à la fois la fréquence des submersions et leur durée, comme le montre le tableau suivant tiré de "Marais et Wadden du littoral français" (réf. 60).

Renouvellement Submersion	Coefficient de 60	Coefficient de 70	Coefficient de 80
Pourcentage de submersion*	Environ 65%	Environ 50%	Environ 35%
Durée d'inondation*	Environ 14%	Environ 9%	Environ 5%

*Pourcentage et durée des marées pendant lesquelles l'eau peut submerger le marais

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, des différences altimétriques minimales (en Charente-Maritime, une différence du coefficient de renouvellement de 10 correspond à une différence d'altitude d'environ 25 cm) ont des incidences importantes sur le degré de confinement :

- un marais qui boit à un coefficient de 70 peut prendre de l'eau en moyenne une marée sur deux, ce qui correspond en pratique à une semaine de renouvellement (vives-eaux) pendant laquelle le marais boit (durée d'environ 2 heures à chacune des deux marées) avec, en alternance, une semaine de confinement ;
- un marais qui boit à coefficient de 80 ne pourra pas prendre d'eau lors des marées de vives-eaux de faible amplitude, ce qui entraîne une durée de confinement qui peut atteindre trois semaines à certains moments de l'année (début de l'été).



La manœuvre des vannes de prise d'eau dans les étiers est capitale pour l'alimentation des réseaux de fossés en eau "fraîche" et la vidange des bassins. Ces manœuvres sont sous la dépendance du rythme et des coefficients de marée.



La capacité à prendre de l'eau de mer en fonction des coefficients les plus faibles possibles détermine la santé d'un marais, en réduisant le risque de confinement.

Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Comme on le voit, les marais salés sont caractérisés par une faible capacité de renouvellement (environ 10 % du temps) qui explique leur particularité écologique et fonctionnelle (construction de réserves d'eau : marais salant, ostréiculture...).

Ces caractéristiques sont déterminantes dans la valeur qu'attribuent aux "marais" les gestionnaires et les propriétaires. Cette capacité à "boire" plus ou moins facilement est un facteur-clé de l'exploitation possible et du rendement du marais. La valeur foncière et l'attractivité d'un marais dépendent essentiellement de ce facteur.

Ces caractéristiques montrent aussi l'importance de la dépendance des unités de gestion privées (les "marais") vis à vis des étiers et chenaux collectifs ouvrant sur la mer. Du bon entretien (curage, entretien de berges) de ces étiers et de la gestion des ouvrages collectifs qui les parsèment dépend le bon fonctionnement de ces structures privées.

1.3 Mécanismes de productivité et réseaux de transfert d'énergie

1.3.1 La fertilité des eaux côtières

La productivité biologique des marais résulte, d'une part, de la qualité et de la quantité d'éléments nutritifs disponibles dans l'eau et les sédiments et, d'autre part, de la nature des réseaux trophiques (peuplements végétaux et animaux) qui s'y développent.

Les éléments nutritifs dissous (azote, phosphore, silice...) sont apportés par les eaux marines ou le ruissellement d'eaux douces, ou encore recyclés sur place par la décomposition bactérienne des matières organiques. Les eaux douces sont beaucoup plus riches que les eaux marines en éléments nutritifs d'où la grande fertilité des eaux saumâtres et estuariennes.

Grâce aux mécanismes de photosynthèse (végétaux et bactéries phototrophes) et de chimiosynthèse (bactéries particulières), ces éléments nutritifs permettent une production de matière organique vivante (végétaux et bactéries) appelée production primaire car c'est sur elle que va reposer toute le reste de la chaîne trophique.

1.3.2 Production végétale

On distingue :

- les macrophytes, visibles à l'œil nu et se développant à partir du fond ou dans l'ensemble de la masse d'eau ;
- les microphytes, algues microscopiques vivant en pleine eau (phytoplancton) ou à la surface du sédiment (microphytobenthos),

Ces deux grandes composantes végétales coexistent, mais on constate le plus souvent, dans un plan d'eau donné, la prédominance de l'une par rapport à l'autre, cette prédominance pouvant évoluer au cours du temps (saisons, années). Chacune d'elles induit bien sûr des réseaux trophiques bien différents, et l'un des enjeux de l'exploitation de ces systèmes est de favoriser le réseau adapté à la production que l'on souhaite réaliser.

1.3.2.1 Macrophytes

Les marais saumâtres ou salés abritent deux grands types de macrophytes, les algues et les végétaux supérieurs (réf. 2). Là encore, la prédominance de l'un ou de l'autre de ces composants végétaux a des conséquences significatives sur la qualité des milieux et sur la nature des réseaux trophiques qui s'établissent dans le marais.

Les algues

Ce sont dans les marais salés essentiellement des algues vertes en forme de filaments (*Enteromorpha*, *Cladophora*, *Chaetomorpha*) et en forme de salade (*Ulva*), qui peuvent proliférer en formant des masses compactes envahissant plus ou moins rapidement le volume aquatique. Leur mode de croissance leur permet de réagir rapidement à des conditions favorables (éclairage, hausses de température, mobilisation de sels nutritifs,...) apparaissant notamment au printemps ou lors de remise en eau après travaux.

La prolifération des algues vertes a plusieurs effets indésirables :

- elle constitue une charge biologique importante sans grand intérêt dans les systèmes aquacoles envisagés ou même en termes trophiques (peu de consommateurs, "culs de sac" trophiques).
- elle est synonyme de compétition pour les sels nutritifs et pour l'oxygène, surtout avec les peuplements de microphytes (phytobenthos ou phytoplancton).
- elle empêche la pénétration de la lumière et prive ainsi les couches inférieures des réactions de photosynthèse en limitant ainsi la productivité et la production d'oxygène, y compris à leur propre détriment,
- elle limite fortement les échanges d'éléments dissous (oxygène, nutriments) entre les sédiments et la masse d'eau et contribuent donc à créer des conditions anoxiques à la surface du sédiment et dans les couches superficielles, là où vivent la plupart des espèces exploitées (mollusques, crevettes, anguilles).
- elle entrave le libre accès des organismes mobiles aux zones où elle sévit,
- sa fin souvent brutale se traduit par une accumulation rapide de matière organique sur le fond et une baisse importante de la concentration en oxygène dissous dans la masse d'eau et dans les sédiments.

Les végétaux supérieurs

Ce sont essentiellement les phanérogames du genre *Ruppia* (appelée localement la rappelle), qui se multiplient soit par bouturage, soit par germination de graines. Elles sont fixées au sol et à la différence des algues, elles se développent verticalement sans créer de masses compactes. Les échanges verticaux se font ainsi dans de bonnes conditions, avec en particulier l'apport d'oxygène aux couches superficielles du sédiment. Leur développement engendre des chemins trophiques favorables surtout à la production de poissons carnivores ou de crevettes des marais (*Palemonetes*). Ces herbiers servent en effet de support à toute une gamme d'organismes (mollusques, crustacés, insectes,...), proies potentielles. Par contre dans les claires ostréicoles, les *Ruppia* sont considérées comme une mauvaise herbe très difficile à éliminer qui diminue la nourriture disponible pour l'huître (le phytoplancton).

Leurs débris sont décomposés par l'association des peuplements bactériens, de la microfaune et de la méiofaune benthique qui constituent des sources directes ou indirectes d'alimentation pour la macrofaune présente dans les marais. Ces herbiers sont de plus très accessibles aux organismes mobiles et, outre leur fonction trophique, peuvent servir d'abris.



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Fossés à poissons à *Ruppia* dans les marais de la Seudre.

1.3.2.2 Microphytes

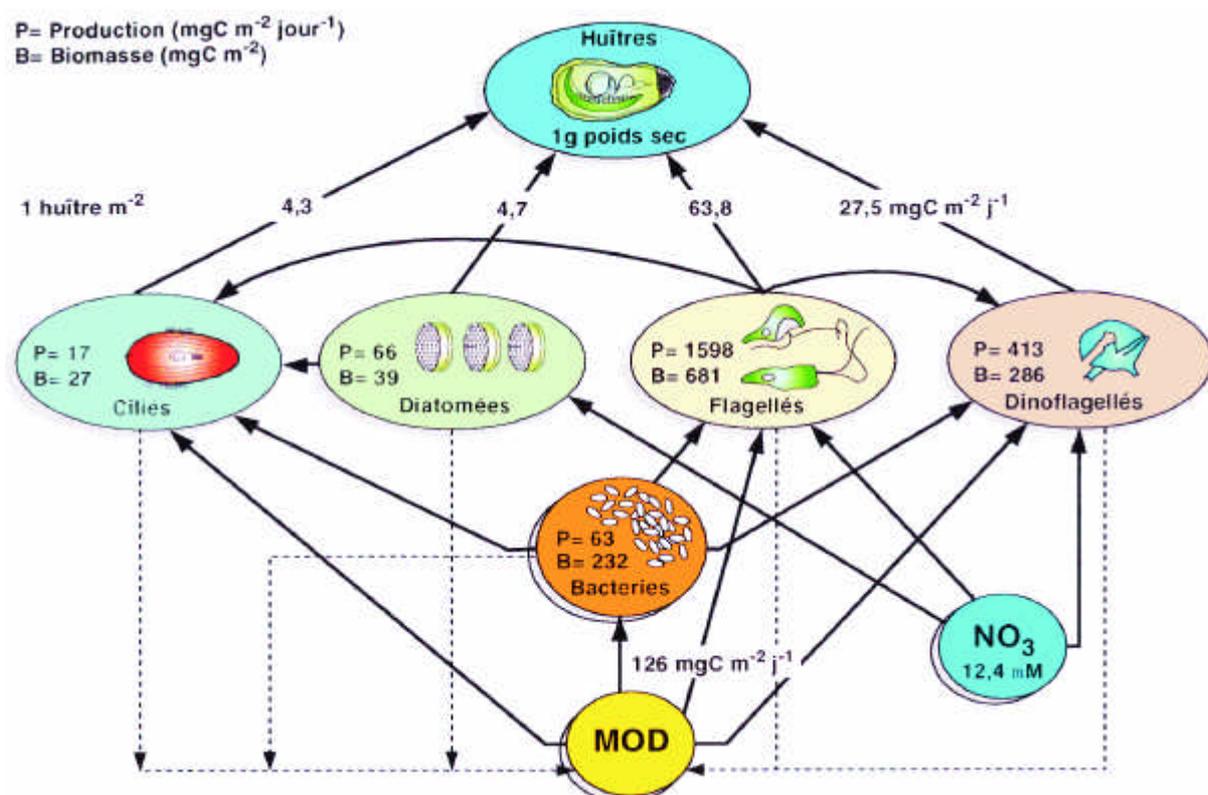
Les apports de nutriments minéraux (azote en particulier), essentiels au développement de la biomasse phytoplanctonique, elle-même base énergétique du réseau trophique, proviennent des eaux salées et saumâtres ou côtières alimentant les marais, notamment en hiver et au printemps (réf. 43). En été, période où les eaux côtières sont très appauvries en sels nutritifs, les processus de minéralisation et de diffusion à l'interface eau-sédiment représentent une source interne très importante de sels nutritifs à destination des algues.

La succession de ces deux types d'apports de nutriments, décalés dans le temps, fournit aux producteurs primaires une réserve sensiblement constante tout au long de l'année. Dans les marais recreusés, le développement de la biomasse phytoplanctonique dépend de la réserve en sels nutritifs disponibles et des conditions climatiques (réf. 14). Dans les marais, déjà bien colonisés, l'accroissement de la biomasse phytoplanctonique est fortement contrôlé par la pression de prédation exercée par les organismes filtreurs benthiques (réf. 16).

L'étude de la nutrition azotée des microalgues des marais montre que le nitrate et l'ammonium peuvent être utilisés, mais c'est ce dernier qui est préférentiellement utilisé

1.3.3 Compartiment bactérien

Les marais maritimes se distinguent aussi par leur aptitude au retraitement des apports organiques d'origine détritique et continentale. La reminéralisation de ce matériel détritique est le fait d'une activité bactérienne intense aussi bien dans la colonne d'eau que sur le sédiment. Les effectifs bactériens de la colonne d'eau sont plus de 10 fois supérieurs à ceux dénombrés dans les eaux côtières et océaniques. En terme de biomasse, ils constituent une source trophique potentielle d'importance, équivalente à 36 % du carbone phytoplanctonique et à 17% du carbone organique particulaire (réf. 20 ; réf. 21).



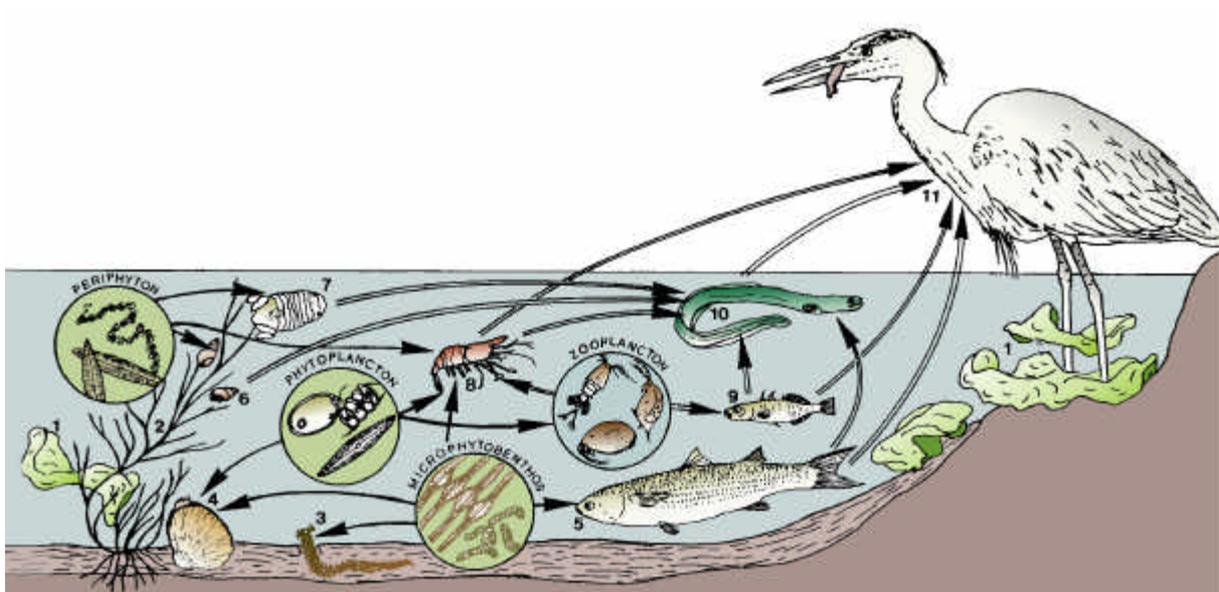
Le réseau trophique relatif aux mollusques filtreurs des marais maritimes en période estivale: biomasses et productions des peuplements planctoniques et flux de matières exprimés en carbone. (1 m de hauteur d'eau, 1 huître au m²). (Données chiffrées : Crotteau 1999 ; DAO : Y. Descatoire CREMA CNRS-IFREMER tous droits réservés).

Ce développement bactérien très intense est rendu possible par la richesse des eaux en matière organique dissoute. Cette richesse a plusieurs origines dont l'excrétion de carbone organique par les microalgues (réf. 17) mais aussi les processus de lyse cellulaire et de broutage. La production bactérienne issue de l'utilisation de ces substrats représente de 10 à 20 % de la production primaire. La totalité de cette production est consommée par des microprédateurs (protozoaires flagellés et ciliés) et transférée par eux vers les niveaux trophiques supérieurs, en particulier les mollusques filtreurs (réf. 18, réf. 19, réf. 40).

La production bactérienne liée au substrat sédimentaire nous est moins bien connue en raison des problèmes d'échantillonnage qu'elle pose. Néanmoins, on lui reconnaît un fort dynamisme et une importance supérieure à celle de la colonne d'eau. Il est incontestable désormais que les populations bactériennes représentent un maillon énergétique majeur dans le fonctionnement du marais.

Quelles vont être les voies de transfert de cette production d'énergie issue des bactéries et du phytoplancton ?

Dans la colonne d'eau, les voies de transfert sont assez directes avec, pour principaux bénéficiaires, les mollusques filtreurs dont les fécès vont à leur tour contribuer à l'enrichissement en matière organique du sédiment (réf. 57). Les études écophysiologicals réalisées sur l'huître japonaise (*Crassostrea gigas*) ont permis de caractériser le régime alimentaire mixte de ce mollusque : phytoplancton, phytobenthos et matière organique détritique (réf. 51). L'huître est ainsi capable d'effectuer un tri dans sa nourriture, rejetant les particules minérales au profit des particules planctoniques plus énergétiques (réf. 3). De plus, l'huître peut ingérer le nanoplancton et les bactéries par l'intermédiaire des protozoaires ciliés.



Principales relations trophiques dans l'écosystème saumâtre (1 : ulves ; 2 : ruppia ; 3 : nereis ; 4 : coque ; 5 : mullet ; 6 : hydrobie ; 7 : sphérome ; 8 : crevette ; 9 : épinoche ; 10 : anguille ; 11 : héron). (Illustration d'après J. Baudet et Coll., 1987)

Une autre voie de transfert s'établit par l'exportation d'une partie de la production primaire vers la zone côtière (réf. 44). Les quantités ainsi exportées sont bien sûr en relation avec les flux hydrauliques qui assurent ce transport et dépendent donc des modalités de gestion hydraulique du marais. Au niveau des sédiments des bassins, la méiofaune va transformer une partie de la production bactérienne et une grande partie de la production microphytobenthique (réf. 9) pour servir à son tour de proies à divers éléments de la macrofaune benthique.

Ce réseau trophique est très classique dans les écosystèmes du domaine aquatique. Plus original est celui constitué par la succession : débris organiques - bactéries - chironomes (insectes) - macrofaune (réf. 56). On le retrouve dans tous les milieux lacustres qui ont à recycler des amas de débris végé-

taux importants. Dans tous ces cas, les larves aquatiques de ces insectes fournissent à l'écosystème une catégorie de proies qui, par l'éventail de ses tailles et le nombre de ses individus, vient prendre le relais du méiobenthos. Ainsi l'écosystème se trouve prêt à accueillir et à supporter l'introduction naturelle ou artificielle de prédateurs tertiaires comme les crevettes pénéides ou les jeunes poissons (bar, dorade, plie ou sole).

1.3.4 Dérapage du système : les crises dystrophiques

Ce phénomène peut survenir dans des milieux eutrophes, très riches en matière organique et en sels nutritifs avec des épisodes de très fortes proliférations végétales, planctoniques ou non. Cette prolifération conduit chaque matin à des périodes délicates caractérisées par de très faibles taux d'oxygène dissous (consommation nocturne). Ces fortes proliférations cessent le plus souvent brutalement et la dégradation de cette forte biomasse végétale se traduit par des phases de quasi-anoxie du milieu, bien sûr très défavorables à toute production aquacole et synonyme au mieux de retombées négatives en termes de croissance et d'état sanitaire.

Ces événements graves sont observés (crises dystrophiques) dans des milieux peu ou pas entretenus, où les sédiments organiques se sont accumulés pendant plusieurs années et où les renouvellements hydrauliques sont limités.

Ces crises surviennent lorsque tout l'oxygène dissous dans l'eau a disparu, consommé par les végétaux, les sédiments et par les bactéries aérobies décomposant les sédiments organiques (réf. 39).

On observe ainsi une mortalité soudaine de tous les organismes dépendant de l'oxygène (végétaux, animaux, bactéries). Le marais passe alors par une phase d'anaérobiose (fonctionnement sans oxygène). Des peuplements bactériens adaptés mobilisent les composés soufrés provoquant eux-mêmes l'explosion de bactéries sulfato-réductrices.

On voit alors apparaître des zones blanches, voire des "eaux blanches", caractéristiques de la présence des sulfures dans l'eau, accompagnées d'odeurs caractéristiques d'hydrogène sulfuré (marais qui "tourne"), puis des "eaux rouges", colorées par les bactéries transformant les sulfures en sulfates. Ces phénomènes visuels ou olfactifs repérables par l'observateur extérieur, constituent en fait la phase suivante de récupération du marais après sa "mort par asphyxie".



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Bassins eutrophisés, qui vont évoluer vers la crise dystrophique. Le confinement, la faible lame d'eau, l'ensoleillement et la chaleur ont favorisé l'évolution vers ces stades. Ces cycles peuvent se répéter plusieurs fois du printemps à l'automne.

1.3.5 Les voies de la valorisation de la productivité

L'homme a su très tôt exploiter la productivité biologique du marais en valorisant certaines structures du marais salant (jas¹ de marais, conches²) par la récolte de poissons et le grossissement de mollusques, ou en créant des structures spécifiques (claires³, fossés, bassins).

¹ Jas : pièce d'eau endiguée qui alimente le marais salant.

² Conche : baie ou golfe

³ Claire : bassin en terre dédié aux cultures de coquillages en marais (entreposage et affinage d'huîtres et de moules)

Ces productions s'appuient sur :

- l'exploitation des masses d'eau
 - en utilisant directement la productivité primaire (microalgues) pour l'élevage des mollusques bivalves,
 - ou en utilisant les producteurs secondaires planctoniques (zooplancton..) lors des essais de prégrossissement d'alevins de poissons (bar, daurade, civelle),
- l'exploitation des ressources benthiques et pélagiques dans le cas des élevages d'animaux carnivores (poissons, crevettes).

Les différents rendements d'élevage observés en routine dans les claires et bassins aquacoles de Charente-Maritime sont rassemblés dans le tableau suivant. On remarque que les rendements de ces élevages extensifs⁴ varient environ d'un facteur 10 selon que l'on exploite la productivité primaire (élevage de mollusques) ou que l'on exploite des maillons plus élevés de la chaîne trophique.

Résumé des différents systèmes extensifs de production en marais salé

Type de culture	Espèce-cible	Rendement annuel brut maximal	Source principale de nourriture
Mollusques	Palourde Huître <i>gigas</i> (pousse)	3 t/ha (an 1) 2 t/ha	Phytoplancton et phytobenthos
Poissons	Fossé à poissons Anguilllette (expérimental)	200 kg/ ha (estimation) 100 à 200 kg /ha	Proies planctoniques aux petits poissons
Crustacés	Crevette Impériale	250 à 400 kg/ha	Zoobenthos

Pour mieux utiliser les différentes proies naturelles d'un bassin, des méthodes développées empiriquement ont permis de mettre en place dans les étangs d'eau douce des pratiques harmonieuses de polyculture. Pour les marais salés européens, des systèmes similaires ont été utilisés dans les marais à poissons de Vendée (Marais d'Olonne et de la Vie), de Charente-Maritime (Seudre), de Gironde (Arcachon) et de Vénétie (valli italiennes) où des espèces herbivores et carnivores de poissons sont associées en extensif. L'association huîtres-crevettes en marais en est une version moderne.

Des systèmes plus sophistiqués dits "intégrés" sont en cours d'expérimentation (projet européen GENESIS) ou de pré-développement dans différentes régions du monde pour développer une aquaculture écologique (réf. 15), durable et responsable dans les zones côtières. Chaque élevage est pratiqué dans une structure indépendante permettant l'optimisation de la production, mais en utilisant la même eau qui s'enrichit et s'épure tout au long de la chaîne des élevages (réf. 38). Ces systèmes nécessitent d'examiner simultanément les aspects techniques, économiques et environnementaux, sans oublier les aspects sanitaires liés aux associations d'espèces.

1.4 Fonctions bio-écologiques remplies par les marais salés

Rappel de ces fonctions

De nombreuses fonctions écologiques sont habituellement reconnues aux zones humides :

- Fonctions hydrologiques
 - > Action de filtre épurateur :
 - filtre physique (dépôts de sédiments et piégeage d'éléments toxiques)
 - filtre biologique (dégradations bio-physico-chimiques)

⁴ Extensif : élevage qui ne fait appel qu'à la productivité naturelle du milieu sans recourir à un apport d'aliment, mais qui peut inclure une fertilisation (cf. 10.1.1)

> Régulation des régimes hydrologiques (absorption momentanée d'excès d'eau et restitution progressive lors des périodes de sécheresse).

- Fonctions biologiques
 - > Réservoir de biodiversité
 - > Fonction d'alimentation
 - > Fonction de reproduction
 - > Fonction d'abri, de refuge et de repos
- Fonctions climatiques (régulation des microclimats).

Toutefois toutes ces fonctions ne sont pas forcément remplies par les marais salés endigués :

Lorsque l'on considère la position géographique et les relations particulières qu'entretiennent les marais salés avec les bassins versants, il apparaît que les fonctions hydrologiques des marais salés sont plutôt majoritairement tournées vers la frange côtière.

La première fonction hydraulique que l'on peut considérer comme effective est celle de tampon physique face aux assauts de la mer (tempêtes, grandes marées) au bénéfice des zones rétro-littorales. De même, les couches argileuses plus ou moins épaisses du substrat du marais (1 à 30 m), qui présentent de faibles conductivités hydrauliques horizontales, peuvent éventuellement constituer un frein dans les échanges frontaux entre l'eau océanique et les nappes phréatiques continentales superficielles d'eau douce. Mais ces points sont à étudier et à établir au cas par cas.

Concernant les fonctions de filtres biologique et physique, ainsi que des fonctions de régulation des régimes hydrologiques, ces principes s'appliquent probablement de manière parcimonieuse, et doivent être dans tous les cas étudiés avant d'être établis.

En ce qui concerne les fonctions biologiques, un certain nombre d'entre elles sont déjà bien documentées concernant la macrofaune (mammifères, oiseaux, batraciens, odonates) et la flore. C'est pour l'essentiel ce thème qui sert aujourd'hui à justifier la valeur fonctionnelle de ces territoires.

Un certain nombre de lacunes demeurent donc à combler.

Dans les chapitres suivants, nous détaillerons les compartiments aquatiques, souvent peu documentés en dehors des publications scientifiques spécialisées.

Fonctionnalités et usages de ces territoires

Les usages de production ont justifié la création de ces zones de marais salés et assuré depuis leur origine la surveillance et l'entretien régulier de ces milieux. Chaque type d'usage productif a d'ailleurs créé un paysage, un milieu avec son cortège faunistique et floristique particulier. Pendant des décennies, ces usages se sont développés en équilibre avec le système, les moyens techniques disponibles ne permettant pas de s'affranchir des contraintes particulières de ces milieux.

Depuis quelques décennies, la situation évolue pour certains de ces usages avec la modernisation des capacités techniques d'aménagement et de gestion (électrification, pompes, infrastructures de desserte, bâtiments, réaménagement des tailles des parcelles et de leurs caractéristiques) débouchant notamment sur une intensification des productions et un accroissement des dérangements fonctionnels entre les usagers.

Quelles relations existe-t-il entre tel usage du marais (ou tel acte empirique de gestion) et l'expression de telle ou telle fonction d'intérêt général ? De quels impacts l'évolution de certains usages du marais s'est-elle accompagnée ? Autant de questions qui, tant sur le plan scientifique ou technique, n'ont pas fait l'objet de nombreux travaux pour le moment.

D'autre part, avec la disparition de certains secteurs de production dans diverses régions de marais, on observe l'augmentation de parcelles abandonnées, ainsi que des marais à usage ludique ou des terrains à vocation conservatoire. Il apparaît ainsi de nouveaux "usages" dans le territoire.

