



Cartographie de l'herbier de Zostères *Zostera noltii* sur la baie d'Yves

Sandrine Bracco, Cyril Goulevant

► To cite this version:

Sandrine Bracco, Cyril Goulevant. Cartographie de l'herbier de Zostères *Zostera noltii* sur la baie d'Yves. Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO); DIREN Poitou-Charentes; Réserve Naturelle Nationale du marais d'Yves. 2005, pp.37. hal-04274603

HAL Id: hal-04274603

<https://hal.science/hal-04274603>

Submitted on 8 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**DIREN POITOU-CHARENTES
LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX
RESERVE NATURELLE DU MARAIS D'YVES**

**Cartographie de l'herbier de
Zostères Zostera noltii
Sur la baie d'Yves**

Rédaction :

**Sandrine BRACCO
Cyril GOULEVANT**

Mars 2005

INTRODUCTION.....	1
I. Présentation de l'espèce	2
A. Biologie	2
1. Distribution de l'espèce.....	3
2. Cycles biologiques	4
B. Rôle écologique.....	5
1. Espèce structurante de communautés.....	5
2. Modification de la structure des sédiments	5
3. Espèce structurante des communautés benthiques.....	5
4. Habitat complexe.....	5
5. Zone de reproduction et nurserie.....	6
6. Ressource alimentaire	6
7. Réseaux trophiques (Fig.3)	6
8. Cycles biogéochimiques.....	8
C. Facteurs limitant le développement de l'herbier	8
1. La salinité	8
2. Disponibilité lumineuse.....	9
3. Niveau intertidal	9
4. La température.....	10
5. Granulométrie et courants	10
II. La Bernache cravant (<i>Branta bernicla</i>).....	11
A. Présentation de l'espèce	11
B. Evolution des effectifs de Bernaches cravant.....	12
III. Matériel et méthode.....	14
A. Zone d'étude	14
B. Evolution de l'herbier.....	16
C. Protocole d'étude	16
IV. Résultats (GRAS, 2004).....	17
A. Evolution de l'herbier.....	17
B. Répartition de l'herbier de <i>Zostera noltii</i>	20
C. Cartographie de la densité de feuilles de <i>Zostera noltii</i>	22
1. Herbier des Boucholeurs	24
2. Trou de la S.A.C.O.M.	24
3. Herbier des Mattes	24
1. Herbier de la pointe du Rocher	24
2. Herbier de Fouras	25
D. Cartographie de la granulométrie.....	25
E. Cartographie de la Profondeur de la Couche Anoxique (P.C.A.)	27
F. Etude de salinité sur la baie d'Yves	29
V. Discussion	30
A. Evolution de l'herbier.....	30
B. Cartographie de la granulométrie de la baie d'Yves.....	30
C. Cartographie de la Profondeur de la Couche Anoxique.....	31
D. Salinité de l'eau de mer.....	31
1. Herbier des Boucholeurs	32
2. Herbier des Mattes	33
3. Herbier de la pointe du Rocher	33
4. Herbier de Fouras	34
VI. Les limites de la méthode.....	35
CONCLUSION	36
BIBLIOGRAPHIE	37

INTRODUCTION

La vasière intertidale de la Baie d'Yves (qui est en partie Réserve de Chasse Maritime), contiguë à la Réserve Naturelle du Marais d'Yves, accueille un herbier de *Zostera noltii*, habitat remarquable inscrit dans la directive Habitat de 1992 (code CORINNE : 11.321 ; *Zosteretum noltii*, d'intérêt local) et dont l'étendue et la répartition n'ont jamais été étudiées jusqu'en 2004.

Une cartographie de cet herbier a donc été menée par GRAS (2004) dans le cadre de l'objectif opérationnel du Plan de Gestion de la réserve qui est « d'élargir la connaissance à d'autres taxons susceptibles de caractériser la réserve par leur valeur patrimoniale ».

Cette cartographie est indispensable dans la mesure où elle permet d'établir un état initial de l'herbier de zostères, en mettant en évidence les facteurs favorables et limitants de ces phanérogames marines ; elle permet ainsi d'envisager des mesures de conservation afin de garantir des conditions pérennes satisfaisantes pour le développement des herbiers marins et des espèces associées.

I. Présentation de l'espèce

Règne : Végétal

Embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédone

Ordre : Potamogetonales

Famille : Zosteraceae

Genre, espèce : *Zostera noltii*

En France, elle bénéficie d'un statut de protection régional en Provence Alpes Côte d'Azur, Pays de Loire et Basse Normandie.



Photo 1 : Photographie sous marine de *Zostera noltii*.

A. Biologie

Cette espèce a été décrite sous plusieurs noms : *Zostera nana*, *Zostera uninervis*, et *Zostera minor*.

Zostera noltii est une phanérogame marine vivace : elle possède en effet un rhizome (tige souterraine) fin dont les ramifications permettent l'expansion de l'espèce et qui la différencient des autres végétaux marins. Des racines adventives permettent à la plante de s'ancrer et de se nourrir dans les sédiments sablo-vaseux.

Zostera provient du mot grec *zôster* qui signifie ruban en référence à la forme des feuilles de ce genre. Les feuilles de *Zostera noltii* sont distiques (feuilles alternes faisant un angle d'un demi tour d'un nœud au suivant), engainantes, à limbe en forme de ruban et qui possède une seule nervure longitudinale. Elles mesurent entre 10 et 30 cm de longueur sur 1 à 2 mm de largeur.

Ces plantes possèdent des fleurs verdâtres apérianthées (sans calice, ni corolle). Les pieds sont monoïques : c'est-à-dire que les fleurs mâles et les fleurs femelles (4 à 5 de chaque) sont réunis en un épis terminal (spadice) enveloppé d'un spathe (grande bractée foliacée qui

enveloppe une inflorescence). Le fruit est ellipsoïde, noir, lisse et mesure 1,5 à 2 mm de longueur ; il est aussi sec et s'ouvre en se brisant irrégulièrement.

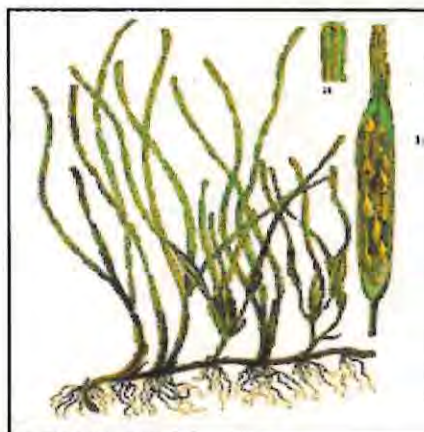


Figure 1 : Dessin de *Zostera noltii* (feuilles, rhizome et racines adventives fasciculées).

1. Distribution de l'espèce

Les zostères occupent la majorité des mers du globe à l'exception des régions strictement polaires. Elles se développent surtout entre le Banc d'Arguin situé sur la côte atlantique mauritanienne (20° de latitude nord) et les fjords norvégiens (60° de latitude nord). L'espèce supporte bien les fortes variations de longueur du jour et de température rencontrées sous les hautes latitudes. Cependant, des variations biométriques et des variations au niveau des dates des différents stades végétatifs sont tout de même observées en fonction de la latitude.

Bien que la plante préfère les zones intertidales, elle se développe également dans les zones immergées en permanence (mer Méditerranée où elle se limite cependant aux étangs, lagunes et embouchures de fleuves). Elle se trouve exclusivement sur des zones de courants faibles et bien abritées.

En France, cette espèce se rencontre depuis les côtes ouest-Cotentin jusqu'au Bassin d'Arcachon où leur peuplement est luxuriant. Au sud et au nord de ces limites françaises, leur absence n'est explicable que par le manque de sites abrités favorables car l'extension latitudinale de cette espèce est bien plus large (comme nous l'avons déjà vu plus haut). La population n'est pas homogène mais consiste plutôt en des unités de population suffisamment isolées pour limiter les échanges génétiques. La physionomie rectiligne des côtes au sud de la Loire confine les herbiers dans des sites très éloignés les uns des autres, à l'abris derrière les îles (Noirmoutier, Ré, Oléron), ou dans les échancrures de la côte comme le bassin d'Arcachon (DAUVIN *et al.*, 1997).

Ainsi, la Baie d'Yves, protégée de la houle par les îles d'Oléron, de Ré et d'Aix, permet la présence d'un herbier de zostère.

2. Cycles biologiques

a. Développement de la plante

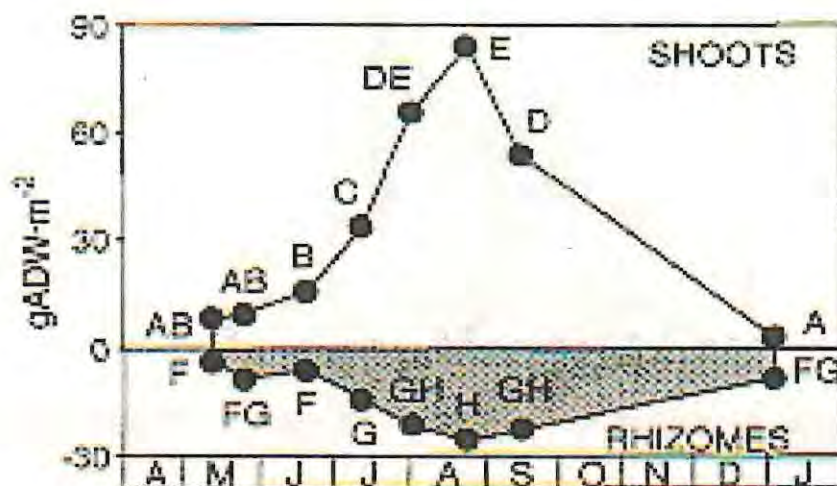


Figure 2 : Evolution des biomasses aérienne et souterraines de *Zostera noltii* sur une année (PHILIPPART, 1995).

La biomasse aérienne est généralement minimale en hiver ; elle atteint son maximum en été, puis décroît en automne.

