



Direction
Départementale
de l'Équipement

Manche

Mission
Mont-Saint-Michel



**PROJET DE
"RETABLISSEMENT DU CARACTERE MARITIME
DU MONT-SAINT-MICHEL"**

Maître d'ouvrage :
**Syndicat mixte pour le rétablissement
du caractère maritime du Mont-Saint-Michel**

Conducteur d'opération :
**Mission Mont-Saint-Michel
Direction départementale de l'équipement de la Manche**

Etudes en environnement - Volume 4.b

**Etude écologique de la grande criche
de l'Est**

RAPPORT FINAL

Septembre 1999

**UNIVERSITE DE RENNES 1
UMR 6553**

Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés

535
ENV

Cette étude, financée par le **Syndicat Mixte pour le Rétablissement du Caractère Maritime du Mont Saint-Michel**, a été réalisée au sein du :

**Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés,
UMR 6553, UNIVERSITE DE RENNES 1.**

La **direction scientifique** de l'étude était assurée par **Eric FEUNTEUN**, Maître de Conférence à l'Université de Rennes 1

La partie consacrée au **Microphytobenthos** a été réalisée par **Alain RADUREAU**, Ingénieur de recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique, mis à la disposition de l'Université de Rennes 1.

L'étude de la **faune benthique** est due à **François LANG**, Ingénieur d'étude contractuel à l'Université de Rennes 1, avec la participation d'Alain JIGOREL, de l'Institut National des Sciences Appliquées de Rennes pour les analyses granulométriques.

Pascal LAFFAILLE étudiant en troisième cycle à l'Université de Rennes (3^{ème} année de thèse) a conduit l'étude de l'ichtyofaune.

Le travail infographique est du à **Yannick LE PAJOLEC**.

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements à tous les **stagiaires et étudiants** du laboratoire qui ont accepté de les aider pour la réalisation – souvent périlleuse- des prélèvements de terrain.

PREAMBULE

Le présent document fait partie du dossier d'études environnementales du projet de rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel. Il s'inscrit dans la démarche, progressive et continue, mise en œuvre sur le projet pour l'évaluation environnementale.

Une étude de cadrage préalable à l'étude d'impact a été ainsi réalisée par le BCEOM et les Universités de Caen et de Rennes 1 afin de dresser l'inventaire des connaissances, identifier les enjeux ainsi que les besoins en études complémentaires sur des aspects spécifiques.

A l'issue de cette étude de cadrage, 8 études environnementales, présentées dans cette mallette, ont été ainsi lancées, sous le pilotage de la mission Mont Saint-Michel :

- volume 1 : les paysages de la baie du Mont Saint-Michel
- volume 2 : étude de la faune benthique
- volume 3 : étude de la qualité du milieu : recherche de micro-éléments dans les sédiments
- volume 4 : étude de l'ichtyofaune
- volume 5 : étude de l'avifaune
- volume 6 : contribution à la connaissance de la dynamique des herbues
- volume 7 : étude des phoques veaux-marins
- volume 8 : étude technico-économique de réutilisation et de valorisation des matériaux de déblais

Ces études sont accompagnées de fiches de synthèse pour une première approche de ces thèmes.

Trois études environnementales supplémentaires concernant le Couesnon à l'amont du barrage de la Caserne ont été lancées en 2000 sur l'hydrogéologie, les réseaux de drainage (hydrologie) et la faisabilité de l'aménagement de l'Anse de Moidrey. Ces trois études qui ne sont pas achevées feront l'objet d'une diffusion ultérieure.

Les études présentées dans cette mallette, en complétant l'état général des connaissances sur la baie du Mont Saint-Michel, pourront également contribuer à d'autres projets.

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE : LE MICROPHYTOBENTHOS

1. QUELQUES NOTIONS ET DEFINITIONS	6
1.1. Définition de l'objet d'étude	6
1.2. Quelques caractéristiques des diatomées	6
1.2.1. Morphologie	6
1.2.2. Seules ou en groupe	7
1.2.3. Reproduction	9
1.3 Aspects fonctionnels	9
2. METHODES	9
2.1. Echantillonnage	9
2.2. Méthodes d'analyse	11
3. RESULTATS	12
3.1. Liste des espèces de diatomées identifiées autour du Mont	13
3.2. Peuplement diatomique de la grande criche	21
3.3. Résultats des prélèvements complémentaires	24
3.3.1. Données obtenues à partir de l'étude des prélèvements de sédiments	24
3.3.2. Données obtenues à partir de l'analyse des prélèvements d'eau	26
4. ANALYSE DES RESULTATS	27
4.1. Quelques remarques générales	27
4.1.1. Présence de débris organiques	27
4.1.2. La micro faune benthique	27
4.2. Le peuplement diatomique de la criche	28
4.2.1. Evolution des densités	28
4.2.2. Constitution du peuplement	29
4.2.3. Premières conclusions	31
4.3. Analyse des prélèvements complémentaires	32
4.3.1. Le point W	32
4.3.2. Etude de l'estuaire de la grande criche	32
4.3.3. Etude des échanges générés par la marée	33
5. CONCLUSIONS	34

DEUXIEME PARTIE : LA MACROFAUNE BENTHIQUE

<i>1. LOCALISATION DES STATIONS</i>	35
<i>2. PROTOCOLE ET PROGRAMME D'ECHANTILLONNAGE</i>	35
<i>3. TRAITEMENT DES DONNEES</i>	36
3.1. Données sédimentaires	36
3.2. Données biologiques	37
<i>4. RESULTATS</i>	37
4.1. Données sédimentaires	37
4.2. Données biologiques	47
<i>5. DISCUSSION-CONCLUSION</i>	54

TROISIEME PARTIE : L'ICHTYOFAUNE

<i>1. DEFINITION ET LOCALISATION</i>	56
<i>2. FONCTIONS DES HERBUS</i>	56
<i>3. METHODOLOGIE</i>	56
<i>4. CAMPAGNES DE PECHE</i>	57
4.1. Les dates	58
4.2. Caractères abiotiques	58
<i>5. RESULTATS</i>	58
5.1. Le peuplement	58
5.2. Variations saisonnières	60
5.3. En résumé	61
<i>6. DISCUSSION</i>	61

QUELQUES ELEMENTS DE SYNTHESE	64
--------------------------------------	-----------

REFERENCES BIBLOGRAPHIQUES	66
-----------------------------------	-----------

INTRODUCTION

L'étude de la grande criche de l'Est a été initiée à un moment de l'élaboration du projet de restauration du caractère maritime du Mont où il apparaissait nécessaire de transformer, physiquement et dans son fonctionnement hydraulique, cette criche pour combattre la sédimentation à l'Est du Mont. Une modification substantielle du fonctionnement biologique de cette entité était donc probable.

La demande visait donc, à la fois, la constitution d'un état initial et une approche globale des fonctions écologiques de ces éléments du système de drainage des herbous.

Dans ce contexte, l'étude confiée à l'Université de Rennes 1 (et contractuellement intégrée à l'étude globale de l'ichtyofaune), comprenait trois volets :

- Une étude sommaire du microphytobenthos ;
- Une étude de la macro-faune benthique ;
- Une étude de l'ichtyofaune spécifique de la criche.

Pour ces trois volets, le suivi d'un cycle annuel comportant quatre campagnes de prélèvements avait été défini.

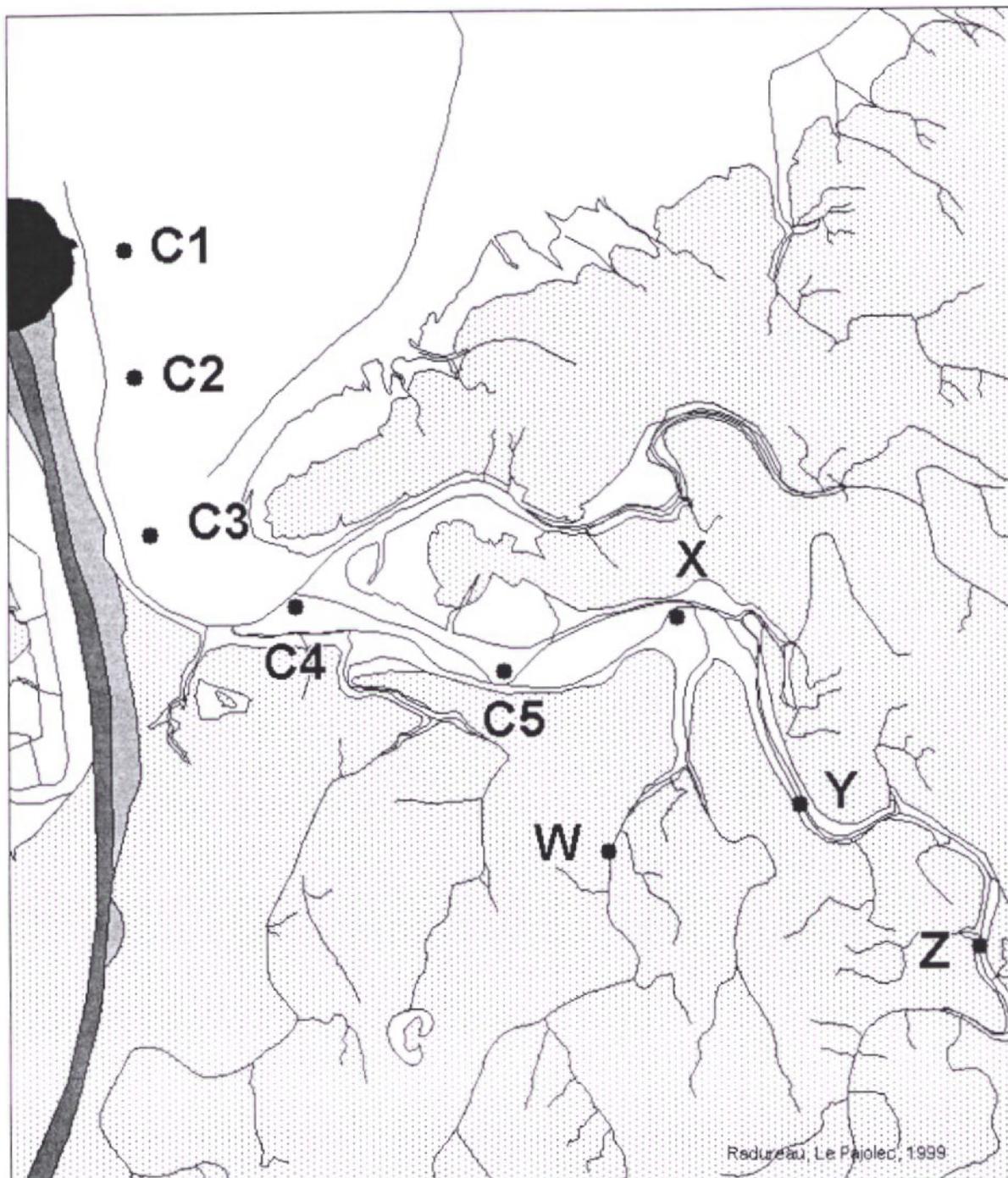
Pour permettre une restitution plus facile des travaux menés sur cette criche, nous avons choisi de les isoler de l'étude de l'ichtyofaune et de les présenter de manière autonome. On retrouvera cependant toutes les données et analyses concernant l'utilisation de cette criche par les poissons dans le rapport d'étude consacré à l'ichtyofaune.