Ces derniers n'ont plus de relation directe avec la surveillance et la qualité du milieu aquatique et se traduisent le plus souvent par l'arrêt des actes réguliers de gestion qui caractérisaient les anciennes démarches productives. Le même type de questionnement que dans le paragraphe précédent devrait alors être posé (impacts de ces nouveaux "usages" sur la qualité de ces milieux notamment aquatiques et leurs différentes potentialités).

On gardera néanmoins à l'esprit 2 éléments importants :

- issus d'une activité humaine, ces territoires expriment toutes leurs fonctionnalités potentielles et leur richesse dans la cohabitation d'usages et de pratiques ; ne voir ces systèmes que sous un seul angle (un usage, une fonction ou une espèce) apparaît donc comme l'erreur à éviter ;
- chaque territoire de marais salé doit être perçu dans un contexte global d'échanges avec les zones adjacentes, continentales et côtières, le lien trop souvent oublié étant l'eau dans sa dimension hydraulique, physico-chimique, mais aussi biologique.

1.4.1 Caractéristiques des milieux et de leur gestion et leurs fonctions d'habitat

Les particularités physiques et chimiques des zones de marais salés dépendent, pour partie, de celles des réservoirs hydrologiques qui les alimentent. Les spécificités des marais vont être conditionnées par la qualité et la stabilité de ces réservoirs et aussi par l'ampleur et la fréquence des renouvellements d'eau (eau douce et eau salée), ces derniers dépendant le plus souvent de décisions humaines.

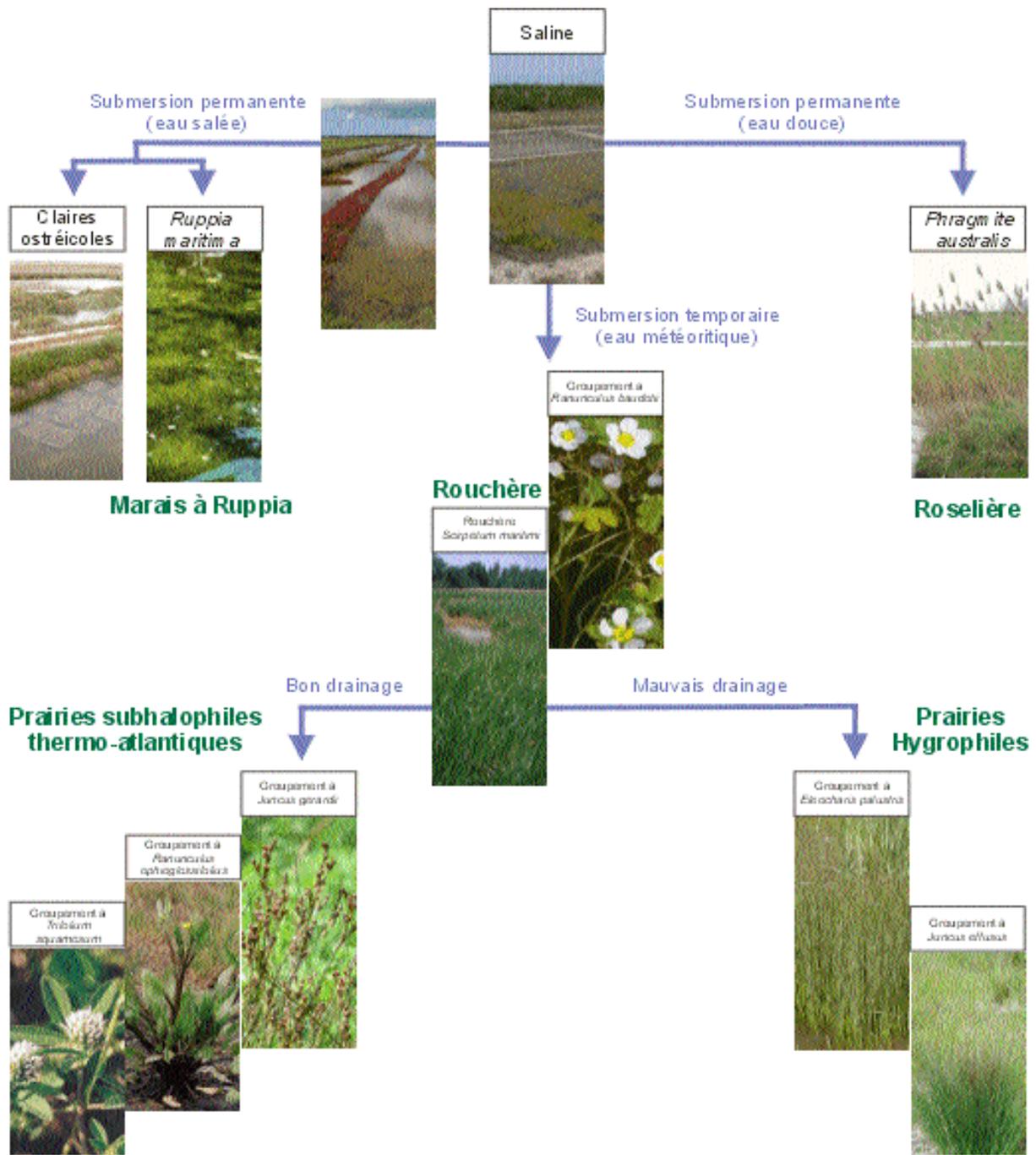
La gestion de l'eau des marais aquacoles diffère selon l'espèce élevée et le degré d'intensification. La consommation d'eau journalière par m² de marais en eau (l/m²/jour), incluant toutes les réserves nécessaires à l'élevage, varie de 13 pour un marais à poissons extensif à 28 pour un élevage semi-extensif crevettes, 80 pour une claire à huîtres et de l'ordre de 300 pour des élevages intensifs (réf. 35).

Outre la gestion des renouvellements d'eau, le deuxième élément à prendre en compte dans la vitesse de colonisation d'un marais par le benthos est la qualité de son sédiment. Si un assec assez bref restitue rapidement (quelques mois) une certaine fluidité du sédiment de surface, il n'en est pas de même lors du réaménagement d'un bassin à des fins aquacoles. Le curage et le surcreusement éliminent généralement la totalité des sédiments récents et n'offrent plus à la colonisation qu'un sédiment "fossile", très compact. Sur un tel sédiment, la colonisation sera beaucoup plus lente et demandera au moins 18 mois (MARTIN J.L., com. pers.)

1.4.2 Nature et abondance des peuplements

La faune des marais maritimes associe des espèces typiques de la lagune eurytherme euryhaline (réf. 47, LEE dans réf. 53) à celles des biocénoses à sédiment très pollué (réf. 28). Cette faune macro-benthique est caractérisée par une faible diversité et la dominance d'un très petit nombre d'espèces : *Cereus pedunculatus*, *Nereis diversicolor*, *Abra ovata*, *Cerastoderma glaucum*, *Hydrobia ventrosa*, *Microdeutopus grillotalpa* et *Corophium insidiosum*.

Elle est composée d'espèces d'origine marine dont l'installation n'est que temporaire, d'espèces autochtones capables de se reproduire dans ce milieu et de larves de Chironomes et de Diptères dont la présence n'est liée ni à la gestion ni à la qualité du milieu. L'abondance de ces peuplements varie d'un bassin à l'autre avec un rapport des densités moyennes du peuplement le plus abondant au peuplement le moins abondant qui peut atteindre 19,5 et un rapport des biomasses qui approche 9,1 (réf. 55).



Evolution paysagère et des peuplements végétaux des salines abandonnées au profit d'autres usages (L. Anras, d'après Baudet et Coll., 1987).

1.4.3 Origine et structure des peuplements aquatiques

Les peuplements benthiques des marais se trouvent générés ou régénérés par deux types de 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. La variabilité et la faible diversité des peuplements installés sont la conséquence du rôle sélectif des conditions du milieu. On suppose que le confinement (réf. 29) met en place un ensemble de gradients chimiques et biochimiques, orientés dans l'espace et dans le temps, le long desquels se structurent les peuplements : la structure des peuplements est liée en grande partie à la topographie des marais (renouvellement d'eau et confinement) et à la nature du substrat (granulométrie) ainsi qu'à sa compacité.

Les renouvellements d'eau sont donc fortement responsables de la biodiversité observée dans ces milieux en déterminant les fenêtres temporelles qui permettent l'entrée et la colonisation d'espèces en provenance de la zone côtière. On peut raisonnablement admettre l'existence d'un gradient de confinement lié à la distance du site par rapport au littoral ou à l'apport d'eau douce (réf. 28, réf. 29 ; réf. 58), gradient permettant ou freinant l'installation des formes de dissémination des espèces d'origine



Gauche : *Cereus pedunculatus*, une petite anémone qui peut pulluler dans le fond des bassins ostréicoles. Droite : *Hydrobia ventrosa*, un petit gastéropode très présent dans les marais salés.

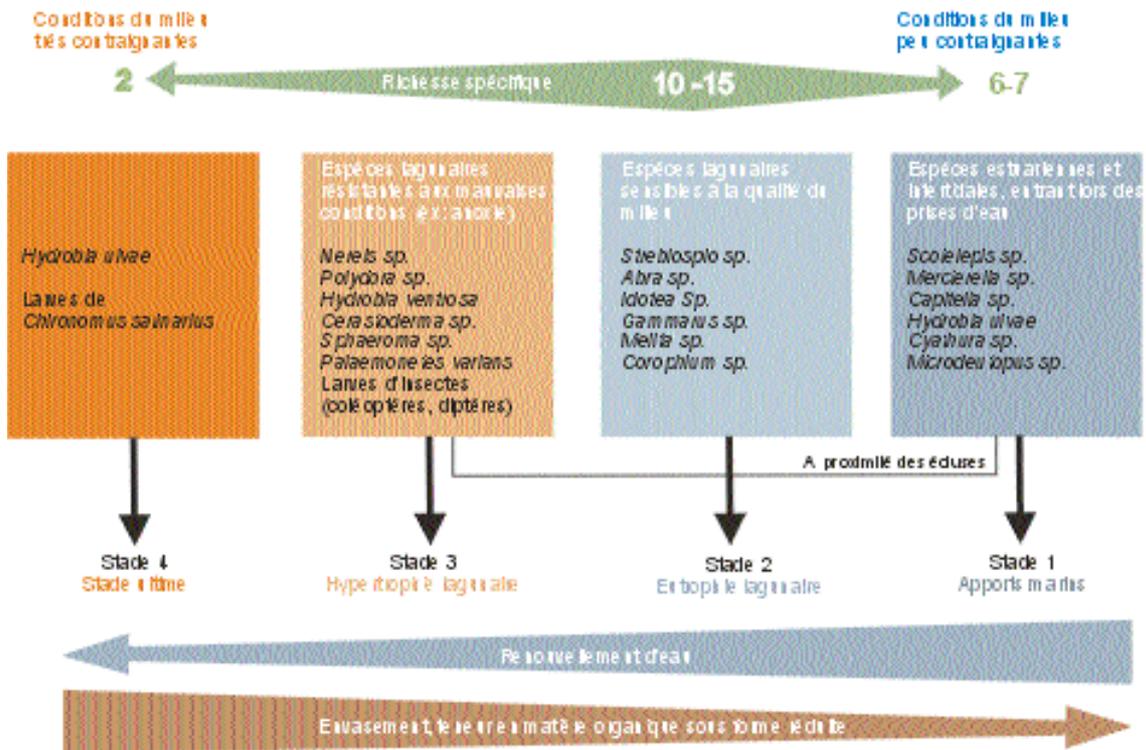
marine. Lors des remises en eau, la rapidité de recolonisation des bassins souligne le rôle important joué par les volumes d'eau non exploités, les canaux d'alimentation et les réserves qui agissent comme des réservoirs abritant une faune sédentaire capable de disséminer des œufs et des larves au gré des échanges d'eau déterminés par la gestion du marais. La fréquence et l'intensité de ces mouvements d'eau sont non seulement les vecteurs de dissémination des œufs et larves des formes sédentarisées mais permettent aussi le captage des formes de dissémination des espèces marines côtières.

Dans les bassins à forte salinité estivale (>à 35 g/l), une sélection s'opère sur un petit nombre d'espèces. Cette sélection en modifiant les équilibres quantitatifs du peuplement aboutit à la mise en place de faciès caractérisés par l'exubérance d'une ou d'un petit nombre d'espèces (réf. 52), sans que le peuplement qualitatif de base en soit affecté.

Les faciès sont des aspects transitoires d'un peuplement particulier. Si la contrainte environnementale s'accroît, le faciès bascule vers un autre type de peuplement.

1.4.4 Les peuplements benthiques animaux

Les espèces de la faune benthique peuvent servir à déterminer le caractère plus ou moins confiné du milieu :



Source : Cemagref, LBEM Arcachon

Typologie de confinement et d'évolution des milieux en fonction des espèces animales rencontrées.

Outre la typologie de confinement ci dessus, les peuplements concernant **la macrofaune** peuvent aussi être sommairement reconnus selon l'amplitude de variation de la salinité dans le temps et dans l'espace. Selon des observations faites dans le marais Breton (réf. 4), on peut distinguer :

- **dans les bassins à forte salinité estivale (> 35)** : Dans les zones à fortes sursalures en été, une sélection s'opère sur un petit nombre d'espèces. Le protozoaire *Fabrea salina* peut ainsi abonder, des insectes peuvent aussi se maintenir : coléoptères, hétéroptères et diptères (*Ephidra riparia*).
- **dans les bassins et fossés à *Ruppia* (25 à 30)** : La macrofaune est représentée par des espèces associées aux *Ruppia* et aux algues (*Ulva*, *Enteromorpha* et *Cladophora*), et par des espèces vivant dans le sédiment.
- Dans les bassins et fossés à faible salinité (5 à 25) : Le régime d'évolution de la salinité dans le temps et dans l'espace conduit à une représentation de la faune marine et de la faune dulcicole selon toute une gamme d'intermédiaires.

Habitat / mobilité	Embranchement, Groupe	Genre et espèce
Espèces enfouies	Crustacés	<i>Cyathura carinata</i>
	Mollusques bivalves	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Abra ovata</i>
	Polychètes	<i>Nereis diversicolor</i>
	Spionidés	<i>Polydora sp.</i> , <i>Scolecopsis sp.</i>
	Cirratulidés	<i>Streblospio sp.</i>
Espèces mobiles	Poissons	<i>Anguille (Anguilla Anguilla)</i> <i>Epinoche (Gasterosteus aculeatus)</i> <i>Syngnathe (Syngnathus rostellatus)</i> <i>Mulets (Mugil spp)</i> <i>Bar (Dicentrarchus labrax)</i> <i>Daurade (Sparus aurata)</i> <i>Plie (Pleuronectes platessa)</i> <i>Flet (Platichthys flesus)</i> <i>Soles (Solea spp), etc.</i>
	Insectes hétéroptères	<i>Corizes</i>
	Crustacés	<i>Palemonetes varians</i> , <i>Carcinus maenas</i>
Espèces liées aux <i>Ruppia</i> et aux algues	Crustacés	<i>Sphaeroma hookeri</i> , <i>Idotea viridis</i>
	Mollusques	<i>Hydrobia ventrosa</i> , juvéniles de <i>Cerastoderma glaucum</i>
Espèces fixées sur support dur (vases dures, bois, roche, amas coquilliers, déchets de <i>Ruppia</i>)	Crustacés	<i>Balanus improvisus</i>
	Polychètes (motiles)	<i>Mercierella enigmatica</i>
	Actinies (motiles)	<i>Cereus pedunculatus</i> , <i>Diadumene luciae</i>
	Bryozoaires	<i>Conopeum seurati</i>

D'après Baudet et coll. (1987)

Selon leur capacité à résister à de faibles salinités, diverses espèces marines peuvent se développer : les crevettes telles que *Palemonetes varians* et l'isopode *Sphaeroma hookerii* peuvent prospérer. Cas particulier, on rencontrera dans toute cette gamme de salinité le mollusque *Hydrobia jenkinsi*, mais aussi un poisson : l'anguille, bien sûr. Par contre, disparaîtront ici les espèces caractéristiques des régimes plus marins cités ci-dessus (*Nereis*, *Idotea*, *Cerastoderma* et *Abra*).

A l'inverse, le développement des espèces plus continentales dépendra de leur capacité à tolérer la salure. Certains poissons cyprinidés sont ainsi présents. Grenouilles, crapauds et tritons utilisent le

milieu pour la reproduction, tandis que la couleuvre à collier y chasse du printemps à la fin de l'été. Chez les invertébrés ce sont pour l'essentiel des larves d'insectes (chironomes, odonates, moustiques, etc.) qui composent l'essentiel de la biodiversité, mais des gastéropodes tolérants à la dessalure sont aussi bien représentés : *Physa acuta*, *Anisus vortex*, *Limnea peregra*.

Un certain nombre d'observations comparatives sur les marais salés situés entre le marais Breton et la Seudre rendent compte d'une forte variabilité des caractéristiques des peuplements benthiques selon les bassins de marais (réf. 55).

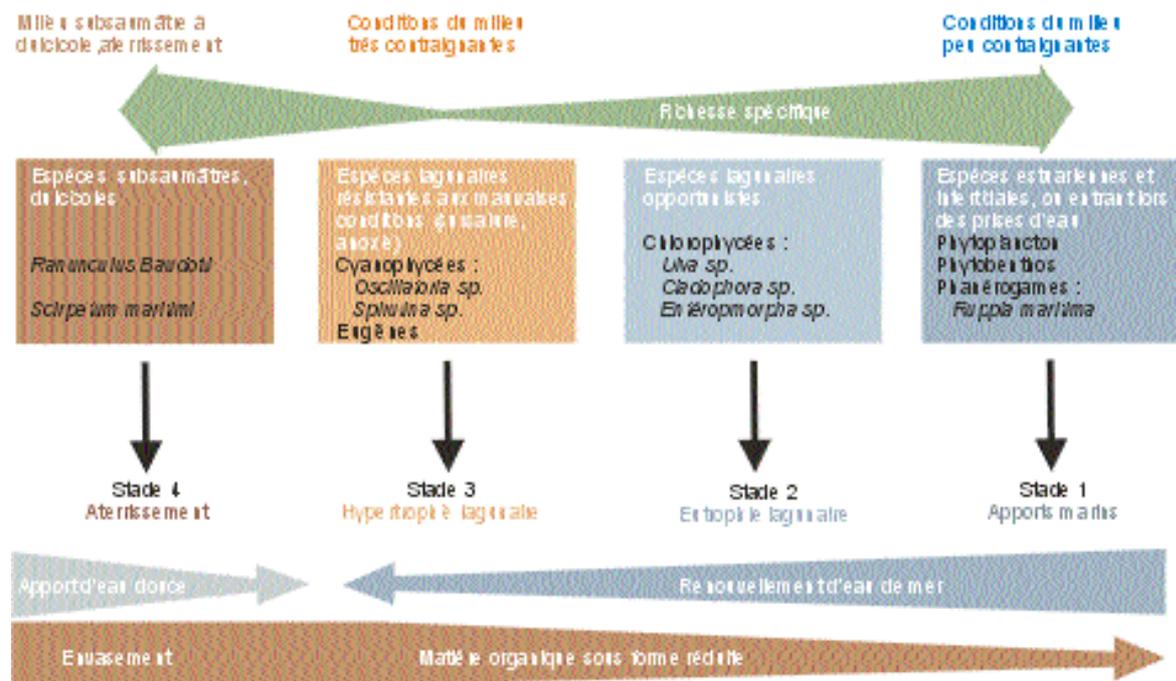
Toutefois la production secondaire des marais maritimes salés qui évolue entre 18 et 200 g/m²/an repose en grande partie sur la biomasse de deux espèces de mollusques (*Cerastoderma* et *Abra*) et de *Cereus pedunculatus*. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles établies pour la malacofaune* en étang (réf. 29). La grande différence réside dans la densité d'individus toutes espèces confondues : des densités d'environ 160 individus/m² sont rencontrées en étang, ce qui est faible, tandis que des valeurs au delà de 19000 individus/m² peuvent être atteints en marais salé (réf. 55).

Les marais salés se distinguent donc par une productivité caractérisée par des flux de renouvellement importants.

1.4.5 Les peuplements végétaux

En ce qui concerne la végétation, divers groupements végétaux permettent de caractériser un taux de confinement et de salinité, ainsi que de dépendance au milieu aquatiques ou humides. En fonction de la pression d'entretien ou de l'état d'abandon, plusieurs cas peuvent se présenter (réf. 4) :

- dans les bassins régulièrement curés et renouvelés en eau, le gestionnaire vigilant arrive souvent à se prémunir de développements d'*Ulva* et de *Cladophora* qui ne restent souvent qu'en petites quantités. L'entrée d'adultes ou de juvéniles de daurades est aussi bénéfique pour le broutage de ces algues. Toutefois elles remuent le fond et créent de la turbidité. Attention, ces poissons sont aussi redoutables pour les mollusques bivalves (jeunes huîtres, palourdes, coques, moules,...), qu'ils n'hésitent pas à croquer sur le fond, dans les mannes ou les poches à maille large.



Typologie de confinement et d'évolution des milieux en fonction des espèces végétales rencontrées.

Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques, J.P. Legardère - CREMA Houmeau

- Dans les bassins et fossés faiblement renouvelés en eau, *Cladophora* connaît d'importants développements (culs de sac envasés). Lorsque le confinement et la lame d'eau se réduit encore et que les eaux sont alors riches en matières organiques, ce sont des développements de microphytes que l'on observe sur les fonds : masses verdâtres ou noirâtres d'*Oscillatoria* et de *Spirulina*, amas rougeâtres d'euglènes et de bactéries.
- Lorsque le renouvellement n'est plus du tout effectué par le gestionnaire qui se désintéresse du bassin saumâtre, les biocœnoses vont complètement changer : le groupement à *Ruppia cirrhosa* va évoluer vers celui à *Ranunculus baudotii* (avec des variantes dans le cortège d'espèces végétales accompagnatrices). Puis, la " rouchère " (prairie humide à végétation haute) va s'installer. Le groupement à *Scirpetum maritimi* évoluera vers les diverses végétations prairiales en passant par le groupement à *Juncetum gerardii*, puis en *Ranunculo ophioglossifolii-Oenanthetum fistulosae*. Lorsque le sol se sera suffisamment élevé, il pourra évoluer vers le groupement à *Trifolio squamosi-Oenanthetum silaifoliae*.

1.4.6 Le peuplement aviaire

De nombreuses espèces d'oiseaux fréquentent les marais salés, soit durant de longues périodes de leur cycle de vie, soit sur des périodes plus brèves au cours de haltes dans leurs déplacements migratoires. Parmi ces espèces, on peut citer :

L'échasse blanche : *Himantopus himantopus*, l'avocette élégante : *Recurvirostra avosetta*, le courlis corlieu : *Numenius phaeopus*, le chevalier gambette : *Tringa totanus* ; l'aigrette garzette : *Egretta garzetta*, le héron cendré : *Ardea cinerea*, la spatule blanche : *Platalea leucorodia*, le tadorne de Belon : *Tadorna tadorna*, le grand cormoran : *Phalacrocorax carbo*, la mouette rieuse : *Larus ridibundus*, le goéland : *Larus argentatus*, le gorgebleue : *Luscinia svecica* et la linotte mélodieuse : *Carduelis cannabina*.

Les marais salés servent également de lieu de nidification à de très nombreuses espèces (réf. 45). Ainsi, une sous-espèce de gorge bleue *Luscinia svecica namnetum*, ne se rencontre que dans les marais du littoral atlantique, d'Arcachon au Morbihan. Deux petits échassiers, l'échasse blanche *Himantopus himantopus* et l'avocette *Recurvirostra avosetta*, voient l'essentiel de leur population nationale se reproduire dans des anciens marais salants des rivages atlantiques et méditerranéens. Ceci est également vrai sur la façade atlantique pour le goéland leucophé *Larus cachinnans* et dans une moindre mesure pour le chevalier gambette *Tringa totanus* et le gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus*.

La plupart d'entre elles viennent y consommer les proies animales produites par ce milieu très particulier. Ainsi le grand cormoran et le héron cendré sont des espèces piscivores capables de causer de très forts prélèvements dans les populations de poissons naturelles ou élevées du marais (réf. 42, réf. 59). D'autres espèces comme la spatule blanche et l'aigrette garzette (réf. 10) vont orienter leur prédation sur les petites espèces de poissons : gobiidés et l'épinoche : *Gasterosteus aculeatus*, et sur les crustacés décapodes comme la crevette : *Palaemonetes varians*. Enfin, d'autres encore comme le tadorne de Belon, l'avocette élégante ou l'échasse blanche utilisent des proies plus modestes (amphipodes, larves d'insectes, mollusques...) pour leur alimentation (réf. 11).

1.5 Aménagement, contraintes et incidences

La structure à créer ou préexistante (cas des marais salants) doit passer par un remodelage du paysage afin de créer les plans d'eau nécessaires aux élevages (marais à poissons, claires, pénéculture, conchyliculture...) :

- creusement des bassins ou exhaussement des digues (profondeur de 50 à 120 cm) ;
- réalisation de fonds pour la circulation des eaux ;
- reprofilage et recalibrage de la quasi-totalité des chenaux ;
- création d'écluses près de l'embouchure des chenaux ;

- création de bassins de réserve en amont des bassins d'élevage ;
- les bassins sont étudiés pour pouvoir être renouvelés aux pleines mers et vidangés aux basses mers : les niveaux intérieurs des exploitations dépendent donc des hauteurs caractéristiques de la marée du lieu considéré.

Le potentiel de renouvellement d'eau ressort comme le facteur essentiel de productivité et de sécurité de l'exploitation. Il est largement lié au degré de confinement : ici c'est l'éloignement de la première écluse de l'entrée du chenal principal et la multiplication d'écluses secondaires ou de bras ou encore de buses (franchissement de chenaux) qui déterminent la viabilité à long terme de l'exploitation.

La production reste donc intimement liée à la " maîtrise " par l'exploitant des apports nutritifs au regard de la consommation interne. On prévient l'emballement du système (dystrophie) par le renouvellement de l'eau, les assecs du sédiment et l'enlèvement des algues.

Il est parfois délicat d'apprécier l'incidence de certains changements sur le paysage mais on commence à connaître l'incidence de certains paramètres :

- les ouvrages de franchissement (type pont) doivent être privilégiés au busage et à l'endiguement qui ralentissent les flots, créent des zones de rétention ou de turbulence et fragilisent les digues ;
- la multiplication de systèmes d'écluses en créant des zones de rétention des eaux superficielles ou en limitant le potentiel de mélange des eaux engendre une dépréciation de la qualité des eaux d'entrée ;
- la lutte systématique contre les végétaux ou algues dans les bassins d'exploitation, si elle facilite la repêche, limite la qualité biologique des eaux, ce qui peut à terme ne pas se révéler bénéfique dans le cadre d'une aquaculture extensive par exemple ;
- le niveau des bassins de production n'est pas propice à l'expression d'une grande diversité aviaire. Cependant, le développement d'assecs tournants ou de bassins d'épuration voir de décantation conduit à créer des micromilieus (roselières, jonçaias, prés salés temporaires...) qui optimisent la diversité faunistique terrestre.