La biomasse souterraine évolue à l'inverse de la biomasse aérienne (PHILIPPART, 1995). En effet, les rhizomes ont pour fonction de multiplier les pieds de l'espèce, mais aussi de stocker les réserves énergétiques. Il est alors normal que la biomasse souterraine diminue au printemps et en été. Les stocks sont utilisés pour faire démarrer la croissance de la plante. Par la suite, la biomasse des rhizomes va augmenter pour mettre en place les réserves qui permettront de passer l'hiver et de faire redémarrer les plants au printemps, lorsque la température de l'eau est comprise entre 8 et 9°C (AUBY, 1991).

b. Floraison, fructification et germination

La période de floraison commence en général mi-mai et se poursuit jusqu'à la fin du mois d'août. L'abscission (chute des spathes) a lieu tout au long de la floraison, et se produit quand le spathe est prêt à délivrer des graines mûres.

A priori, la température n'influerait pas sur l'arrêt de la floraison ; il se pourrait donc que d'autres facteurs interviennent : externes (variation de la longueur du jour...) ou internes (génétiques ou physiologiques).

Une fois la maturation terminée, la graine libérée tombe sur le sédiment où elle sera enfouie par la suite. Les courants marins et peut être les brouteurs (oiseaux, poissons) peuvent disséminer les graines dans le milieu et ainsi favoriser l'expansion de l'espèce et le brassage génétique (LOQUES *et al.*, 1988).

Sur un échantillonnage, LOQUES (1990) montre que dès le départ, seulement 75% des graines sont viables. Le succès de germination dépend par la suite beaucoup du taux de salinité.

B. Rôle écologique

Le rôle écologique des herbiers de zostère revêt des aspects très divers et explique l'intérêt tout particulier porté à cette espèce dans le cadre de la gestion et de la protection de l'environnement côtier (DAUVIN *et al.*, 1997).

1. Espèce structurante de communautés

Les herbiers sont des hauts lieux de production primaires, même en hiver où les densités de feuilles (biomasse aérienne) sont les plus basses. Dans des conditions oligotrophiques, elles montrent une grande efficacité pour l'utilisation des nutriments disponibles, ce qui explique en contre-partie leur vulnérabilité aux perturbations liées à un enrichissement (eutrophisation). Elles contribuent à l'oxygénation de l'eau, et ce rôle prend toute son importance dans les stations abritées, comme la Baie d'Yves par exemple (DAUVIN *et al.*, 1997).

2. Modification de la structure des sédiments

Les herbiers s'établissent sur des substrats meubles, sableux et/ou vaseux. Ils ne sont donc pas en compétition spatiale avec les macro algues qui se cantonnent sur les substrats rocheux. Leur extension n'est donc limitée que par les contraintes physico-chimiques du milieu. Le feutrage dense des racines et rhizomes permet une stabilisation du sédiment, tandis que la couverture des feuilles est un frein à l'hydrodynamisme qui favorise le piégeage des particules fines.

3. Espèce structurante des communautés benthiques

C'est une espèce structurante des communautés benthiques créant une architecture complexe induisant une forte diversité de la faune et de la flore associées. Autour de cette ossature, des communautés diverses peuvent s'organiser en fonction des combinaisons multiples des facteurs environnementaux, parmi lesquels la lumière, l'hydrodynamisme, la charge en nutriments, la température et le substrat sont déterminants. La plus grande richesse spécifique est atteinte dans les herbiers subtidiaux non perturbés, qui comportent notamment de nombreuses espèces d'algues et d'animaux très spécifiques (DEN HARTOG, 1983).

4. Habitat complexe

Les herbiers jouent un rôle très original pour de nombreuses algues et invertébrés qui n'occupent pas normalement les substrats meubles, et qui les utilisent comme des substrats durs dans la mesure où ils peuvent soit se fixer, soit trouver refuge et abri. Ainsi une vasière nue est constituée par une communauté benthique de 40 à 45 espèces animales alors qu'une vasière colonisée par un herbier compte 110 à 120 espèces animales (VENNEL, 1996).

Les algues épiphytes sont nombreuses mais doivent être des espèces à cycle court pour s'adapter à la vie des feuilles (6 à 8 semaines). De nombreuses espèces vagiles, crustacés et

poissons notamment, utilisent l'herbier pour son rôle d'habitat dans lequel ils peuvent se déplacer aisément et trouver leur nourriture sans pour autant quitter le refuge procuré par la densité des feuilles. Les faunes de substrat meuble et de substrat dur se superposent dans le même habitat, expliquant la grande biodiversité du peuplement (DAUVIN *et al.*, 1997).

5. Zone de reproduction et nurserie

Cette diversité de la faune et de la flore épiphyte fournit une nourriture abondante, dans un habitat/refuge de qualité, aux juvéniles de nombreux poissons, crustacés et mollusques, qui viennent se reproduire et pondre dans les herbiers littoraux. Les herbiers sont ainsi largement occupés par des résidents temporaires – dont de nombreuses espèces d'intérêt économique- qui se relaient au cours des saisons (rougets, plies, crevettes roses, araignées de mer, seiches). Cette particularité sera d'autant plus forte que les herbiers sont situés dans des zones morphologiques complexes et diversifiées. Ceci explique que les herbiers sont aussi un terrain de chasse (nocturne) pour des poissons prédateurs, bars, labridés par exemple (DAUVIN *et al.*, 1997).

6. Ressource alimentaire

Si les feuilles de zostères sont très peu consommées par la faune marine, elles constituent par contre une ressource non négligeable (voire essentielle) pour plusieurs oiseaux migrateurs au cours de leur hivernage. Ceci est particulièrement vrai pour les **Bernaches cravant** (*Branta bernicla*), **Canards siffleurs** (*Anas penelope*), **Canards colverts** (*Anas platyrhynchos*) et **Canards pilet** (*Anas acuta*). Ce nombre restreint d'animaux pouvant consommer la zostère réside dans le fait qu'ils possèdent des enzymes (les carbohydrases) indispensables à l'assimilation d'une quantité importante de fibres cellulosiques contenue dans les feuilles (VENNEL, 1996).

Sur la Baie d'Yves, seules les Bernaches cravant consomment de la zostère de façon significative.

7. Réseaux trophiques (Fig.3)

Les prairies de zostères se révèlent être des habitats de haute intensité et représentent de fortes potentialités nutritives pour divers consommateurs réalisant ainsi un réseau trophique complexe.

Le système foliaire de l'herbier augmente jusqu'à 20 fois la surface du sédiment sur lequel les plantes se développent (AUBY, 1991). Les feuilles de zostère constituent le support d'une production secondaire non négligeable pour l'avifaune. La faune invertébrée associée aux feuilles vivantes est constituée de nombreuses espèces : bactéries, micro et méio-faune, hydrozoaires, bryozoaires, achiniaires, bivalves, gastéropodes, crustacés.

Les zostères restituent leurs éléments nutritifs à l'état de détrit. La décomposition des feuilles et des rhizomes par les bactéries remet en circulation une nourriture pour les micro-organismes, le phytobenthos ou les zostères elles-mêmes. Même si l'intérêt nutritionnel des zostères dégradées est faible, elles présentent l'avantage de constituer un substrat favorable au développement d'organismes qui participent aux réseaux trophiques. Les bactéries et la microfaune de décomposeurs vont entrer dans l'alimentation de nombreux vers de vase et petits mollusques qui serviront à leur tour de nourriture aux crustacés, poissons et aux oiseaux (FENCHEL, 1977).

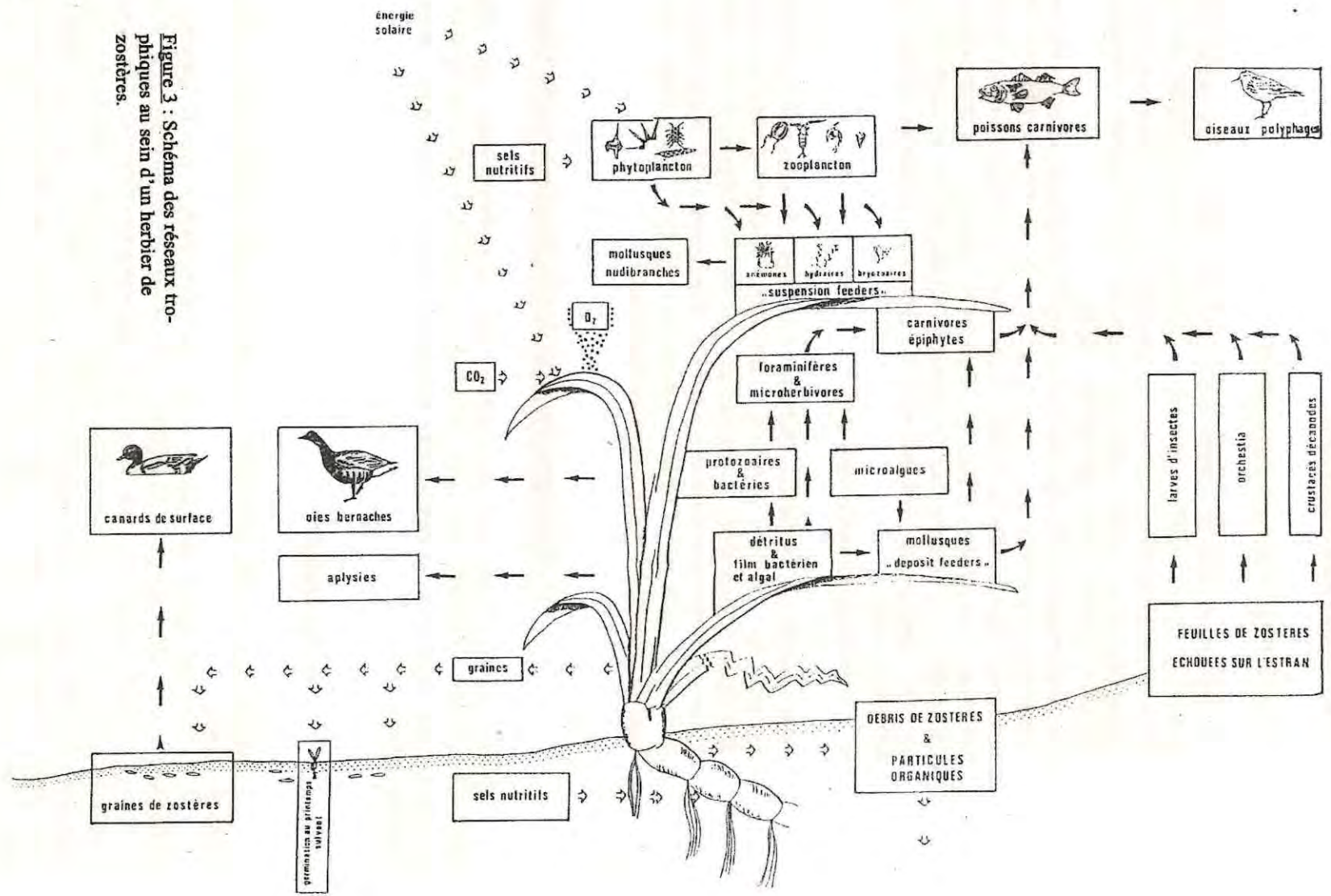


Figure 3 : Schéma des réseaux trophiques au sein d'un herbier de zostères.