Depuis le lancement de ces études d'environnement, la consistance technique du projet de Restauration du Caractère Maritime du Mont Saint-Michel a été largement modifiée, en particulier, l'utilisation de la grande criche de l'Est comme moyen de lutter contre l'avancée des herbous a été abandonnée.

En revanche le projet retenu modifie de manière substantielle le cours estuarien du Couesnon. On peut penser que cette nouvelle configuration (en particulier, les dispositifs destinés à créer un écoulement à l'Est du Mont) induira une modification du profil en long des chenaux de drainage des herbous situés à l'Est du Mont.

Paradoxalement, dans ces nouvelles conditions, la nécessité d'une étude spécifique de la grande criche de l'Est reste donc d'actualité.

Par ailleurs, il semble que les éléments de compréhension du rôle des criches dans le fonctionnement global de la Baie du Mont Saint Michel qu'apportent cette étude, restent pertinents dans le cadre des études d'environnement multiples dont ce projet s'entoure.



Carte de situation de l'ensemble des investigations menées sur la grande criche de l'Est. Les points X, Y, Z et W, correspondent aux quatre points retenus pour les études du microphytobenthos et de la macro-faune benthique. Les pêches prévues pour l'étude de l'ichtyofaune ont été exécutées au voisinage du point Y.
 La série des points C1 à C5 correspond à l'un des transects de l'étude de la faune benthique aux abords du Mont dont certains résultats seront repris dans ce rapport.

PREMIERE PARTIE : LE MICROPHYTOBENTHOS

1. QUELQUES NOTIONS ET DEFINITIONS.

1.1. DEFINITION DE L'OBJET D'ETUDE.

La décomposition du titre nous situe déjà le sujet de cette première partie, en effet, micro, nous indique que nous travaillons sur des organismes invisibles à l'œil nu, phyto nous montre que ces organismes sont des végétaux, et benthos souligne que ces organismes vivent sur le fond.

La flore microphytobenthique est donc constituée des algues microscopiques qui se développent sur les sédiments qui constituent les fonds de la Baie, en l'occurrence nous nous intéresserons à celles qui vivent sur les fonds de la criche.

Dans la plupart des zones intertidales de nos régions (et les études menées antérieurement montrent que c'est bien le cas en Baie du Mont Saint Michel), les peuplements microphytobenthiques sont essentiellement constitués d'une catégorie particulière d'algues microscopiques : les **diatomées**.

Ce sont des algues unicellulaires, comportant des pigments chlorophylliens, et capables, pour la plupart, de produire, en utilisant l'énergie solaire, des molécules organiques complexes à partir de composés inorganiques (carbone contenu dans le dioxyde de carbone dissous, azote puisé dans les nitrates, etc).

1.2. QUELQUES CARACTERISTIQUES DES DIATOMÉES

1.2.1. Morphologie.

Les diatomées présentent, par rapport à l'ensemble des autres algues unicellulaires planctoniques ou benthiques, une caractéristique distinctive : leur paroi cellulaire inclue une **structure siliceuse** appelée **frustule**.

Cette structure siliceuse a une durée de vie évidemment plus longue que celle de la cellule elle-même ce qui permet, par exemple, de les retrouver dans le tractus digestif des animaux qui utilisent ces algues comme nourriture. Les diatomées constituent donc un matériel d'étude particulièrement performant pour les écologues. On retrouve même ces structures siliceuses, à l'état de fossiles, dans les couches de sédiments anciens ce qui permet des études de paléoécologie.

Toutes les frustules de diatomées ont une structure commune que l'on peut apparenter à celle d'une boîte.

La partie siliceuse de la diatomée est généralement constituée de trois parties :

- **Deux valves opposées**, le plus souvent symétriques (le dessous et le dessus de la boîte), réunies par **une bande de liaison** (le papier collant qui réunit les deux parties de la boîte) que l'on appelle bande connective ou cingulum.

Cette organisation est commune à toutes les diatomées mais prend, selon les espèces, des allures très différentes. En premier lieu les valves peuvent avoir des formes très diverses, si la plupart sont discoïdes ou en forme de fuseau, certaines sont constrictées, d'autres vrillées, d'autres légèrement coniques, d'autres sont munies d'appendices, etc....

Mais pour simplifier encore le jeu, les bandes connectives peuvent former un rectangle ou bien un coin et même être vrillées. Enfin, cette bande connective est parfois invisible (dans le cas des *Melosira* les deux valves sont jointives) mais peut aussi être très développée (par exemple chez les espèces du genre *Odontella*). L'ensemble des combinaisons donne donc un grand nombre de configurations ce qui n'est pas surprenant compte tenu du nombre d'espèces différentes de diatomées.

On estime en effet, le nombre des espèces de diatomées à environ 10 000, mais certains auteurs avancent le chiffre de 50 000 (ces espèces sont cependant, pour la majorité, des espèces d'eaux douces ou saumâtres). Elles constituent l'une des branches dominantes du phytoplancton et du microphytobenthos marin, et forment le constituant principal du microphytobenthos des estrans de la Baie du Mont Saint Michel.

1.2.2. Seules ou en groupe.

Parmi les diatomées il y a des espèces dont les cellules sont systématiquement solitaires, et d'autres qui se regroupent le plus souvent en formant des chaînes. Ces chaînes se construisent :

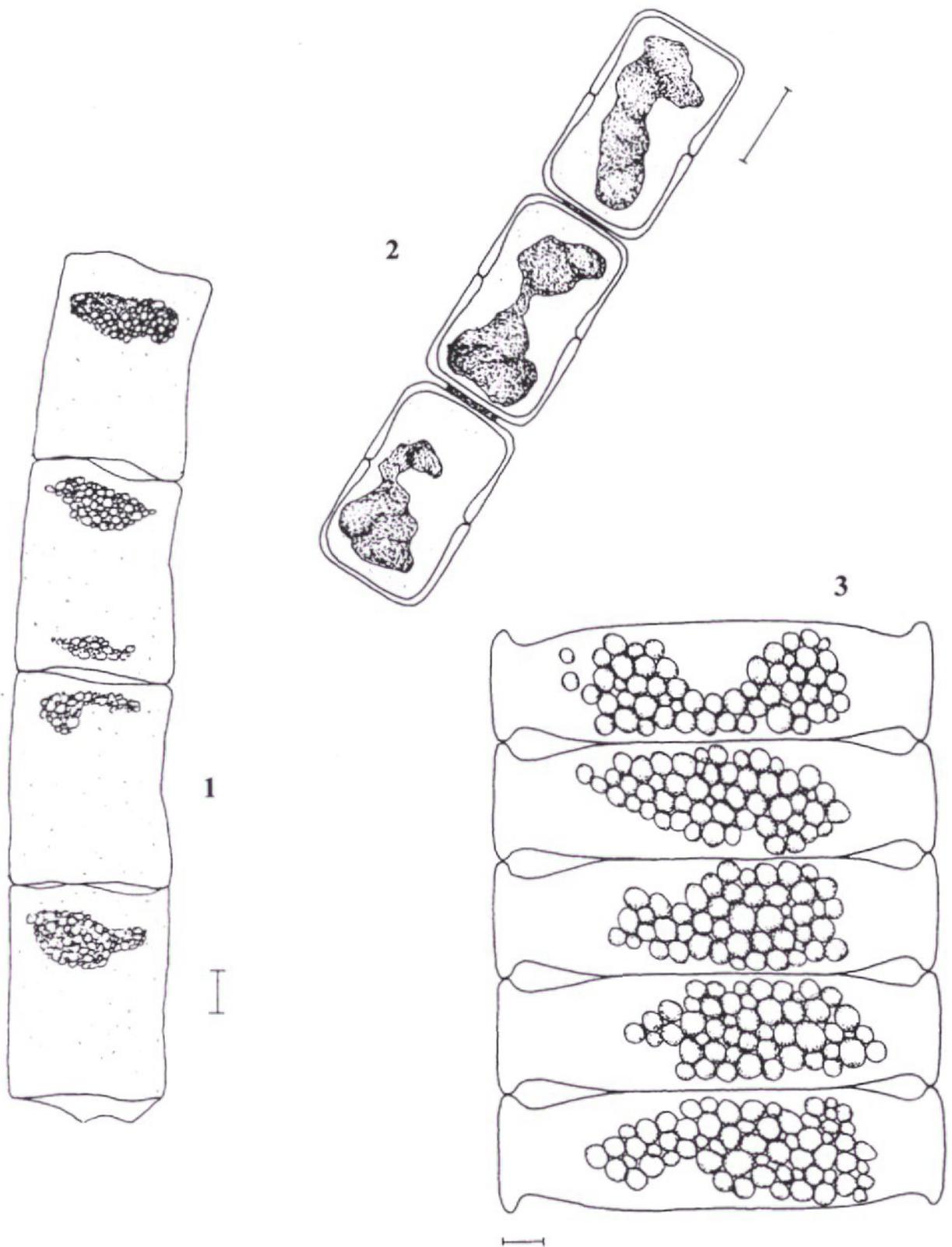
- par assemblage des faces valvaires (elles sont, chez certaines espèces, pourvues d'appendices qui assurent la liaison), les algues discoïdes forment alors de longs cylindres (par exemple : *Paralia sulcata*, *Melosira jurgensii*) et les algues allongées forment des rubans (par exemple : *Brookmaniella brookmanii* ou *Dimmeregma minor*),
- par des liens chitineux partant du centre de la valve, les chaînes ressemblent alors à des colliers de perles (*Thalassiosira decipiens*),
- par liaison entre des appendices spécifiques (cas des diatomées du genre *Odontella* ou de *Skeletonema costatum* entre autres exemples).