1.6 Menaces et atteintes

L'abandon des activités traditionnelles (ostréiculture, chasses...) ou actuelles (aquaculture semi extensive), souvent pour des problèmes de rentabilité, laisse place à :

- un atterrissement accru qui peut engendrer à terme un assèchement... ou un retour vers un système de vasière et de lagune si les édifices d'endiguement cèdent ;
- des projets industriels, immobiliers ou touristiques qui peuvent engendrer à leur tour un assèchement complet ou partiel, une destruction progressive des systèmes hydrauliques... ;
- des pollutions d'origine agricole, domestique ou industrielle qui engendrent des contraintes de production mais posent également désormais la question du maintien de la biodiversité (accumulation de polluants dans le réseau trophique : *réf. 22 ; réf. 23*) et de la qualité des produits consommés.

2. Pratiques de gestion particulières à chaque type de marais

2.1 Les marais salicoles

Note : la description de ces marais se faisant avec plusieurs appellations, des rappels entre parenthèses sont donnés en patois rétais et guérandais.

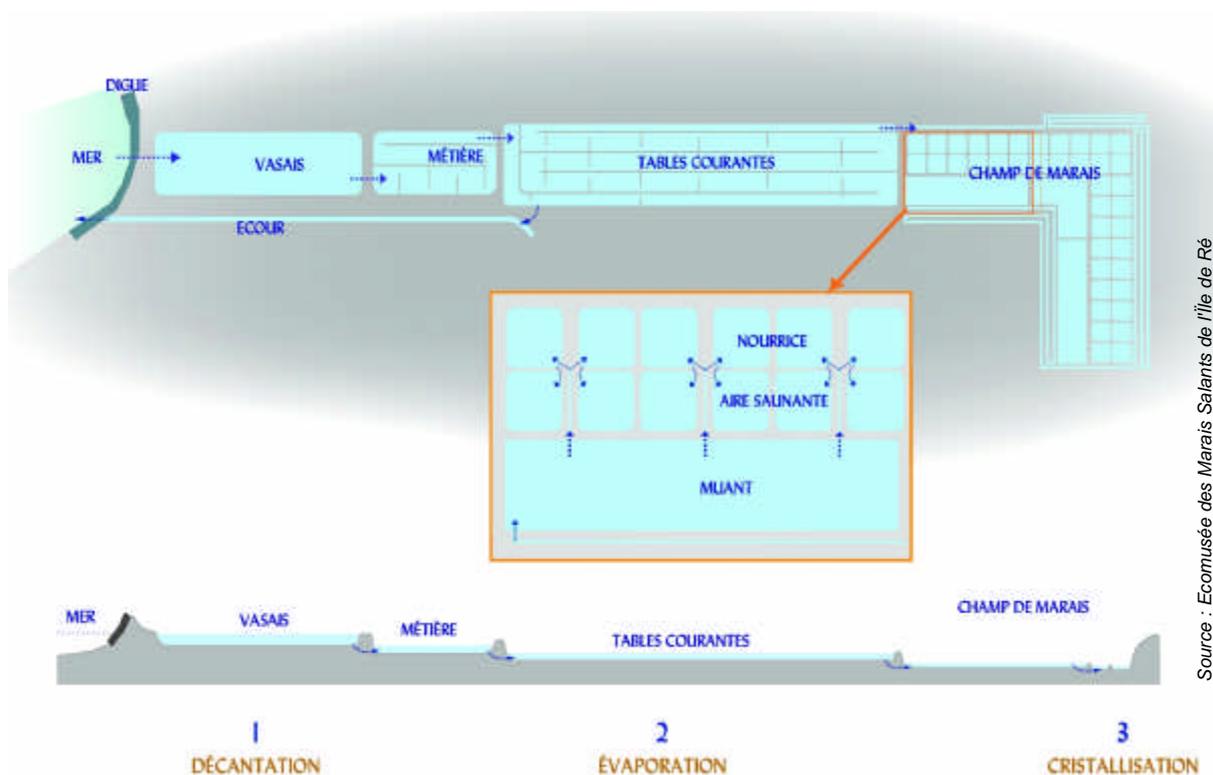
2.1.1. Physionomie et fonctionnement

Bien que possédant des physionomies différentes (*réf. 13, réf. 41*), les marais salants de l'Ouest ont des caractéristiques communes et répondent tous au même schéma de fonctionnement.

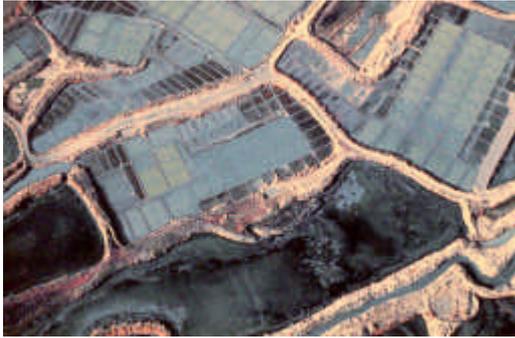
Les marées hautes de vives eaux assurent le remplissage, les marées basses de mortes eaux permettent de vider tous les bassins. Lors du creusement des bassins, il faut donc tenir compte de ces deux paramètres de hauteur d'eau propres à chaque site.

Chaque marais est divisé en trois grandes parties : le réservoir (le *vasais*, la *vasière*, le *jas*), les *vivres*, qui sont des bassins de "chauffe", et le champ de marais où s'effectue la récolte. Ces différents bassins constituent un système hydraulique complexe où la circulation de l'eau est gravitaire. Le réglage des débits d'eau demande une attention constante pour optimiser son évaporation et ainsi permettre une bonne récolte. Plusieurs unités salicoles peuvent occuper "une prise", terre gagnée sur la mer et protégée de celle-ci par une digue.

L'eau de mer est admise dans le premier bassin (le *vasais*, la *vasière*, le *jas*) soit directement, au moyen d'un ouvrage important au travers de la digue (l'*essai*), soit indirectement par l'utilisation d'un chenal dont l'ouverture est régulée par une



Détail de la structure et de la circulation pour la concentration de l'eau de mer et la production de sel dans une "prise" salicole charentaise. Note : les marais guérandais sont organisés de manière concentrique plutôt que linéaire).



Source : J. Hussenot, IFREMER

Vue aérienne infrarouge retraitée de salines de Guérande

pelle à crémaillère. Ce réservoir, qui sur une même prise peut être commun à plusieurs unités salicoles, est rempli à chaque grande marée ; l'eau va pouvoir y décanter avant son passage dans le circuit d'évaporation. Elle passe ensuite dans le deuxième bassin (la *métière*) par une conduite plus modeste (le *groumât*, le *morteau*...) où débute l'évaporation puis, par l'*amisaunné*, dans les *tables* et, enfin, par le *pertuis muant* dans le champ de marais. Ces différents bassins comportent des petites diguettes d'argile qui obligent l'eau à circuler lentement sur une grande distance. Dans ces bassins, les hauteurs de l'eau sont maintenues faibles et vont diminuer graduellement pour favoriser au maximum l'évaporation (10 cm dans les *tables* précédant le champ de marais). Dans le champ de marais, l'eau va séjourner dans les *muants*, puis passer dans les *nourrices* et enfin arriver dans les cristallisoirs où le sel pourra être récolté. Tous ces bassins demandent un entretien constant. Le réglage fin du débit de l'eau entre les différents bassins requiert un savoir-faire pour obtenir un bon rendement.

2.1.2 Itinéraire technique

Calendrier des travaux menés sur un marais salant (source B. Poitevin)

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
	Mise à l'écour	Nettoyage des bassins		Limage							
		Travaux d'entretien ou de réparation							Travaux d'entretien ou de réparation		
					Récolte sel et fleur de sel						
									Rentrée du sel (charroi)		
			Fauchage des bosses								
Mise sous l'eau des bassins										Mise sous l'eau des bassins	

Source : B. Poitevin

Depuis l'apparition des marais salants au moyen âge sur le littoral atlantique, il n'y a pas eu d'évolution notable dans les techniques de production ou l'outillage. La seule véritable innovation est l'introduction dans le marais de la brouette avec roue gonflable dans les années cinquante, puis du tracteur plus récemment qui ont permis l'abandon du portage du sel sur l'épaule, du cristallisoir au tas sur la levée.

Durant tout l'hiver, le marais est inondé. Une hauteur d'environ 30 cm d'eau recouvre les chemins (*ponts*) et diguettes pour les protéger des agents climatiques érodants (pluie, grêle...), les fonds sont ainsi protégés du gel. Mais cette protection engendre pour l'exploitant des nuisances liées au développement des algues et de la faune aquatique dans les différents bassins.



Source : Ecomusée des Marais Salants de l'île de Ré

Champ de marais inondé pendant l'hiver, pour réduire l'érosion.

L'entretien

En février-mars, tous les bassins hormis le réservoir vont être vidés (mise à l'écour) pour être nettoyés et préparés pour la saison de récolte. Les algues et la vase sont enlevées pour retrouver les fonds d'argile.

Ce travail long et pénible est réalisé seul ou en équipe suivant les régions. Il s'effectue à la main, à l'aide d'une raclette en bois (*rouable, batoué*) constitué d'un long manche (4 m environ) et d'une planchette de bois (*l'ételle*) fixée par une mortaise perpendiculairement en son milieu, au bout de ce manche. La vase argileuse est poussée au bord des bassins à l'aide du *rouable*. Elle s'égoutte et prend une consistance pâteuse après quelques heures. L'exploitant la remonte alors sur les chemins avec une pelle en bois, (*boguette, boyet, lousse à ponter*). Il l'étale ensuite délicatement afin de remonter les diguettes et les chemins leur redonnant ainsi une forme droite et régulière.



Source : Ecomusée des Marais Salants de l'île de Ré

Au printemps la remise en état des bassin d'évaporation nécessite d'enlever les algues et de curer l'excédent de vase.

Lorsque le fond du bassin est propre, un assec (une semaine environ) permet de durcir les fonds avant d'admettre de l'eau du bassin supérieur. C'est durant cette période, que les diguettes et chemins sont remis en état. Les levées entourant les bassins (les *bosses*) sont fauchées au sommet et sur les flancs pour assurer une meilleure ventilation et éviter la chute de végétaux dans les bassins durant la récolte. Cette fauche est effectuée après les périodes de nidification afin de ne pas déranger l'avifaune.



Source : Forum des Marais Atlantiques

Remise en forme du fond des cristallisoirs et des diguettes à l'aide du "Rouable", avant la mise en exploitation.

En juin, selon les conditions météorologiques, la récolte débute. Le premier sel ne sera pas récolté mais laissé au fond du bassin jusqu'à évaporation totale de l'eau. L'exploitant va alors tirer ce sel sur le fond et le mélanger à l'argile (le *limage*). Ce mélange de sel et d'argile bien lissé est ensuite durci par un assec. C'est sur ce fond que le sel sera récolté tout l'été.

La remise en état annuelle ne suffit pas toujours. Les fonds des cristallisoirs se dégradent à l'usage. Ils sont fortement sollicités durant la récolte par les mouvements d'eau très chargés de sel, ce qui occasionnent une lente érosion. Mais l'argile est aussi saturée de sels humides (sulfate de magnésium essentiellement) qui freinent l'évaporation et donc ralentissent la cristallisation.

Périodiquement, tous les vingt ou trente ans suivant la nature des fonds et des sites, l'exploitant procède à une remise à niveau (*maramage, chaussage*). Le fond du cristallisoir est labouré avec une pelle métallique (la *ferrée*) puis lavé par des passages successifs d'eau pour éliminer les sels humides. Si

un apport d'argile est nécessaire pour rétablir le niveau du fond, l'exploitant en prélève dans les muants (ou *fares*) ou sur les levées.

Le réservoir est curé tous les deux à trois ans pour lui conserver sa capacité de stockage.

La production

L'eau circule dans les bassins, s'évapore et se concentre en sel. En juin, lorsque la concentration dans les cristallisoirs atteint entre 270 et 330 grammes de sel par litre selon la température de l'eau, le sel cristallise et les grains se déposent sur le fond. L'exploitant crée des vaguelettes en poussant sur la lame d'eau avec son outil (*simousi, las*). Il décolle ainsi les grains du fond et les ramène vers le chemin. Il tire ensuite le sel en tas au bord du chemin, laisse le sel s'égoutter un peu, puis le remonte sur le chemin pour former un petit tas (*coube*). Le lendemain, le sel est porté sur les levées (*bosses, fossés*) et versé pour former un grand tas (*pilot, mulon*) qui sera rentré à la fin de la période de récolte. Le sel ainsi stocké s'égoutte. Ce tas est protégé de la pluie par une bâche. La récolte, dans des conditions favorables de soleil et de vent, s'effectue généralement tous les deux jours. La saumure est brassée quotidiennement pour activer la cristallisation.

La production de fleur de Sel

Lors des périodes prolongées de vent d'est, une cristallisation particulière s'opère. Ce vent sec permet la formation de fins cristaux qui s'agglomèrent en surface. Cette mince couche flottante est récoltée délicatement avec une *lousse* et déposée directement dans un baquet ou une brouette. Ce sel blanc de faible granulométrie est ensuite mis à sécher. Cette fleur de sel, autrefois réservée à la consommation personnelle de l'exploitant, est devenue aujourd'hui un produit à forte valeur ajoutée, systématiquement récolté. Outre l'effet de mode, son prix se justifie par la main d'œuvre importante que sa récolte nécessite et le ralentissement occasionné sur la cristallisation du gros sel sous-jacent.



Champ de marais en production

Source : Ecomusée des Marais Salinis de l'île de Ré

La restauration

Lors de la remise en fonction d'un marais abandonné ("*laissé en désert*") depuis de nombreuses années, il est possible de modifier la physionomie des bassins et la disposition des cristallisoirs. Ces gros travaux doivent être précédés d'une réflexion globale sur l'ensemble de la "prise" et sur les impacts écologiques que cela va entraîner. Notamment, des accès carrossables sont souvent envisagés pour accéder aux cristallisoirs et limiter la pénibilité liée aux transports en brouette.

2.1.3 Autre valorisation : la salicorne - cueillette et culture

L'activité de cueillette de la salicorne suppose des sources abondantes et facilement accessibles de cette plante emblématique des milieux salés. Récoltées en priorité dans les aires naturelles où elles prolifèrent (baie de Somme, avec une production estimée à 1000 tonnes), on les retrouve aussi dans les marais endigués à la limite des zones en eau (bord des bassins) ou dans des structures partiellement émergées : fonds de salines désertées, fonds de claires en friche. Le recueil et l'exploitation de ces plantes dans le marais privé se heurtent à des problèmes de droit (cueillette sur des terrains privés), des problèmes d'abondance (répartition erratique), ainsi qu'à la maîtrise des espèces et de la qualité. Malgré un regain d'intérêt pour ces plantes sauvages qui bénéficient d'un effet de mode, la récolte dans les marais charentais ne dépasserait pas les 10 tonnes.

Une expérience originale associant les centres de recherche et de développement à des professionnels est en cours en Charente-Maritime afin de développer une filière durable de culture en marais salé. Cette activité, exercée en complément des activités traditionnelles dans des zones non valorisées (bassins délaissés, bosses de marais), est développée dans un souci de prise en compte de l'environnement local et est tournée vers la qualité. Sera-t-elle demain une des composantes actives du maintien d'une activité économique dans ces milieux ?

2.1.4 Quel suivi ?

La salinité est un élément évidemment déterminant pour la production de sel. Mais il l'est aussi pour la sélection des espèces. Il faut considérer que la salure croissante des eaux le long de leur cheminement conduit à une sélection des espèces dont les successions sont connues et sans forte variation. Il est donc intéressant de suivre la fréquentation aviaire des différentes aires, qui sera symptomatique des ressources trophiques à disposition. En effet, la réserve au début du cheminement dispose d'une très bonne diversité (équivalente à une lagune), celle-ci ne nécessitant pas d'effort particulier de suivi. Le milieu est a priori accueillant pour toute la faune et la flore aquatique marine fréquentant les lagunes.

Des observations de surface sur les mouvements de poissons et sur la fréquentation par des oiseaux ichtyophages suffisent à indiquer la richesse du milieu. Cette richesse peut évidemment s'appauvrir si le renouvellement d'eau (prises) est insuffisant. La surveillance des macroalgues et des efflorescences microalgales est une nécessité pour la bonne conduite de la production de sel, mais elle est également nécessaire à la vérification de l'état de santé de la réserve et des premiers compartiments de concentration.

Ainsi, la surveillance de l'eutrophisation des premiers bassins est importante. Les forts ensoleillements associés à des faibles coefficients de marée induisant un confinement sont source de problèmes pour alimenter en eau de qualité suffisante le reste du système de concentration. L'exploitant peut ainsi être amené à vider ces bassins pour renouveler l'eau. Si le site connaît une chaleur intense et prolongée, les derniers bassins de concentration vont produire une proportion accrue de chlorure de magnésium, rendant ainsi plus délicate la récolte du sel (croute dure). Il faut alors vider le bassin et nettoyer le fond. Pour éviter cela, l'exploitant désature et rafraîchit son eau en court-circuitant une partie de son réseau hydraulique.

La surveillance de la couleur des bassins est aussi gage de leur bon fonctionnement pour la production. Les premiers bassins (*vasais*, *cobiers*) présentent des tapis de couleur verte due à certaines espèces dont des cyanobactéries. Les couleurs virent au rouge dans les cristallisoirs en raison de la présence de l'algue *Dunaliella salina*. Ces observations ne se font toutefois que durant la saison de production printanière et estivale, avec la mise en place des gradients de concentration. Ces situations disparaissent avec l'arrêt de la production et le changement de régime hydraulique en période hivernale.

2.1.5 Mesures de sauvegarde et déprise

Dans l'hypothèse où un marais salicole devrait connaître un arrêt d'exploitation prolongé, il est important que l'exploitant, tout en conservant l'intention de le réutiliser plus tard, maintienne un niveau d'eau moyen dans les bassins et évite les assecs prolongés. Il doit également éviter les mouvements d'eau rapides, qui risquent d'éroder les fonds, et veiller à éviter un dépôt trop important sur les fonds des bassins, surtout sur les champs de marais. Il est aussi impératif de ne pas creuser les fonds des bassins afin de conserver une circulation gravitaire et de ne pas endommager le bri des cristallisoirs.

Durant cette mise en sommeil, ces précautions sont compatibles avec une capacité d'accueil biologique intéressante. Le maintien des niveaux d'eau est favorable à l'accueil de l'avifaune limicole et migratrice. La gestion par ouverture régulière des premiers bassins près de la mer est intéressante pour l'accueil d'alevins d'espèces marines.

2.2. Les marais à usage ostréicole

Les principaux marais ostréicoles endigués proviennent d'une reprise des marais salants après leur abandon suite à l'arrêt de l'activité salicole. En Charente-Maritime, ils ont connu leur maximum de développement à la fin du 19^{ème} siècle avec la culture de l'huître plate dont la plus grande partie du cycle était réalisée en claire. L'élevage en mer sur des concessions, d'abord sur le sol puis en poche sur table, ainsi que la disparition de l'huître plate (*Ostrea edulis*) puis de l'huître portugaise (*Crassostrea angulata*) sont autant de facteurs qui expliquent le recul de l'utilisation du marais. Celui-ci s'est concentré principalement sur les étapes de finition : "l'affinage" et l'expédition.

Depuis quelques années, on constate cependant une politique de réappropriation du marais et de ses pratiques traditionnelles, telles que la pousse en claire ou l'affinage. Celles-ci sont associées à une remise en état de superficies importantes mais posent le problème de l'adaptation des techniques d'entretien et de gestion aux nouvelles réalités humaines (perte des savoirs et des traditions), économiques (remembrement et mécanisation) et environnementales.

2.2.1 La localisation des marais

D'une manière générale, les marais ostréicoles sont situés à proximité directe des fleuves dont les apports déterminent la typologie d'où découle le mode de valorisation. On peut schématiquement distinguer trois grandes zones ostréicoles décrites dans le tableau ci-dessous :

Position au fleuve / Conséquence	Proximité (amont de l'estuaire)	Intermédiaire (milieu de l'estuaire)	Éloignement (aval de l'estuaire, zone insulaire...)
Qualité de l'eau	Forte turbidité Forte dessalure Forte productivité primaire Risque de contamination	Valeurs intermédiaires	Faible turbidité Faible dessalure Plus faible productivité primaire Eau océanique
Conséquence	Comblement rapide Risque de mortalité des mollusques	Zone productive secondaire	Faible productivité secondaire Eau claire et algues macrophytes
Utilisation-cible	Pousse en claire Verdissement	Pousse en claire, affinage, verdissement, nurserie, expédition	Expédition

- comme on l'a vu précédemment, de la situation altimétrique du marais par rapport au niveau de mi-marée découle la capacité de renouvellement de l'eau. Cependant, la situation géographique du marais n'étant que rarement en bordure directe de la côte, l'onde de marée peut se trouver fortement atténuée lors de son passage dans l'estuaire, puis dans le chenal principal, puis secondaire, voire tertiaire menant à la prise d'eau. Il convient donc de vérifier *in situ* les caractéristiques de la marée (amortissement de l'onde de marée, décalage horaire, tenue du plein, difficulté d'assec du chenal aux forts coefficients...);
- le marais doit permettre le maintien des niveaux d'eau, qui est conditionné par la qualité des digues et des ouvrages de prise d'eau mais également par la nature du sol (présence de sable, épaisseur de l'argile);
- la présence de sources (eau douce ou hypersaline) peut contribuer à modifier les caractéristiques du marais (dessalure, présence de roselières...);
- le classement sanitaire des marais dépend généralement des sources de contamination urbaines ou agricoles situées à proximité.

2.2.2. Physionomie et fonctionnement

Les bassins d'élevage et d'affinage des huîtres sont appelés "claires". Celles-ci peuvent être insubmersibles ou submersibles (claires de sartières).



La superficie totale du marais endigué ostréicole est constituée d'eau à 50% environ. L'unité hydraulique correspond généralement à l'ancienne prise de marais salant dont les structures hydrauliques ont été refaites ou aménagées. Les claires proviennent généralement d'un réaménagement des "champs de marais salants" et des conches, alors que les réserves sont plutôt aménagées dans les anciens jas ou vasais (cf. chap. 4.1). Les prises d'eau ont généralement été refaites de façon à augmenter les capacités de renouvellement en eau du marais. L'ancienne prise de marais salant peut regrouper plusieurs exploitants qui se sont généralement équipés d'ouvrages hydrauliques indépendants. En d'autres endroits il n'existe pas d'ouvrage propre à chaque exploitant et la gestion des niveaux et des renouvellements est réalisée au niveau d'un ouvrage collectif.

Dans le cas du marais ostréicole, on remarque la présence d'un ouvrage principal de gestion au minimum (le plus souvent, une vanne à vantelle) qui peut être associé à des planches de niveaux, de façon à maintenir un niveau constant dans

le marais. Si la vanne repose sur les planches de niveau, c'est l'eau de surface du chenal qui est prélevée en priorité ; si la vanne est placée devant, l'eau qui rentre proviendra en majorité du fond du chenal. L'ouvrage est manœuvré manuellement par la personne exploitant la "prise". Cet ouvrage dessert un canal qui alimente les différentes structures hydrauliques (claires, réserves).

La gestion de l'eau de mer est individualisée à la parcelle en eau par la manœuvre des "bondes" ou "bondons" qui sont généralement garnis d'un tuyau en PVC qui fait le niveau d'eau du bassin. Dans les anciens marais, ce système peut être complété par un seuil de niveau dans la digue appelé "dérase". Certaines claires sont dites en "coupe libre" quand elles sont toutes en communication et que l'ensemble du marais est géré par la prise d'eau principale. Les manœuvres de l'ouvrage principal sont fréquentes et tributaires du coefficient de la marée (gestion des niveaux et du renouvellement) de la qualité (salinité, oxygène, propreté) de l'eau marine, plus ou moins "fraîche" selon les coefficients de marée.



Source : Forum des Marais Atlantiques

Physionomie d'un ensemble de claires ostréicoles parallèles disposant chacune d'une prise d'eau par bonde sur un fossé d'alimentation.



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Ouvrage de prise d'eau sur un étier pour desservir un ensemble de marais ostréicoles.



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Clares de sartières en déprise, en bordure de Seudre (17). Sur ces bassins en deçà de la digue et immergés aux plus forts coefficients de marée, la végétation a envahi les fonds vaseux non entretenus.

Les claires de sartières : celles-ci sont situées à proximité directe de l'estuaire ou d'un important chenal. Ce sont des bassins aménagés à l'époque du sel devant les digues des marais salants pour la production d'huîtres. Généralement de petite taille, elles disposent d'un bondon ou d'une dérâse mais comme elles ne sont pas protégées par une digue, le renouvellement se fait par le jeu naturel de marées. Lors des forts coefficients, l'eau submerge les séparations des bassins. Elles ne sont pour certaines accessibles qu'en bateau, ce qui a favorisé leur abandon aujourd'hui au profit des claires insubmersibles, accessibles plus facilement par voie terrestre. Les claires de sartières sont caractérisées par la prédominance des surfaces en eau qui représentent environ les deux-tiers de la surface totale.

Évolution de la structure du marais ostréicole : anciennement creusées et entretenues à la main, les claires avaient une dimension comprise entre 300 et 500 m². On constate actuellement, à l'occasion des travaux réalisés mécaniquement, un "remembrement" de deux ou trois unités en une seule plus grande (600 à 1500 m²) par l'enlèvement des "abotteaux" ou diguettes de séparation. Les déblais sont utilisés pour renforcer les séparations restantes de façon à pouvoir circuler avec un véhicule.

Ces bassins sont parfois mis en communication de façon à pouvoir faire circuler une embarcation pour la manutention des huîtres. L'apparition de grandes réserves d'eau de plus forte profondeur (1m à 1,5 m) pour le stockage d'eau ou d'huîtres est aussi assez fréquente à proximité des établissements d'expédition.



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Marais ostréicoles remembrés avec des aménagements carrossables, à Marennes (17)

2.2.3 Les modalités de gestion

Dans le cas des marais à usage ostréicole, trois modes de gestion correspondent à trois finalités différentes et complémentaires. On peut distinguer :

- **la pousse en claire** : il s'agit d'une opération d'élevage qui vise à produire des huîtres dont la principale caractéristique est d'avoir une ligne de pousse⁵ marquée et un indice de qualité⁶ élevé. L'éleveur recherchera à orienter la productivité de son bassin vers le phytoplancton. La configuration générale des bassins correspond à des claires traditionnelles généralement anciennes avec un fond de vase molle important (productivité maximale) et ayant une profondeur en eau au moins égale à 50 cm (limite la prolifération de macroalgues). Les cycles d'élevage incluant toujours une période chaude, l'eau des bassins doit pouvoir être renouvelée lors de chaque marée de vives eaux ;
- **l'affinage et le verdissement** : il s'agit d'une opération de finition de courte durée qui, dans le cas du verdissement, nécessite l'installation d'une microalgue benthique (diatomée) spécifique : *Haslea ostrearia*⁷. L'éleveur cherche à orienter la productivité de son bassin vers le phyto-benthos. La configuration générale des bassins correspond à des claires traditionnelles généralement anciennes, dont la hauteur d'eau ne dépasse pas 60 cm (ce qui favorise le phyto-benthos). Les cycles d'affinage se déroulent en période froide et pluvieuse et le renouvellement de l'eau des bassins est minimum afin d'éviter les variations brutales de salinité et de limiter la turbidité dans les bassins ;
- **l'expédition** : stockage avant la vente associé ou non au dégorgeage. Il s'agit d'opérations de finition de courte durée avant la vente. L'expéditeur recherche avant tout la qualité de l'eau pour une bonne propreté et salubrité des produits. Il utilisera des bassins généralement surcreusés ou des "réserves" (80 cm à 1,2 m) situés à proximité de son établissement.