8. Cycles biogéochimiques

- Cycle biogéochimique du phosphore

Les herbiers de zostères jouent un rôle essentiel dans le cycle biogéochimique du phosphore. D'une manière générale, le phosphore en mer présente un minimum en été et un maximum en hiver avec cependant des modifications plus ou moins importantes de ce schéma selon les conditions hydrologiques ou météorologiques (BERRY LYONS, 1980 ; MOURER, 1978).

Les phanérogames marines peuvent utiliser le phosphore grâce à des mécanismes d'absorption au niveau des racines et des feuilles (DENIS et MAHEO, 1982). Elles joueraient ainsi le rôle de pompe à phosphore en transportant les nutriments du sédiment à la colonne d'eau. Ce phénomène associé à la possibilité qu'ont les phosphates de s'adsorber sur les particules sédimentaires en suspension, constitue un effet tampon des herbiers vis-à-vis d'apports exogènes massifs (DENIS et MAHEO, 1982).

- Cycle biogéochimique de l'azote

Dans le Golfe du Morbihan, DENIS et MAHEO ont remarqué que d'une manière générale, les composés azotés sont abondants pendant la période hivernale, puis diminuent brusquement au printemps, dès le développement des herbiers. Les teneurs estivales sont faibles. L'automne correspond à une augmentation des taux de nitrates, alors que l'herbier commence à décliner. Les herbiers interviennent donc en utilisant les nitrates présents dans l'eau.

C. Facteurs limitant le développement de l'herbier

Zostera noltii forme des écosystèmes très complexes mais très fragiles. Le développement de cet herbier peut être limité par un certain nombre de facteurs dont les principaux sont : la salinité, la disponibilité lumineuse, le niveau intertidal, la température et la granulométrie.

1. La salinité

La salinité joue un rôle important au niveau de la germination et de la croissance des plants de zostère.

La survie des pieds de *Zostera noltii* est conditionnée par la salinité. En effet, VERMAAT *et al.* (2000) ont cultivé la plante en aquarium et ont ainsi constaté qu'en dessous de 20°C et pour une salinité de 35‰, la survie ne dépassait pas 60%. La salinité joue un rôle de premier ordre en ce qui concerne la germination. Dès le départ, comme cela a déjà été dit, seulement 75% des graines sont viables (LOQUES *et al.*, 1990). Le taux de salinité intervient pour casser le tégument : l'eau de faible salinité provoque une turgescence des cellules. La graine, une fois gonflée, casse le tégument et permet la sortie de la première feuille. Cette cassure permet également la reprise de la respiration en hydratant les tissus. Lorsque la salinité augmente, la pression osmotique de l'eau augmente et de ce fait elle ne pénètre pas alors suffisamment dans la graine pour provoquer la rupture du tégument. Cependant, l'incision manuelle du tégument peut alors permettre d'augmenter les taux de germination et les taux de survie, même à des salinités importantes.

Ces expériences ont été vérifiées *in situ* par AUBY et LABOURG (1996) sur le Bassin d'Arcachon. Ils ont observé que *Zostera noltii* germait mieux dans les zones dont la salinité était assez faible (< 20‰). Or dans le Bassin d'Arcachon, ces taux de salinité sont rarement atteints, et la reproduction sexuée est par conséquent très faible. Les seules stations où les conditions de germination sont réunies sont les embouchures de cours d'eau douce à marée basse. La plupart des herbiers ne se trouvent pas dans des conditions favorables de salinité et dépendent donc beaucoup de la reproduction végétative. En général, les taux de salinité favorables ne sont mesurés que sur une très faible surface de l'herbier. Il est alors possible que cette petite partie de l'herbier produise suffisamment de graines pour renouveler le pool génétique de la plante et ainsi éviter les mutations et les dégénérescences.

2. Disponibilité lumineuse

Plusieurs facteurs peuvent intervenir sur la disponibilité de la lumière pour les zostères.

Premièrement, les feuilles de *Zostera noltii* sont colonisées par du périphyton. Ce phytoplancton qui s'ancre aux feuilles capte la lumière que pourrait utiliser la plante hôte pour sa photosynthèse. Lorsque ce périphyton est trop important, il peut alors devenir un facteur limitant du développement de la plante. Or il existe un petit gastéropode herbivore *Hydrobia ulvae* qui peut brouter ce périphyton : il permet ainsi de limiter son développement et donc la compétition pour la lumière avec *Zostera noltii*. La présence d'*Hydrobia ulvae* est donc un facteur favorisant la disponibilité lumineuse pour *Zostera noltii*.

Un autre facteur intervient sur la disponibilité lumineuse pour la plante : la turbidité de l'eau. En effet, comme cette espèce ne se développe que sur des substrats meubles, la turbidité est généralement très forte à marée haute. Sur la Baie d'Yves par exemple, le sédiment n'est plus visible dès que la colonne d'eau est supérieure à 10 cm (com.pers. GRAS). *Zostera noltii* est donc obligée de se développer à un niveau intertidal suffisamment élevé pour capter assez de lumière afin que sa photosynthèse soit supérieure à sa respiration.

Enfin, lorsque les recouvrements sont importants, il existe un phénomène d'auto-ombrage. En effet, à marée basse, les feuilles se couchent les unes sur les autres ; ainsi, celles qui sont en dessous ne peuvent satisfaire leurs besoins en énergie lumineuse. Cependant, jusqu'à présent, ce phénomène n'a pu être quantifié. Il faut aussi prendre en compte le fait que ce ne sont sans doute pas toujours les mêmes feuilles qui se retrouvent dessous (PHILIPPART, 1995).

3. Niveau intertidal

Zostera noltii se développant sur des zones intertidales, elle est exposée à l'air bi-quotidiennement lors des marées basses et ce pendant plusieurs heures, ce qui constitue un stress hydrique important pour la plante. Cependant, elle possède tout de même des adaptations limitant ce phénomène. En effet, contrairement aux algues, *Zostera noltii* possède un appareil racinaire capable de limiter la dessiccation à marée basse. De plus, les feuilles possèdent une cuticule qui permet de ralentir leur déshydratation. Or cette dessiccation est un facteur limitant de la fixation du carbone. En effet, chez le genre *Zostera*, lorsque les feuilles perdent 50% d'hydratation, la photosynthèse est réduite de 50% à 90%. Chez *Zostera noltii*, il n'a été observé aucune baisse de la photosynthèse pour une déshydratation de 38% ou moins, mais une baisse de 33% quand cette dernière dépasse les 75%.

Zostera noltii est donc influencée par le niveau intertidal : plus elle se trouve haut sur l'estran, plus la dessiccation est importante, plus sa photosynthèse est réduite et par là même sa croissance.

Les conséquences de cette déshydratation peuvent être limitées lorsque la plante se développe dans des aspérités où l'eau stagne à marée basse. Les facteurs limitants seront alors la température et l'évolution des caractères physico-chimiques de l'eau pendant toute la durée de la marée basse.

4. La température

La température peut être un facteur limitant. En effet, dans des conditions de vie normales, l'activité physiologique dépend de la température :

- Lorsque la température est inférieure à 10°C, l'activité physiologique s'arrête.
- Pour une température comprise entre 10 et 15°C, la croissance végétative reprend.
- Pour une température comprise entre 15 et 20°C, la croissance des rameaux florifères débute.
- Entre 20 et 25°C, la plante se trouve à nouveau en arrêt physiologique.
- Pour une température supérieure à 25°C, la plante meurt.

Ces indications de température ne sont valables que pour des expositions prolongées. *Zostera noltii* peut en effet supporter des températures comprises entre -6°C et 44°C si l'exposition ne dure pas plus de quelques heures. Ces températures peuvent être atteintes lors des marées basses. En ce qui concerne la germination, l'influence de la température est négligeable (DENIS, 1980).

5. Granulométrie et courants

Zostera noltii se trouve *a priori* plutôt sur substrat vaseux (AUBY, 1991), mais en fait, la granulométrie n'influerait que très peu sur sa répartition. A ce moment là, le seul facteur qui pourrait être limitant serait la disponibilité en nutriments. En effet, lorsque la granulométrie augmente, la surface spécifique du sédiment diminue et la quantité de nutriments disponibles avec. Le facteur principal est en fait la force du courant. Des expériences en laboratoire ont permis de démontrer que les densités maximales de *Zostera noltii* se trouvent au niveau de courants de 0,25m/s. Cette espèce a une croissance maximale lorsqu'elle se trouve dans un courant de 0,43m/s. Ces courants de très faible vitesse favorisent également la sédimentation des vases. C'est la raison pour laquelle la plante se développe plutôt sur des sols à granulométrie fine (AUBY, 2004, com.pers.).

II. La Bernache cravant (*Branta bernicla*)

A. Présentation de l'espèce

Appartient à la famille des Anatidés ; c'est la plus petite et la plus sombre des Bernaches (de la taille d'un colvert : environ 55-60 cm), avec un cou court, un corps allongé et ovale, des pattes plutôt courtes. Elle possède un plumage noir de suie, avec un arrière train blanc éclatant et une petite marque blanche au côté du cou.



Photo 2 : Photographie de Bernache cravant (*Branta bernicla*).

Elle se reproduit dans les plaines de la Toundra arctique, en Sibérie. Le succès reproducteur varie beaucoup d'une année à l'autre et dépend surtout des conditions climatiques et de la pression de prédation.



Photo 3 : Bernaches cravant sur le site de reproduction dans la toundra arctique de Sibérie.