La formation de chaîne est plus fréquente pour les algues planctoniques que pour les algues benthiques mais certaines algues typiquement benthiques comme les *Paralia* forment cependant des chaînes qui peuvent être très longues et s'avèrent très robustes.

L'explication de cette organisation communautaire de certaines espèces est controversée. Pour les algues planctoniques les groupements en chaînes semblent souvent liés à une amélioration de la flottabilité permettant aux algues de se maintenir dans les couches les plus superficielles où la lumière peut pénétrer.

Pour certaines espèces benthiques on peut penser qu'il s'agit aussi d'un moyen permettant de s'ancrer de manière plus solide sur le substrat. D'autres hypothèses ont été émises mettant en avant une meilleure résistance au broutage (les diatomées sont des végétaux et constituent donc la nourriture de multiples micro-organismes animaux) ou un accès plus efficace aux sels minéraux qui sont nécessaires aux diatomées comme à tous les autres végétaux.

Il faut noter que cette tendance au regroupement est plus fréquente pour les espèces de taille petite ou moyenne. Parmi les chaînes les plus communes sur les sédiments de la Baie du Mont Saint Michel, on trouve *Paralia sulcata*, *Brookmaniella brookmanii*, *Dimmeregma minor*, et différentes espèces de *Melosira* (ces espèces ont généralement des dimensions maximales inférieures à 20 μm), mais le phénomène existe aussi pour des espèces de taille importante (parfois plus de 200 μm) comme *Odontella mobiliensis*, très commune sur les estrans de la Baie.



Certaines espèces de diatomées peuvent s'assembler pour former des chaînes ou des rubans parfois très longs. Le plus souvent cette liaison s'opère par des appendices ou des sécrétions permettant de réunir les diatomées par leurs valves. Cette illustration montre trois exemples de chaînes assemblées selon ce mode : (1) *Guinardia flaccida* diatomée planctonique ; (2) *Melosira jurgensii* qui est une diatomée à la fois benthique et planctonique ; (3) *Dimmeregama marina* diatomée benthique.

La barre d'échelle située à proximité de chaque diatomée représente 10 μm . Cette illustration est constituée à partir de croquis originaux d'après nature, exécutés par A. Radureau.

1.2.3. Reproduction.

Les diatomées disposent de deux modes de reproduction leur permettant de s'adapter à toutes les circonstances. Elles se reproduisent principalement par division cellulaire. Cette forme de bouturage leur permet de coloniser rapidement les milieux disponibles. Mais compte tenu de la structure siliceuse qui les entourent ce mode de reproduction conduit à des individus de plus en plus petit (les nouvelles valves se forment à l'intérieur des valves « mères » et sont donc automatiquement plus petites).

Aussi, lorsque les circonstances le permettent ou le nécessitent, les diatomées utilisent une reproduction sexuée (dont les modalités sont complexes et différentes selon les genres) qui se traduit par la formation à l'extérieur de la cellule mère, d'une cellule fille appelée auxospore. Cette cellule peut être beaucoup plus volumineuse que la cellule mère et permettra donc de relancer le processus de division à partir d'un individu de grande taille.

1.3. ASPECTS FONCTIONNELS.

Même si l'on admet que la présence d'un ensemble d'espèces constitue, en soi, une justification d'étude, il faut cependant (dans une étude opérationnelle) s'interroger sur les fonctions de ces organismes.

On a indiqué précédemment qu'il s'agissait d'organismes capables d'assurer ce que les écologues appellent la **production primaire** c'est à dire la synthèse, par utilisation de l'énergie solaire, de molécules organiques complexes à partir de composés minéraux simples. Ces molécules organiques complexes étant à la base de toute la vie animale, la production primaire est la base du fonctionnement de tous les écosystèmes.

Les diatomées sont donc la prairie des estrans, une prairie certes invisible (les diatomées manifestent cependant leur présence en formant des plaques vertes à brunâtres, en particulier, au printemps et en été), mais qui remplit néanmoins les mêmes fonctions que les prairies terrestres vis à vis de la faune.

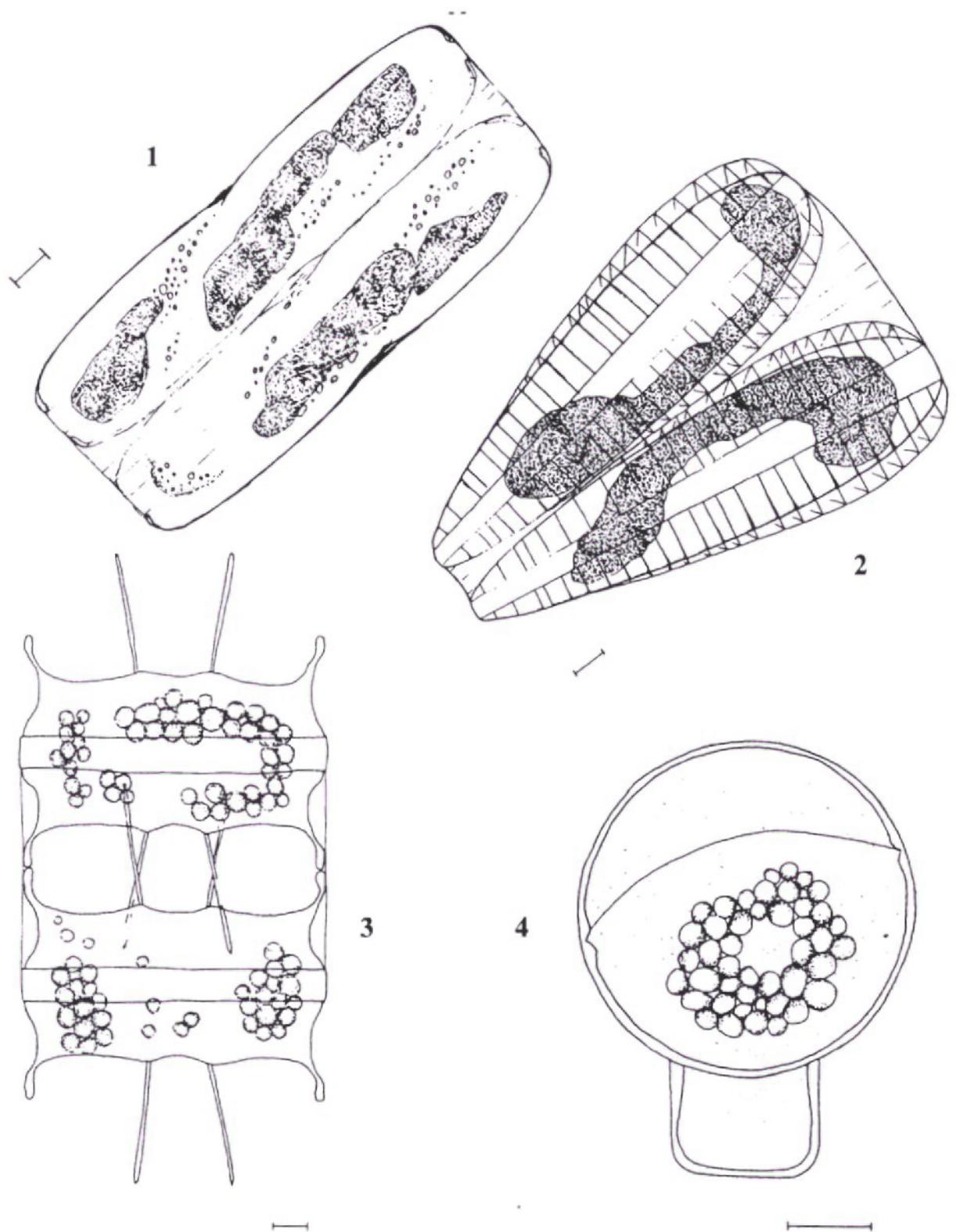
La densité (que nous pouvons mesurer) et la productivité, en quelque sorte la vitesse de pousse (qui reste complexe à mesurer), de ces prairies sont donc importantes à connaître pour mieux cerner le fonctionnement des différents secteurs d'estrans.

2. METHODES.

2.1. ECHANTILLONNAGE

Dans le cadre de cette approche on a choisi de pratiquer les prélèvements aux mêmes points que ceux retenus pour l'étude de la faune benthique. Le premier point sélectionné (point X) se situe donc à l'amont de l'estuaire de la criche (cet estuaire est très important puisqu'il regroupe quatre criches principales) ; le point le plus en amont (point Z) est positionné sensiblement au milieu de la criche ; le point intermédiaire (point Y) qui se situe à 100 mètres en aval de l'emplacement retenu pour les opérations de pêche (cette distance de sécurité vise à éviter les éventuels bouleversements du substrat lors des opérations de pêche qui occasionnent toujours un piétinement important) se trouve à mi-chemin des deux autres.