A ces trois types principaux d'exploitation du marais, on peut ajouter le pré-grossissement de coquillages (huîtres, palourdes) qui se réalise généralement en structures hors-sol (nurseries) ou en paniers flottants qui exploitent la productivité naturelle des eaux du marais (claires ou réserves).



Source : L. Ames - Forum des Marais Atlantiques

Paniers d'huîtres stockés en claire pour dégorgeage avant expédition.

2.2.4 Itinéraire technique

• Pousse en claire

La préparation : à l'issue d'un cycle de production, le marais est préparé selon des protocoles empiriques propres à chaque éleveur. Il s'agit généralement d'un nettoyage du fond du bassin par enlèvement manuel des algues macrophytes ainsi que d'un ramassage des mollusques oubliés ou captés naturellement (huîtres, palourdes...). À cette occasion, les rigoles permettant l'assec complet du bassin sont entretenues à la main. Les abords du bassin (abotteau, bosses) sont entretenus de façon à dégager les accès.

La gestion hydraulique des bassins de "pousse en claire" : la remise en eau précède l'arrivée des animaux de 15 jours à un mois. L'eau du premier remplissage est généralement évacuée par les éleveurs de façon à éliminer l'excès d'azote relargué suite à l'assec. Cet excès peut entraîner un développement de phytoplancton trop important dont la sénescence rapide peut conduire à un déficit d'oxygène et à une accumulation de matière organique sur le fond due à la sédimentation des cellules mortes.

⁵ Ligne de pousse, coquille fraîchement fabriquée par le mollusque à l'occasion d'une forte période de croissance

⁶ Indice de qualité : pourcentage de chair fraîche sur le poids total, correspond plus ou moins à l'état de remplissage du mollusque.

⁷ Plus connue sous son ancien nom : *Navicula ostrearia*

Les niveaux d'eau sont généralement maxima pendant l'été, ainsi que les renouvellements qui se font à chaque période de vives-eaux (mai à septembre), avec des varangages pendant quelques jours tous les quinze jours. Lors de la dernière marée de vives-eaux, l'éleveur bloque un niveau d'eau maximal dans son marais. Au début du mois d'octobre, la période de pousse est presque terminée et la gestion des bassins s'apparente à celle des claires d'affinage à la même époque.



Source : Y. Anras ©

Réserve d'eau mise à sec pour contrer la prolifération d'algues macrophytes.

L'entretien de routine des bassins de "pousse en claire" est limité au suivi du bon fonctionnement hydraulique du marais. En cas de prolifération d'algues macrophytes, des opérations de nettoyage en eau ou à sec sont parfois nécessaires.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Période de vente Marais en eau Faible renouvellement									Période de vente		
	Période de préparation nettoyage, varangage		Assec								
				Période de croissance, gestion des élevages Marais en eau - Renouvellements important							

La gestion du cheptel en place nécessite de suivre la croissance des huîtres, et quand une pousse excessive de coquille est diagnostiquée, une opération de "brassage" des coquillages est entreprise de façon à casser le surplus de pousse de la coquille pour en maîtriser la forme et limiter les déformations.

L'éleveur peut aussi agir sur la qualité des coquillages en allégeant les densités en cours d'élevage si la prise de qualité des mollusques est insuffisante.

La productivité des bassins de "pousse en claire" : de l'avis des anciens, la maîtrise de l'élevage des huîtres mises à la pousse en claire a été fortement compliquée du fait du changement des différentes espèces, en particulier lors du passage de l'huître portugaise à l'huître japonaise dont les capacités de croissance et d'amaigrissement sont difficiles à maîtriser. La pousse d'huîtres en claire n'a pas pour objectif la recherche du rendement mais la qualité du produit (indice minimal de qualité de 12 %). Pour ce faire, les densités d'élevage sont faibles, autour de 2 huîtres par m², soit une biomasse initiale comprise entre 500 kg et 1 tonne/ha. A l'issue du cycle de production, on assiste généralement au moins à un doublement de la biomasse. La productivité nette est donc voisine d'une tonne par ha et par cycle d'élevage.

Les performances d'élevage dépendent fortement de la qualité initiale des huîtres (âge, forme, historique...), mais aussi de la claire. Il n'est malheureusement pas rare de voir des différences marquées entre les résultats d'élevage de deux claires apparemment identiques. Les caractéristiques du sédiment (épaisseur, teneur en eau, richesse en matière organique...) sont des paramètres importants pour expliquer la richesse des claires et le comportement des huîtres. La qualité du sédiment semble être influencée par les pratiques de gestion et la situation du marais dont les différentes interrelations sont actuellement étudiées⁸.

Affinage et stockage : la principale différence avec le cycle de la pousse en claire est un décalage

⁸ Programme CREEA et IFREMER à Marennes-Oléron

d'environ 5 mois : La remise en eau du marais se fait fréquemment à la première grande marée de septembre.

La préparation du marais est semblable à celle pratiquée dans le cas de la pousse en claire mais se déroule pendant la saison chaude. Dans le cas de bassins utilisés comme réserves ou pour le stockage des mollusques, l'assec se pratique habituellement pendant plusieurs mois d'été, les effets sur le durcissement du sédiment n'ayant pas de conséquences néfastes sur le stockage de l'eau ou des coquillages.

La gestion hydraulique des bassins d'affinage : les soins lors de la remise en eau sont identiques à ceux pratiqués dans le cas de la pousse en claire, mais la gestion de l'eau diffère.

Les niveaux d'eau sont généralement plus faibles et de l'ordre de 50 cm et les renouvellements par-ci-par-là. Le renouvellement peut être arrêté dans le cas du verdissement des claires ou lors des forts épisodes pluvieux associés à la baisse de la salinité dans les chenaux d'alimentation du marais. Dans ces cas-là, les ostréiculteurs ont de plus en plus recours à l'apport d'eau de forage dont la salinité est égale ou supérieure à celle de la mer.

L'entretien de routine des bassins est limité au suivi du bon fonctionnement hydraulique du marais. En cas de prolifération d'algues macrophytes, des opérations de nettoyage en eau ou à sec sont parfois nécessaires.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Période d'affinage Marais en eau Faible renouvellement									Période d'affinage			
			Marais généralement sans mollusques, généralement en eau, parfois à valanguer ou à sec				Période de préparation, nettoyage, varangage	Assec				

La productivité des bassins d'affinage : l'affinage n'est pas une étape de production mais une étape de finition d'un produit. En effet, les biomasses élevées pratiquées dans les bassins d'affinage ne permettent pas une modification importante du poids ou de l'indice de qualité. L'évolution des huîtres aux conditions de l'affinage (réf .8) est principalement fonction de la biomasse : à la densité de 5 huîtres par m², il est possible de prendre à la fois du poids et des réserves ; à la densité de 10 huîtres par m², on peut observer une augmentation des réserves et de l'indice de qualité mais une stagnation ou une diminution du poids sec. A la densité de 20 huîtres par m², la faiblesse des concentrations en chlorophylle est corrélée à des pertes de poids.

A l'époque où l'affinage est pratiqué (de septembre à janvier), les variables climatiques expliquent une part importante de la variabilité observée entre les différentes années. Une faible insolation et une plus forte température (temps pluvieux) sont corrélées à des amaigrissements marqués, voire des mortalités en claire.

2.2.5 Quel suivi ?

De façon à garantir à la fois la qualité du milieu d'élevage et la bonne santé écologique de son marais, le professionnel dispose de quelques outils simples d'emploi et largement répandus. Il devra, s'il veut limiter les variations brutales des paramètres de salinité (et dans une moindre mesure de température et d'oxygène dissous), se doter du matériel (salinomètre et oxymètre) lui permettant de réaliser lui-même les mesures *in situ*.

Afin de réaliser une surveillance efficace et ainsi anticiper les problèmes, les mesures de salinité doivent être réalisées devant la prise d'eau à différentes profondeurs mais aussi en marais. En effet, c'est

généralement une variation brutale des paramètres, plus que leur niveau absolu, qui est associée aux problèmes zootechniques rencontrés. Dans cette optique, une vidange de la claire pour un changement total de l'eau est à proscrire. Une mesure en début de période de renouvellement et une en fin de vives-eaux devraient être suffisantes hors épisode de crise.

Le coup d'œil hebdomadaire du professionnel pour surveiller les niveaux d'eau ou le démarrage des taches de *Ruppia* ou d'algues macrophytes dans les bassins paraît indispensable et peut permettre de gagner un temps précieux sur le nettoyage des bassins.

L'évaluation des stades d'assec (voir § 3.3) est possible par référence à la présence de fentes et d'un début de la cristallisation du sel. L'été, on remarque une précipitation du sel en surface du sédiment, le stade suivant correspond à un changement de couleur de la couche superficielle qui passe de gris foncé à beige et à une densification des fentes. C'est avant ce stade, où l'argile doit rester encore un peu souple sous le pas et garder légèrement la trace d'une botte, qu'il est encore temps de remettre en eau. Au-delà, le sédiment risque de ne pas retrouver sa plasticité lors de la remise en eau.

Afin de connaître les risques de désoxygénation brusques, l'évolution de la qualité de sédiment et de sa richesse en matière organique peut être appréciée par sa couleur (état d'oxydoréduction) ; une couleur noire (sulfure de fer) et un dégazage du sédiment (azote gazeux, hydrogène sulfuré, méthane) indiquent une forte charge organique associée à un déficit d'oxygène sur le sédiment et dans l'eau. Un suivi régulier de l'évolution de la vase permet de prévoir des vitesses d'accumulations sur plusieurs années qui nécessiteront ensuite une jachère ou un curage.

La perte au feu du sédiment est une technique de laboratoire simple qui permet une évaluation plus précise de la charge organique et de ses variations selon la profondeur.

2.2.6 Mesures de sauvegarde et déprise

Le maintien d'une gestion de milieu à la suite de l'interruption plus ou moins longue d'une production aquacole pose la question des objectifs qui sont ou non définis sur le site. Une préoccupation environnementale peut survivre à la déprise, certains secteurs pouvant aussi faire l'objet d'intérêts particuliers (chasse). Mais la préoccupation environnementale peut être diversement orientée en fonction des enjeux locaux : il peut s'agir aussi bien, par exemple, d'une volonté de gestion pour la prévention de risques que de la préservation de valeurs écologiques.

Pour des marais ayant connu un usage aquacole prolongé, on peut envisager des mesures de sauvegarde qui s'appuient sur une gestion hydraulique *a minima* (mais calquée sur les pratiques de production) des entrées et sorties d'eau afin de lutter contre les phénomènes d'envasement et de confinement progressif.



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Un exemple de l'état dans lequel un marais peu utilisé offre une qualité d'eau apparemment satisfaisante. Une gestion de l'eau basée sur des échanges minimum doit permettre d'entretenir quelques temps ces bassins dans un tel état.

L'orientation vers tel ou tel type de gestion conservatoire reste quant à elle subordonnée à l'acquisition de données fonctionnelles scientifiques et techniques fiables qui font le plus souvent défaut sur les espaces considérés (inventaires et dynamiques des populations).

2.3 Les marais pour l'élevage des palourdes et coques

Seule la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) a donné lieu à une exploitation commerciale d'une certaine ampleur dont le maximum de production se situe à la fin des années 1980. À cette date, la production annuelle était estimée à 300 tonnes en Charente-Maritime. Cet engouement s'est traduit à cette époque par l'afflux de jeunes qui se sont installés (Marais de Seudre et d'Oléron, Noirmoutier, Bouin, Guérande...) et qui ont réaménagé des surfaces importantes.



Source : CREA

2.3.1 Physionomie et fonctionnement

La palourde japonaise *Ruditapes philippinarum*

Le marais dévolu à l'élevage des palourdes dérive des claires ostréicoles du marais endigué dont certaines étaient à l'abandon. On peut cependant relever plusieurs spécificités :

- les palourdes tolèrent mal les faibles salinités hivernales - ce sont en majorité les marais du milieu de l'estuaire ou en aval de celui-ci qui ont été retenus comme sites d'élevage ;
- les palourdes tolèrent mal l'augmentation de salinité l'été, les fortes températures et les milieux confinés - les bassins utilisés sont des claires ostréicoles recreusées pouvant tenir un niveau d'eau d'environ 70 cm et dont les capacités de renouvellement sont importantes (renouvellement à partir d'un coefficient de marée de 70).

Comme les claires, les bassins de production de palourdes ont été réaménagés par des moyens mécaniques. A l'occasion de ces travaux, on note la disparition de l'ancien système d'alimentation en eau par "dérase" et un "remembrement" de deux ou trois petites claires en un bassin de 600 à 1500 m² par l'enlèvement des "abotteaux" ou diguettes de séparation. Les déblais sont utilisés pour renforcer les séparations restantes de façon à pouvoir circuler avec un véhicule.

La gestion de l'eau de mer est individualisée au niveau du bassin par la manœuvre des "bondes" garnies d'un tuyau en PVC qui fait le niveau d'eau du bassin. Le diamètre des tuyaux d'alimentation est généralement surdimensionné par rapport à ceux des marais ostréicoles, soit 315 mm pour une claire de 800 m².

2.3.2 Itinéraire technique

L'élevage de la palourde a pu se développer suite à l'introduction de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) par une éclosion commerciale (La Satmar en 1975). Son élevage en marais a ensuite été popularisé grâce à la technique du double filet (Peyre, 1979). L'élevage en marais s'est surtout porté sur les premières phases de l'élevage, qui sont les plus rémunératrices, à savoir le prégressissement (achat de palourdes de 2 mm ; vente à 6-8 mm) et l'élevage/vente de palourdes d'un an, soit 4 à 6 g (20 à 30 mm) à destination des élevages bretons sur estran. Cependant, les cycles complets d'élevage (2 années) sont actuellement les plus fréquents du fait de l'arrêt de la production sur estran lié à l'apparition en 1989 d'un pathogène spécifique de la palourde (vibrion P1) responsable de la maladie "des anneaux bruns", et à l'implantation de cette nouvelle espèce dans le milieu naturel (Golfe du Morbihan, Bassin d'Arcachon, lagunes vénitiennes...) qui a entraîné la chute des cours.

La gestion technique des élevages consiste :

- à placer des animaux à des densités d'élevage adaptées aux différentes tailles : ces densités jouent sur la vitesse de croissance et sont un compromis entre la rentabilité des élevages et la qualité des mollusques,
- à les soustraire de l'action des prédateurs (crabes) : les animaux sont placés soit en poche, soit sous double filet,
- à assurer une bonne qualité du milieu pour une survie et une croissance optimale.

Le cycle d'élevage complet dure au minimum deux ans. L'un des cycles les plus fréquemment adoptés est présenté dans le tableau suivant. Du fait de la reproduction contrôlée en éclosion, ce cycle peut aussi être décalé, avec un semis initial des animaux vers l'été ou l'automne.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Préparation des bassins Assec, valangage				Assec						Assec	
		Prégrossissement en poche ou petit filet			Elevage sous double filet 70 pal/m ² de bassin (poids : 4 à 6 g.)					Pêche du bassin	An 1
Elevage sous double filet de plus forte maille 30 pal/m ² de bassin (poids : 11 à 12g. 35 mm)									Pêche et vente		An 2

La gestion de l'eau correspond à un acte de gestion permanent de l'éleveur qui veille à garder un niveau maximal pendant les périodes de confinement et s'assure du bon renouvellement du marais pendant les périodes de vives-eaux. Un certain nombre d'éleveurs ont développé une stratégie particulière : ils calent une hauteur d'eau maximale dans le marais le dernier jour des vives-eaux en disposant pour cela des rehausses de niveaux sur les tuyaux d'alimentation des bassins. Ils vident le trop-plein lors du dernier jour de confinement en enlevant les rehausses, tout en veillant à faire des renouvellements parcimonieux les premiers jours de la nouvelle période de renouvellement, pour les augmenter ensuite pendant le plus fort des vives-eaux.

Le contrôle de la qualité du sédiment et des prédateurs et compétiteurs est un acte de gestion de première importance pour des mollusques fouisseurs qui sont à son contact direct. La gestion du sédiment, comme dans le cas de la pousse d'huîtres en claires, consiste à mettre le bassin à sec, ramasser les algues, nettoyer les abords du bassin et pratiquer un assec. Comme les cycles d'élevage sont de deux ans consécutifs, l'éleveur ne dispose d'aucun créneau pour réaliser un assec et doit donc jongler avec la gestion de ses stocks et de ses cycles afin d'aménager une période de repos à son bassin. L'assec est rarement de longue durée car un sédiment trop dur ne permet pas l'enfouissement des filets lors de la remise en eau et favorise la prolifération des macro-algues. Un des modes de gestion pratiqué consiste en un assec annuel léger lors du dédoublement de l'élevage à la fin du prégrossissement, et un assec printanier de plus longue durée tous les deux à trois ans. Suite à un tel assec, l'éleveur pratique l'élevage en poche en attendant que le sédiment revienne à un état permettant l'enfouissement des filets.



Source : CREAA

Mise en place de filets, semis de palourdes et enfouissement au troubleau après fermeture du filet en portefeuille.

La gestion des niveaux d'eau vise à minimiser les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau en maintenant un niveau maximal durant toute la période de confinement, ce qui limite les variations de salinité dues à la pluie et à l'évaporation ainsi que les amplitudes extrêmes de température. Celles-ci peuvent être une source de mortalité sur des animaux fragilisés (période de reproduction estivale...), mais les fortes températures estivales des bassins et probablement la moindre densité de semis au m² permettent aux palourdes élevées en claires d'être épargnées par la maladie de l'anneau brun (vibrio P1) qui décime les élevages sur estran.

Les forts taux de renouvellement et les assecs de courte durée, du fait de la succession des cycles d'élevage et de l'absence d'un assec annuel, ont pour conséquence un engorgement rapide des bassins avec une vase riche en eau et, parfois, en matière organique. Le risque de voir des compétiteurs se développer est réel, et il est fréquent de constater que des bassins souffrant d'un manque de productivité sont en fait colonisés par des coques, palourdes, abra, lavanions... dont la biomasse dans le bassin est parfois supérieure à celle des animaux élevés. De tels bassins sont parfois également envahis par un crustacé filtreur et fouisseur du genre *Upogebia* qui peut pulluler dans le milieu particulier du marais et qui, une fois installé, est particulièrement difficile à éradiquer car il survit à l'assec dans son terrier. La prolifération de ce crustacé en marais semble un phénomène nouveau dont l'avancée en marais charentais a pu être mise en évidence par l'Ifremer de la Tremblade. Ce phénomène pourrait être lié à la modification des modes de gestion du marais et à l'abandon des techniques manuelles de "raballage" et de "douage" des claires dans le cas du marais ostréicole, et à l'allongement des cycles entre les assecs dans le cas des palourdes.



Source : CREEA

Fond de bassin d'élevage colonisé par *Upogebia*

L'augmentation de la taille des bassins : les temps d'intervention (nettoyage des algues, pêche et semis) sont proportionnels à la surface des bassins, et les durées d'assec lors des interventions peuvent avoir des conséquences défavorables sur le cheptel des grands bassins. Lors de ces assecs, on remarque des mortalités ponctuelles dans les flaques d'eau dont la température en été dépasse rapidement les 45°C.



Source : CREEA

Récolte des palourdes à l'issue de leur croissance dans le système de filets.

Les techniques de dédoubleage, la productivité du marais : la palourde est l'animal qui valorise le mieux la productivité du marais, que ce soit en filtrant au niveau de la colonne d'eau ou en aspirant à l'aide de ses siphons les particules nutritives à la surface du sédiment (phyto-benthos, matériel détritique...). L'action de l'éleveur vise à maintenir la biomasse maximale compatible avec une bonne croissance. Celle-ci est d'environ 3 tonnes par hectare d'eau, et comme il est irréaliste d'ajuster en permanence la densité en fonction de la croissance des animaux, celle-ci est fixée lors des semis annuels.

Les rendements théoriques nets (biomasse finale moins biomasse initiale) sont d'environ 3 tonnes par hectare pour la première année de production (30% de la superficie d'élevage) et de 1,6 tonne par hectare pour la deuxième année (70% de la superficie d'élevage), le rendement étant handicapé par la maturation sexuelle des animaux. Le rendement théorique est supérieur à 2 tonnes par hectare et par an. Ce chiffre n'est en fait atteint que dans les bassins les plus performants et la productivité obtenue dans des claires anciennes non réaménagées est plutôt d'une tonne par hectare et par an (mortalité, bassins au repos...).

2.3.3 Quel suivi ?

Les suivis à mettre en place dans le cas des élevages de palourdes sont comparables à ceux préconisés dans le cas des marais ostréicoles. Les palourdes tolèrent moins bien que les huîtres les condi-

tions extrêmes et les variations brutales du milieu, on remarquera cependant qu'il convient d'être vigilant et d'anticiper toute évolution négative de la qualité du milieu d'élevage afin de limiter les éventuels problèmes. Un soin particulier est à apporter au suivi de la qualité du sédiment déterminant pour l'élevage de toute espèce fouisseuse. Le contrôle de la prolifération d'animaux filtreurs est aussi un point à surveiller du fait de la raréfaction des assecs de longue durée.

Comme dans le cas des élevages d'huîtres à la pousse en claire, le succès de l'élevage passe par l'absence d'algues macrophytes. Il faut un bassin au fond ancien bien oxydé avec une hauteur d'eau voisine de 70 cm et un renouvellement abondant. Ces éléments sont autant de facteurs limitant le démarrage des algues.

Les exploitants doivent se doter de matériels de suivi d'utilisation simple et fiable : réfractomètre ou salinomètre, oxymètre, thermomètre ou sonde température. En raison de la taille importante des bassins, les mesures de ces paramètres doivent être réalisées en plusieurs points de l'exploitation pour établir des comparaisons et avoir une vue d'ensemble des variations.

Un rythme journalier d'observation des sites est vivement conseillé car il permet d'anticiper de nombreux problèmes. Les mesures réalisées avec les appareils de mesure de l'oxygène dissous ou de la salinité devront être pratiquées au moins quotidiennement lors des épisodes critiques : bloom anormal, orage et grande chaleur, dessalure subite...

Des systèmes de comparaison des assecs peuvent être mis en place (photos...) et corrélés avec les données des bassins d'exploitation correspondants. Si besoin, l'appel à des laboratoires d'évaluation de la charge organique des sédiments peut être recommandé après des périodes de crises ou avant installation.

2.3.4 Mesures de sauvegarde et déprise

Pour des marais ayant longtemps connus un usage aquacole, des mesures de sauvegarde qui sont envisageables peuvent s'appuyer sur une gestion hydraulique *a minima* (mais calquée sur les pratiques de production) des entrées et sorties d'eau afin de lutter contre les phénomènes d'envasement et de confinement progressif.

2.4 Les marais pour l'élevage de la crevette impériale

La culture d'une espèce des mers chaudes, la crevette pénéide japonaise (*Marsupeneus japonicus*) ou crevette impériale, fait l'objet d'un développement encore confidentiel dans les marais de la côte atlantique avec environ 30 tonnes de production annuelle. L'élevage extensif ou semi-extensif s'est imposé depuis une quinzaine d'années car les essais d'intensification se sont traduits par des échecs techniques et économiques (Compagnie Transatlantique dans les années 70 ou la SAN à Noirmoutier à la fin des années 80, ou les essais de lâcher-recapture dans les lagunes méditerranéennes).



Source : CREAA

La crevette impériale, ou crevette japonaise (*Marsupeneus japonicus*)

L'élevage a pu se développer grâce à un effort important de transfert-développement. Celui-ci s'est porté sur les techniques d'écloserie et leur transfert (IFREMER, années 1980), ainsi que sur le développement et le transfert rapide des techniques d'élevage par les conseillers aquacoles et les centres de recherche. On se reportera pour les aspects techniques aux notes techniques de l'Ifremer⁹ ou du CREAA¹⁰.

⁹ CNEXO, 1983. La Crevette. Fiches biotechniques d'aquaculture. Ed. CNEXO, 31 p.

¹⁰ Ph. BLACHIER, 1998. La Crevette Impériale, notes techniques du CREAA, 28 p.

Cette crevette est vendue sous le nom de "Gambas" dans les marais du Médoc et de "Crevette Impériale des Marais Charentais" (marque déposée) par les producteurs de la région Poitou-Charentes.

2.4.1 Physionomie et fonctionnement

Les zones de production péneicoles sont de deux types :

- zones de productions ostréicoles diversifiées vers la crevette (anciens marais salants dimensionnés pour l'ostréiculture).
- anciennes zones de palus ou de mattes utilisées pour la pénéculture en production principale (dans ce cas, on distingue les anciens marais salants reconvertis et les terrains de mattes recreusés pour la pénéculture).

Les adaptations réalisées sont plus ou moins importantes suivant les cas : soit la structure des anciens marais salants est conservée (nombreux bassins de faible surface), soit la modification de l'exploitation est très importante (grands bassins d'exploitation de 1 ha et plus).

La forme générale des bassins est souvent conservée (pour limiter les coûts) et la modification majeure consiste à créer une profondeur globale plus importante et des "profonds" permettant une meilleure circulation des eaux lors des vidanges et des remplissages. Ces zones plus profondes peuvent également servir de refuge lors d'une dégradation des conditions du milieu et favorisent une certaine diversité des peuplements des fonds de bassins intéressants au niveau des capacités trophiques du milieu.



Source : CREAA

Physionomie d'un bassin d'élevage de crevette : surface importante, avec au moins 60 cm d'eau et des bords pentus.

Les particularités propres à ces aménagements sont les suivantes :

- les bassins d'élevage sont insubmersibles car tout débordement se traduit par une perte des animaux (fuite) ;
- les bassins sont en général assez profonds, avec une profondeur minimale de 60 cm pour limiter les variations des paramètres de l'eau (température, salinité, oxygène dissous...) ainsi que la prolifération de macroalgues ;



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Fauche d'entretien pour faciliter l'accès aux bassins.

- les bords sont à forte pente pour limiter la prédation aviaire (hérons, cormorans...) ;
- le renouvellement en eau est important et fréquent de façon à limiter les périodes de confinement lors des périodes chaudes ; il est réalisé à partir d'un coefficient 70 ;
- le système de vidange est fortement dimensionné de façon à pouvoir vider et remplir facilement les bassins pour effectuer les pêches. Le fond des bassins est en pente pour une bonne vidange, une pêche et un assec efficaces ;

- les abords des bassins doivent être facilement accessibles de façon à pouvoir effectuer un apport d'aliment sur les 4 cotés du bassin.

Les superficies des bassins de prégrossissement varient entre 300 à 900 m² et peuvent dépasser l'hectare dans le cas des bassins d'élevage (champ de claires restructuré). La taille des bassins est commandée par les impératifs techniques : facilité de préparation et de vidange pour le prégrossissement, économie d'échelle pour le nourrissage et la pêche dans le cas des bassins d'élevage.