Elle hiverne en France à partir de mi septembre jusqu'au mois d'avril sur différents sites de la Manche et de l'océan atlantique ; elle affectionne surtout les baies et estuaires. Les sites de stationnement sont relativement localisés : elle vit en particulier sur le littoral entre les côtes de la Manche et le Bassin d'Arcachon. Les stationnement observés se trouvent en

majorité sur des zones de protection de niveau variable : sur 34 sites occupés, 22 sont protégés.

Depuis environ 25 ans, les sites d'hivernage des Bernaches cravant évoluent. En effet, de nouveaux sites plus au sud sont colonisés peu à peu, ce qui peut s'expliquer par l'augmentation des effectifs de la population. Comme cette espèce se nourrit uniquement de phanérogames marines et de macro algues, elle doit trouver de nouveau sites car la ressource trophique ne suffit plus si les effectifs sont trop importants. Un des sites les plus importants est d'ailleurs le site le plus au sud, le Bassin d'Arcachon qui accueille jusqu'à 40 000 individus en hivernage chaque année.

La bernache cravant induit un effet positif important sur les stations de *Zostera noltii* en disséminant les rhizomes et donc en favorisant l'extension de l'herbier (VENNEL, 1996).

B. Evolution des effectifs de Bernaches cravant

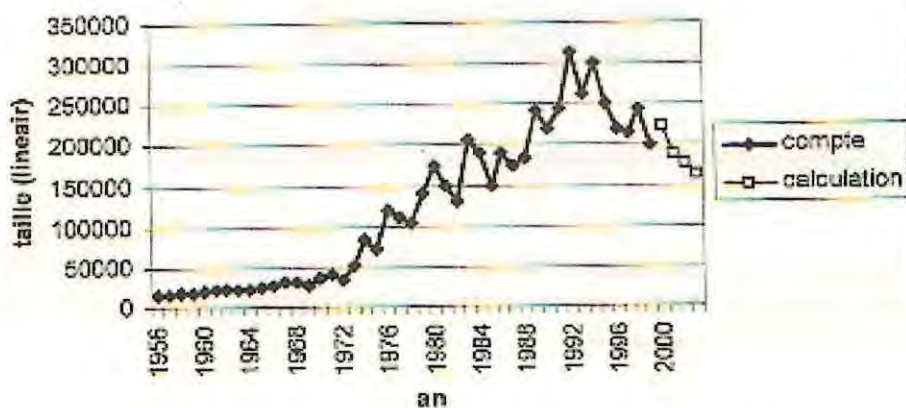


Figure 4 : Evolution et prévision des effectifs mondiaux de Bernaches cravant.

Les effectifs stagnent durant une dizaine d'années puis augmentent de manière spectaculaire à partir de 1972 environ. Par contre, les effectifs mondiaux connaissent une chute depuis 1991.

La Bernache cravant était chassée jusqu'en 1963 en France. On assiste ainsi au même phénomène au niveau des effectifs français qu'au niveau des effectifs nationaux : une stagnation durant environ 10 ans, suivie d'une nette augmentation, jusqu'à 1991 où la population connaît un léger déclin en France.

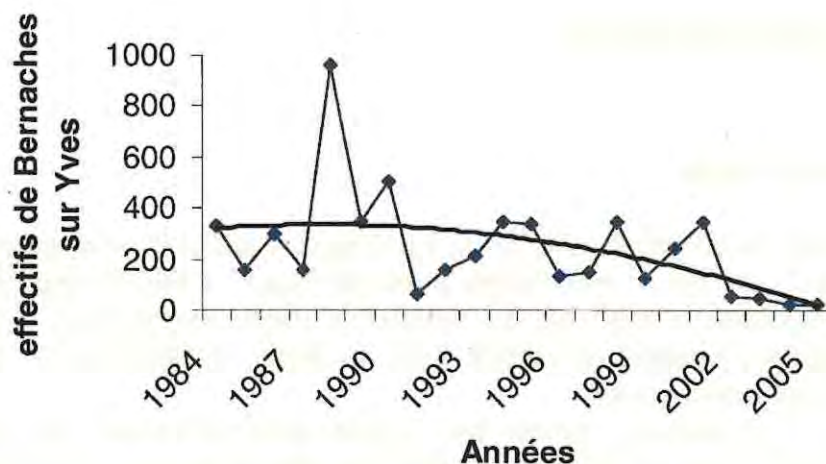


Figure 5 : Evolution des effectifs de la mi-janvier de Bernaches cravant sur la Baie d'Yves.

La Baie d'Yves ne fait pas partie des sites d'importance internationale, mais les effectifs ont tout de même atteint 3000 individus en 1984 et 1992 (Comptages Wetlands international).

Sur la Réserve Naturelle du Marais d'Yves (plus précisément sur la vasière adjacente), les Bernaches ont commencé à stationner au début des années 1970 (com.pers. DOUMERET). La baie d'Yves ne constitue pas à proprement parlé un site d'hivernage ; en effet, les plus gros effectifs ne sont présents qu'un mois dans l'année, au mois d'octobre. La baie serait donc plutôt une halte migratoire vers des sites d'hivernage situés plus au sud d'où les effectifs peu importants et très fluctuants, donc pas vraiment exploitables. Elle ne fournit pas non plus les ressources alimentaires nécessaires pour entretenir un gros effectif d'oiseaux tout un hiver (DEREK *et al.*, 1996).

Cependant, sur une période d'environ 20 ans, les effectifs chutent considérablement ; ce phénomène peut avoir deux explications : la corrélation avec la chute des effectifs mondiaux et nationaux et/ou l'épuisement des ressources trophiques du site.

III. Matériel et méthode

A. Zone d'étude

La zone d'étude est la vasière de la baie d'Yves (fig.6) située dans le département de la Charente Maritime (17). L'estran a une longueur d'environ 4 km . La baie est large d'environ 6 km. La zone infralittorale est occupée par des bouchots. Comme nous pouvons le voir sur la figure 13, les bouchots occupent quasiment toute la partie infralittorale de la baie, à l'exception des extrémités nord et sud.

Il existait il y a quelques années trois sorties d'eau douce sur la baie d'Yves (symbolisées sur la carte par des flèches). La première était située au sud de la baie. La deuxième, juste au nord de la pointe du rocher, c'est à dire au milieu de la baie. Enfin, la troisième, toujours fonctionnelle, se déverse au niveau du village des Boucholeurs au nord de la baie.

Le substrat sur lequel se développe *Z. noltii* est constitué de sable et de vase. Nous verrons, un peu plus précisément la composition granulométrique dans la partie résultats.

Zostera noltii se développe sur la partie médiolittorale haute de l'estran et l'herbier mesure en moyenne 1 km de large



Figure 6 : Carte de la Baie d'Yves, signalant les trois sorties d'eau douce (flèches) et les quatre points de prélèvements pour les mesures de salinité (punaises).

B. Evolution de l'herbier

L'herbier de *Zostera noltii* de la baie d'Yves n'a jamais été étudié. Le seul moyen que nous avons donc pour étudier son évolution est l'utilisation de photographies aériennes. Nous avons pu nous procurer des photographies datant des années 1957, 1979 et 2000. Par contre il reste impossible de donner une interprétation exacte de ces photographies car elles ne sont associées à aucune donnée de terrain, nous ne pourrions donc que nous contenter d'émettre des hypothèses sur l'évolution de l'herbier.

C. Protocole d'étude

Etant donné la taille de la baie, la longueur de l'estran et la répartition de *Zostera noltii*, nous avons décidé de faire un point de comptage tous les 100 m. Comme la côte est orientée nord-sud, les radiales sont orientées est-ouest et écartées de 100 m les unes des autres. Cela permet d'obtenir une cartographie relativement précise de l'herbier. Les points sont repérés sur le terrain grâce à un G.P.S. (Global Positioning System) dont la précision est d'environ un mètre.

A chaque point, trois répliqués d'un quadrat de 50cm×50cm sont réalisés. Les densités de *Zostera noltii* étant parfois très hétérogènes, trois répliqués sont nécessaires pour obtenir un échantillonnage représentatif. Une estimation du nombre de feuilles présentes dans le quadrat est alors réalisée, car un comptage précis du nombre de feuilles était impossible dans le temps qui était imparti pour la cartographie, ainsi que le comptage du nombre de pieds car il aurait été trop long de séparer les différents pieds, en particulier sur des recouvrements importants.

En ce qui concerne le substrat, deux mesures sont effectuées. La première est une évaluation de la granulométrie, grâce à la méthode des agronomes. L'évaluation de la quantité de sable est faite au toucher. Plus le substrat est granuleux et plus la quantité de sable dans le substrat est importante. La présence de sable et de cailloux est ensuite notée sous forme d'indice.

- 0 → substrat doux au toucher
- 10 → substrat à peine granuleux
- 20 → substrat granuleux
- 30 → substrat très granuleux
- 40 → substrat sans vase et complètement granuleux
- 50 → substrat caillouteux

La deuxième mesure concerne la profondeur de la couche anoxique. Elle est repérée, après carottage du sédiment, grâce à sa couleur noire et à la forte odeur qui s'en dégage. En effet, comme les racines de *Zostera noltii* permettent l'aération du sédiment, nous avons voulu en évaluer l'impact. Cela permet également de connaître la composition du sédiment en profondeur. La profondeur est notée en cm et la valeur est arrondie à 5 cm près:

- 0 → couche anoxique en surface du sédiment
- 5 → couche anoxique légèrement en profondeur

Enfin une mesure de salinité a été effectuée. Etant donné que la Charente se déverse à quelques kilomètres au sud de la baie, nous avons voulu savoir si ces eaux douces influençaient la salinité au niveau de l'estran de la baie d'Yves. Pour cela quatre prélèvements à marée haute sur le haut de l'estran ont été réalisés (représentés par des punaises jaunes sur la figure 13). La salinité est mesurée à l'aide d'un conductimètre. Ces quatre prélèvements d'eau de mer ont été faits le 29 juillet 2004 à marée haute.

IV. Résultats (GRAS, 2004)

A. Evolution de l'herbier

Des photographies aériennes du littoral de la réserve ont permis d'établir un état des lieux de l'évolution de l'herbier. Sur les photographies, *Zostera noltii* forme une large bande sombre sur la zone intertidale. Les zones de présence de l'herbier ont été entourées.

En 1957 (photo 4), l'herbier couvre une bonne partie du haut de l'estran. La tache étant très sombre nous pouvons penser que l'herbier était très dense sur une grande partie de l'anse des Boucholeurs. Nous pouvons également observer que l'herbier était continu sur toute la photographie.