La zone retenue pour les trois points a été choisie, après des investigations de terrains préalables, comme étant celle où l'activité biologique semble la plus importante (en effet le secteur plus en amont paraît en raison de son étroitesse et de sa submersion moins fréquente, biologiquement moins actif). Ce secteur nous a donc paru particulièrement intéressant dans l'optique d'une évaluation de l'impact des transformations que subira cette criche. Pour des raisons de commodité (l'accès à certains points des criches peut se révéler périlleux en période de vives eaux), et de cohérence, les prélèvements ont été réalisés en fin de cycle de morte eau c'est à dire à un moment où la criche n'a pas été envahie par la marée depuis plusieurs jours.



Les diatomées disposent de deux modes de reproduction, une reproduction par simple division, et une reproduction que l'on peut qualifier de sexuée et qui se traduit par la formation d'une cellule particulière appelée auxospore. Sur cette illustration les deux modes sont représentés.

(1) *Scolioneis tumida* en début de division, on aperçoit les deux valves siliceuses en formation à l'intérieur des « valves mères » après division des noyaux cellulaires ; (2) *Petrodictyon gemma*, le processus de division est presque achevé (les nouvelles valves sont complètement formées) ; (3) *Odontella mobiliensis*, immédiatement après la division, les deux diatomées sont complètes mais restent réunies par un lambeau de cingulum de la cellule initiale ; (4) Auxospore de *Melosira jurgensii*, au sein de la cellule sphérique, une diatomée complète, et généralement plus grande que les cellules initiales va se développer..

La barre d'échelle située à proximité de chaque diatomée représente 10 μm . Cette illustration est constituée à partir de croquis originaux d'après nature exécutés par A. Radureau.

Localement la zone retenue pour les prélèvements a toujours été la première banquette au bord du fil d'eau de ressuyage. Il s'agit de la zone la plus constamment humide, ce qui permet de garantir une relative stabilité des conditions de milieu.

Par ailleurs, au gré des opportunités ou des interrogations suscitées par les premiers résultats, des points non prévus contractuellement ont été étudiés. Ces points permettent de fournir des compléments d'analyse dans le temps et dans l'espace.

La fréquence des prélèvements est, comme pour toutes les études sur cette criche, d'une par saison. Les prélèvements ont donc été effectués en septembre, décembre, mars et juin.

2.2. METHODES D'ANALYSE.

L'étude des diatomées benthiques pose de multiples problèmes techniques dont le plus sérieux reste la séparation des algues du sédiment qui les supporte. Sans cette séparation préalable il est impossible de repérer, de compter et d'identifier les algues.

Pour obtenir des résultats représentatifs, nous prélevons grâce à un ustensile spécial, au hasard sur une surface d'environ un demi mètre carré, et sur une profondeur d'un centimètre, un volume d'environ 70 ml de sédiment. Cette opération est renouvelée une fois.

De retour au laboratoire nous mélangeons soigneusement le contenu de chaque prélèvement et nous prélevons un volume de 4 ml de sédiment. Cet échantillon est (lorsque les conditions l'exigent) rincé à l'eau distillée pour en réduire la salinité, puis mélangé à 30 ml de Ludox HS-40 dilué à 70% (le rinçage préalable évite une réaction chimique qui en cas de trop forte salinité, conduit à une prise en masse du Ludox et du sédiment). Le Ludox est un gel de silicate assez dense (il a la consistance d'un sirop épais) qui a la propriété d'être plus dense que les matières organiques et moins dense que les particules minérales.

Le sédiment est intimement mélangé à ce gel (par agitation au vortex) et, après décantation, on peut récupérer le surnageant qui contient la matière organique initialement mélangée au sédiment, et en particulier, les algues.

Après une filtration soignée et de nombreux rinçages, les algues sont fixées et stockées en vue du comptage. Pour cette étude nous réalisons quatre préparations différentes (deux à partir de chacun des piluliers de sédiment prélevés) pour chaque point.

L'identification et le comptage des cellules sont ensuite effectués au microscope optique (grossissement 250 à 400) grâce à une cellule de Nageotte (cellule permettant de compter les algues présentes dans un volume d'eau connu). La réalisation de quatre préparations permet, en multipliant les comptages sur des sous-échantillons différents, d'améliorer la fiabilité des résultats.

Pour confirmer certaines déterminations on détruit ensuite la matière organique d'une partie des échantillons (par une longue immersion dans l'hydrogène peroxyde à 33% bouillant). Cette procédure permet une identification sûre des algues à partir des frustules (grossissement 600 à 1000) dont la forme et l'ornementation (organisation des perforations qui permettent les échanges entre la cellule et le milieu ambiant) sont spécifiques de chaque espèce de diatomée.

Le recoupement de l'ensemble de ces données permet de définir la population de diatomées d'un secteur. La quantité de sédiment utilisée pour l'extraction étant connue avec précision, on peut ramener le résultat à une densité d'algues par centimètre cube. Puisque le prélèvement est effectué sur une profondeur d'un centimètre, on exprimera le résultat, pour le rendre plus perceptible, en nombre d'algues par centimètre carré de sédiment en place.

L'analyse des résultats bénéficiera de la comparaison avec des données acquises pour d'autres secteurs de la Baie (secteurs du Vivier par exemple) et des travaux qui sont menés au Laboratoire sur une criche des herbues situés face au polder Foucault par G. Sagan.

3. RESULTATS.

Les résultats de ce travail seront présentés ci-après en quatre sous-ensembles.

1- On trouvera d'abord une **liste des diatomées identifiées** sur l'ensemble de la période et des points d'étude. Cette liste, présentée selon la classification proposée par F.E. Round, R.M. Crawford et D.G. Mann dans l'ouvrage « The Diatoms » (Cambridge University Press 1990), indique les détails de la classification taxinomique des diatomées. Ces éléments (compris les noms d'auteurs) ne seront pas repris dans les tableaux suivants, cette liste initiale constituant la liste de référence pour toute la partie du rapport consacrée aux diatomées.

En face de chaque nom d'espèce on remarquera deux ensembles de lettres (le premier en caractères normaux, le second en italique). La (ou les) première(s) lettre(s) indique(nt) le caractère benthique (**B**) ou/et planctonique (**P**) des algues répertoriées ; en effet, parmi les algues que nous avons identifiées certaines sont strictement benthiques c'est à dire inféodées au fond, d'autres sont strictement planctoniques c'est à dire vivant au cœur de la masse d'eau, d'autres sont alternativement selon les circonstances, benthiques ou planctoniques. La deuxième série de lettre indique les conditions de salinité préférentielle de chaque espèce, les espèces polyhalines (**P**) sont adaptées à l'eau de mer, les espèces mésahalines (**M**) sont adaptées aux eaux saumâtres, les espèces oligohalines (**O**) sont les espèces d'eau douce.

2- La deuxième série de données, fournie sous la forme d'un tableau, regroupera les données qualitatives et quantitatives concernant les trois points contractuellement retenus pour l'étude de la grande criche de l'Est.

Sur ce tableau, on trouvera pour chaque point échantillonné :

- une mesure de la densité du peuplement de micro-invertébrés benthiques ;
- une évaluation de la densité du peuplement de nématodes ;
- **une évaluation de la densité du peuplement diatomique**, cette densité est exprimée en nombre de cellules par cm² ;
- **une analyse de la répartition de ce peuplement entre les différentes espèces présentes**. Cette répartition indiquera le pourcentage du peuplement réalisé par les espèces principales (les espèces qui représentent moins de 3% du peuplement sont considérées comme secondaires) et fournira une indication de la présence (+) des espèces secondaires (la liste des espèces est donnée dans l'ordre de la classification de Round et Crawford conformément à la liste globale des espèces présentes).

3- Le dernier ensemble réunit les données concernant les points étudiés en complément des travaux initialement prévus (on trouvera plus loin, la carte de position de ces points complémentaires).

Un deuxième tableau regroupera, dans les mêmes conditions que le précédent, les données concernant des échantillons de sédiment non prévus au départ de l'étude et qui ont été analysés à la demande de la mission du Mont Saint Michel (cas des points W) ou à l'initiative du chargé d'étude (on trouvera l'étude de quelques points de l'estuaire du complexe des criches aboutissant immédiatement à l'est du Mont, et de deux points des estrans au alentour du Mont, à titre de comparaison).

Enfin un dernier tableau, présenté comme les deux précédents, fournira des données sur les diatomées contenues dans la masse d'eau qui envahit les criches à marée haute. L'objectif de ce petit travail complémentaire était de vérifier si des échanges de peuplement s'opèrent entre les criches, les estrans et la masse d'eau oscillante.