L'équipement des bassins ne diffère pas de celui des bassins dévolus à la palourde jusqu'à des superficies unitaires de 3000 m² mais les traditionnelles bondes garnies de tuyau en PVC sont équipées d'une chaussette en maille filtrante (0,3 cm pour les bassins de prégrossissement et 1 mm pour les bassins d'élevage). Dans le cas des plus grands bassins, ces alimentations sont remplacées par des prises d'eau en PVC, métal ou béton, plus économiques. Ces ouvrages sont composés d'un "moine" muni d'une grille filtrante, de planches de niveau et d'une porte à crémaillère. Exceptionnellement, les plus grands bassins peuvent être équipés d'un ouvrage d'alimentation à une extrémité et d'un ouvrage d'évacuation à l'autre. Toutefois, les coûts de mise en œuvre ne permettent pas toujours cette disposition.

2.4.2 Itinéraire technique

2.4.2.1 Cas général

Parmi les espèces élevées en marais, la crevette pénéide (crevette d'eau chaude) est celle qui requiert le plus de technicité et de soins :

- cette espèce introduite survit à 10°C ; elle peut êtreensemencée à partir de 15°C (mois de mai) et croît rapidement pour des températures supérieures à 20°C. Au-delà de 25 °C, la pêche et l'expédition d'animaux vivants sont compromises ;
- l'élevage commence par la mise à l'eau d'animaux particulièrement fragiles de très petite taille (poids compris entre 3 et 20 mg) ;
- cette crevette est fouisseuse (le jour) ; elle est particulièrement sensible à la qualité du sédiment et c'est aussi la crevette d'élevage la plus exigeante en termes de qualité d'alimentation (forte richesse protéique, besoin d'un complément en aliment frais ou vivant).

Ces contraintes expliquent que la production de cette crevette ne représente que 5% de la production mondiale, et ce malgré un prix de vente record quant elle est vendue vivante.

Les contraintes thermiques ont naturellement limité les élevages européens en marais au sud de la Loire (un cycle estival) et ces élevages s'étendent jusqu'au sud de l'Europe (marais du Portugal et l'Andalousie), où les crevettes peuvent hiverner. Les transferts de juvéniles dans les lagunes ne sont plus pratiqués car ils sont victimes d'une prédation importante.

Dans les conditions thermiques de la France, l'élevage semi-extensif en marais est la seule alternative retenue car il permet une croissance rapide entre mai et octobre. Ce cycle est rendu possible grâce à la productivité naturelle du marais, responsable de la croissance importante qui permet la vente d'animaux de 20 g à partir du mois de d'août. La croissance est maximale dans les conditions extensives



Source : CREA

Ensemencement d'un bassin par des post-larves de crevettes .

(200 kg/ha en fin de cycle) avec un poids moyen proche de 30 g, intermédiaire dans le cas des élevages semi-extensifs (500 kg/ha) avec 22 g de poids moyen pour n'être plus que de 18 g en fin de période de croissance (début octobre) pour des rendements supérieurs à 900 kg par ha. Cette diminution des croissances avec l'augmentation des densités d'élevage limite dans l'état actuel des techniques l'intensification de la production.

On peut distinguer deux modes d'élevage :

- **L'élevage avec ensemencement direct** : le bassin est préparé pour une mise à l'eau des animaux au mois de mai (5 à 10 mg de poids moyen). La densité d'ensemencement est de 1 à 8 juvéniles par m², soit environ le double de la densité finale désirée du fait d'une survie moyenne d'environ 50%. Les vitesses de croissance sont importantes (faible densité d'ensemencement), mais les densités d'élevage sont difficilement contrôlables du fait de la variabilité des survies. L'appréciation des biomasses en élevage est difficile, ce qui complique la pratique du nourrissage.
- **Le prégrossissement suivi d'un transfert dans les bassins d'élevage** : le cycle d'élevage se déroule à la même période que pour l'ensemencement direct mais le prégrossissement est effectué dans des petits bassins spécialement préparés, à des densités initiales qui peuvent atteindre 70 juvéniles par m². Les crevettes sont pêchées à partir de 0,5 g, soit au bout de 30 à 40 jours en fonction de la densité d'élevage. Le prégrossissement permet des survies moyennes d'environ 75%¹¹.

Les crevettes sont ensemencées dans les bassins d'élevage à la densité désirée en tenant compte d'une survie moyenne de 75% environ lors du grossissement. La survie moyenne de l'élevage diffère peu de celle obtenue par ensemencement direct, le poids moyen pouvant être affecté par un léger retard de croissance lors du prégrossissement. Dans le cas des élevages pratiqués aux plus fortes densités, ce retard peut être comblé du fait de l'économie du prélèvement sur la faune benthique lors du prégrossissement¹².

Cette technique est choisie par les éleveurs qui souhaitent un bon contrôle des densités d'élevage, ou qui n'ont pas la possibilité de réaliser une préparation soignée des bassins (élevage associé avec la pousse en claire, grands bassins...). Une alternative au prégrossissement en marais consiste à prégrossir en structure hors-sol intensive et chauffée de façon à transférer les crevettes le plus tôt possible. Il est cependant difficile de prégrossir les animaux au-delà de 25 mg. Cette stratégie permet de commercialiser les premières crevettes au début du mois d'août.

La réussite technique des élevages suppose la maîtrise des survies et de la productivité du bassin.

- **La maîtrise des survies** est réalisée tout d'abord grâce au contrôle des prédateurs ou compétiteurs lors de l'ensemencement. Pour cela, l'éleveur pratique un assec total et poussé de ses bassins avant la mise à l'eau des juvéniles de crevettes. Deux semaines avant l'ensemencement, les bassins sont remplis en ayant soin de filtrer l'eau de façon à empêcher l'entrée de prédateurs (crabes, poissons...). Par la suite, les filtres sont nettoyés et entretenus et les crabes sont pêchés en continu durant toute la saison d'élevage à l'aide de casiers appâtés.



Source : CREAA

Avant la remise en eau et l'ensemencement, un contrôle des prédateurs est réalisé par un assec poussé. Des nasses sont disposées lors de la remise en eau pour collecter les crabes le long de la période de production.

¹¹ Semi-intensive nursery rearing of *Penaeus japonicus* in French atlantic coastal pond. Torremolinos ? (Blachier Hussenot et Al.)

¹² Rearing performance of *Penaeus japonicus* pre-grown in french atlantic coastal ponds Torremolinos (Creaa)

• **Le contrôle de la productivité des bassins explique les croissances et les rendements.** Ce contrôle s'effectue au niveau :

- de la gestion hydraulique du marais, de façon à maintenir une bonne qualité des paramètres physico-chimiques de l'eau. Cette gestion s'apparente à celle pratiquée dans les élevages de palourdes ;
- du travail du sédiment qui reprend les techniques et les protocoles décrits pour les élevages de palourdes avec les pratiques d'assecs et le ramassage des algues ;
- de la présence de nourriture en quantité et qualité :
 - > en choisissant un bassin naturellement productif : comme dans le cas des bassins mollusques, les bassins anciens (plus de trois ans) avec un fond meuble (15 cm), relativement riches en matière organique, correspondent à des bassins productifs ; cette production naturelle peut produire au maximum 250 kg par hectare et par an ;
 - > en entretenant une nourriture naturelle abondante : l'apport sur l'ensemble du bassin d'un aliment aquacole de type poisson d'étang, riche en matières végétales, permet à la fois d'alimenter directement les crevettes et de favoriser le développement de leurs proies ; cet apport doit être journalier et constant et réparti sur l'ensemble du bassin ; cet amendement se pratique à la fois dans le cas du prégrossissement et dans celui des élevages dont les rendements sont compris entre 250 et 500 kg par hectare ;
 - > en complément à l'aide d'un aliment nourricier : l'augmentation des densités d'élevage entraîne une raréfaction des proies naturelles qui rend nécessaire le recours à un aliment nourricier avec une forte teneur en protéines ; celui-ci est apporté en début de nuit (période d'activité des crevettes) ; il est ajusté en fonction de la biomasse en élevage et doit tenir compte de l'apport de l'aliment fertilisant ; la biomasse en élevage peut être estimée à l'aide d'une drague d'échantillonnage tirée dans le bassin.

• **La pêche.** La principale contrainte est liée aux mœurs nocturnes des crevettes et à l'impératif de les commercialiser vivantes. Les prélèvements sont réalisés la nuit, soit par pêche passive à l'aide de filets fixes (verveux), soit lors de la vidange des bassins ou en période chaude lorsque les crevettes nagent activement vers la sortie. Les crevettes sont ensuite transportées à sec puis stabulées en viviers avant leur conditionnement et leur expédition.



Source : CREAA

La pêche est réalisée ordinairement de nuit (période d'activité des crevettes), à l'aide d'une chaussette à maille fine disposée sur la bonde de vidange.

Itinéraire technique

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
		Assec (15 jours) et nettoyage	Capture des crabes à l'aide de nasses appâtées								
			Mise à l'eau des juvéniles	Prégrossissement	Elevage						
			Fertilisation et, éventuellement, alimentation								
						Pêche et commercialisation					
Affinage et/ou valangage des bassins											

2.4.2.2 Cas des marais médocains

Itinéraire technique nord-médocain (P. Lapouyade)

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
									Travail des fonds de bassins		
		Entretien général (enherbement, haies...)									
				Assec partiel (20% de l'exploitation)							
	Capture des prédateurs										
				Fertilisation							
	Assecs généraux			Mise à l'eau des post-larves			Commercialisation des gambas				
Ensemencement, répartition, purification et vente des coquillages (coques et palourdes)											

Afin de préparer au mieux la saison de production, les bassins sont entièrement vidés durant 3 à 4 semaines : c'est l'assec. Cette technique permet de se débarrasser du maximum de prédateurs alors présents dans les bassins d'élevage (crabe vert, gobies, anguilles...). Si l'assec seul ne suffit pas à s'assurer de la "propreté" des bassins, les flaques de retenue d'eau sont alors traitées au chlore et parfois à la roténone. L'assec permet également de se débarrasser du surplus de coques naturellement présentes dans les bassins.

Pour limiter au maximum l'entrée des prédateurs lors de la remise en eau et des renouvellements successifs pendant la production, une filtration est réalisée sur une maille d'1 mm.

La mise à l'eau des post-larves a lieu selon les conditions climatiques (salinité et température optimales) et d'approvisionnement entre mai et juin, à raison de 1 à 6 individus par m² de bassin.

Afin de maintenir la stabilité de la population de proies, les aquaculteurs utilisent un fertilisant sous forme de tourteaux (farines végétales, jusqu'à 60 % de protéines). Ce fertilisant, destiné à enrichir le milieu, est dispersé dans les bassins de jour à raison de 0,5 à 1,5 g/m², 5 à 6 jours par semaine. Si l'alimentation naturelle s'amenuise malgré tout, on utilise alors un aliment granulé à destination des crevettes permettant de compléter la ration alimentaire. Il est distribué de nuit, à raison de 1 g/m² maximum.

L'éradication des prédateurs se poursuit pendant toute la saison d'élevage grâce à des casiers et filets. Les crabes capturés et écrasés peuvent être redistribués aux gambas.

Les pêches ont lieu de nuit à l'aide de filets non appâtés (capéchades). Ils sont tendus dans les bassins à la tombée de la nuit et relevés le matin. Le résultat de la pêche suffit en général à assurer la vente de la journée de juillet à septembre et garantit chaque jour au client un produit fraîchement pêché. Le produit est vendu vivant sans ajout d'aucun produit conservateur. Le stockage et le dégorgeage ont lieu en viviers.

Lorsque les impératifs commerciaux nécessitent de plus grandes quantités de gambas ou que la saison se termine, la pêche se pratique par vidange à la tombée de la nuit. Le mois de novembre signe en général la fin de la saison pour cause de baisse de la température.

2.4.3 L'élevage de crevettes associé aux mollusques

2.4.3.1 Cas général : les marais Charentais

Les activités d'élevage extensives ou semi-intensives en marais souffrent d'une faible rentabilité du fait de la limitation des rendements d'élevage, qui sont en moyenne de 500 kg par ha et par an pour les crevettes et de une à deux tonnes pour les mollusques (huîtres à la pousse, palourdes). Une amélioration de la rentabilité des élevages a été rendue possible par l'association d'un élevage de crevettes et d'un élevage de mollusques dans le même bassin.

Un tel système de production permet une production de crevettes dont le rendement est comparable à celui d'un élevage mono-spécifique. On remarque cependant que le rendement d'élevage ainsi que l'indice de qualité des huîtres mises à la pousse sont améliorés de façon significative.

- **Les techniques d'élevage et la gestion du marais** : les cycles d'élevage, la préparation du marais et les modes de gestion sont ceux décrits précédemment pour chacun des élevages (§ 2.2 et 2.3). Cependant, l'association des deux élevages complique la préparation des bassins. Une des pratiques possibles consiste à la mise à l'eau des huîtres de pousse en claire en avril après une préparation soigneuse des bassins (assec et chaussette de filtration) et un transfert des crevettes prégrossies en juin à la suite d'une vidange du bassin pour s'assurer de l'absence de tout poisson.
- **La productivité des élevages associés** : dans les élevages de crevettes, les apports de fertilisants et d'aliments sont soit ingérés directement par les différents maillons de la chaîne alimentaire (crevettes ou faune benthique proie des crevettes), dont le métabolisme libère de l'ammoniac, source potentielle d'engrais pour la production primaire, soit dégradés par les bactéries pour les restes d'aliments non consommés. Cette dégradation abonde d'autant plus les produits du métabolisme des animaux du bassin. Il s'ensuit qu'une productivité primaire importante sous forme de d'efflorescence de phytoplancton ne tarde généralement pas à s'installer dans les bassins de crevettes. Cette biomasse planctonique est maximale à l'automne quand les apports d'aliments et la biomasse des crevettes sont maximaux. Cette source potentielle de nourriture pour les mollusques est aussi probablement amplifiée par la remise en suspension du phytobenthos (et du sédiment) du fait de l'activité de crevettes.



Source : CREAA

Crevettes de taille marchande, élevées en bassin.

Dans le cas de l'élevage associé, cette productivité est exploitée par les mollusques qui ne semblent pas gênés par l'importance de la turbidité liée à l'activité des crevettes puisque leur vitesse de croissance et leur indice de qualité sont significativement améliorés. Cet effet positif cesse cependant en fin de saison avec la pêche des crevettes. L'importante turbidité liée à la présence des crevettes explique aussi pourquoi ces bassins sont généralement exempts de prolifération d'algues macrophytes.

2.4.3.2 Cas du modèle médocain

Depuis 1998, les pénéculteurs installés dans les marais du Nord-Médoc ont envisagé la possibilité d'exploiter les coquillages fousseurs, sur la base de plusieurs constats :

- des coques se développent naturellement en grandes quantités dans les bassins d'élevage,
- ces dernières années, les coques notamment ont vu leur prix de vente nettement revalorisé.

Ainsi, 5 fermes aquacoles ont entrepris individuellement l'étude de zone réglementaire pour demander l'autorisation d'exploitation des coques et des palourdes sur leurs sites d'élevage. Il s'est avéré nécessaire de mettre en place, sur un circuit de purification déjà existant sur une ferme aquacole, des tests bactériologiques : en sortie des bassins d'élevage, à 24, 48 et 72 heures de purification.

L'élevage des coques et palourdes en marais maritime (Médoc) reste donc à l'heure actuelle relativement expérimental. L'exploitation des palourdes s'oriente plus à l'heure actuelle vers un affinage, c'est-à-dire une finition d'animaux pouvant servir de produit d'appel pour valoriser les coques dont la qualité est moins réputée.

La nature du sédiment des zones d'exploitation potentielles du Médoc permet un recrutement naturel très important des coques, ce qui implique de nombreux problèmes de gestion des bassins de production. Deux grandes stratégies de production peuvent être observées en fonction de la structure des exploitations :

- des zones de production de petite taille (moins d'un ha) où circule un grand volume d'eau (exploitation de 10 à 15 ha) et dont l'exploitation est similaire à la pousse d'huîtres en claire ;
- des sites de grande taille (bassins de 1 à 3 ha) où circule un grand volume d'eau (exploitation de 30 ha par exemple).

L'entretien de routine des bassins est donc souvent limité au suivi du bon fonctionnement hydraulique du marais (pas ou peu de suivi des paramètres physico-chimiques). Les actes de gestion des exploitations sont historiquement calqués sur ceux de la pénéculture puisque ce n'est que très récemment que les exploitations médocaines ont pu s'ouvrir à l'exploitation des coques. L'exploitation des coquillages sur les exploitations pénécologiques permet en fait d'optimiser les flux de phytoplancton très abondants et de valoriser des produits locaux.

Itinéraire technique nord-médocain combinant pénéculture et bivalves (P. Lapouyade)

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
										Travail de fonds de bassin	
								Entretien général (enherbement, haies..)			
					Assec partiel (20% de l'exploitation)						
		Capture des prédateurs									
					Fertilisation						
	Assecs généraux			Mise à l'eau des post-larves			Commercialisation des pénécultures				
Ensemencement, répartitions, purifications et ventes des coquillages (coques et palourdes)											

Si les phases d'assec et de travail des bassins sont similaires à celles mises en œuvre pour l'ostréiculture et la pénéculture, l'ensemencement et la récolte des coquillages sont soumis à deux impératifs :

- la purification des coquillages (les zones d'exploitation du Médoc sont classées en B) qui implique des rotations du cheptel dans des zones de purification contrôlées (bassins de décantation équipés de filtres biologiques et d'un circuit en eau fermée et purifiée par un U.V.) ;
- la gestion d'un stock naturel préexistant ou recruté sur site pendant la phase de production ; ce stock doit être suivi régulièrement et les bassins où la densité en animaux augmente de façon trop importante doivent être déstockés afin de garantir une bonne croissance et un indice de qualité suffisant des animaux.

2.4.4 Quel suivi ?

Au niveau de l'hydraulique, les suivis mis en œuvre sont identiques à ceux que l'on préconise pour les élevages de palourdes.

Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments : les risques d'eutrophisation du milieu liée à l'apport d'aliment rendent important le suivi de l'oxygène. Ce suivi ne doit en aucun cas servir de guide pour la distribution d'aliment mais peut permettre d'anticiper des chutes critiques d'oxygène liées à des conditions météorologiques défavorables (temps chaud et orageux) et sauver les animaux par une action correctrice adaptée (renouvellement d'eau neuve, arrêt de l'alimentation, aération, etc.). La mesure de l'oxygène doit s'effectuer la matin de bonne heure quand elle est minimale (idéalement au lever du jour). Le suivi de la température est également important, bien que les animaux s'accommodent de températures élevées. Toutefois, celles-ci peuvent favoriser la diminution excessive de l'oxygène dissous.



Mesure de l'oxygénation de l'eau à l'aide d'un oxy-mètre portable.

Le suivi de l'état de réduction du sédiment doit également être entrepris de façon à prévenir tout apport excessif d'aliment. Dans le cas de l'utilisation de l'aliment nourricier, l'apport d'aliment doit être recalculé de façon hebdomadaire en fonction de la biomasse des animaux (échantillonnage).

Suivi de la nourriture naturelle du benthos ; carottages : il est important de réaliser une surveillance régulière de la quantité de proies vivantes présentes dans les bassins. On utilise pour cela la technique du carottage qui permet de connaître la quantité de proies sur une surface réduite et d'extrapoler au m². On peut ainsi suivre l'évolution de la population disponible de nectobenthos (gammare...) et de benthos (néreïs, larves de chironomes...).

Les carottages peuvent se pratiquer tous les dix à quinze jours. Des observations à l'œil nu peuvent suffire, même si une loupe binoculaire apporte une aide substantielle.

Suivi des animaux élevés : un prélèvement régulier d'animaux permet de suivre leur croissance, de connaître leur population dans chaque bassin et de déterminer le début de leur commercialisation (à partir de 10 g/individu).

2.4.5 Mesure de sauvegarde et déprise

Pour des marais ayant connu un usage aquacole prolongé, on peut envisager des mesures de sauvegarde qui s'appuient sur une gestion hydraulique *a minima* (mais calquée sur les pratiques de production) des entrées et sorties d'eau afin de lutter contre les phénomènes d'envasement et de confinement progressif.

2.5 Les marais à poissons

Parmi les 26 305 ha recensés en marais endigués gérés en eau salée et saumâtre par Clément (1985) (réf. 12), un pourcentage significatif a été utilisé en fossés à poissons durant le 20^{ème} siècle. Ce pourcentage varie selon les zones. Ainsi, autour du Bassin d'Arcachon, la quasi-totalité des 1 100 ha de marais saumâtres a été dédiée à la production extensive de poissons. Pour les marais de la Seudre, c'est environ le tiers des surfaces en eau qui était classé en fossés à poissons.

Cette activité a donc fait vivre et a participé à l'entretien d'une partie significative des marais salés de la côte atlantique qui correspondaient souvent, et correspondent d'ailleurs encore assez fréquemment,

aux zones difficiles à dédier à d'autres productions (confinement, difficulté d'accès, structures très imbriquées dans le parcellaire agricole). Cet usage piscicole extensif était le plus souvent mis en œuvre dans un contexte de pluri-activités des propriétaires ou exploitants.

2.5.1 Physionomie et fonctionnement

Les bassins : la plupart des marais à poissons ont été créés à partir d'anciennes structures de marais salants. Cette reconversion s'est traduite par des adaptations plus ou moins importantes destinées à favoriser la survie sur plusieurs années de poissons (anguille, mullets, bars, daurade, flet, etc.) y pénétrant de manière naturelle.

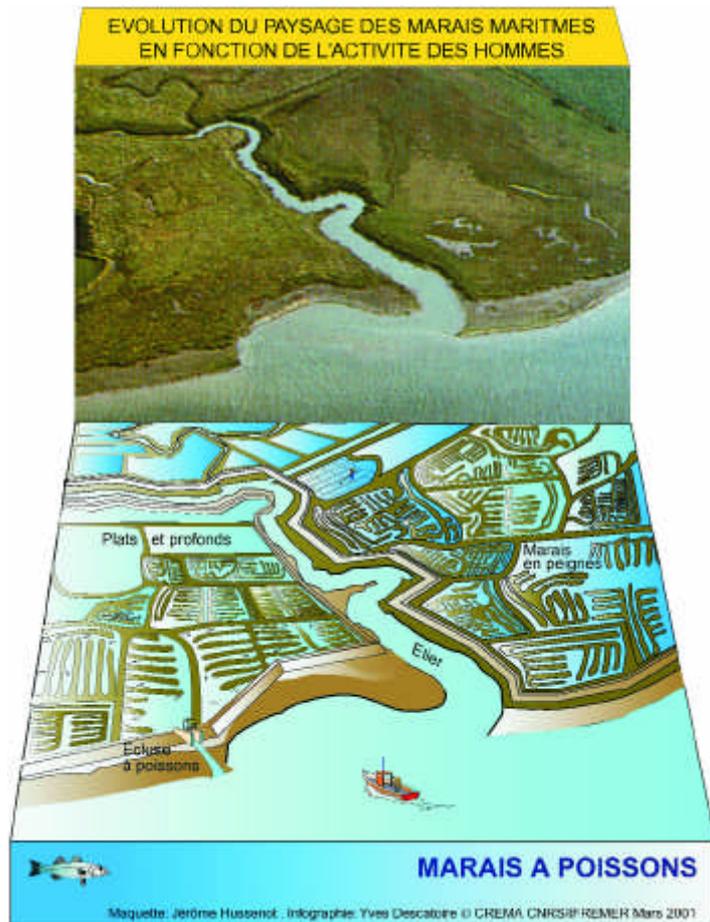
Les formes initiales des bassins ont été conservées pour éviter de trop gros travaux. Les modifications majeures ont surtout consisté en la création de zones plus profondes (la hauteur d'eau dans les salines est de quelques dizaines de centimètres). Dans ces profonds, zones potentielles de refuge, le poisson pouvait en effet bénéficier de meilleures conditions de vie lors des froids hivernaux (fosses locales pouvant être protégées des courants et du vent) ou des chaleurs estivales (réseau de fossés). Ces fossés s'étendent le long des salines, reprennent le tracé des "conches" et se poursuivent dans les réserves d'eau (vasais ou jas), elles-mêmes parfois transformées en nouveaux bassins. Ces aménagements



Source : J. Husserot - IFRIMER

Vue aérienne des fossés à poissons des marais de la Vie

conservent donc l'organisation initiale des ensembles hydrauliques (prises) tout en favorisant une diversité d'habitats pour les différentes espèces de poissons ciblées (plans d'eau peu profonds des anciennes salines, canaux permettant la circulation de l'eau et des animaux, bassins plus profonds pour l'hivernage, etc.).



A ces réaménagements s'est ajouté le morcellement progressif du foncier qui, au gré des successions, a souvent transformé la prise salicole initiale en un nombre significatif de petites structures (taille unitaire dépassant rarement l'hectare en eau). Quelques exceptions en termes de surface sont cependant à signaler, la plus manifeste étant le Domaine de Certes (315 ha, 143 ha en eau) sur le Bassin d'Arcahon, édifié en saline au milieu du 18^{ème} siècle et transformé plus tard en pisciculture.

Quelques rares réservoirs à poissons de vaste taille ont été créés directement lors de l'endiguement. Ces domaines originaux montrent des formes voisines des précédents, mais diffèrent cependant dans leur organisation générale inspirée, toutes proportions gardées, des valli italiennes.

Prises d'eau : les prises d'eau des unités salicoles ont été soit conservées telles quelles, soit reconstruites pour en améliorer le fonctionnement hydraulique. Dans tous les cas, elles sont conçues pour recevoir plusieurs dispositifs destinés à gérer de façon précise le niveau du plan d'eau, les échanges d'eau avec la mer et à contrôler/optimiser les entrées d'alevins et de juvéniles. Elles sont également pourvues de systèmes pour la capture des poissons (surtout anguilles argentées) à la sortie du marais.

2.5.2 Itinéraires techniques

N.B. Les opérations indiquées représentent des fourchettes dans lesquelles se placent les actes de gestion ; la pêche d'un marais peut durer une semaine, la durée de l'assec est très variable.

Il existe deux modes d'exploitation bien différenciés par l'espacement entre deux opérations de curage :

- un mode "cycle long" (marais à poissons du Bassin d'Arcachon, Payré Talmont, la Vie : § 2.5.2.3). Aucun curage n'est pratiqué très régulièrement, les grosses opérations nécessaires de curage n'intervenant que tous les dix à quinze ans. Entre ces interventions lourdes, la gestion est reconduite tous les ans suivant un calendrier identique. Cette gestion maintient donc le marais en production continue. L'exploitation est faite par pêche aux engins ou aux ouvrages ;



Source : L. Anras - Forum des Marais Atlantiques

Marais à poissons en peigne, sur les Olonnes.

- un mode "cycle court" (marais à poissons du Centre Atlantique : § 2.5.2.3) qui repose sur une vidange totale du marais tous les 2 ou 3 ans, vidange permettant à la fois le curage des profonds et la pêche des poissons.

2.5.2.1 Gestion de l'eau

Dans les deux modes, la gestion de l'eau est entièrement sous la dépendance des facteurs naturels :

- **suivant le cycle des marées :** le niveau moyen du marais est maintenu autant que possible à une cote voisine des hautes mers de moyen coefficient. C'est cependant l'altitude du marais qui détermine précisément les périodes et le taux de renouvellement de l'eau. En période de mortes-eaux, il n'y a aucun échange entre mer et marais. Les entrées d'eau interviennent lors des coefficients de vives-eaux, (à partir de 60 pour les marais les plus favorisés). La période de renouvellement sur un cycle lunaire peut ainsi varier de 0 à 6 jours selon le cycle et la situation du marais.
- **suivant le cycle des saisons :** en hiver, les échanges sont volontairement limités, souvent réduits à l'évacuation des eaux pluviales : le marais est alors isolé côté mer par un clapet qui permet l'évacuation des eaux. Côté marais, l'ouvrage est équipé d'une surverse qui fixe le niveau du marais et favorise l'écoulement des eaux de surface (eau douce). La vanne peut être ouverte en cas d'urgence.