Photo 4 : Photographie aérienne de l'herbier de *Zostera noltii* en 1957

En 1979 (photo 5), les taches sombres formées par l'herbier sont moins importantes. L'anse des Boucholeurs n'en comporte d'ailleurs qu'une seule importante, en face de la Réserve Naturelle.



Photo 5 : Photographie aérienne de l'herbier de *Zostera noltii* en 1979

Enfin la photographie faite en 2000 (photo 6) montre la répartition qui a pu être observée sur le terrain. Il y a donc deux herbiers distincts, un dans le port des Boucholeurs et l'autre en face de la Réserve Naturelle. Ces deux herbiers sont séparés par un trou où apparemment *Zostera noltii* ne se développe pas du tout.



Photo 6 : Photographie aérienne de l'herbier de *Zostera noltii* en 2000

B. Répartition de l'herbier de *Zostera noltii*

L'herbier de *Zostera noltii* se répartit sur toute la longueur de la baie d'Yves le long d'un axe nord-sud (fig.7). Il se développe plus particulièrement sur le haut de la zone médiolittorale puisque les plantes les plus basses se trouvent au niveau du 0 N.G.F. (Nivellement Général de la France). Une seule zone fait exception à cette répartition, une bande d'environ 500 m, au nord de l'anse des Boucholeurs, dans laquelle il a été impossible de localiser le moindre développement de la plante. A l'exception de cette zone, l'herbier de la baie d'Yves est continu. Les densités varient et permettent de distinguer plusieurs zones mais il est possible de considérer que l'herbier est quasiment continu. Nous pouvons distinguer quatre zones de développement qui seront nommées dans le paragraphe suivant.

La largeur de l'herbier varie suivant les zones entre 300 m et 1300 m. C'est au sud de l'anse de Fouras que la plus grande largeur a été mesurée.



Figure 7 : Cartographie de la répartition de l'herbier de *Zostera noltii* dans la baie d'Yves.

4,5 K-2

C. Cartographie de la densité de feuilles de *Zostera noltii*

La cartographie des densités de feuilles de *Zostera noltii* fait apparaître quatre grands ensembles (entourés sur la figure 8). Le premier se trouve dans le nord de la baie d'Yves, près du port des Boucholeurs, nous l'appellerons l'herbier des Boucholeurs. Le second se développe au milieu de l'anse des Boucholeurs en face de la Réserve Naturelle, il s'appellera l'herbier des Mattes. Ces deux premiers herbiers sont séparés par une zone où *Zostera noltii* ne se développe pas du tout. Nous appellerons cette zone le trou de la S.A.C.O.M. Le troisième se développe au nord de l'anse Fouras et nous l'appellerons l'herbier de la pointe du Rocher. Enfin le quatrième herbier se situe au sud de l'anse de Fouras et s'appellera l'herbier de Fouras. Ces différents points de fort développement sont facilement repérables grâce aux points centraux où un maximum de densité est représenté par des points rouges (densités comprises entre 2800 et 4400 feuilles/m²). Les trois premiers herbiers peuvent être facilement repérés à grande distance : ils constituent de grandes tâches vertes sur la vasière.

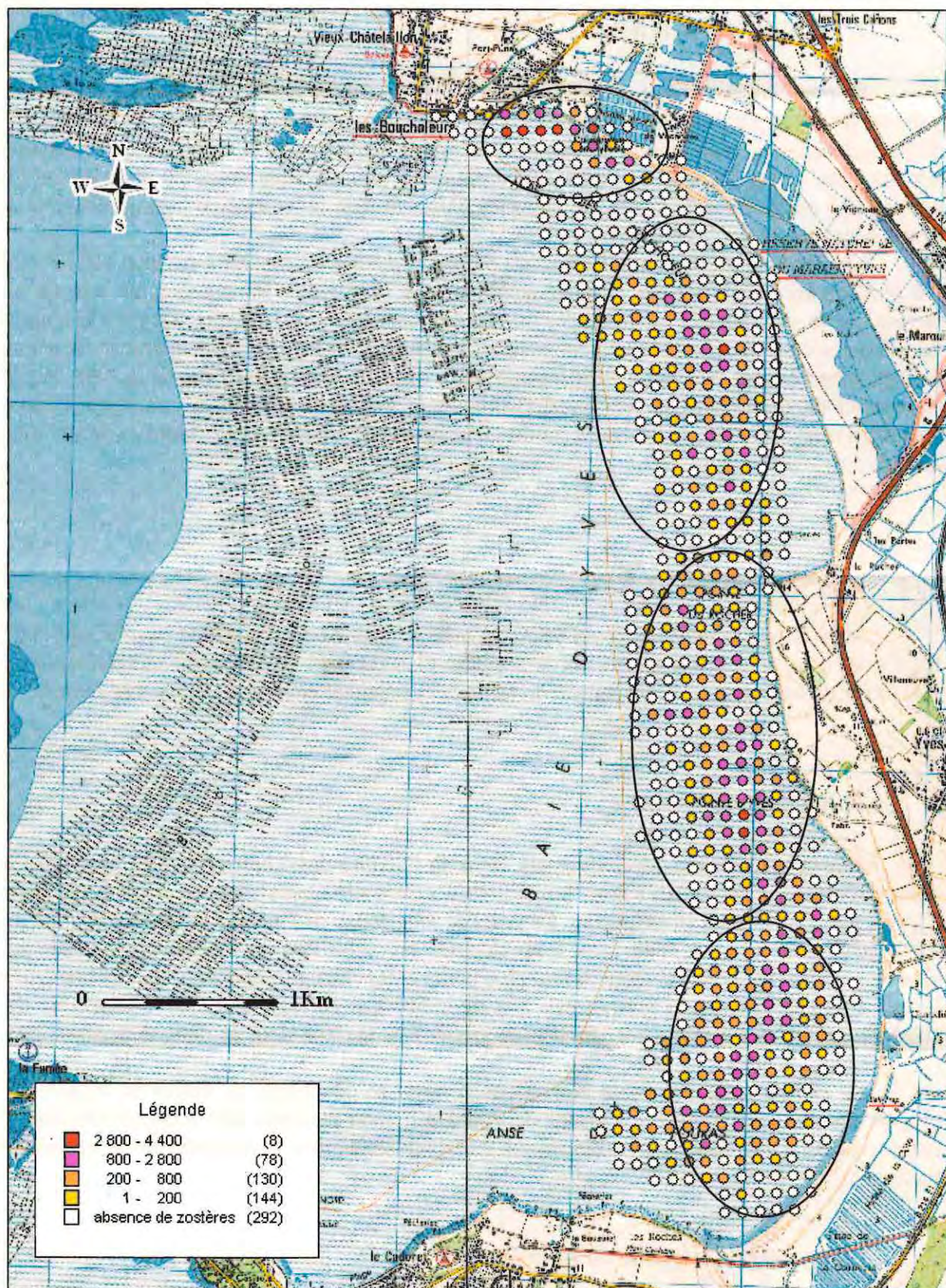


Figure 8 : Cartographie de la densité des feuilles de *Zostera noltii* dans la baie d'Yves.

1. Herbier des Boucholeurs

La première zone où se développe *Zostera noltii*, dans le nord de la baie, est située très près de la côte (fig.8). Les derniers plants de *Zostera noltii* sont en effet observés à moins de 50 mètres de la digue délimitant le niveau de la marée haute. La surface occupée par l'herbier est d'environ 17 ha. La zone est parfaitement délimitée puisque nous avons pu observer sur le terrain qu'à quelques mètres près, les densités variaient d'un recouvrement quasiment total à une absence totale de *Zostera noltii*.

Les densités les plus importantes qui ont été comptées s'élevaient à environ 4400 F/m². De plus, quatre points ont des densités supérieures à 3500 F/m². Nous avons pu voir sur le terrain que le sol était très bien fixé par les racines fasciculées de la plante. De plus le réseau de rhizomes était très dense et très enchevêtré. Les feuilles et les rhizomes, même si ils n'ont pas été mesurés, ont une taille supérieure à ceux des trois autres herbiers de la baie. Il est impossible de définir sur l'herbier des Boucholeurs le cœur et la périphérie contrairement aux autres herbiers. En effet, nous avons pu observer que l'herbier était soit présent et dense, soit absent.

2. Trou de la S.A.C.O.M.

Au sud de l'herbier des Boucholeurs *Zostera noltii* ne se développe pas du tout (fig. 8). Il nous a été impossible de trouver le moindre pied sur près de cinq radiales (soit environ 500 m sur un axe nord-sud). La rupture se fait très rapidement et est très nette sur le terrain.

3. Herbier des Mattes

A cette absence de développement succède l'herbier des Mattes (fig.8), observable à grande distance. Les densités sont inférieures à celles observées dans le nord de la baie d'Yves, près du port des Boucholeurs. Le point le plus dense de l'herbier atteint 3200 F/m². Il n'y a qu'un seul point dont la densité ait dépassé les 2400 F/m². De plus, nous avons pu observer que les pieds de l'herbier étaient plus petits et les rhizomes beaucoup moins présents. Le cœur de l'herbier des Mattes couvre tout de même une surface de 12 ha. L'ensemble de l'herbier couvre une surface beaucoup plus grande : la surface dont la densité dépasse 200 F/m² peut être évaluée à 43 ha.

Au sud de cette deuxième zone *Zostera noltii* se développe de moins en moins. La plupart des points se trouvent à moins de 200 F/m². Cela est donc une zone de très faible recouvrement. Cette zone permet de séparer l'herbier des Mattes de l'herbier de la pointe du Rocher.

1. Herbier de la pointe du Rocher

La troisième zone est un peu moins dense que les deux premières. Par contre, il est important de noter qu'elle s'étend beaucoup plus (fig.8). Le cœur de l'herbier couvre une surface totale de 28 ha. Les densités maximales sont inférieures à celles des herbiers des Boucholeurs et des Mattes : elles atteignent à peine 3000 F/m². Cet herbier couvre environ 65 ha et s'arrête au milieu de l'anse de Fouras.