3.1. LISTE DES ESPECES DE DIATOMÉES IDENTIFIÉES AUTOUR DU MONT PENDANT LA PÉRIODE D'ÉTUDE.

CLASSE DES COSCINODISCOPHYCEAE Round & Crawford 1990

Sous-classe des THALASSIOSIROPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES THALASSIOSIRALES Glezer & Makarova 1986

Famille des Thalassiosiraceae Lebour 1930

Thalassiosira decipiens (Grunow ex Van Heurck) Jörgensen P-B P

Thalassiosira leptotus (Grunow) Hasle & Frixell P-B P

Famille des Skeletonemataceae Lebour 1930

Skeletonema costatum (Gréville) Cleve P-B M

Sous-classe des COSCINODISCOPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES MELOSIRALES Crawford 1990

Famille des Melosiraceae Kützing 1844

Melosira juergensii Agardh B-P P-M

Melosira nummuloides (Dillwyn) Agardh B-P P-M

Melosira westii Wm. Smith B-P P

Famille des Hyalodiscaceae Crawford

Podosira stelliger (Bailey) Mann B-P P

ORDRE DES PARALIALES Crawford 1990

Famille des Paraliaceae Crawford 1988

Paralia sulcata Ehrenberg B P

ORDRE DES AULACOSEIRALES Crawford 1990

Famille des Aulacoseiraceae Crawford 1990

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Thwaites P O

ORDRE DES COSCINIDISCALES Round & Crawford 1990

Famille des Coscinodiscaceae Kützing 1844

Coscinodiscus eccentricus Ehrenberg B P

Famille des Hemidiscaceae Hendey 1937, Simonsen 1975

Actinoptychus senarius Ehrenberg B P

Actinoptychus splendens (Shadolt) Ralphs in Pritchard B-P P

Sous-classe des BIDDULPHIOPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES TRICERATIALES Round & Crawford 1990

Famille des Triceratiaceae (Schütt) Lemmermann 1899

Triceratium alternans Bailey B P

Triceratium favus Ehrenberg B-P P

Odontella aurita (Lyngbye) Agardh B-P P

Odontella mobiliensis (Bailey) Grunow B-P P

Odontella regia (Schultze) Simonsen B P

Odontella rhombus (Ehrenberg) Kützing B P

Cerataulus turgidus (Ehrenberg) Ehrenberg B P

Auliscus sculptus (Wm. Smith) Ralphs B P

Famille des Plagiogrammaceae De Toni 1890

Plagiogramma leve (Gregory) Agardh B P

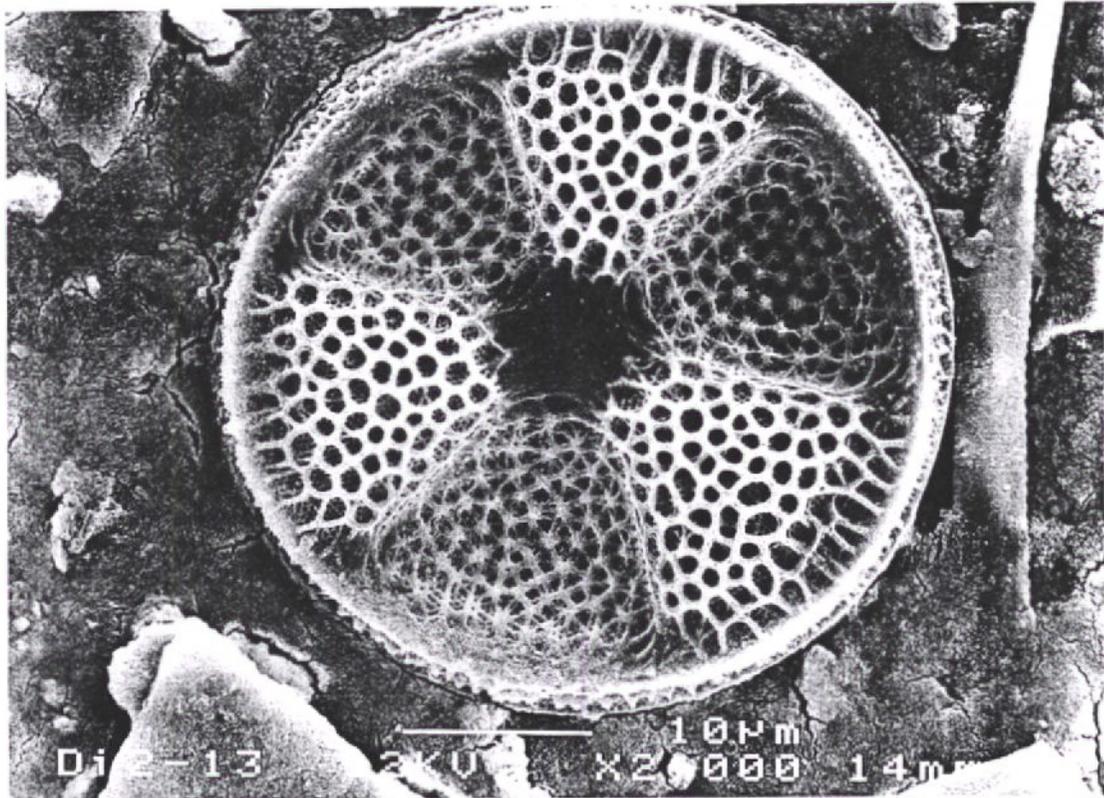
Dimeregramma marinum (Gregory) Ralphs in Pritchard B P

Dimeregramma minor (Gregory) Ralphs B P

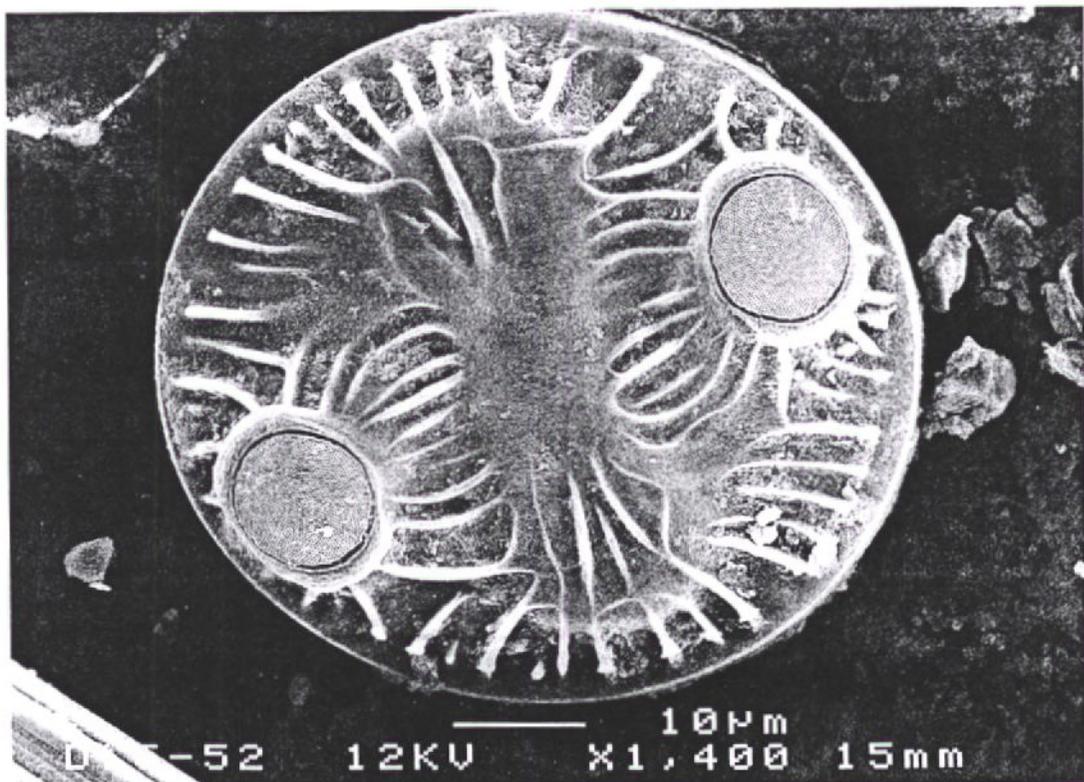
ORDRE DES BIDDULPHIALES Krieger 1954

Famille des Biddulphiaceae Kützing 1844

Biddulphia biddulphiana J.E. Smith (Boyer) B P



La photographie en microscopie électronique à balayage permet d'accéder à des détails très fins de la structure des valves siliceuses des diatomées. L'aspect ainsi obtenu est très différent (en particulier par son opacité) de celui observé en microscopie classique à partir de cellules fraîches. *Auliscus sculptus* (en bas) et *Actinoptychus senarius* (en haut) sont deux espèces de la classe des Coscinodiscophyceae régulièrement présentes dans les sédiments des estrans de la Baie du Mont Saint Michel. *Actinoptychus senarius* est une espèce que l'on rencontre dans un grand nombre de prélèvements mais toujours en quantité relativement faible. Les clichés des valves ont été réalisés par le centre de microscopie électronique de l'Université de Rennes 1 à partir d'échantillons préparés par A. Radureau.



Sous-classe des LITHODESMIOPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES LITHODESMIALES Round & Crawford 1990

Famille des Lithodesmiaceae Round 1990

Ditylum brightwelli (West) Grunow

P P

Sous-classe des CYMATOSIROPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES CYMATOSIRALES Round & Crawford 1990

Famille des Cymatosiraceae Hasle, von Stosch & Syversten 1983

Cymatosira belgica Grunow

B-P P

Campylosira cymbelliformis (A. Schmidt) Grunow ex van Heurck

B-P P

Plagiogrammopsis vanheurckii (Grunow) Hasle, von Stosch, Syversten

B P

Brockmanniella brockmannii (Hustedt) Hasle, von Stosch & Syversten

B-P P

Sous-classe des RHIZOLENIOPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES RHIZOLENIALES Silva 1962