Au sortir de l'hiver, des renouvellements importants aux malines¹³ de mars font souvent suite à une vidange partielle. A l'entrée d'un cycle annuel de production, cette opération favorise l'entrée d'eau neuve, de nutriments et d'organismes vivants. Par la suite, les renouvellements sont optimisés pour compenser la perte par évaporation et prélèvement par les digues et par la végétation rivulaire. Ces renouvellements étaient autrefois assurés manuellement, ils peuvent également être réalisés en équi-

¹³ Marées de vives-eaux de grand coefficient.

pant la prise d'eau d'une surverse qui laisse opérer le jeu des marées et cale le niveau d'eau recherché (évacuation du trop-plein). Des interventions ponctuelles peuvent limiter ou renforcer les mouvements d'eau ou les entrées d'alevins et juvéniles (voir gestion piscicole). En été, les renouvellements sont fréquemment limités, au moins sur un mois, par les faibles coefficients de marée.

2.5.2.2 Les opérations d'entretien

• Le curage des fossés et profonds

Le colmatage plus ou moins rapide des marais est provoqué par l'accumulation de sédiments minéraux (décantation des eaux marines, apports terrigènes par érosion des berges) et organiques (essentiellement dus aux macrophytes). Ce colmatage concerne aussi bien les plats que les fossés, mais sous l'action de la circulation de l'eau, en particulier sous l'effet du vent, une grande partie des dépôts s'accumule dans les zones les plus profondes. Les dépôts peuvent varier de quelques centimètres jusqu'à plus de vingt centimètres par an selon la situation du profond. L'intérêt de ces structures (abris pour le poisson, voies de répartition de l'eau dans le marais) s'en trouve alors peu à peu amoindri. Le retrait périodique de ces vases est donc indispensable pour préserver les habitats piscicoles du marais.

Dans le cycle court d'exploitation, le curage a lieu en même temps que la pêche lors d'une vidange totale du marais réalisée le plus souvent tous les deux ou trois ans. Il semble que cette fréquence corresponde à un compromis entre présence d'une hauteur de vase suffisante pour justifier l'opération, mais pas trop importante pour ne pas la rendre trop pénible, et piègeage/croissance des poissons. Ce curage par jet des vases sur la berge était traditionnellement fait à la main par équipes, parfois avec des pompes à eaux chargées reliées aux prises de force d'un tracteur. Ces techniques tombent en désuétude et le curage à chaque vidange est de plus en plus souvent abandonné.

On retrouve ainsi une tendance au curage mécanique plus espacé dans le temps tel qu'il peut être pratiqué sur les marais à poissons exploités en cycle long. Le retrait des vases a lieu quand le colmatage des profonds devient critique, par une intervention conduite aux engins mécaniques (pelle à godet, dragline).

• L'entretien des plats

Le phénomène de transport vers les profonds limite le comblement des zones de faible profondeur. On peut d'ailleurs, selon une méthode pratiquée dans les réserves de certains marais salants, diminuer périodiquement la lame d'eau en automne et en hiver. Les courants et l'agitation provoqués par le vent améliorent alors l'écoulement des vases vers les profonds.

L'assec, anciennement pratiqué dans les marais à poissons d'Arcachon, permettait de compacter et éventuellement d'oxyder les sédiments. Cet assec était surtout conduit en hiver, car il participait à la gestion du cheptel piscicole (concentration dans les profonds et bassins d'hivernage à l'entrée de l'hiver). Les effets sur les sédiments dépendent de la durée et des conditions climatiques. L'assec de printemps, voire d'été, est bien sûr beaucoup plus efficace, mais difficile à insérer dans un cycle de production d'une petite structure (perte d'un an de production). Pour les plus grandes structures, une compartimentation peut permettre de pallier ce problème en opérant des assecs tournants entre les diverses zones du marais (LIGNEREUX, 1986).

• Autres facettes de l'entretien des fossés à poissons : faucardage, entretien des ouvrages et des abords

- *Faucardage*

Les problèmes posés par la prolifération des végétaux et en particulier des algues ont été évoqués au chapitre 2 : effets mécaniques (ralentissement des courants et mauvaise circulation de l'eau, obstacle au rayonnement solaire, formation de zones inaccessibles aux poissons) et biologiques (consommation d'oxygène, accumulation organique).

Pour tenter de limiter ces développements, le gestionnaire peut envisager le retrait des végétaux à la main ou à l'aide de dispositifs actionnés par des treuils, mais ce procédé est d'une efficacité limitée et coûteux en main-d'œuvre.

En théorie, il est également possible de prévenir ou de limiter le développement par des pratiques de gestion. La seule que l'on puisse pratiquement envisager dans ces milieux est la mise en assec périodique (cf. paragraphe précédent). L'efficacité de l'opération dépendra bien sûr des conditions climatiques, de la durée de l'assèchement et du stade de développement des herbiers. On notera par ailleurs que l'assèchement périodique du sédiment favorise la germination des graines de *Ruppia*, végétaux favorables à la vie piscicole.

- Entretien des berges

Il faut également entretenir les berges lorsqu'elles sont occupées par la végétation arbustive (tamaris, baccharis, ronciers,...). Les anciennes haies de tamaris, souvent implantées au nord et à l'est de profonds, constituent des protections contre la propagation rapide du froid dans la masse d'eau et sont des sources non négligeables de proies tombées à l'eau et consommées par les carnivores aquatiques. Ces haies sont d'ailleurs souvent utilisées comme des éléments permettant de minimiser le dérangement des oiseaux sur les sites ouverts au public.

Deux éléments doivent cependant être soulignés. Le non-recépage périodique (10-15 ans) de ces tamaris entraîne le développement du bois mort, la prise au vent de tels arbustes risquant à terme, notamment par gros temps, de les faire basculer en arrachant une bonne partie de la berge.

D'autre part, dans ces milieux stagnants, l'importance de la courantologie (circulation des masses d'eau, même sous forme de micro-courants) est souvent essentielle pour éviter l'apparition de phénomènes d'anoxie, notamment en phase estivale. Il est donc important de maintenir un échange entre des plats mieux aérés et oxygénés et les zones profondes, ainsi qu'une circulation de l'eau au sein de ces profonds. Dans ces milieux, hors des moments de prise d'eau, le vent a un rôle majeur dans cette circulation. On évitera donc, dans le cadre de la gestion des ripisylves, de laisser s'installer des lignes continues d'arbustes face aux vents dominants (secteur ouest) et sur les deux rives d'un profond étroit. Ce sont pourtant des situations fréquemment rencontrées, notamment dans le cas de la prolifération du Baccharis.

- Autres

Outre une bonne conception des aménagements (réf. 48), la surveillance régulière des berges, des digues et des ouvrages doit permettre d'intervenir dès les premiers désordres (éboulements, terriers) et de limiter ainsi les travaux de restauration (talutage, mise en place de protection localisées, consolidation). La gestion basse des niveaux d'eau en phase hivernale permet également de réduire les effets du battillage.

2.5.2.3 La gestion du poisson

• L'alevinage

La pénétration des alevins et juvéniles de mulot et de bar a lieu principalement de mars à juillet selon les régions (réf. 26). Les entrées automnales (septembre-octobre) ne sont cependant pas à négliger



Source : Forum des Marais Atlantiques

Vidange d'un marais à poisson pour renouveler l'eau qui connaît une forte prolifération d'algues macrophytes (ulves, entéromorphes, algues filamenteuses).

avec des arrivées potentielles de juvéniles de *Mugil labrosus* (âgés d'un été) et de crevettes (*Palaemonetes varians*). Les entrées d'anguilles dans les fossés concernent une large gamme de taille (réf. 49) allant de la civelle (janvier à avril) à l'anguille de 25-30 cm âgés de plusieurs étés (mai-juin et septembre-octobre).

Cet alevinage naturel s'accommode mieux des prises d'eau à ciel ouvert, les buses PVC - en particulier celles comportant des coudes - étant synonymes de comportements d'évitement par le poisson (y compris pour l'anguille). Une gestion appropriée des mouvements d'eau permet d'optimiser cet alevinage. Le principe général est de renforcer l'attractivité de l'écluse vis-à-vis du chenal ou de l'estey par un lâcher d'eau modéré sur la fin du jusant et le début du flot. L'ouverture progressive de la vanne renforçant le courant de sortie à mesure de la marée montante permet ensuite de maintenir cet attrait jusqu'à la renverse, synonyme d'entrée d'eau et d'alevins dans le marais.

Le fonctionnement automatisé par clapet ou par surverse ne pourra jamais reproduire ce schéma et se solde donc par un moindre alevinage des structures, sauf peut-être pour l'anguille pour laquelle des fonctionnements automatisés en phase nocturne ne peuvent qu'être bénéfiques. Les techniques d'alevinage naturel diffèrent donc selon les types de prises d'eau, le mode de gestion retenu et surtout suivant l'assiduité du gestionnaire (réf. 26).

Dans le mode "cycle court", la gestion est souvent très simple : les mouvements d'eau sont libres et une surverse fixe le niveau du marais. Parfois, on entretient une légère fuite d'eau à marée basse. En général, le premier été, aucun dispositif ne restreint les mouvements du poisson ("pêche valangue"). Le deuxième été, un "langon" ou "borgnon" (cône en grillage) est placé pour permettre l'entrée de poissons et leur interdire la sortie. Le troisième été, ce piège est parfois remplacé par une grille, on estime alors que le stock est constitué et que l'entrée de nouveaux juvéniles est sans intérêt durant le dernier été avant la pêche. Les suivis réalisés tous les 2-3 ans lors de telles vidanges mettent en évidence un double rôle du fossé pour l'anguille, d'une part un lieu de croissance pour les individus rentrés sous forme de civelles et surtout d'anguillettes (15-20 cm) durant la première année du cycle de production et, d'autre part, un lieu de piégeage d'individus ayant réalisé la majeure partie de leur croissance à l'extérieur du marais. Ce phénomène explique pourquoi la pêche tous les 2-3 ans débouchait sur la capture d'individus de 100-150 g (40-45 cm) incompatibles avec la croissance annuelle moyenne dans ces milieux (7-8 cm par an).

• La gestion piscicole

Certaines pratiques étaient destinées à protéger le cheptel des aléas climatiques, en particulier du froid, et consistaient essentiellement en l'aménagement de petites zones abritées du vent par des haies et approfondies pour servir de refuge. Les plus efficaces sont les fossés atteignant les eaux tempérées de la nappe phréatique. Des interventions destinées à concentrer les poissons dans ces zones étaient parfois conduites (mise à sec des plats, fermeture provisoire des fossés).

La protection contre la prédation aviaire (couverture en filet à maille large) peut également être mise en place, en particulier en hiver dans les zones de concentration du poisson : zones d'hivernage et abords des ouvrages à la mer où les mouvements d'eau, renouvellement ou fuites provoquent fréquemment des accumulations de poissons. Le coût de la protection, pose incluse, est cependant souvent incompatible avec les retombées économiques de telles productions extensives sur de petites surfaces



Source : Forum des Marais Atlantiques

Ouvrage pour l'alevinage et la pêche des poissons situé à l'intérieur de la prise. Un cône grillagé est en place pour permettre les varangages et l'alevinage. Pour la pêche, "le marais" est mis en vidange et la nasse (posée à côté) vient remplacer la trappe de réglage.

• La pêche

L'une des caractéristique des marais exploités sur cycles courts était la pêche accompagnant le curage manuel, qui intervenait généralement tous les 2-3 ans. Après une vidange quasi-totale, la pêche manuelle ("boguet", pincés) était organisée en tâches successives le long des profonds, grâce à des diguettes transversales qui permettaient de vider progressivement le reste d'eau dans les fossés de l'amont vers l'aval. Cette pratique de curage-pêche était exigeante en main-d'œuvre : on a estimé de 5 à 13 mètres (réf. 26) la longueur de fossé traitée par homme et par jour.

Le système de tâches laissait 20 à 30 cm d'eau dans les fossés non pêchés, ce qui était suffisant pour permettre la survie des poissons pendant la durée de la pêche, qui s'étendait parfois sur une semaine. Mais la faune résiduelle non exploitée était abandonnée à sec au fur et à mesure de l'avancement de la pêche et la prédation aviaire était facilitée par les niveaux bas et causait des mortalités importantes.

Le piégeage à la vanne est une pratique générale visant essentiellement la capture des anguilles argentées qui migrent vers la mer (novembre-février). Un engin est adapté dans l'ouvrage, soit une nasse à une ou deux entrées ("bosselle", "borgne", "loue"), soit des grilles et des hausses comme dans les écluses des marais d'Arcachon. La pêche est pratiquée la nuit, par temps couvert et pluvieux en hiver. Des mouvements d'eau améliorent les résultats de la pêche : vidange partielle préalable du marais, appel d'eau entrant en fin d'après-midi, puis fort courant entraînant les anguilles dans le piège ("coulage" sur le jusant).

La pêche aux engins est, avec la pêche à l'écluse, le mode de pêche traditionnel des marais exploités en continu (cycle long). Elle a lieu pendant le printemps et l'automne, au moment des périodes de forte activité du poisson. Certains engins jugés peu productifs ont souvent été abandonnés (foëne, nasses). D'autres ont pris le relais : ce sont les filets maillants déployés dans les zones profondes pour capturer le poisson "rond" (mulets, bars) et surtout les verveux ou nasses en fil pour la capture de l'anguille jaune. On notera toutefois le caractère contraignant de tels engins en présence de crabes et ragondins (nombreuses dégradations) ainsi que l'attention particulière qui doit être portée lors de leur utilisation pour réduire leur impact sur des espèces fragiles (ex. loutres).

Le choix d'une stratégie de pêche (engin, maillage, période) doit en fait être la résultante de différents éléments (espèces et tailles ciblées, période de pêche privilégiée en fonction notamment des possibilités d'écoulement et de stockage, configuration et environnement du fossé à poissons, stratégie d'entretien retenue,...).

- Gestion sur cycle court (marais à poissons du Centre-Atlantique)

Première et deuxième année

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pas d'entrée de poissons (grille)			Circulation libre des poissons (première année) Entrée de poissons seulement (deuxième année)							idem janvier/ février / mars	
Fonctionnement hydraulique en surverse avec clapet (évacuation des eaux douces)			Mouvements d'eau partiels en fonction des marées (réglage des hausses de l'ouvrage)							idem janvier/ février / mars	
			Faucardages								

Troisième année

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pêche des profonds par ramassage manuel						Entrée de poissons seulement			idem janvier / février		
Curage manuel par jet de vase sur la berge										idem janvier / février	
		Remise en eau							Vidange lente		
Réparations prise d'eau Entretien du matériel (grilles, planches ...)										idem janvier / février	

- Gestion sur cycle long (Bassin d'Arcachon, Payré Talmont, la Vie)

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pêche par appels d'eau et piégeage dans les écluses Parcage et pêche des poissons ronds dans les zones d'abris		Entrée de poissons (mise en place d'une manche en filet) Pêche intérieure (filets droits, verveux et nasses)							Idem printemps	Idem janvier / février	
Assec partiel (parties peu profondes)						Parfois assecs partiels (liés à la chasse)				Idem janvier / février	
Fonctionnement hydraulique en surverse avec clapet (évacuation des eaux douces)		Mouvements d'eau partiels en fonction des marées								Idem janvier / février / mars	
Entretien des haies Vidange complète et curage mécanique tous les 10-15 ans		Faucardages								Idem janvier / février	

Une gestion combinant les deux modèles présentés pourrait être définie en privilégiant les pratiques compatibles avec un développement durable : protection des espèces non exploitées, définition de taux d'échappement, participation au maintien d'un bon état écologique et plus généralement contribution aux fonctionnalités essentielles des zones de marais.

2.5.3 Quel suivi ?

Dans un marais à poissons, on rencontre des espèces résistantes aux variations amples de salinité (espèces euryhalines). C'est le cas de l'anguille, du bar, de la sole, du flet, des mulets. Hormis l'anguille, la majorité des autres espèces viennent naturellement exploiter ces zones de marais salés en phase printanière et estivale et cherchent à regagner la zone côtière aux premières chutes automnales de température. Le piégeage dans les fossés à poissons oblige donc ces espèces à rester en phase hivernale dans des structures à faible inertie thermique. Des espèces comme le bar ou la dorade, nécessitant le passage de 3 à 4 hivers en marais pour atteindre une taille commerciale et sensibles aux froids même modérés (3-4°C), étaient et sont d'ailleurs toujours des espèces à production extensive aléatoire en marais.

L'attention de l'exploitant ou du gestionnaire de fossés à poissons peut se focaliser sur quelques points importants :

- surveillance de son niveau d'alevinage (suivis au niveau de sa prise d'eau lors des envois, surtout les premiers de chaque cycle de marée) avec intégration de l'importance des lâchers d'eau d'attrait sur le début du flot ;
- équipement de sa prise pour minimiser les fuites de poissons. C'est particulièrement le cas en phase estivale lors des entrées d'eau fraîche avec un attrait fort sur les poissons du fossé, entraînant leur concentration au niveau de la prise d'eau et donc leur fuite potentielle. Si, jadis, les manœuvres d'entrées étaient rarement effectuées en absence de l'exploitant (possibilité d'intervenir en cas de problème manifeste), ce n'est plus le cas dans la gestion actuelle basée sur des systèmes de clapets ou de surverses ;
- en termes de qualité du milieu, ce sont les variations brusques de salinité et de niveaux d'eau qui sont à proscrire en phase de routine. En particulier, l'exploitant ne doit pas rechercher systématiquement le renouvellement maximal de son fossé à chaque cycle de marée. Ces envois, importants sur le plan de l'alevinage lors des 2 premiers jours, doivent compenser les pertes par évaporation ;
- surveillance également de la qualité du sédiment sur les plats (oxydé/réduit ? présence de faune) et de l'état de développement des herbiers de *Ruppia* et de leur faune associée. Leur diminution, voire leur disparition, au niveau des plats est synonyme de compétition forte avec des algues filamenteuses, peu favorables à la production piscicole, et/ou de réduction significative du sédiment (asphyxie du sédiment). Dans un tel cas, l'opération d'assec en fin d'hiver apparaît indispensable pour assainir le milieu ;
- surveillance également du niveau de colmatage des profonds, le passage de la hauteur d'eau dans les profonds en dessous des 50-60 cm devant amener la décision de curage ;
- en cas de déclenchement d'une crise dystrophique, ne pas intervenir brutalement sur le système. Lorsque la crise apparaît, il est en effet trop tard pour intervenir et les mouvements d'eau intempêtes ne feraient qu'empirer les choses.

2.5.4 Mesure de sauvegarde et déprise

L'activité de cueillette raisonnée dans les fossés à poissons a longtemps permis d'entretenir et de valoriser de nombreuses zones de marais peu accessibles ou peu affectables à d'autres productions aquacoles. Son principe repose, d'une part, sur un niveau d'échanges avec l'étier (entrée d'alevins) et sur l'expression d'une chaîne trophique diversifiée dans le plan d'eau (étage zooplanctonique, faune benthique, crustacés,...) et, d'autre part, sur la réalisation d'actes réguliers de gestion (curage, assec, fauchage,...) permettant d'offrir une bonne capacité d'accueil et de croissance aux alevins introduits. Il est d'ailleurs à noter qu'un réservoir ou fossé à poissons présente généralement un faciès très diversifié associant plats et profonds, zones bien renouvelées et zones confinées. La présence au final d'un peuplement piscicole significatif est en tous cas le garant d'une qualité d'eau et de milieu (oxygénation notamment), ce qui n'est pas forcément le cas d'autres descripteurs (oiseaux exploitant le plan d'eau, végétation).

Le maintien de son type de fonctionnement et d'entretien dans le paysage du marais apparaît donc indispensable. L'avenir dira sous quelle forme la récupération du poisson par l'exploitant ou le gestionnaire pourra ne plus être une fin en soi dans certains cas. On peut en effet imaginer des gestions "classiques" se terminant chaque année à l'automne par une ouverture de la prise d'eau vers l'extérieur (exportation d'anguilles, bars, mullets, etc, produits dans le marais). On peut également imaginer l'ouverture complète du fossé sur l'étier, posant cependant des questions qui mériteraient d'être étudiées (vitesse d'envasement dans ce schéma de gestion ? productivité de ce type de milieu très renouvelé supérieure à celle du plan d'eau partiellement confiné ?). Enfin, on peut également imaginer la remise en exploitation de ces fossés par des professionnels sur de vastes surfaces, des pluri-actifs, ou pour les loisirs.

Dans tous les cas, le minimum à recommander est le maintien d'une surveillance et d'une gestion régulière de l'eau, des sédiments et du milieu aquatique renfermés dans le réservoir ou fossé à poissons. Sur le moyen et long terme, il en va du maintien de ces zones humides avec leur diversité biologique et du respect des activités voisines sur le marais et sur la côte (maintien d'une bonne qualité d'eau).

2.5.5 L'aquaculture semi-intensive en marais

De nouvelles pistes de valorisation permettent de diversifier l'offre d'exploitation et d'entretien des marais. Il s'agit le plus souvent d'un couplage entre des unités de production semi-intensives à intensives (en bassin de terre ou hors-sol) et des ensembles de canaux et bassins environnants servant au stockage et au lagunage d'eau salée. Même s'il n'est pas envisageable d'étendre ce type d'exploitation à l'ensemble d'un bassin de marais, certaines implantations pourraient se développer sur de tels modèles. De même, les systèmes aquacoles implantés actuellement peuvent bénéficier des évolutions techniques que proposent ces protocoles.

Le marais peut éventuellement tirer bénéfice d'une plus grande utilisation des bassins en terre entourant les exploitations semi-intensives, même si un équilibre doit être trouvé entre l'attractivité de ces milieux par les différentes espèces et le besoin de disposer d'eau peu chargée en macroéléments pour l'élevage, ainsi que la nécessité de restituer une eau "propre" au marais et à la mer.

Les grandes structures (exploitations du Médoc par exemple) offrent des opportunités en terme d'intégration d'activités de production en marais. Toutefois, en France, il est généralement considéré aujourd'hui que ces systèmes de production n'occuperaient qu'une faible fraction des surfaces en marais, pour des raisons juridiques (loi littoral) et de rentabilité qui demeurent très discutées.

3. Pratiques d'entretien communes aux différents types de marais

3.1 Généralités

Les marais atlantiques salés ont été créés par l'homme dans une finalité économique. Les filières mises en place (saliculture, conchyliculture, pêcheries à poissons, production de crevettes) utilisent toute la productivité naturelle des marais. Afin de garantir le succès technique de ces productions et de ces élevages et garantir leur durabilité, l'homme a développé au fil des années des pratiques d'entretien et de gestion qui visent à aboutir et à maintenir un niveau de productivité naturelle optimale pour les cultures. Dans la pratique, ces actes techniques ont pour conséquence la prise en compte de la qualité du milieu de production (qualité de l'eau et du sédiment) sans laquelle aucune production ne peut durablement exister.



Source : Forum des Marais Atlantiques

La fauche des parties émergées des marais salés reste n'est pas impérative partout pour son exploitation, mais facilite les accès et le roulage (brouettes, véhicules).

Gauche : nettoyage des hélophytes sur les abatteaux à la débroussailleuse.

Droite : fauche mécanique des abords de claire et de chemins.

On peut schématiquement considérer trois phases dans la productivité d'un bassin ou d'une claire en fonction de son âge et de la richesse de son sédiment. Une bonne façon d'estimer la richesse d'un sédiment est d'évaluer sa teneur en matière organique grâce à la mesure de sa perte au feu (réf. 32) :

- le bassin nouvellement recreusé jusqu'au bri¹⁴ est un bassin dont le fond est relativement dur (faible teneur en eau) et pauvre en matière organique (6 à 7% de perte au feu) et faiblement colonisé par la méiofaune et la macrofaune benthique. Les techniques de gestion viseront à faire monter la vase et à enrichir le sédiment. Ce type de bassin se rencontre en année 1 jusqu'en année 3 ;
- le bassin âgé productif, dont l'épaisseur de vase molle peut varier entre 15 et 25 cm avec une perte au feu comprise entre 9 et 10%. Les techniques de gestion et d'entretien viseront à conserver le niveau de vase et sa richesse ;
- le bassin eutrophe, dont le sédiment est généralement de forte épaisseur (plus de 25 cm) et riche en eau avec une perte au feu du sédiment égale ou supérieur à 12%. Les techniques de gestion viseront à diminuer la hauteur de vase et la teneur en matière organique du sédiment. Ce type de bassin se rencontre à partir de l'année 10, voire avant en cas de d'accumulation d'algues macrophytes.



Source : Forum des Marais Atlantiques

Le carottage des fonds permet de diagnostiquer l'état sédimentaire du bassin et la richesse dont il dispose ou qui devra être reconstituée par une gestion ou un entretien adapté.

En cas de richesse excessive du sédiment en matière organique, on note une demande importante en oxygène qui peut se traduire par une anoxie passagère ou de plus longue durée à proximité du sédiment. Le sédiment prend alors une couleur noire caractéristique (état de réduction). Dans certains cas, cette situation peut aboutir à la libération de composés fortement toxiques pour la vie benthique et aquatique (comme les sulfures).

3.2 Le nettoyage et la gestion des algues macrophytes

La prolifération d'algues macrophytes (chaetomorphes, entéromorphes, ulves, ...) est un frein majeur à toute production en marais. En effet, le développement très rapide de ces algues peut entraîner une couverture du bassin. A ce stade, la compétition pour les sels nutritifs mène à une disparition du phytoplancton et à l'amaigrissement des mollusques. Si le tapis d'algues n'est pas enlevé, on assiste alors à l'inévitable sénescence du bassin vers le stade dystrophe précédemment décrit (conditions anaérobies au fond du bassin).

Les moyens de contrôle :

- diminuer les supports de fixation : les algues macrophytes se fixent au départ de leur vie sur des supports solides et propres : un fond dur, la présence de pieux, tables, poches, enrochements sont autant d'éléments favorisant. Suite au curage des bassins jusqu'au bri, on constate généralement une prolifération d'algues durant les trois premières années. La gestion de fonds de



Source : Loïc Anras - Forum des Marais Atlantiques

Bassin récemment curé présentant les conditions favorables à une prolifération macroalgale : sols durs, faible tranche d'eau claire, fort éclairage et températures clémentes.

¹⁴ bri : nom local donné au sous-sol fossile de marais argileux, très dense et de couleur gris-beige déposé au "Flandrien "

bassins meubles et propres est la meilleure façon de limiter le départ des algues. Un assec trop important se traduira par un fond dur et un relargage important d'éléments nutritifs favorables au développement d'algues ;

- diminuer l'effet de la lumière : les algues captant sur le fond, une forte hauteur d'eau de préférence turbide (phytoplancton, vase en suspension) ralentira leur installation. Limiter les densités de mollusques qui filtrent le phytoplancton (une fois absent ou en quantité réduite, il laisse la place aux macrophytes) est aussi un principe de base. La bioturbation¹⁵ par les crustacés (Corophium, crevettes...) ou les poissons (mulets, daurades) crée une forte turbidité défavorable à l'installation de macrophytes ;
- limiter les sources d'éléments nutritifs : l'accumulation d'algues non ramassées sera une source potentielle d'éléments nutritifs favorable à une prolifération future ;
- limiter les excès d'aliments dans le cas d'élevage semi-intensif : l'absence d'assec et l'augmentation de la teneur en matière organique du sédiment favorisera la présence d'algues.