2. Herbier de Fouras

Au sud de l'herbier de la pointe du Rocher, la cartographie montre une zone apparemment très dense (fig.8) : c'est l'herbier de Fouras. Cet herbier est en fait formé de tâches couvrant des surfaces variables (entre 1 m² et 30 m²). *Zostera noltii* se développe très bien dans les tâches puisque les densités peuvent atteindre 4000 F/m². Cependant, ces tâches se trouvent au milieu de zones complètement nues. Il a donc fallu modifier la méthode de comptage. Le quadrat n'était plus jeté au hasard mais placé sur les zones les plus représentatives autour du point G.P.S.

Nous pouvons tout de même distinguer une bande au milieu de l'herbier où *Zostera noltii* se développe bien (bande de points violets orientée nord-sud). Les densités diminuent régulièrement lorsque l'on se déplace le long d'un axe est-ouest au niveau de cette bande centrale.

D. Cartographie de la granulométrie

La cartographie de la granulométrie (fig.9) permet de distinguer deux zones sur la baie d'Yves. La première se situe au nord de la pointe du Rocher, elle est relativement hétérogène. Au sud de la pointe du rocher, la deuxième zone est beaucoup plus homogène.

La première zone est caractérisée par une forte présence de sable. L'indice de sable est uniquement donné pour la surface du substrat. En effet, dans la plupart des cas, seule la surface du substrat comprend une fraction sablonneuse. Le substrat présent à plus de deux centimètres de profondeur est quasiment toujours de la vase. Une seule zone contient du sable en profondeur. Cette zone correspond à la zone où *Zostera noltii* ne se développe pas du tout (trou de la S.A.C.O.M.). Elle se trouve également en face de la zone où les bouchots n'ont pas été implantés.

Lorsqu'on s'éloigne de cette zone très sablonneuse, l'indice de sable diminue régulièrement. N'oublions pas qu'en dehors de la zone citée précédemment le sable se trouve exclusivement en surface du sédiment. Dans le port des Boucholeurs, la quantité de sable diminue rapidement et il a été observé que *Zostera noltii* se développait principalement sur un substrat vaseux ou contenant très peu de sable. Une seule zone est couverte par des cailloux, ce sont les points situés les plus au nord-ouest sur la cartographie. Ces cailloux ne sont pas arrivés naturellement, ce sont les ostréiculteurs qui les ont déposés afin de créer un chemin pour les tracteurs.

Au sud du trou de la S.A.C.O.M., la quantité de sable présent à la surface du sédiment diminue régulièrement et s'étale comme un panache en face de la dune littorale.

Au sud de la pointe du Rocher, contrairement à la zone décrite précédemment, le sable est très peu présent. En effet, au toucher la surface du substrat est à peine granuleuse lorsque le sable est présent. Nous pouvons tout de même dire que le substrat est majoritairement vaseux. Enfin les six radiales les plus au sud sont caractérisées par un substrat très vaseux dans lequel on s'enfonce très facilement jusqu'à une profondeur de 40 cm. Le sable est évidemment complètement absent de cette zone.

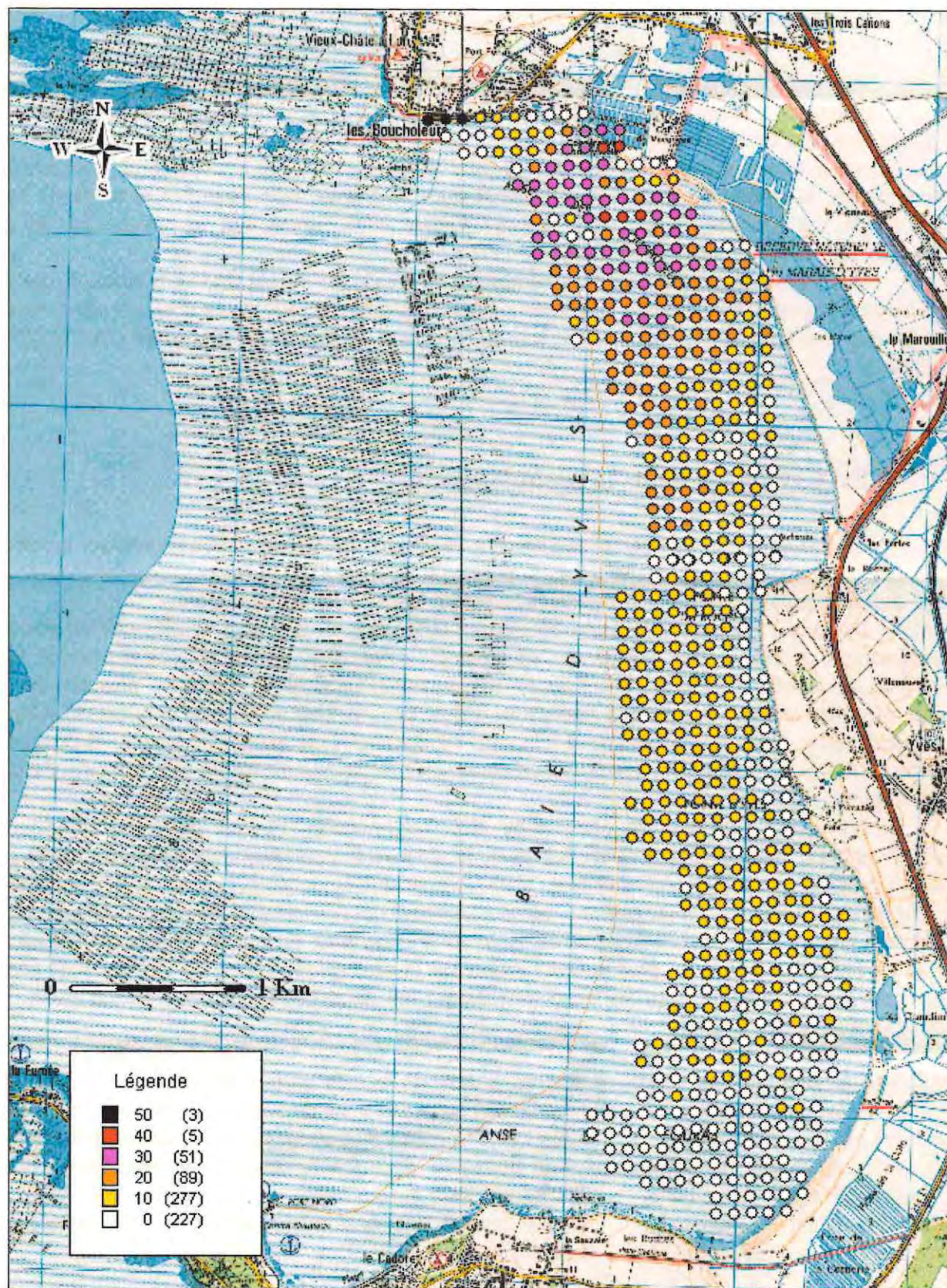


Figure 9 : Cartographie de la granulométrie des sédiments de la baie d'Yves.

E. Cartographie de la Profondeur de la Couche Anoxique (P.C.A.)

Comme pour la granulométrie, il est possible de distinguer deux zones sur la cartographie de la P.C.A. (fig.10). La première se trouve également au nord de la pointe du Rocher. Nous pouvons remarquer qu'au nord de l'anse des Boucholeurs, la couche anoxique est la plus profonde de la baie. La profondeur se situe entre 10 et 30 cm. C'est la seule zone où la couche anoxique s'enfonce si profondément dans le sédiment. Sur le reste l'anse des Boucholeurs elle se maintient à moins de 10 cm de profondeur.

Sur la deuxième zone, au sud de la pointe du rocher, la couche anoxique se trouve très près de la surface. En effet, elle ne s'enfonce jamais à plus de 10 cm de profondeur et les observations sont très homogènes sur l'ensemble de la zone.



Figure 10 : Cartographie de la Profondeur de la Couche Anoxique dans la baie d'Yves (cm).

F. Etude de salinité sur la baie d'Yves

Quatre points de prélèvement ont été réalisés sur la baie d'Yves (représentés par des punaises jaunes sur la figure 6) :

- Port des Boucholeurs : 36‰
- Sud de la Réserve : 39‰
- Nord de l'anse de Fouras : 37‰
- Sud de l'anse de Fouras : 37‰

Les valeurs de salinité sur la baie d'Yves se trouvent toutes au dessus de la valeur moyenne mesurée pour l'océan Atlantique qui est de 35‰. La salinité est homogène au niveau de l'anse de Fouras. Par contre dans l'anse des Boucholeurs il existe une différence entre le nord et le sud. On constate un écart de 3 points de salinité entre les deux points de prélèvement.

V. Discussion

(D'après GRAS, 2004).

A. Evolution de l'herbier

Nous avons pu voir sur les photographies aériennes (photos 4, 5 et 6) réalisées entre 1957 et 2000 que l'herbier de *Zostera noltii* semblait avoir diminué. Il est probable, d'après les photographies, que la plus grosse diminution ait eu lieu entre 1957 et 1979. Nous pouvons en effet constater que seul l'herbier des Mattes était présent en 1979. Sur la photographie datant de 2000, nous pouvons parfaitement observer l'herbier des Mattes et l'herbier des Boucholeurs. D'après ces photographies nous serions donc dans une dynamique de recolonisation de l'herbier.

Par contre, nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses sur ces résultats car ils ne sont pas corrélés à des études de terrain précises. En effet, d'après MEINESZ et *al.* (1991) les photographies aériennes et satellites ne doivent pas être exploitées sans une étude de terrain. De plus, les conditions dans lesquelles les photographies aériennes ont été prises ont sans doute varié, faussant alors l'interprétation des données. Enfin, nous ne possédons pas les photographies des années intermédiaires, nous ne pouvons donc certifier le sens de l'évolution de l'herbier, cependant nous pouvons tout de même supposer que l'herbier a régressé même si aucune donnée de terrain ne peut le confirmer.

B. Cartographie de la granulométrie de la baie d'Yves

La granulométrie dans l'anse de Fouras est assez homogène (fig.9). Le sable est présent uniquement en surface du sédiment. Il est d'ailleurs très peu présent dès le sud de la pointe du Rocher. Au sud de l'anse de Fouras, il est même totalement absent. Ces résultats traduisent un faible courant sur cette partie de la baie.

Par contre, au nord de la pointe du Rocher, la granulométrie augmente très nettement et forme un panache autour d'un point de la côte. Ce sable n'est présent qu'en surface du sédiment et provient en fait de la dune littorale. Il existe deux explications possibles à ce phénomène. La première concernerait les conséquences de l'ouragan Martin. La deuxième concernerait les résultats de l'érosion continue observée sur cette partie de la côte.