Famille des rhizoseleniaceae De Toni 1890

Rhizolenia schrubsolei Cleve

P-B P

Rhizolenia setigera Brightwell

P P

Guinardia flaccida (Castracane) Peragallo

P P

Sous-classe des CHAETOCEROTOPHYCIDAE Round & Crawford 1990

ORDRE DES LEPTOCYLINDRALES Round & Crawford 1990

Famille des Leptocylindraceae Lebour 1930

Leptocylindrus danicus Cleve

P P

Leptocylindrus minimus Gran

P P

CLASSE DES FRAGILARIOPHYCEAE Round 1990

Sous-classe des FRAGILLARIOPHYCIDAE Round 1990

ORDRE DES FRAGILARIALES Silva 1962

Famille des Fragilariaceae Gréville 1833

Fragilaria crotonensis Kitton

P-B O

Asterionella formosa Hassal

P O

Asterionella bleakeleyi Wm. Smith

P P

Synedra tabulata (Agardh) Kützing

P-B P

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg

P O-M

Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kützing

P-B O

Asterionellopsis glacialis (Castracane) F.E. Round

P P

Podosystis americana Bailey

B P

ORDRE DES RHAPHONEIDALES Round 1990

Famille des Raphoneidaceae Forti 1912

Raphoneis amphiceros (Ehrenberg) Ehrenberg

B P

ORDRE DES THALASSIONEMATALES Round 1990

Famille des Thalassionemataceae Round 1990

Thalassionema nitzschioides Grunow in Van Heurck

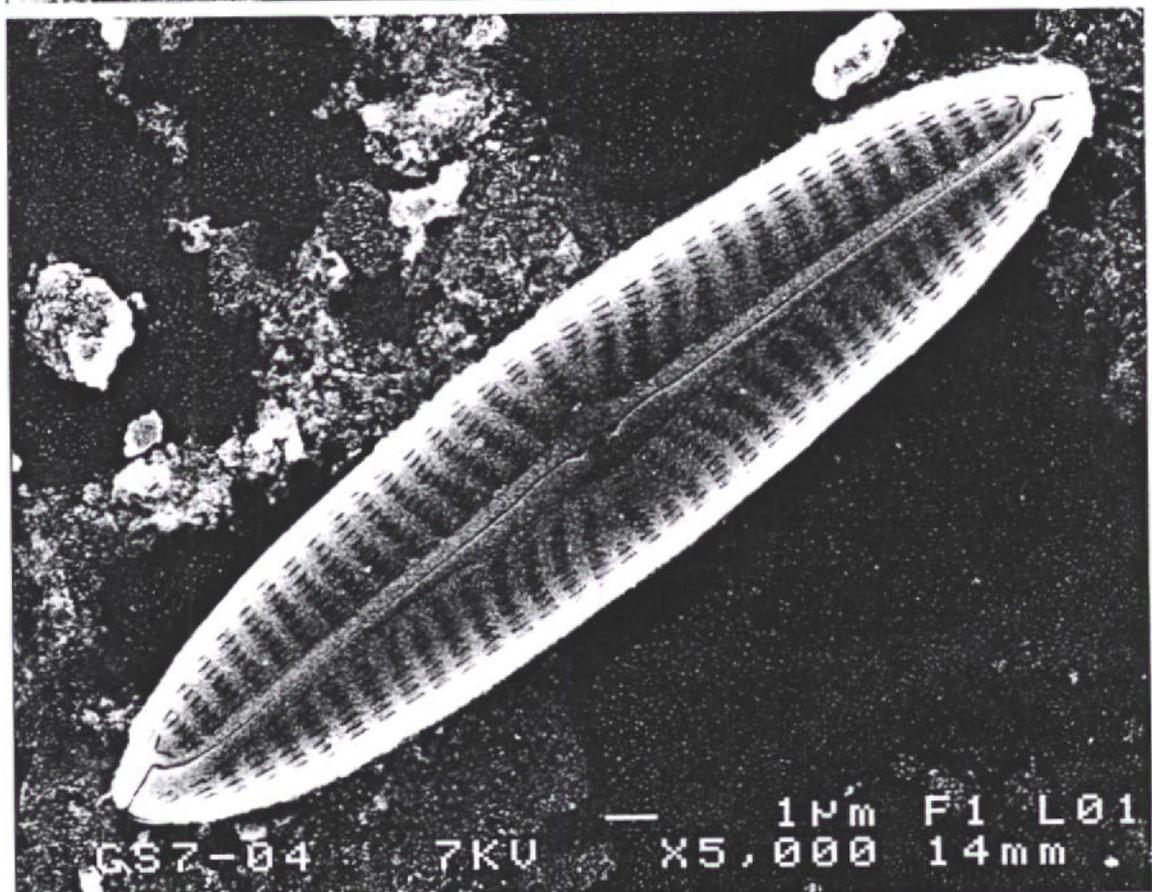
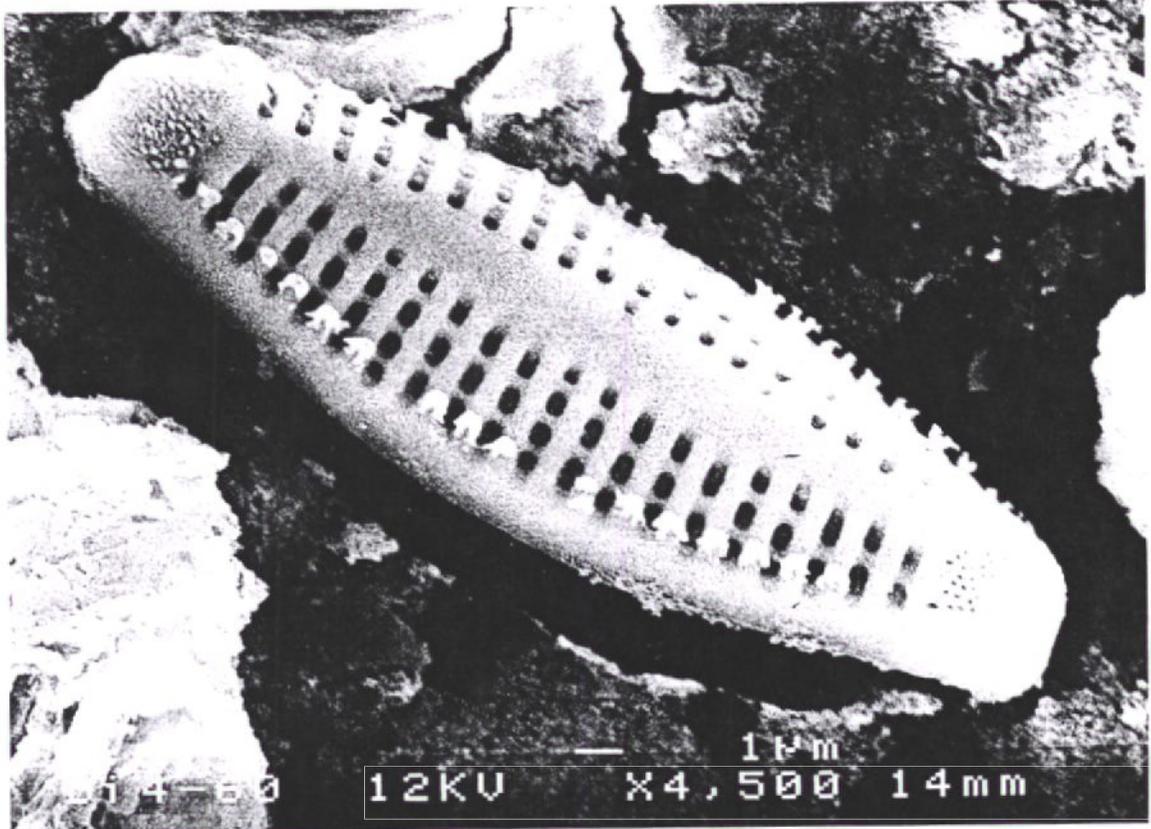
B P

ORDRE DES RHABDONEMATALES Round & Crawford 1990

Famille des Rhabdonemataceae Round & Crawford 1990

Rhabdonema arcuatum (Lyngbye) Kützing

B-P P



Dimmeregramma mimor (en haut) espèce appartenant à la classe des *Coscinodiscophyceae* est une espèce couramment rencontrée en Baie et qui forme souvent des chaînes rubanées assez longues. On note à la périphérie de la valve, les appendices qui permettent l'accrochage des valves les unes aux autres. La photographie du bas représente une valve de *Navicula cincta* espèce d'eau saumâtre appartenant à la classe des *Bacillariophyceae*. Clichés effectués par le centre de microscopie électronique à balayage de l'Université de Rennes 1, à partir de préparations réalisées par A. Radureau et G. Sagan.

ORDRE DES STRIATELLES Round 1990

Famille des Striatellaceae Kützing 1844
Grammatophora marina (Lyngbye) Kützing
Grammatophora serpentina Ehrenberg

B P
 B P

CLASSE DES BACILLARIOPHYCEAE Haeckel 1878

Sous-classe des EUNOTIOPHYCIDAE D.G. Mann 1990

ORDRE DES EUNOTIALES Silva 1962

Famille des Eunotiaceae Kützing 1844
Eunotia dubium Hustedt (1)

B P-M

Sous-classe des BACILLARIOPHYCIDAE D.G. Mann 1990

ORDRE DES LYRELLALES D.G. Mann 1990

Famille des Lyrellaceae D. G. Mann 1990
Lyrella hennedyi (Wm. Smith) A.J. Stickle & D.G. Mann
Petroneis humerosa (de Brébisson) A.J. Stickle & D.G. Mann

B P
 B P

ORDRE DES CYMBELLALES D.G. Mann 1990

Famille des Anomoeoneidaceae D.G. Mann 1990
Stauophora amphioxys (Gregory) D. G. Mann
Stauophora salina (Wm. Smith) Mereschkowsky

B M
 B P-M

ORDRE DES ACHNANTHALES Silva 1962

Famille des Cocconeidaceae Kützing 1844
Cocconeis scutellum Ehrenberg
Campyloneis grevillei (Wm. Smith) Grunow

B P
 B P

ORDRE DE NAVICULALES Bessey 1907

Sous-ordre des Neidiineae D.G. Mann 1990
 Famille des Scolioneidaceae D.G. Mann 1990
Scolioneis tumida (de Brébisson ex Kützing) D.G. Mann

B P-M

Sous-ordre des Sellaphorineae D.G. Mann 1990
 Famille des Pinnulariaceae D.G. Mann 1990
Pinnularia maior (Kützing) Cleve

B O

Sous-ordre des Diploneidinae D.G. Mann 1990
 Famille des Diploneidaceae D.G. Mann 1990
Diploneis crabo Ehrenberg