Il ne faut cependant pas confondre ces algues avec la *Ruppia* (la rappelle), plante à fleur qui constitue une gêne dans les bassins de production de mollusques, mais qui est recherchée dans les fossés à poissons. Son développement est en effet un moyen de contrôler la prolifération d'algues macrophytes et de limiter les crises dystrophiques. De plus, ces herbiers constituent un refuge pour les poissons et une source de nourriture, du fait de la prolifération d'organismes épibiontes (insectes, crustacés, mollusques).



Source : Loïc Anras - Forum des Marais Atlantiques

Herbier de *Ruppia* et déchets flottants dans un fossé à poissons (marais de Seudre - 17)

Le moyen de contrôle dans les bassins où la *Ruppia* n'est pas souhaitée reste l'arrachage dès la germination des graines et avant l'installation des racines. La présence de graines et de stolons supportant les assecs rend le contrôle de ces plantes problématique quand elles sont installées et peut nécessiter le recours au curage.

3.3 L'assec

Les milieux aquatiques en marais salés connaissent de fortes turbidités. Ces zones sont à la fois des sites à forte décantation des masses d'eau qui servent à les alimenter pour leur exploitation, et des zones à fortes accumulations de matière organique en raison de leur importante productivité biologique (réf. 25).

L' "assec" (réf. 54) permet :

- de bénéficier d'un recouvrement naturel par tassement et durcissement,
- de détruire les macrophytes et les compétiteurs (réf. 27),
- d'améliorer le verdissement des bassins.

L'assec peut se pratiquer à tout moment de l'année, mais les périodes les plus propices sont le printemps ou l'été.

¹⁵ bioturbation : fouissage des sédiments par les organismes

Une recherche conduite en marais maritime par le Centre de Recherche en Ecologie Marine et Aquaculture de l' Houmeau de 1990 à 1991 a permis d'établir le comportement des fonds de bassins argileux soumis à l'assec

L'assec se divise en trois périodes (réf. 24) :

- avant l'apparition des fentes de dessiccation : tassement seul qui peut atteindre 1 à 3 cm,
- apparition des fentes de dessiccation marquant un arrêt du tassement ; il se forme un premier système de craquelures en polygones de 10 à 30 cm,
- apparition des premières précipitations de halite (sel) ; il se forme alors un second système de polygones de 5 à 10 cm qui fracture le précédent.

Ces phases sont importantes pour expliquer le phénomène : les fracturations permettent une oxydation (ré-oxygénation plus ou moins complète) de la colonne de sédiment sur 5 à 15 centimètres. Ce phénomène est également facilité par la présence des terriers des organismes fouisseurs (vers, mollusques, etc.). L'apparition des premières cristallisations de sel en surface est un indicateur pour l'arrêt de l'assec car la réhumectation des sédiments est maintenue à ce stade. Les ostréiculteurs savent que les fentes se refermeront rapidement, avec retour à un sédiment relativement meuble. Mais si l'assec se prolonge au-delà, la réhumectation des sédiments argileux se fera très difficilement, et les fentes de dessiccation profondes resteront béantes en attendant que des matières en suspension viennent les combler.

D'un point de vue chimique, l'assec favorise l'ammonification de l'azote, c'est à dire la transformation en ammonium utilisable par les végétaux (phytoplancton et phytobenthos) lorsque le bassin est remis en eau, avec des "blooms" observés dès le troisième jour (réf. 24). Ces processus ne concernent toutefois que le premier millimètre de l'interface eau-sédiment. Une grande partie du stock du sédiment reste peu touchée. L'ammonification se maintient longtemps après la submersion, bien que les relargages soient tamponnés par l'équilibre qui s'instaure entre nitrification et dénitrification au sein de l'interface eau-sédiment.

Interprétation :

L'assec est un phénomène bénéfique pour le bassin : les espèces benthiques qui le fréquentent sont des organismes colonisateurs qui y effectuent tout ou partie de leur cycle de vie. L'assec rajeunit le système en permettant à de nouveaux flux larvaires de s'exprimer. Le bassin en "humeur" (réf. 27) favorise la réinstallation de la faune et de la flore benthique, permettant ainsi la mise en place des huîtres pour un nouveau cycle d'élevage dans les quinze jours qui suivent la remise en eau (réf. 24). Des bassin "anciens" peuvent voir l'installation et la dominance de certains hôtes : macroalgues (ulves et entéromorphes,...) qui vont générer des cycles de crises dystrophiques, des anémones qui vont être les prédateurs de la microfaune et méiofaune, etc.

En terme de capacité d'accueil, un sédiment ferme qui a séché trop longtemps est peu accueillant pour les espèces endogées et la méiofaune. Au contraire, un assec mené de telle sorte que la réhumectation permette la fermeture des fentes garantit un sédiment plus accueillant présentant les propriétés de stimulation et de fertilisation attendues pour la production de microalgues.



Source : Loïc Anras - Forum des Marais Atlantiques

Réhumectation d'un fond de claire pour permettre la fermeture des fentes de dessiccation. Un valangage est aussi réalisé pour permettre le lessivage des excédents azotés (ammonium) issus de la minéralisation de la matière organique.

3.4 Le curage et le douage

Lorsque le comblement progressif du fond d'un canal ou d'un bassin est nuisible au bon fonctionnement hydraulique et à la productivité d'un bassin, celui-ci fait l'objet d'un creusement.

Ces opérations étaient anciennement réalisées à la main. De nos jours, les moyens mécaniques sont souvent déployés pour faire face à des travaux d'une certaine ampleur dans les zones où ces engins peuvent accéder sans détruire les fragiles infrastructures du marais (ce qui signifie que de nombreuses opérations sont encore réalisées à la main).

Le curage et le reprofilage mécanique concernent les infrastructures suivantes :

- fonds et bords de bassins avec abords stabilisés et large accès (chemin carrossable),
- larges bosses, digues,
- fonds et bords de chenaux et étiers, larges fossés.



Source : Loïc Anras - Forum des Marais Atlantiques

Curage et reprofilage mécanique du fond et des bord de claires ostréicoles, après une quinzaine d'année d'utilisation (Marais de Seudre - 17)



Réfection (douage) des berges de bassin, effectuée à la pelle mécanique en raison de la proximité d'un route. Une grande partie du travail est encore effectuée à la main, au "boguét à douer" sur les petites berges et dans les endroits moins accessibles.

Source : Loïc Anras - Forum des Marais Atlantiques

Le travail manuel concerne les petites infrastructures aux accès limités et fragiles :

- fonds et bords de bassins,
- diguettes (abotteaux qui séparent les bassins), petites bosses...,
- fonds et bords de ruisseaux et petits étiers.

Les opérations réalisées à la main se font à la faveur de mises en assec, afin de pouvoir travailler les fonds et les berges visuellement. Une fine lame d'eau peut être maintenue par endroits pour disposer d'un "niveau". Le recreusement était réalisé avec un outil appelé "ferrée" qui permettait un recreusement d'environ 40 cm. L'homme de l'art avait soin de ne pas recreuser le bassin jusqu'au niveau du bri de façon à laisser une pellicule de vase récente (plus riche en eau et en matière organique) qui permettait une

bonne productivité de la claire lors de la remise en eau. Cette opération de curage n'intervenait au maximum que tous les 10 ans.

En Charente-Maritime, le douage est (ou était) réalisé à la main, même si des tentatives de mécanisation existent (raballe mécanique). Contrairement au curage, cette opération est annuelle et se réalise généralement au printemps. Un décapage des sédiments superficiels des claires (raballage) est réalisé avec un outil (raballe, boguet¹⁶) dérivé des outils du marais salant. L'écrêtage du sédiment par le retrait du surplus de sédiment de l'année passée sert à engraisser les diguettes¹⁷ et les bords de la

¹⁶ Boguet à douer : nom employé en Charente-Maritime

¹⁷ Abotteaux : nom employé en Charente-Maritime

claire. Ces sédiments liquides sont disposés en périphérie des claires et mis à sécher jusqu'à l'obtention d'un degré de plasticité permettant son étalement sur les bords.

Ces exportations locales de sédiments sur les flancs du bassin sont riches en ammonium. Les couches superficielles connaîtront une oxydation rapide en nitrate, qui pourra être lessivé par la pluie. Ces sédiments exondés pourront continuer à s'oxyder plus en profondeur en se désaturant plus au moins de leur eau. Exposés aux éléments climatiques, ils pourront connaître une évolution pédologique.

3.5 Le varangage ou valangage

Il s'agit de la succession d'assecs et de réhumectations. Cette technique traditionnelle courante en Charente-Maritime se pratique généralement à l'issue d'une année de production : les bassins se vident et se remplissent au gré du jeu naturel des marées. Le fort courant lors des cycles de vidange-remplissage, associé à l'effet mécanique de la pluie, décaper la pellicule superficielle de vase molle riche en matière organique. Cet effet mécanique permet aussi l'entretien des dépressions dans le sol de la claire qui assurent la bonne vidange de celle-ci. Les cycles d'assecs-réhumectations ont un rôle important dans l'oxydation et la minéralisation du sédiment superficiel.



Source : CREA

Valangage d'un bassin ostréicole : séquence d'évacuation à marée basse.

3.6 Stimulation de la productivité naturelle par fertilisation

L'objectif de la fertilisation est d'accroître la productivité du marais sans déséquilibrer son peuplement naturel. Cette action peut être conduite soit au niveau de la masse d'eau, pour améliorer la productivité microalgale à destination des mollusques filtreurs, soit en direction de la macrofaune benthique, pour multiplier les proies naturelles de populations de crevettes ou de poissons mises en élevage. Des recherches récentes permettent de mettre en œuvre ces principes.



Source : J. Hussenot - IFREMER

Expérimentation de l'effet de fertilisants organiques sur le prégrossissement de la crevette impériale.

Pour stimuler la productivité de la masse d'eau, la solution fertilisante mise au point pour un volume d'eau de mer de 100 m³ (réf. 36) comprend principalement un complément en azote, phosphore et silice. Ce volume d'eau reçoit généralement un ajout de la diatomée *Skeletonema costatum* qui est l'espèce dominante dans les milieux riches en silice et qui favorise l'engraissement des huîtres en claires. D'une mise en œuvre délicate et d'une rentabilité problématique, ces techniques n'ont pas encore été reprises par les professionnels.

La stimulation de la faune benthique du marais est obtenue par un apport quotidien, durant le premier mois de remise en eau du marais, d'un aliment granulé pour carpe à faible teneur pro-

teïque (35%) (réf. 34). Cet apport a pour effet de doubler ou de tripler le nombre des individus de plusieurs espèces de vers : *Nereis diverseicolor*, *Polydora sp.*, *Streblospio sp.*... Cette pratique s'avère d'une grande efficacité pour soutenir le prégrossissement et l'élevage de la crevette japonaise *Penaeus japonicus* en marais (réf. 7) ou la production de juvéniles de poissons (réf. 5).

3.7 Interprétation des actes de gestion

La gestion des marais consiste avant tout à maintenir un milieu vivant et productif que l'homme cherche à maîtriser à son profit. Dans ce but, il va modifier les équilibres naturels au profit de la production.

3.7.1 Les actes de gestion en relation avec les productions

3.7.1.1 Le système d'alimentation du marais de production

Les dispositifs techniques (ouvrages) au niveau des prises d'eau à la mer ou sur étier peuvent jouer, par leur conformation particulière, un rôle-clé dans certaines circonstances.

Le choix du système d'alimentation du marais et du bassin peut être déterminant lors des périodes critiques de dessalure hivernale durant lesquelles on constate une stratification des masses d'eau dans les chenaux et dans les estuaires, l'eau douce de plus faible densité stagnante à la surface des eaux plus océaniques.

Ainsi, un système de déraser laissera rentrer de préférence l'eau dessalée. En effet, une entrée d'eau douce comporte des risques pour la survie des animaux cultivés, ainsi qu'un risque pour la salubrité des produits (pollution d'origine urbaine ou agricole).

Plus généralement, les espèces ubiquistes pourraient s'en sortir tandis que celles qui sont moins tolérantes aux changements de salinité brusques seraient plus vulnérables.

A prendre également en considération : les apports telluriques très riches en sels nutritifs en provenance du bassin versant local. Ils se concentrent dans les eaux des étiers et peuvent se trouver captés dans les bassins aquacoles si l'entrée d'eau de renouvellement est programmée dès le début de la marée montante. Ces eaux telluriques atteignent des concentrations en nitrates de 5 mg/l et en phosphates de 0,4 mg/l durant la période hivernale. Si le bassin versant local est fortement cultivé, il faut s'attendre à ce que les pluies printanières et les eaux de ruissellement déversent dans les étiers une part importante du lessivage des engrais agricoles. Dans ces conditions, il est important d'attendre la remontée des eaux d'origine marine pour procéder au renouvellement d'eau des bassins du marais.

3.7.1.2 La gestion des réserves d'eau

Ces espaces, parties prenantes de l'unité de production, sont quasiment les seuls sur lesquels ne s'effectue pas de gestion de compétiteurs ou de stimulation. Elles présentent donc un caractère plus accueillant et présentent un foisonnement d'espèces intéressant.

Ainsi, une gestion de renouvellement fréquent favorise la fréquentation par un nombre très important d'espèces en provenance de la mer.

En revanche, s'il n'existe aucun moyen de fuite vers la mer en retour pour les juvéniles emprisonnés dans la réserve, leur contribution à la productivité marine est réduite. Cette production est alors entièrement tournée vers l'enrichissement de la chaîne trophique du marais et des espèces mobiles qui le fréquentent (sans en être forcément totalement tributaire : oiseaux). Ce principe est valable pour toutes les réserves d'eau dont les échanges avec le littoral ne se font pour l'essentiel que dans un seul sens.

Les réserves et bassins dont les modalités de gestion permettent une fuite des espèces mobiles (poissons, crustacés) ou charriées (plancton) sont plus intéressantes pour la productivité côtière. La forte richesse trophique des marais permet à différentes espèces, notamment les poissons à forte valeur marchande, de croître et de retourner constituer les stocks littoraux.

3.7.1.3 La gestion des assecs

Certains bassins sont laissés à sécher au soleil pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois. La remise en eau se traduit alors inévitablement par une prolifération de macroalgues. A l'inverse, le défaut d'asec conduira à une prolifération des compétiteurs (mollusques filtreurs, crustacés...), ainsi qu'à une montée du niveau de vase liquide et son enrichissement en matière organique pouvant conduire à une eutrophisation.

Un valangage de longue durée des bassins risque de conduire à un décapage excessif de la vase superficielle et de favoriser l'appauvrissement du fond. Ce mode de gestion est inefficace pour lutter contre les compétiteurs et compacter la vase.

L'excès de ces pratiques dans la durée conduit donc à des difficultés, et la recherche du bon compromis, variable selon les sites et les cultures, est une affaire de cas par cas.

3.7.1.4 La gestion des compétiteurs

Une caractéristique première des productions conduites en marais est la recherche d'une élimination des compétiteurs et des espèces occasionnant des nuisances.

Ici, on effectuera systématiquement une chasse au crabe à l'aide de nasses et de casiers relevés quotidiennement. Là, un traitement visera à éliminer les poissons prédateurs ou les anémones (roténone, chlore). Là encore, on effectuera un ou plusieurs assecs de longue durée pour éliminer les anémones ou les macrophytes. Ailleurs, on réalisera une filtration des eaux d'amenée pour éviter des larves d'espèces compétitrices...

Dans tous les cas, cette sélection vise aussi à favoriser l'accès à la ressource trophique (plancton ou proies benthiques) pour l'espèce cultivée. Cependant, la mise en place d'une aquaculture de production, que ce soit de crevettes pénéides ou de juvéniles de poissons, revient à introduire un fort pourcentage de prédateurs sur la macrofaune naturelle installée dans ou sur le sédiment du bassin d'élevage (réf. 5 ; réf. 56). Cette prédation va aboutir à l'élimination temporaire, plus ou moins rapide, de plusieurs constituants du peuplement benthique initial.



Source : J. Hussenot - IFREMER

Intoxication à l'ammoniac (NH^3) des prédateurs et compétiteurs (gobie, anguille) combinée à une fertilisation azotée par apport de chaux et d'engrais ammoniacé.

Pour ralentir cette diminution des espèces proies, on procède à une stimulation de la faune naturelle par apport d'éléments organiques qui accélèrent leur production en nombre et en poids, avant installation des animaux d'élevage et pendant les premiers mois d'élevage. La biodiversité du milieu naturel est donc systématiquement altérée par une production aquacole de prédateurs, mais elle est capable de se reconstituer très vite si la qualité du milieu reste inchangée.

3.7.1.5 La préparation des bassins

Traditionnellement gardées en eau une grande partie de l'été, les claires étaient autrefois asséchées l'été après un entretien du fond (raballage : les sédiments meubles sont poussés en bordure de claire) et des bordures (douage : les sédiments poussés servent en renfort des séparations de bassins). Ce système coûteux en main-d'œuvre avait la particularité de stabiliser le système claire vers un type de bassin adapté à la production ostréicole et le verdissement : présence d'un fond ancien riche et oxydé (par la remise à l'air du sédiment sous-jacent), contrôle de la pente du fond pour une bonne vidange, lutte contre les compétiteurs (ramassage et assec). Le recreusement se faisait manuellement, en ayant soin de conserver une mince couche de sédiment récent.

Ces pratiques apportent une garantie de bonne santé des bassins, qui répondent ainsi à la productivité attendue.

3.7.1.6 Intérêt de la stimulation trophique

En plus de ces opérations, il peut être avantageux de réaliser une stimulation de la productivité naturelle des bassins dans un cadre précis. Des études ont été réalisées en ce sens au CREMA-L'Houmeau (réf. 33 ; réf. 37) permettant, après le nettoyage des bassins (macroalgues, prédateurs, compétiteurs), d'orienter la flore et la faune préférentiellement vers des espèces-fourrage dans les bassins de filtreurs (huîtres, coques, palourdes), ou des espèces-proies dans les bassins de crevettes ou de poissons carnivores.

Si l'éleveur d'espèces carnivores se contente du potentiel du milieu (aquaculture extensive stricte), les productions par hectare de bassin et par an seront limitées à 50-100 kg (marais à poissons, à crevettes), alors qu'elles atteindront en moyenne 250-300 kg si le bassin est correctement stimulé par une fertilisation raisonnée (aquaculture extensive avec fertilisation). Si l'on ajoute en fin d'élevage un aliment spécifique à l'espèce lorsque la productivité naturelle, induite par les fertilisants, aura été épuisée, on parle d'aquaculture semi-extensive (400-800 kg/ha/an). L'aquaculture de la crevette impériale pratiquée en Charente-Maritime utilise les résultats de cette recherche.

Deux grandes stratégies de fertilisation ont été élaborées (cf. tableau ci-après) :

- la stimulation de la chaîne autotrophe planctonique, courte ou longue, intéressante respectivement pour les mollusques filtreurs et pour les juvéniles de poissons ronds,
- la stimulation de la chaîne hétérotrophe benthique, intéressante pour la crevette impériale ou certains poissons plats (sole, plie).

Dans les deux cas de stimulation de la chaîne autotrophe planctonique, le plancton ne pourra être produit en masse que si les prédateurs sont absents ; cela signifie qu'il faut réserver des bassins à la production des proies uniquement, et transférer l'eau contenant les proies dans les bacs ou bassins d'élevage de mollusques ou de juvéniles de poisson. En revanche, la stimulation de la chaîne hétérotrophe benthique est réalisée dans le bassin d'élevage de crevettes ou de poissons, mais il sera préférable de démarrer le processus de fertilisation deux à quatre semaines avant l'introduction des juvéniles de l'espèce élevée si, et seulement si, les températures de l'eau sont favorables à la croissance de la microflore et de la faune du fond (minimum 17°C).

Tableau : Différentes stratégies de fertilisation développées pour orienter la chaîne trophique selon l'espèce mise en élevage

Chaîne	Fertilisation	Producteur primaire	Producteur secondaire	Producteur tertiaire
Autotrophe courte planctonique	Minérale 1	Phytoplancton Diatomées ^a	Mollusques filtreurs huîtres, palourdes	-
Autotrophe longue planctonique	Minérale 2	Phytoplancton Bloom mixte ^b	Zooplancton copépode : <i>Acartia grani</i>	Poisson carnivore : Bars juvéniles
Hétérotrophe benthique	Organique	Bactéries	Polychètes : <i>Nereis diversicolor</i>	Crevette impériale : <i>M. japonicus</i>

^a culture continue (renouvellement en eau de mer et fertilisant en continu sur 1 à 3 semaines en bassin béton ou revêtu d'un liner plastique)

^b culture séquentielle (renouvellement en eau pour compenser les pertes et fertilisation bi-hebdomadaire en bassin de terre)

Pour stimuler les diatomées en culture séquentielle, une solution fertilisante a été mise au point (réf. 35).

La stimulation de la faune benthique du marais est obtenue par un apport quotidien, durant le premier mois de remise en eau du marais, d'un aliment granulé pour carpe. Cet apport est proportionnel à la surface du bassin ($1\text{g m}^2 \text{j}^{-1}$). Il a pour effet de doubler ou de tripler le nombre des individus de plusieurs espèces de vers : *Nereis diverseicolor*, *Polydora sp.*, *Streblospio sp.*, ... Cette pratique s'avère d'une grande efficacité pour soutenir le prégrossissement et l'élevage de la crevette japonaise *Penaeus japonicus* en marais (réf. 7) ou la production de juvéniles de poissons (réf. 5).



Source : J. Hussonot - IFREMER

Préparation d'un bassin par fertilisation minérale pour lancer la productivité naturelle trois semaines avant l'arrivée des crevettes.

Dans tout les cas, les organismes induits en masse par les fertilisations sont des espèces de petite taille. Leur valorisation par l'aquaculture extensive ne sera optimisée que si l'on introduit des espèces prédatrices de petite taille plus aptes à les consommer et à les transformer. L'aquaculture extensive avec fertilisation sera donc optimisée sur des filières courtes (prégrossissement de juvéniles de poissons, culture de crevettes, ...).

3.7.1.7 La restructuration du marais

Les aboteaux (petites séparations entre les bassins) des marais ostréicoles, issus des marais salicoles, sont des milieux riches en plantes halophiles dont certaines communautés sont classées au titre des habitats protégés. Ce sont aussi des zones de repos et de nourrissage pour la faune aviaire.

L'entretien par fauche de ces petites structure s'avère toutefois souvent nécessaire pour l'exploitation (passage à pied, roulage de brouette et réduction de l'envahissement végétal).

Dans le cadre de certaines restructurations, la suppression des petites séparations entre les claires dans le but d'accroître la taille des bassins a pour effet d'améliorer la prise au vent sur les grands plans



Source : Ecomusée des Marais Salants Forum des Marais Atlantiques

Une végétation halophile abondante se développe sur les aboteaux et les bords bas de bassins : salicornes, soude, obione...

d'eau ainsi constitués. Si le mélange des couches d'eau en est favorisé, il a pour corollaire l'augmentation de la turbidité de ces grandes claires (favorable à la faible pousse des macrophytes, mais défavorable aux élevages). De plus, l'augmentation du batillage sur les bords exposés nécessite souvent des enrochements qui présentent des risques de départ d'algues.

3.7.2 L'abandon du marais

L'arrêt de l'entretien du marais dans certaines zones nuit à la qualité de l'eau (eutrophisation) et accélère le comblement des chenaux et du marais.

L'arrêt de l'entretien annuel du fond des bassins a pour conséquence à court terme l'évolution plus rapide du profil des fonds qui remontent à proximité des points d'alimentation d'eau (sédimentation), ce qui empêche une bonne vidange des bassins et ne permet plus d'effectuer des assèchs homogènes sur toute la surface du bassin.

L'arrêt de l'entretien annuel des diguettes de séparation (exhaussement) a pour effet l'érosion des berges due à une plus grande prise au vent, ce qui entraîne au bout de plusieurs années un profil en pente douce plus propice au démarrage des algues et à l'installation des crabes qui sont par ailleurs d'importants prédateurs.

Enfin, l'entretien des bassins à la pelle mécanique, plutôt qu'à la main, se fait généralement jusqu'au niveau du bri, avec pour conséquences une plus faible productivité des claires et une prolifération d'algues macrophytes pendant deux à trois ans.

Par ailleurs les canaux et les fossés s'ensavent. Afin d'éviter le confinement des zones qu'ils desservent, des mouvements d'eau suffisants doivent être entretenus. Lorsque l'ensablement est trop important, il convient d'effectuer de nouveau un curage.



Curage et reprofilage d'un canal ensavé pour permettre la desserte en eau d'une zone qui se trouvait confinée.

Source : P. Lapouyade - CURUMA



Source : Loïc Anras - Forum des Marais Atlantiques

Marais salés en déprise, connaissant de fortes proliférations végétales dans l'eau et des successions de crises dystrophiques du printemps à l'automne.

Dans le moyen terme, le marais est soumis à un atterrissement, avec des variations de richesses spécifiques dans le temps. Le confinement global s'accroît et des problèmes de salubrité lui sont associés.

De manière symptomatique, dans les petites zones périphériques où les espaces sont en déprise, on observe que la présence d'importantes surfaces garnies d'algues et de *Ruppia* n'est sans doute pas étrangère aux proliférations chroniques rencontrées dans les marais de production proches.

Ces colonisations sont bénéfiques dans le cas des marais à poissons, mais indésira-

bles pour les bassins voués à d'autres productions. Une gestion globale de l'eau pour un équilibre entre ces espaces riches en macrophytes, mais connaissant un comblement rapide, et les espaces de production, doit viser à réduire les coûts d'entretien à un seuil supportable pour éviter l'abandon.

Le minimum passe par une remise en état des ouvrages de gestion de l'eau. Une gestion minimale du renouvellement et du niveau d'eau permet de sauvegarder le potentiel écologique et la productivité de ces zones.

Risques bactériologiques et sanitaires liés à l'abandon du marais : la déprise d'un marais et son lent abandon, associés ou non à un manque de renouvellement d'eau de mer, n'entraînent pas de risques bactériologiques particuliers malgré le "pourrissement" du milieu. Dans ce type de milieu à l'abandon, la présence éventuelle de germes entériques (bactéries et virus), révélés par des traceurs comme le germe coliforme *Escherichia coli*, peut être liée à des apports d'eau pluviale non maîtrisés : déversements de rejets urbains ou d'élevages agricoles.

En ce qui concerne les foyers de paludisme ou de leptospirose, c'est la pression de gestion exercée sur les organismes hôtes ou vecteurs (moustiques, ragondins, rats musqués et rats) qui permet de maintenir les marais à un niveau de salubrité satisfaisant. Cette gestion est sous la responsabilité de l'Entente Interdépartementale de Démoustication et les Fédérations Départementales de Gestion des Organismes Nuisibles. Toutefois, ces efforts sont assujettis à l'accessibilité aux sites, qui peut être réduite par la fermeture du paysage due au manque d'entretien (ronciers, prunelliers, aubépine et églantiers, ainsi que le proliférant *Baccharis* exotique).