Lorsque l'ouragan Martin est passé sur la Réserve Naturelle du Marais d'Yves le 27 décembre 1999, la houle a détruit la dune littorale et inondé la Réserve. Cette dune a par la suite été éparpillée sur la vasière. C'est la raison pour laquelle le sable est très présent uniquement en surface du sédiment. Cette tempête a eu lieu il y a cinq ans et le sable qui a été déposé à ce moment est toujours présent. Cela apporte une preuve de plus que les courants dans la baie sont faibles.

Une seule partie de la baie fait exception. En face du passage laissé pour la circulation des bateaux et dans les bouchots, nous avons constaté que le sédiment contenait du sable en profondeur. Cela traduit la présence d'un fort courant dans ce goulet. En fait, il est possible que lors des mouvements de marées, les bouchots présents sur la zone infralittorale de la baie freinent fortement les courants. La mer passe alors par ce goulet avec pour conséquences l'accélération des courants de marée qui sont alors trop puissants pour que *Zostera noltii* puisse s'implanter et se développer.

Il est également possible que l'accélération des courants de marée provoque la forte érosion constatée par les salariés de la Réserve sur le littoral de l'anse des Boucholeurs. Nous pouvons alors penser que le sable arraché à la plage est éparpillé sur l'ensemble de l'anse des Boucholeurs. Les courants sont ensuite trop faibles pour emporter ce sable en dehors de la baie et il sédimente alors sur la vase.

C. Cartographie de la Profondeur de la Couche Anoxique

La profondeur de la couche anoxique est très homogène sur l'ensemble de la baie d'Yves. Elle se trouve généralement très proche de la surface du sédiment. En effet, elle ne s'enfonce pas en dessous de 5 cm de profondeur pour les 2/3 des points étudiés et 90% des points ont une P.C.A. mesurée entre 0 et 10 cm de profondeur. Seuls 10 % des points ont une couche anoxique que l'on peut qualifier de profonde. Nous pouvons remarquer que tous les points dernièrement cités se trouvent dans le trou de la S.A.C.O.M. En effet, l'anoxie du sédiment est en fait très liée à la granulométrie. Plus la granulométrie du sédiment est fine et plus le sol sera compact et donc difficilement oxygéné.

Par contre, nous avons pu remarquer sur le terrain que cette couche anoxique forme une strate très dense. Elle permet alors aux racines de *Zostera noltii* de bien se fixer dans le sédiment. La plante est ainsi parfaitement ancrée et ne risque pas d'être déracinée par les courants. Les racines de *Zostera noltii*, comme les racines de graminées permettent également une ouverture légère du sédiment. Elles empêchent ainsi le tassement complet du sédiment.

D. Salinité de l'eau de mer

Les résultats de salinité montrent une certaine homogénéité à marée haute sur l'ensemble de la baie. Les résultats sont légèrement supérieurs à la salinité normalement mesurée dans l'océan Atlantique (35‰). Comme nous nous trouvons dans le pertuis charentais, il est possible que les mouvements d'eaux soient limités par les trois îles (Aix, Oléron et Ré) que nous trouvons autour de la baie d'Yves. L'évaporation, en particulier pendant l'été, provoque alors une augmentation de la salinité. L'estuaire de la Charente, situé à environ cinq kilomètres au sud de la baie n'aurait donc aucune influence sur la salinité de la baie. En effet, selon DOUMERET (com.pers.,2004) le panache d'eau douce déversé par le fleuve ne rentrerait pas dans la baie d'Yves. Cette forte salinité sur la baie n'est pas un atout pour *Zostera noltii*.

Les quatre mesures de salinité (fig.6) que nous avons effectuées sur la baie sont toutes supérieures à 35‰. Nous devons tenir compte du fait que les mesures ont été faites sur le rivage à marée haute. Il est possible que la salinité concentrée par l'évaporation lors de la marée basse fasse augmenter la salinité de l'eau à marée haute. De plus les mesures ont été faites pendant le mois de juillet. L'évaporation est très forte à cette période et la salinité augmente donc en conséquence. Dans l'anse de Fouras, la salinité est homogène. En effet, il n'existe qu'une sortie d'eau douce dans cette anse mais elle n'est plus fonctionnelle : elle a été bouchée depuis plusieurs années par un ensablement naturel.

Dans l'anse des Boucholeurs, par contre, nous obtenons les deux valeurs extrêmes de salinité. Nous n'avons trouvé aucune explication pour la valeur la plus élevée obtenue au sud

de la Réserve Naturelle. Dans le port des Boucholeurs par contre la salinité est la plus faible de la baie d'Yves. La sortie d'eau douce du village des Boucholeurs joue alors un rôle important dans la baisse de salinité. La canalisation est équipée d'un clapet anti-retour. Cela permet de déverser l'eau douce à marée basse et d'empêcher le refoulement à marée haute. L'eau déversée à marée basse fait alors diminuer la salinité lorsque la marée monte.

E. Répartition de l'herbier de *Zostera noltii*

L'herbier de *Zostera noltii* se répartit sur l'ensemble de la baie d'Yves à l'exception de la sortie de la S.A.C.O.M. (fig. 7 et 8) Sur cette zone, *Zostera noltii* ne peut se développer car les courants sont trop puissants. En effet, selon DENIS (1980) et AUBY (com.pers.,2004) ce n'est pas la granulométrie qui influence la répartition de *Zostera noltii* mais la force des courants dominants. Dans le trou de la S.A.C.O.M., lors du balancement des marées, le courant est très rapide entre la côte et les bouchots installés sur la zone infralittorale de l'estran. Cette augmentation de vitesse de courant empêche donc *Zostera noltii* de coloniser cette zone.

F. Cartographie de la densité de feuilles de *Zostera noltii* sur la Baie d'Yves

Comme nous avons pu le voir dans la partie résultat (fig.8), l'herbier de *Zostera noltii* de la baie d'Yves se divise en fait en plusieurs petits herbiers de taille plus ou moins grande. Les résultats seront interprétés herbier par herbier.

1. Herbier des Boucholeurs

L'herbier des Boucholeurs est la zone où *Zostera noltii* se développe le plus. En effet, nous avons obtenu les densités les plus importantes sur cette zone ainsi qu'un nombre de points de fortes densités plus important que sur les autres herbiers de la baie. Ce développement important a deux causes.

La première, est la présence d'une sortie d'eau douce dans le village des Boucholeurs. Cette eau douce est amenée par une canalisation se terminant par un clapet anti-retour, comme nous l'avons vu précédemment. A ce moment là l'eau déversée se répand sur l'estran et fait chuter considérablement la salinité. C'est ce qu'il se passe sur l'herbier du bassin d'Arcachon. Cette baisse de salinité favorise alors la germination des graines de *Zostera noltii*. Chez cette espèce environ 75% des graines sont viables et peuvent germer lorsque la salinité avoisine 1‰ (LOQUES *et al.* 1990). Lorsque la température de l'eau de mer est supérieure à 20°C les fortes salinités favorisent également la mortalité des pieds (VERMAAT *et al.* 1996). Cette arrivée d'eau douce permet donc de favoriser le développement de l'herbier des Boucholeurs et de donner des feuilles longues et larges. Il paraît évident que nous n'atteindrons jamais la valeur de 1‰ mais cette arrivée d'eau douce permet de tempérer un peu la forte salinité présente dans la baie d'Yves. Si des graines viables arrivent à maturité, elles peuvent dans ces conditions germer et permettre une reproduction sexuée avec un

brassage génétique. En effet, si la plante, de part les conditions dans lesquelles elle vit, ne peut utiliser la reproduction sexuée, elle risque une dégénérescence génétique à long terme.

2. Herbier des Mattes

L'herbier des Mattes (fig.8) est moins dense que l'herbier des Boucholeurs. Par contre il s'étend sur une plus grande surface. En ce qui concerne les raisons de son développement, nous ne pouvons émettre qu'une hypothèse. Il est possible que l'herbier des Mattes soit en fait la continuité de l'herbier des Boucholeurs. En effet, il n'y a aucune condition exceptionnelle pour que l'herbier se développe. Il n'existe pas de sortie d'eau douce fonctionnelle qui permettrait un meilleur développement de l'herbier. De plus, la salinité mesurée au sud de la Réserve est la plus importante de la baie avec 39‰. Les conditions chimiques ne sont donc pas réunies pour qu'un herbier se développe.

En ce qui concerne la granulométrie nous pouvons observer que l'herbier se développe bien malgré une forte présence de sable sur la zone. En fait ce sable ne se trouve qu'en surface du sédiment. La plante peut alors bien s'ancrer dans la couche de vase tassée et trouver des nutriments plus facilement. Nous pouvons donc penser que l'éparpillement de la dune littorale sur la vasière n'a pas de conséquences sur l'herbier. Par contre, le passage ménagé entre les bouchots de la baie d'Yves et la côte provoque la séparation d'un grand herbier et favorise la formation de deux herbiers distincts : celui des Boucholeurs et celui des Mattes.

La forte salinité que nous avons pu mesurer au sud de la Réserve nous permet de penser que c'est le facteur limitant le développement de l'herbier vers le sud. Il existe d'ailleurs au sud de la Réserve une sortie d'eau douce. Celle-ci est bouchée par une écluse depuis plusieurs années. L'eau est retenue pour que les agriculteurs puissent arroser le maïs pendant l'été. Une réouverture de cette sortie pourrait permettre une colonisation de l'herbier vers le sud grâce à une augmentation de la germination.

3. Herbier de la pointe du Rocher

L'herbier de la pointe du Rocher (fig.8) est encore plus diffus que les deux herbiers précédents. Le cœur est relativement petit et les densités maximales mesurées sont plus faibles que sur les deux herbiers précédents. Il couvre par contre une surface plus importante. Il existe sans doute deux raisons pour lesquelles il s'est développé. Dans un premier temps, nous avons pu observer que le sédiment était composé en grande majorité, voire exclusivement, d'éléments fins. Cela traduit la présence d'un courant de faible vitesse favorisant la sédimentation d'éléments fins. Le courant faible favorise la colonisation par *Zostera noltii* et la présence de vase permet une nutrition plus facile de la plante. Dans un deuxième temps, des apports d'eau douce sont visibles sur la falaise entre la pointe du Rocher et la pointe d'Yves. En effet lors de chaque pluie, il est possible d'observer l'eau de pluie qui suinte à travers le sol et se déverse sur la baie. Comme dans le port des Boucholeurs il est possible qu'à marée basse cette apport d'eau douce soit un facteur favorisant à la fois la germination mais aussi la survie des plants lorsque la température excède les 20°C.