B P

Sous-ordre des Naviculineae Hendey 1937
 Famille des Naviculaceae Kützing 1844

Navicula arenaria Donkin
Navicula cancellata Donkin
Navicula cincta (Ehrenberg) Van Heurck
Navicula digito-radiata (Gregory) Ralphs in Pritchard
Navicula incerta Grunow ex Van Heurck
Navicula peregrina (Ehrenberg) Kützing
Navicula phyllepta Kützing

B P
 B P
 B P-M
 B P
 B P
 B M
 B-P P-M

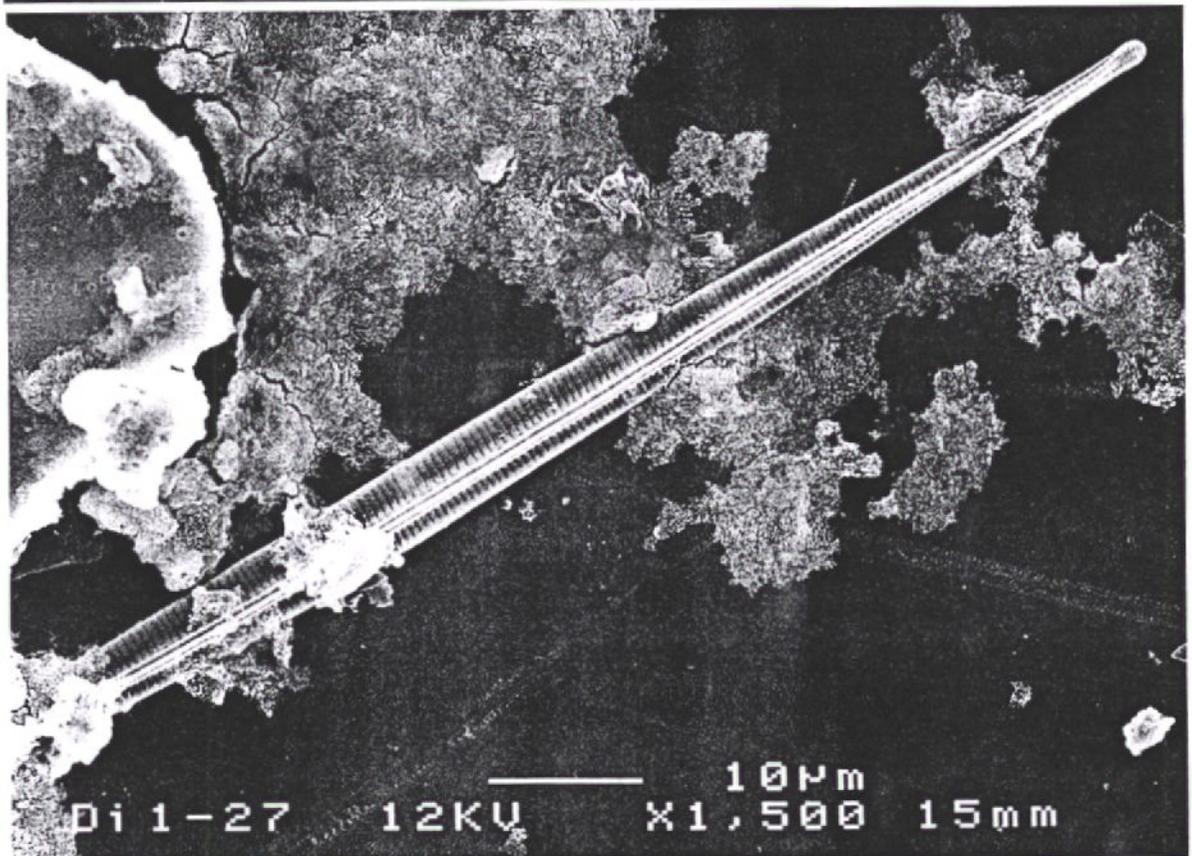
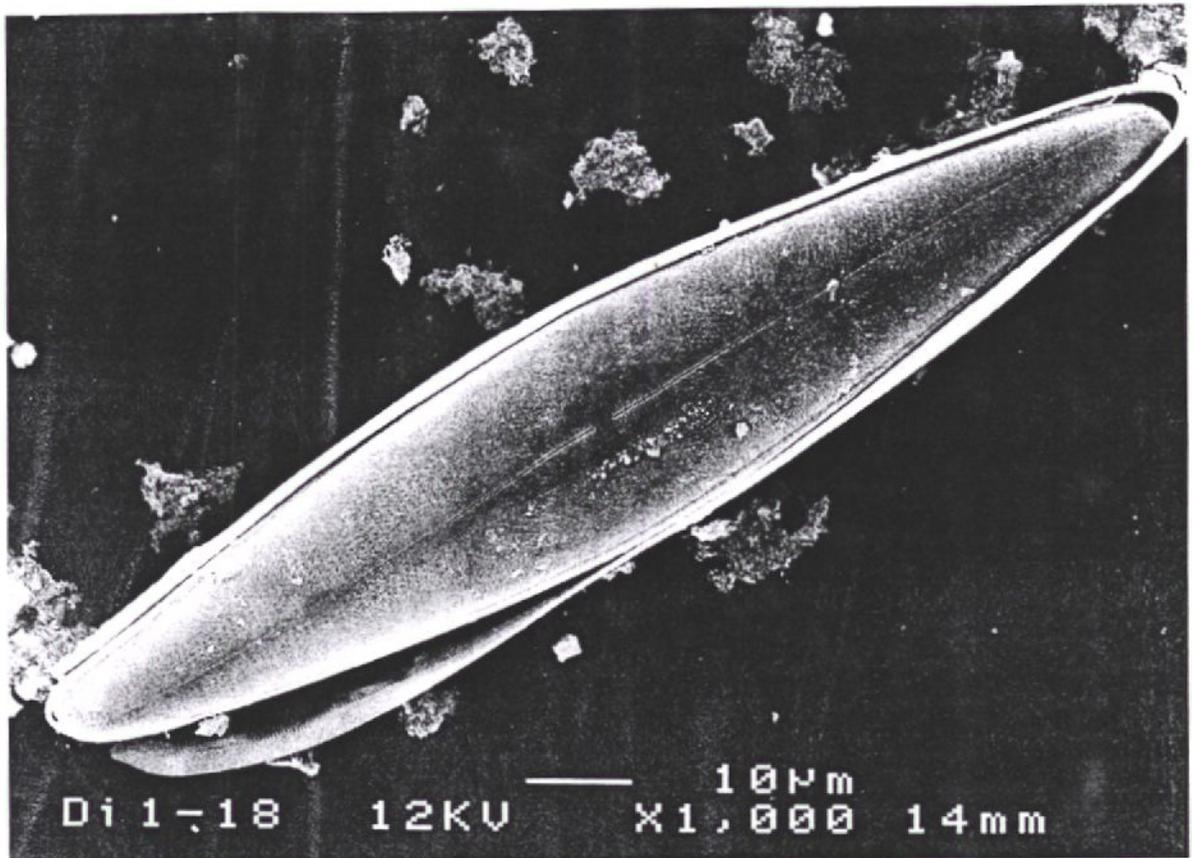
Famille des Pleurosigmataceae Mereschkowsky 1903
Pleurosigma aestuari (de Brébisson ex Kützing) Wm. Smith
Pleurosigma angulatum (Quekett) Wm. Smith
Gyrosigma accuminatum (Kützing) Rabenhorst
Gyrosigma eximium (Thwaites) Boyer
Gyrosigma fasciola (Ehrenberg) Cleve
Gyrosigma wansbeckii (Donkin) Cleve

B-P M
 B P
 B M-O
 B O-M
 B-P P
 B P-M

ORDRE DES THALASSIOPHYSALES D.G. Mann 1990
 Famille des Catenulaceae Mereschkowsky 1902

Amphora costata Wm. Smith

B P



Scolioneis tumida (en haut) et *Bacillaria paxillifer* (en bas) sont deux espèces appartenant à la classe des Bacillariophyceae, fréquemment rencontrées dans la grande Criche de l'Est pendant la période d'étude. Clichés réalisés par le centre de microscopie électronique à balayage de l'Université de Rennes 1 à partir des préparations d'A. Radureau.

ORDRE DES BACILLARIALES Hendey 1937

Famille des Bacillariaceae Ehrenberg 1831

<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müller) Hendey	B-P	P-M
<i>Hantzschia virgata</i> (Roper) Grunow	B	P
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) D.G. Mann	P	P
<i>Tryblionella gracilis</i> Wm. Smith	B	O-M
<i>Nitzschia longissima</i> (de Brébisson) Ralphs in Pritchard	P	P
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	B	M
<i>Nitzschia martiana</i> Agardh	P	P
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Wm. Smith	B	P-M
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	B-P	P-M