4. Conclusion

Ce guide a illustré les relations étroites pouvant exister entre les actes de gestion ou d'aménagement de ces marais salés endigués et la qualité des milieux qu'on y retrouve. La diversité de ces usages, productifs ou non, sur un territoire de marais est donc synonyme d'une grande diversité de paysages et de milieux sans que l'on puisse, notamment sur le plan hydro-biologique, établir de hiérarchie qualitative. Il faut toutefois rappeler que ce sont les apports d'eau de mer qui conditionnent la survie des écosystème "marais salé".

Les usages productifs à l'origine de ces milieux salés artificiels ont depuis l'origine participé à l'entretien régulier indispensable des surfaces en eau caractérisées notamment par un colmatage minéral et/ou organique important. La gestion raisonnée et régulière des multiples vannages rencontrés dans le marais et dont dépend la nature des mouvements d'eau est également liée à la présence d'exploitants ou usagers.

Le plus souvent en équilibre avec les caractéristiques et le fonctionnement général de ces milieux (hormis les démarches aquacoles hors-sol), ces usages productifs ont cependant évolué dans leur façon de valoriser et de gérer le milieu aquatique (pompage, aération, alimentation, fertilisation,...) et dans celle d'aménager les parcelles, les circuits d'eau, les dessertes d'exploitation, etc. Cette évolution, liée à celle des capacités techniques d'intervention et d'aménagement, est bien sûr justifiée et raisonnée uniquement en fonction de l'usage concerné. Il nous semble qu'elle est susceptible de rompre l'équilibre entre les usages et les fonctions d'intérêt général que peuvent remplir ces milieux. Un travail collectif associant exploitants et autres usagers plus ou moins directs du marais nous apparaît donc indispensable pour réfléchir ensemble à la manière de respecter concrètement cet équilibre et de retenir des objectifs à atteindre sur ces territoires.

Dans cet esprit, on ne peut que souligner la rareté des connaissances concernant les relations entre actes de gestion et niveau d'expression d'une fonctionnalité potentielle du système, que ce soit à l'échelle d'une parcelle dédiée à un usage ou à celle d'une région de marais salé (selon la proportion et l'organisation spatiale des usages). Ce type de connaissances pourrait pourtant contribuer de manière significative à une démarche coordonnée et raisonnée de gestion et d'aménagement à l'échelle de territoires de marais.

Un autre point souvent négligé consiste à noter toute l'importance de la gestion des structures collectives du marais (chenaux, étiers et vannages associés). C'est aussi de cette gestion que va dépendre la qualité globale de la zone de marais concernée et de ses usages.

Enfin, il faut insister sur la nécessité d'une gestion régulière de ces surfaces en eau salée. Le confinement extrême en cas d'abandon de la gestion du vannage, le colmatage aboutissant à l'atterrissement, les explosions végétales périodiques sont autant de facteurs qui conduisent à un pourrissement progressif de ces milieux, avec tous les impacts qui lui sont liés (odeurs, chute de richesse biologique, ...).

Dans cet esprit, les auteurs, se basant sur leurs vécus et leurs expériences des diverses formes de valorisation des surfaces en eau, tiennent à souligner leurs inquiétudes quant au devenir physico-chimique et hydrobiologique des milieux où la gestion raisonnée de l'eau, des sédiments accumulés et de la végétation n'est plus mise en œuvre régulièrement. C'est le cas, bien évidemment, des fossés ou des plans d'eau abandonnés. Mais c'est aussi parfois le cas de zones où la disparition de l'objectif de production se traduit dans l'attitude des nouveaux gestionnaires par une absence totale d'actes réguliers d'intervention (assecs, faucardage,...). Le critère "Niveau d'eau", important bien sûr pour l'utilisation du milieu par la faune aviaire et par les plantes, devient l'unique préoccupation, ce qui est loin d'être suffisant pour assurer à moyen terme la pérennité et la richesse de ces milieux.

5. Références bibliographiques

Références citées :

- (1) Anonyme, 1990. Le littoral à grands traits. In : Environnement littoral. Equinoxe, 32 : 5-8.
- (2) AUBY I., 1986. Répertoire des macrophytes dans différentes lagunes aménagées de la Côte atlantique. IUBM Arcachon / Cemagref Bordeaux, 60 p.
- (3) BARILLE L., PROU J., HERAL M., BOUGRIER S., 1993. No influence of food quality, but ration-dependent retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of experimental marine Biology and Ecology*, 171 : 91-106.
- (4) BAUDET J., BOUZILLE J.B., GODEAU M., GRUET Y., MAILLARD Y., 1987. Ecologie du Marais Breton Vendéen : étude d'une unité hydrologique. Société Botanique du Centre-Ouest. 32 p.
- (5) BEGOUT ANRAS M.L., BEAUCHAUD M., JUELL J. E., COVES D., LAGARDERE J.P., 2001. Effects of environmental factors on fish feed intake : rearing systems. In *Feed Intake in Fish*, D. Houlihan, T. Boujard and M. Jobling (eds), Blackwell Sciences Ltd : 157-188.
- (6) BILLAUD J.C., 1984. Marais poitevin ; rencontres de la terre et de l'eau. In : *Ecrits et travaux du groupe de sociologie rurale du CNRS*, vol. 6, H. Mendras et M. Jollivet eds, L'Harmattan, Paris : 265 pp.
- (7) BLACHIER P., GUEZOU S., ELBERIZON A.S.C., HUSSENOT J., GAUTIER D., 1993. Semi-intensive nursery rearing of *Penaeus japonicus* in French Atlantic coastal ponds. In : *Poster, résumé - Crustaceans, World Aquaculture'93*, Torremolinos, Spain, May 26-28, 1993. European Aquaculture Society, special Publications, 19 : 113.
- (8) BLACHIER et Al., 1998. Affinage de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) en marais maritime : bilan de quatre années d'expérimentation au CREAA. *Actes et colloques de l'Ifremer*, n°19, p 79-88.
- (9) BLANCHARD G., 1991. Measurement of meiofauna grazing rates on microphytobenthos : is primary production a limiting factor?. *Journal of experimental marine Biology and Ecology*, 147 : 37-46.
- (10) BOILEAU N., CAUPENNE M., LE CAMPION Th., 2002. Ecologie alimentaire de la Spatule blanche *Platalea leucorodia* en migration postnuptiale dans le marais de Brouage (Charente-Maritime). *Annales de la Société des Sciences Naturelles de Charente-Maritime*, 9 (2) : 205-218.
- (11) BOILEAU N., DELAPORTE P., 2003. Le tadorne de Belon *Tadorna tadorna* dans le complexe : réserve naturelle des marais de Moëze-Oléron / estuaires Charente-Seudre au cours du cycle annuel. Evolution sur la période 1977-2002. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de Charente-Maritime*, 9 (3) : 297-309.
- (12) CLEMENT O., 1985. La pisciculture extensive dans les marais saumâtres de la Côte atlantique. Communication au Colloque "Aquaculture en marais", Noirmoutier, Nov. 1985. Doc. Cemagref Bordeaux, 23 p.
- (13) CLEMENT O., 1991. Typologie aquacole des marais salants de la côte atlantique. Cemagref, Collection "Etudes / Ressources en eau", n°3, 232 p.
- (14) COLLOS Y., LINLEY E.A.S., FRIKHA M.G., RAVAIL B., 1988. Phytoplankton death and nitrification at low temperatures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 27 : 341-347.
- (15) COSTA-PIERCE B.A., 2002 ; *Ecological aquaculture*. Blackwell Science, Malden, 382 p.
- (16) DELMAS D., FRIKHA M.-G., REYMOND H., LINLEY E.A.S., COLLOS Y., 1992. Long term microbial community dynamics in a coastal marine pond. *Marine microbial Food Webs*, 6 (1) : 39-54
- (17) DELMAS D., LEGRAND C., BECHEMIN C., COLLINOT C., 1994. Exoproteolytic activity determined by flow injection analysis : its potential importance for bacterial growth in coastal marine ponds. *Aquatic Living Resources*, 7 (1) : 17-24.
- (18) DUPUY C., LE GALL S., HARTMANN, H.J., BRERET M., 1999. Retention of ciliates and flagellates by the oyster *Crassostrea gigas* in French Atlantic coastal ponds : protists as a trophic link between bacterioplankton and benthic suspension-feeders. *Marine Ecology Progress Series*, 177 : 165-175.
- (19) DUPUY C., PASTOUREAUD A., RYCKAERT M., SAURIAU P.G., MONTANIE H., 2000. Impact of the oyster *Crassostrea gigas* on a microbial community in Atlantic coastal ponds near La Rochelle. *Aquatic Microbial Ecology*, 22 : 227-242.

- (20) FRIKHA M.-G., LINLEY E.A.S., DELMAS D., 1987. Evolutions annuelle et saisonnière de la microbiomasse d'une claire à huîtres : importance des populations bactérioplanctoniques. Journées du G.A.Bi.M., 19-22 novembre 1986, L'Houmeau, France. - In : "Processus biochimiques du réseau trophique en milieu côtier et lagunaire". Océanis, 13 (4-5) : 433-447
- (21) FRIKHA M.G., LINLEY E.A.S., 1989. Predation on bacterioplankton in oyster ponds of the Atlantic coast of France. *Mar. Microb. Food Webs*, 3 : 67-78.
- (22) GARNACHO E., PECK L. S., TYLER P. A., 2000. Variations between winter and summer in the toxicity of copper to a population of the mysid *Praunus flexuosus*. *Mar. Biol.*, 137 : 631-636
- (23) GARNACHO E., TYLER P. A., PECK L. S., 2001. Reproduction, seasonality, and copper toxicity in the coastal mysid *Praunus flexuosus*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 81 : 433-440
- (24) GOULEAU D., FEUILLET-GIRARD M., GERMANEAU J., 1993 : Effets de l'assec sur la distribution de l'azote dans un bassin ostréicole. Dans : *Production, Environment and quality*. Bordeaux Aquaculture '92, G. Barnabé & Kestremont éd. AES Spécial Publication. 18, 493 -501.
- (25) GOULEAU D., FEUILLET-GIRARD M., 1996. Les assecs dans les claires ostréicoles : conséquences physico-chimiques. *Equinoxe*, 58 : 16-26
- (26) GOUTX - VAN DE MAELE E., 1986. Les marais à poissons de la Côte atlantique. ENGREF/Cemagref Bordeaux, 228 p. et annexes.
- (27) GRELON M., 1978. Saintonge, pays des huîtres vertes. Rupella. éd. La Rochelle. 361 p.
- (28) GUELORGET O., MICHEL P., 1971.
- (29) GUELORGET O., PERTHUISOT J.P., 1983. Le domaine paralique . Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. Travaux du laboratoire de géologie. Ecole normale supérieure, Paris : 136 pp.
- (30) HERAL M., PROU J., 1995. Interaction of shellfish aquaculture and other coastal uses : Gis for coastal zoning. In : ICES Workshop "Principles and practical measures for the interaction of mariculture and fisheries in coastal area planning and management", July 19 to 22 1995, Kiel, Germany .
- (31) HERAL M., PROU J., 1996. Problèmes d'aménagement dans les marais charentais. In : *Marais maritimes et aquaculture : activité durable pour la préservation et l'exploitation des zones humides littorales*. Séminaire du 6 au 8 juin 1996, Centre International de la Mer, la Corderie Royale, Rochefort.
- (32) HUSSENOT J., FEUILLET-GIRARD M., 1988. Crevettes et sédiment. Le rendement des marais salés aquacoles de la côte atlantique. Recherche de paramètres indicateurs de la qualité des fonds. L'exemple des bassins d'élevage de la crevette impériale. *Aqua revue*, 17 : 25-28.
- (33) HUSSENOT J., CASTEL J., FARDEAU J.C., FEUILLET-GIRARD M., GAUTIER D., GOULEAU D., LEGRAND C., MARTIN J.-L.M., PIRASTRU L., RAVAIL B., RINCE Y., SAUTOUR B., 1992. Stimulation de la productivité naturelle par enrichissements minéraux et organiques : étude en mésocosmes naturels. -, Rapports internes de la DRV de l'IFREMER, 92.15-RA, Crema-L'Houmeau, 97 p.
- (34) HUSSENOT J., LAGARDERE J.P., BLACHIER P., HALLEY R., GAUTIER D., 1993. Use of carp diet (35% protein) in semi-extensive culture of *Penaeus japonicus* both fertilizer and alternative feed. In : Poster, résumé - Crustaceans, World Aquaculture '93, Torremolinos, Spain, May 26-28, 1993. European Aquaculture Society, special Publications, 19 : 137.
- (35) HUSSENOT J., 1998. L'eau et l'aquaculture en marais salé selon le niveau d'intensification : besoins quantitatifs et modifications qualitatives. In : J. Hussenot & V. Buchet, "Marais maritimes et Aquaculture - Préservation et exploitation des zones humides littorales", Actes Colloq. IFREMER, Brest, 19 : 171-179.
- (36) HUSSENOT J., BROSSARD N., LEFEBVRE S., 1998. Mise au point d'un enrichissement de l'eau de mer pour produire en masse des microalgues diatomées comme fourrage pour les huîtres affinées ou stockées en claires. In : J. Hussenot & V. Buchet, "Marais maritimes et Aquaculture - Préservation et exploitation des zones humides littorales", Actes Colloq. IFREMER, Brest, 19 : 107-115.
- (37) HUSSENOT J., 2001. Comment une approche écologique peut aider au développement de nouvelles filières d'élevage dans les marais salés endigués ? Colloque "Zones littorales et anthropisation". La Rochelle, juillet 2000. *Journal de Recherche Océanographique*, 26 (3) : 110-112.
- (38) HUSSENOT J., 2004. Les systèmes intégrés en aquaculture marine, une solution durable pour un meilleur respect de l'environnement littoral. Actes du colloque "Pêche et Aquaculture, Nantes 21-23 Janvier 2004.

- (39) LASSERRE P., 1982. Editorial. In : Les lagunes côtières. Actes du Symposium international sur les lagunes côtières, SCOR/ IABO/ UNESCO, Bordeaux, France, 8-14 septembre 1981, P. Lasserre & H. Postma eds, Oceanologica Acta : 5.
- (40) LE GALL S., BEL HASSEN M., LE GALL P., 1997. Ingestion of a bacterivorous ciliate by the oyster *Crassostrea gigas*: protozoa as a trophic link between picoplankton and benthic suspension-feeders. Marine Ecology Progress Series, 152 : 301-306.
- (41) LEMONNIER P., 1980. Les salins de l'ouest, logique technique, logique sociale. Ed. de la maison de l'Homme, Paris. 222 p.
- (42) LORO F., 1996. Predazione da airone cenerino e nitticora. Laguna, 3/96 : 28-31.
- (43) MANAUD F., 1984. Hydrologie du site de L'Houmeau (Charente Maritime), résultats de quatre reconnaissances saisonnières 1982-1984. Rapport, Ifremer-Dero/el : 8-12.
- (44) MANAUD F., 1987. Hydrologie du site de L'Houmeau (Charente-Maritime). Flux à l'entrée d'un bassin du marais expérimental du CREMA-L'HOUMEAU, 1985-1986. Brest : Ifremer, rapport Dero-87.27-EI : 47 pp.
- (45) MANAUD F., DESLOU-PAOLI J.M., PICHOT P., JUGE C., HUSSENOT J., BUCHET V., BODOY A., LE MAO P., MAUVAIS J.L., 1993. Aquaculture en marais et lagunes (2e partie). Equinoxe 42 : 10-26.
- (46) MANN K.H., 1982. Ecology of coastal waters. A system approach. Blackwell Sci. Pub., Oxford : 322 pp.
- (47) MARS P., 1951. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen et sur leurs faunes malacologiques. Vie et Milieu, supplément 20 : 359 pp.
- (48) MASSE J., JANOT S., GIRARD H., 1991. Génie civil appliqué à l'aquaculture en marais littoral. Cemagref Bordeaux, 82 p. et annexes.
- (49) MASSE J., RIGAUD C., 1998. L'anguille et les marais littoraux atlantiques. Colloque "Marais maritimes et aquaculture. Activité durable pour la préservation et l'exploitation des zones humides littorales"(Rochefort). Ed. IFREMER "Actes de colloque", n°19, 141-154.
- (50) PAPY L., 1941. L'homme et la mer sur la Côte atlantique de la Loire à la Gironde. Thèse de doctorat es Lettres. Université de Bordeaux, 4 : 302 pp.
- (51) PASTOUREAUD A., HERAL M., PROU J., RAZET D., RUSSU P., 1995 - Particle selection in the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) studied by pigment HPLC analysis under natural food conditions. Oceanologica Acta, 19 : 79-88.
- (52) PERES J.M., 1961. Océanographie biologique et biologie marine. I - La vie benthique. Presses Universitaires de France, Paris : 541 pp.
- (53) PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 31 (47) : 137 pp.
- (54) RANSON G., 1951. les huîtres, biologie, culture. P. Lechevallier éd. Paris 260 p.
- (55) REYMOND H., 1991. Dynamique de la chaîne hétérotrophe benthique des marais maritimes en période estivale et son impact sur les productions aquacoles de carnivores : *Peneaus japonicus*, un modèle d'étude. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris 6 : 257 pp.
- (56) REYMOND H., LAGARDERE J.P., 1990. Feeding rhythms and food of *Peneaus japonicus* Bate (Crustacea, Penaeidae) in salt marsh ponds : role of halophilic entomofauna. Aquaculture, 84 : 125-143.
- (57) SORNIN J.M., COLLOS Y., DELMAS D., FEUILLET-GIRARD M., GOULEAU D., 1990. Nitrogenous nutrient transfers in oyster ponds : role of sediment in deferred primary production. Marine Ecology Progress Series, 68 : 15-22.
- (58) THIMEL A., LABOURG P.J., 1987. Recherche d'indicateurs biologiques dans les réservoirs à poissons du bassin d'Arcachon en vue d'une caractérisation écologique. 2) Macrofaune. Journal de la Recherche Océanographique, 12 (2) : 51-54.
- (59) VOLPONI S., ROSSI R., 1992. Produzione e predatori : un problema insolubile ?. Laguna, 8 : 20-25
- (60) VERGER F., 1988. Marais et Wadden du littoral français, Paradigme Caen. 550 p.
- (61) WESTLAKE D.F., 1975. Comparisons of plant productivity. Biol. Rev., 38 : 385-429.

Bibliographie complémentaire :

- Anonyme, 1987. Bilan du programme de recherche et de développement en aquaculture extensive. Domaine de Certes (Bassin d'Arcachon). AGEDRA / IUBM Arcachon / Cemagref Bordeaux, 82 p.
- AGARWAL A.S., Singh B.R., KANEHIRO Y., 1971. Soil Nitrogen and carbon mineralization as affected by drying-rewetting cycles. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35, 96-100.
- BACHELIER G., 1968. Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols. *Mém. ORSTOM.* 30, 145 p.
- BAISEZ A., 2001. Optimisation des suivis d'abondances et des structures de taille de l'anguille européenne (*A. anguilla*) dans un marais endigué de la Côte atlantique. Relations Espèce-habitat. Thèse Cemagref / Univ. Toulouse, 398 p.
- BAZIN P., 1983. Etude des marais piscicoles des Olonnes. Etat actuel et perspectives. Cemagref / Enitef, 96 p. et annexes
- BEAUDELIN P., CHARLES-DOMINIQUE E., DO CHI T., 1978. Ecologie et dynamique des populations de crevettes *Palaemonetes varians* dans un écosystème lagunaire (Domaine de Certes, Bassin d'Arcachon). Colloque Ecotron "Mécanismes et contrôle de la productivité biologique en systèmes clos artificiels et en écosystèmes littoraux", *Pub. Sci. Tech. Cnexo, Actes de colloque n°7*, 615-636.
- CASTEL J., LASSERRE P., 1978. Modifications de l'équilibre démographique de la méiofaune dans les lagunes aménagées de Certes (Bassin d'Arcachon). Colloque Ecotron "Mécanismes et contrôle de la productivité biologique en systèmes clos artificiels et en écosystèmes littoraux", *Pub. Sci. Tech. Cnexo, Actes de colloque n°7*, pp. 575-590.
- CLEMENT O., AUBY I., THIMEL A., 1987. Marais piscicoles de référence de Bourgneuf en Retz et Les Moutiers en Retz (Loire-Atlantique). Aménagements réalisés et suivi de la recolonisation biologique des milieux. *Rap Cemagref / IUBM Arcachon*, 57 p.
- COLLOS Y., MAESTRINI S.Y., ROBERT J.-M., 1989. High long-term nitrate uptake by oyster-pond microalgae in the presence of high ammonium concentrations. *Limnology and Oceanography*, 34 (5) : 957-964.
- DIAB S., CHILO M., 1986. Transformation of nitrogen in sediments of fish ponds in Israël. *Bamidgeh.* 38, 67-88.
- DO CHI T., 1969. Ecologie des étangs littoraux de la région des Sables d'Olonne. *Trav. Fac. Sci. Rennes, Sér. Océanogr. Biol.*, 4, 1970, pp 3-113.
- 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 Bourgneuf-Machecoul (Loire-Atlantique, France), *Bull. Fr. Pêche Pisc.*, 352 (1), pp 63-80.
- FISCHESSER B., DUPUIS-TATE MF., 1996. Guide illustré de l'écologie. Cemagref Editions, 319 p.
- FRISONI GF, PERTHUISOT O., 1983. Diagnose écologique applicable à la mise en valeur biologique des lagunes côtières méditerranéennes. Approche méthodologique. Cemagref Montpellier, 56 p.
- GOULEAU D., FEUILLET-GIRARD M., GERMANEAU J., ROBERT S., 1996. Effets de l'assèchement des bassins ostréicoles sur le cycle biogéochimique de nutriments azotés : ammonification préférentielle. *Oecologia Acta*, 19 (2), 101-115.
- HASEBE A., KOIKE I., OHMORI M., HATTORI A., 1987. Variations in the process of nitrification and nitrate reduction in submerged paddy soils as measured by ¹⁵N isotope dilution technique. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 33, 202-211.

KUMMER A., 1983. Etude préliminaire d'un marais à poissons à Nieulle s/Seudre (Charente-Maritime). Approche écologique et socio-économique. Cemagref Bordeaux/ ADACO La Rochelle, 134 p.

LABOURG P.J., 1975. Contribution à l'hydrologie des étangs saumâtres de la région d'Arcachon : études des phénomènes d'eaux blanches. Bull. Soc. Linn. Bordeaux, V.1.

LABOURG P.-J., 1976. Les réservoirs à poissons du Bassin d'Arcachon et l'élevage extensif des poissons euryhalins (muges, anguille, bars, daurades). La pisciculture française, 45, pp 35-52.

LABOURG P.J., 1978. Structure et évolution de la macrofaune invertébrée d'un écosystème lagunaire aménagé (Réservoirs à poissons de Certes). Colloque Ecotron "Mécanismes et contrôle de la productivité biologique en systèmes clos artificiels et en écosystèmes littoraux", Pub. Sci. Tech. Cnexo, Actes de colloque n°7, pp. 591-614.

LASSERRE P., 1979. Contrôle de la production biologique marine dans un écosystème lagunaire aménagé (Réservoirs à poissons, Bassin d'Arcachon). Bilan, synthèse et perspectives. Colloque Ecotron "Mécanismes et contrôle de la productivité biologique en systèmes clos artificiels et en écosystèmes littoraux", Publ. Sci. Techn. Cnexo, Actes de colloque n°7, pp. 463 - 502.

MAESTRINI S.Y., ROBERT J.-M., LEFTLEY J.W., COLLOS Y., 1986. Ammonium thresholds for simultaneous uptake of ammonium and nitrate by oyster-pond algae. - Journal of experimental marine Biology and Ecology, 102 : 75-98.

MEYRIGNAC A., 1987. Production piscicole d'un marais saumâtre endigué. Contribution à la caractérisation de l'alevinage naturel. DEA Université Pau et Pays de l'Adour / Cemagref Bordeaux, 100 p.

NIGET J.M., 1980. Approche écologique et socio-économique des structures piscicoles de la Réserve de Chanteloup (Marais d'Olonne). Rap. ENSA Rennes / ONC., 112 p.

PERTHUISOT J.P., GUELORGET O., 1987. Le confinement et l'organisation biogéologique des milieux paraliques. Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, Bordeaux, n°41, 67-83.

RIGAUD C., MASSE J., 2000. Bilan des suivis réalisés sur l'anguille (*A. anguilla*) dans le cadre du programme de réhabilitation de fossés à poissons dans les marais de la Seudre. Cemagref Bordeaux, Etude n° 57, 52 p.

RIGOMIER D., DUPUIS J., JAMBU P., 1971. les phénomènes de maturation du sol et leur incidence sur les modifications de l'activité biologique dans une séquence d'assèchement des vases marines. Revue Géogr. phys. Géol. Dynam., 2, 101-122.

6. Glossaire

Benthos : catégorie des organismes vivants des milieux aquatiques qui vivent sur et dans le fond.

Conchyliculture : culture marine des mollusques

Ecophysiologie : discipline scientifique traitant des effets des facteurs de l'environnement sur la physiologie des organismes (le fonctionnement des organes).

Macrofaune benthique : faune de taille macroscopique (visible à l'œil nu) qui vit sur le fond des milieux aquatiques

Macroalgues : catégorie des algues de taille macroscopique (visible à l'œil nu)

Macrophytes : catégorie des végétaux de taille macroscopique (visible à l'œil nu)

Malacofaune : faune des crustacés

Meïobenthos : catégorie des organismes inférieurs à 0,1 mm qui vivent dans les espaces interstitiels du substrat du fond.

Méiofaune : catégorie des animaux qui vivent dans les espaces interstitiels substrat du fond.

MES : Matières inertes et vivantes En Suspension dans l'eau, ou "seston".

Microalgue : catégorie des algues de taille macroscopique (visible à l'œil nu)

Microphytes : catégorie des végétaux de taille microscopique (invisible à l'œil nu)

Microphytobentos : catégorie des végétaux de taille microscopique (invisible à l'œil nu) vivant sur le fond.

Microprédateurs (protozoaires flagellés et ciliés) : catégorie des animaux de taille microscopique capturant et se nourrissant d'autres organismes animaux.

Mytiliculture : culture marine des moules.

Nanoplancton : catégorie du plancton microscopique de la plus petite taille (< 20 µm).

Oxydo-réduction : processus chimique mettant en jeu des échanges d'électrons entre molécules, et conduisant à des modifications de la demande ou de la disponibilité en oxygène d'un milieu.

Phytobenthos : Ensemble des végétaux vivant sur le fond.

Pénéiculture : culture des crevettes péneïdes.

Ostréiculture : culture marine des huîtres.

Edition :

Forum des Marais Atlantiques
Quai aux Vivres - BP 40214
17304 Rochefort Cedex

Tél. 05 46 87 08 00
Fax : 05 46 87 69 90

Internet : www.forum-marais-atl.com
E-mail : fma@forum-marais-atl.com

Responsable de la rédaction :
Loïc Anras

Conception et réalisation :
Valérie Baverel
Juillet 2004

Avec le concours financier de :



Avec le soutien technique de :



ECOMUSEE DU MARAIS SALANT



CREMA L'Houmeau