4. Herbier de Fouras

Cette zone ne constitue pas à proprement parler un herbier. En effet, il est presque exclusivement constitué de tâches de *Zostera noltii* dont les densités sont très fortes (fig.8). Autour de ces tâches, par contre, la plante est totalement absente. Dans cette zone, le paramètre le plus favorable est le faible courant. Nous constatons effectivement une forte sédimentation des particules fines ce qui traduit un courant très faible. Cela est particulièrement visible à l'extrême sud de l'anse de Fouras. La répartition de *Zostera noltii* sur cet herbier est due à la topographie du sédiment. Le substrat forme régulièrement des creux et des bosses. Les bosses subissent généralement une dessiccation rapide et forte surtout en été. Or une trop forte dessiccation empêche *Zostera noltii* d'effectuer sa photosynthèse. Comme elle ne peut faire sa photosynthèse à marée haute (turbidité trop forte), elle doit alors trouver des conditions permettant un compromis entre la photosynthèse et la dessiccation. Les creux fournissent alors les conditions idéales à la plante. Ils retiennent le peu d'eau qui reste sur l'estran à marée basse. Malgré les conditions physico-chimiques difficiles qui règnent dans les flaques (forte augmentation de la salinité et de la température), *Zostera noltii* peut effectuer sa photosynthèse car la turbidité baisse fortement dans les flaques.

Il existe aussi dans l'anse de Fouras une sortie d'eau douce. Comme celle présente au sud de la Réserve, elle a été bouchée. Cela s'est fait par un ensablement naturel dont nous avons déjà parlé précédemment. Une réouverture de cette sortie permettrait d'améliorer les conditions de vie de *Zostera noltii*. Il serait alors possible d'obtenir un déversement d'eau douce homogène sur l'ensemble de la baie. *Zostera noltii* pourrait alors avoir des conditions idéales pour recoloniser le milieu.

G. Relation entre *Hydrobia ulvae* et *Zostera noltii*

Nous avons pu voir dans l'étude bibliographique que l'absence d'*Hydrobia ulvae* pouvait être un facteur limitant le développement de *Zostera noltii*. En effet, ce gastéropode, en broutant le périphyton qui s'accroche sur les feuilles de, facilite la photosynthèse (PHILIPPART, 1995). Ces études ont été faites sur la vasière de la mer de Wadden. Le problème est que sur ces vasières, les concentrations d'*Hydrobia ulvae* atteignent 100 000 individus/m².

Sur la vasière de la baie d'Yves, une étude de la macrofaune benthique a permis de cartographier la présence de ce mollusque. Il se répartit à peu près sur la même zone que *Zostera noltii*. Nous avons pu voir sur le terrain que le gastéropode broutait effectivement sur les feuilles. Mais sur la vasière de la baie d'Yves les plus grandes concentrations de ce gastéropode atteignent 8 800 individus/m² (BRACCO et GOULEVANT, 2003). Ces densités sont très inférieures à celles trouvées sur la vasière hollandaise. Il est donc possible que les feuilles de *Zostera noltii* ne servent pas de substrat au développement du périphyton. Nous pouvons donc penser qu'au vu des densités relevées sur la vasière, l'absence d'*Hydrobia ulvae* n'est pas un facteur limitant pour la photosynthèse de *Zostera noltii*.

VI. Les limites de la méthode

Bien que l'écartement des points soit de 100 m, ce qui sur la vasière est considéré comme assez précis, il est possible que l'herbier ne soit pas forcément suffisamment homogène pour que les points observés soient représentatifs. La cartographie de l'herbier de Fouras en particulier n'est pas exactement représentative de ce que nous avons pu observer sur le terrain.

En ce qui concerne la granulométrie et la mesure de la Profondeur de la Couche Anoxique, il est inutile de faire les deux mesures. En effet, nous avons pu voir dans la partie discussion que ces deux mesures étaient liées. Il est donc conseillé de ne mesurer que la granulométrie.

Pour le G.P.S., nous pouvons voir sur les cartographies que les points relevés sont parfois décalés. Il est donc conseillé de vérifier si le G.P.S. est calé sur le bon système de géoréférencement avant chaque utilisation. Cela a été fait pour la première journée de travail sur le terrain mais n'a jamais été renouvelé par la suite. Nous supposons que le G.P.S. s'est décalé pendant la durée du travail de terrain.

La période à laquelle le travail de terrain fut effectué n'était pas la meilleure. En effet, nous avons pu voir dans la bibliographie que le maximum de biomasse de l'espèce se situait au mois d'août. Il aurait donc été plus judicieux d'effectuer les relevés de terrain à la fin du mois d'août.

CONCLUSION

Cette étude cartographique de l'herbier de zostères sur la Baie d'Yves a permis d'obtenir un état initial : il est en fait divisé en quatre sous-ensembles distincts.

Elle a aussi permis d'établir un protocole de travail, validé par un chercheur qui pourra ainsi par la suite être reconduit lors du suivi de l'évolution de l'herbier.

Parallèlement à celle de l'herbier, une cartographie du substrat a montré que la présence de sable en surface sédiment, provenant probablement du cordon dunaire, n'influencerait *a priori* pas la présence de *Zostera noltii* sur l'estran, mais ceci reste à confirmer.

Enfin, le dernier résultat mis en évidence est l'importance de la salinité qui est assez élevée en Baie d'Yves, suite probablement à la fermeture des sorties d'eau douce (naturelles ou non). Afin de confirmer ou non l'influence de ce paramètre sur le déclin de l'herbier, une étude plus poussée de la salinité serait nécessaire.

Outre son rôle écologique, notamment par rapport aux Bernaches cravant, l'herbier de zostères de la Baie d'Yves représente aussi un support fondamental pour la vie économique locale (ostréiculture et mytiliculture grâce à sa fonction d'écosystème riche et diversifié, grâce à l'oxygénation de l'eau et du sédiment...).

Ce rôle économique et son importance en tant qu'habitat remarquable lui confère un intérêt tout particulier d'où la nécessité d'un suivi de son évolution.

Ce suivi devra être réalisé chaque année à la fin du mois d'août pour obtenir des résultats dans des conditions optimales (maximum des densités de feuilles à cette période).

Le protocole validé et appliqué par GRAS en 2004 sera repris et réalisé le long des deux radiales pilotes : une sur l'Anse des Boucholeurs orientée Nord-ouest/sud-est et l'autre de la pointe du Rocher au sud de l'Anse de Fouras orientée Nord/sud (ces deux radiales passeront par le cœur des quatre herbiers identifiés en 2004). Ce suivi par radiales pilotes est d'autant plus importantes que le DOCOB des marais de Rochefort Nord inclut une mesure de réouverture de l'écluse au sud de la Réserve d'Yves. Un suivi financé de l'impact de cette nouvelle sortie d'eau douce sera mis en place d'où l'importance de la radiale pilote de l'Anse des Boucholeurs qui permettra d'apprécier son influence notamment sur l'herbier de zostères.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTERRA, Green World Research, 2003. Bulletin pour les lecteurs de bagues de Bernaches cravant.
- AUBY, LABOURG, 1996. Seasonal dynamics of *Zostera noltii* Hornem. In the bay of Arcachon (France). Journal of sea research, 35 (4) : 269–277.
- BAUDIERE, MONANGE, BOSCH, AMIGO, GAMISANS, 1999. Le monde des plantes.
- BONNIER, DOUIN, 1999. La grande flore en couleurs de Gaston Bonnier. Edition Belin. 1401 p.
- BRACCO, GOULEVANT, 2003. Inventaire qualitatif et semi-quantitatif des ressources benthiques des vasières d'Yves. Réserve Naturelle du Marais d'Yves.
- DAUVIN, 1997. Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes atlantiques, manche et mer du nord. Synthèse menace et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle.
- DENIS, 1980. Ecologie et productivité des herbiers de zostères du Golfe du Morbihan. Ministère de l'environnement et du cadre de vie, direction de la protection de la nature.
- DEREK, SCOTT, ROSE, 1996. Atlas of anatidae populations in Africa and western Eurasia. Edition Wetlands International, p 81 à 84.
- GRAS, 2004. Rapport de stage de Maitrise BPE: Cartographie de l'herbier de *Zostera noltii* de la Baie d'Yves. 46 p.
- LEUSCHNER, LANDWEHR, MEHLIG, 1998. Limitation of carbon assimilation of intertidal *Zostera noltii* and *Z. marina* by desiccation at low tide. Aquatic botany, 62, 171–176.
- LOQUES, CAYE, MEINESZ, 1988. Flowering and fruiting of *Zostera noltii* in Golfe Juan (french Mediterranean). Aquatic Botany, 32, 341–352.
- LOQUES, CAYE, MEINESZ, 1990. Germination in the marine phanerogam *Zostera noltii* Hornemann at Golfe Juan french Mediterranean. Aquatic Botany, 38, 249–260.
- MEINESZ, BELSHER, BOUDOURESQUE, LEFEVRE, 1991. Première évaluation des potentialités du satellite Spot pour la cartographie des peuplements benthiques de Méditerranée occidentale. Oceanologica acta, 14 (3), 299–307.
- PHILIPPART, 1996. Seasonal variation in growth and biomass of an intertidal *Zostera noltii* stad in the dutch Wadden Sea. Netherlands journal of sea research, 33 (2), 205–218.
- VENNEL, 1996. Rapport de stage de BTSA GPN: Cartographie de *Zostera noltii* et *Ruppia maritime* sur la Réserve Naturelle de Lilleau des Niges, Ile de Ré (17). 40 p.
- VERMAAT, VERHAGEN, 1996. Seasonal variation in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. : coupling demographic and physiological patterns. Aquatic botany, 52, 259–281 .
- VERMAAT, VERHAGEN, DON LINDENBURG, 2000. Contrasting responses in two populations of *Zostera noltii* Hornem. to experimental photoperiod manipulation at two salinities. Aquatic botany, 67, 179–189.