ORDRE DES SURIRELLALES D.G. Mann 1990

Famille des Entomoneidaceae Reimer in Patrick & Reimer 1975

<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	B-P	P-M
---	-----	-----

Famille des Surirellaceae Kützing 1844

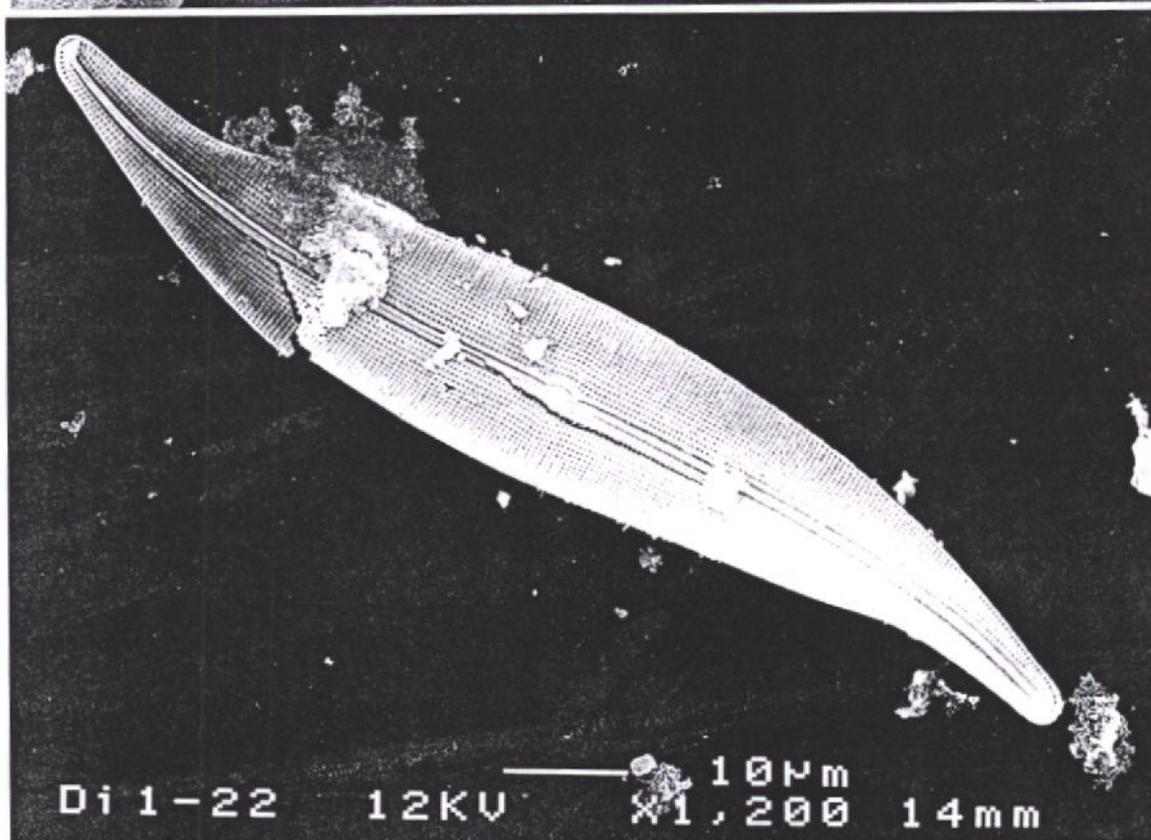
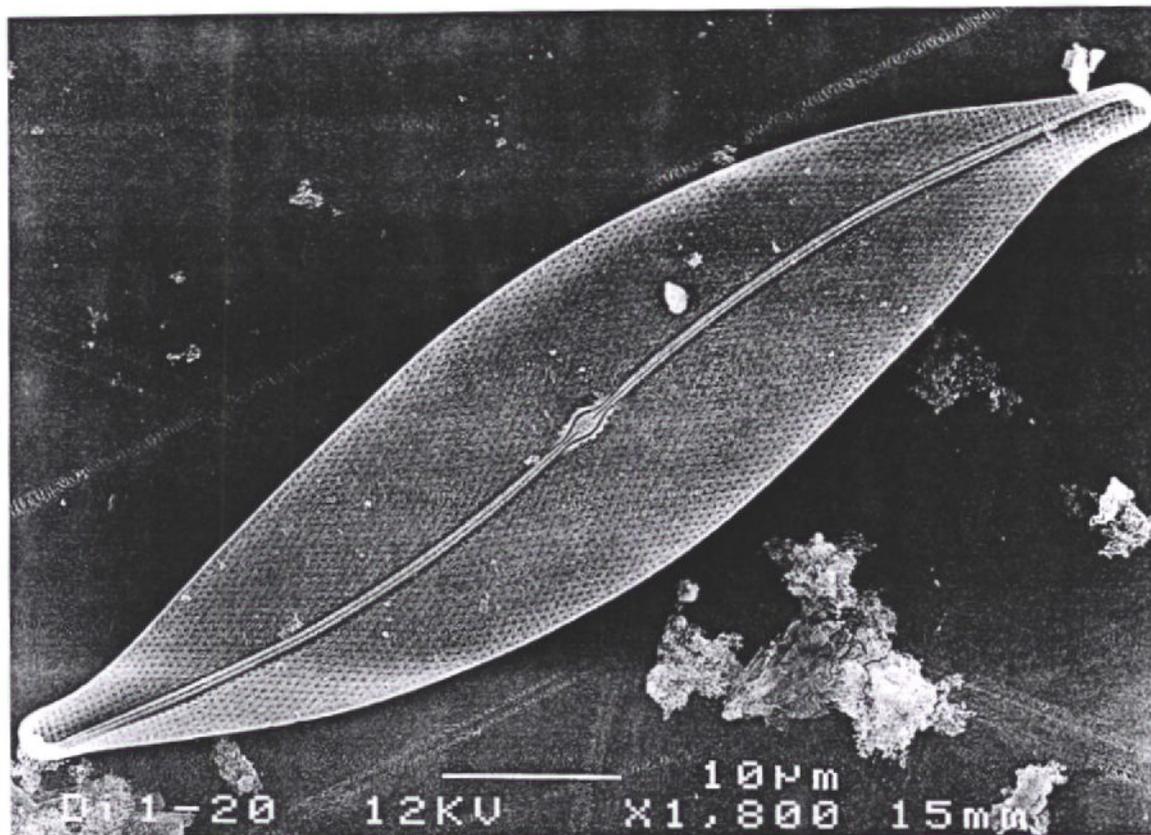
<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann	B	P
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	P	O-M
<i>Surirella ovata</i> Kützing	B	P-M
<i>Surirella tenera</i> Gregory	P	O-M
<i>Surirella striatula</i> Turpin	B	M
<i>Cymatopleura elliptica</i> (de Brébisson) W. Smith	B	O
<i>Cymatopleura solea</i> (de Brébisson) W. Smith	B	O

(1) Cette espèce apparaît seulement dans les analyses de prélèvements préliminaires (juin 1998) qui ne sont pas reprises dans ce rapport. On ne trouvera donc cette espèce dans aucun des tableaux qui suivent, elle est néanmoins présente dans certains prélèvements réalisés durant l'étude.

On constate donc que **87 espèces** appartenant à 33 familles et 24 ordres différents répartis dans les trois classes de la classification actuelle des diatomées, ont été identifiées au cours des investigations réalisées au abords du Mont Saint Michel à l'occasion de cette étude.



Trois exemples de diatomées de la famille des Pleurosigmataceae, assez représentatives des prélèvements effectués dans la grande Criche de l'Est : de gauche à droite : *Gyrosigma fasciola*, *Pleurosigma angulatum* (espèce typique des criches) et *Gyrosigma eximium* (espèce d'eau douce illustrant l'influence des eaux douces du Couesnon sur les peuplements de la criche). Croquis d'après nature réalisés par A. Radureau, la barre d'échelle située auprès de chaque croquis représente 10 µm et permet de d'apprécier les très importantes différences de taille entre ces trois espèces.



Pleurosigma aestuari (en haut) et *Gyrosigma accuminatum* (en bas) sont deux algues assez caractéristiques des plaques de diatomées que l'on rencontre dans les secteurs soumis à de fortes variations de la salinité. Ces deux images permettent de comprendre la différence entre les deux genres. Les algues du genre *Pleurosigma* présentent des perforations formant des lignes diagonales par rapport à l'axe principal de la valve tandis que les algues du genre *Gyrosigma* présentent des perforations formant une grille orthogonale par rapport à l'axe principal de la valve. Clichés réalisés par le centre de microscopie électronique de l'Université de Rennes 1 à partir de préparations réalisées par A. Radureau.

3.2. PEUPLEMENT DIATOMIQUE DE LA GRANDE CRICHE DE L'EST.

Les données recueillies pendant les investigations concernant la grande criche de l'Est sont regroupées dans le tableau qui suit.

La partie supérieure du tableau fournit des indications de densité exprimée en nombre d'organismes par cm² (les densités de micro-invertébrés benthiques qui ont été saisies en même temps que celles concernant les diatomées, sont fournies aux deux premières lignes du tableau).

La seconde partie du tableau permet d'apprécier la part prise par les différentes espèces de diatomées dans la constitution du peuplement.

	SEPT 98			DEC 98			MARS 99			JUIN 99		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Nb. Micro-invertébrés / cm ²	510	1060	550	140	80	160	64	1130	175	1200	1250	1890
Dont nématodes / cm ²	450	1000	470	54	45	136	48	30	75	890	720	1240
Nb. Diatomées / cm ²	2330	2360	8820	4200	690	5060	5960	3370	2365	2940	4390	3120
Nb. d'espèces recensées	29	28	25	20	23	21	29	18	17	28	23	21
Répartition du peuplement diatomique entre les différentes espèces												
<i>Melosira juergensii</i>		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Melosira nummuloides</i>	+	+		+	+	+	+					
<i>Melosira westii</i>	+	+	+		+		+		+	+		
<i>Podosira stelliger</i>	+				+	+	+	+	+			
<i>Paralia sulcata</i>	16	9	+	+	15	4	5	3	4	6	+	7
<i>Aulacoseira granulata</i>		+	+				+		+			
<i>Coscinodiscus eccentricus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
<i>Actinopterychus senarius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+
<i>Actinopterychus splendens</i>							+					
<i>Triceratium alternans</i>			+	+			+	+		+		
<i>Odontella aurita</i>	+	+	+		+		+	+		+	+	+
<i>Odontella mobiliensis</i>	+	+	+	+	5	+	+			+	+	+
<i>Odontella rhombus</i>		+				+	+					
<i>Cerataulus turgidus</i>										+		
<i>Auliscus sculptus</i>					+			+				
<i>Plagiogramma leve</i>	+	+	+									
<i>Dimeregramma marinum</i>				+	+							
<i>Dimeregramma minor</i>	+	7	+	+	10	+	+		+	4	+	4
<i>Plagiogrammopsis vanheur.</i>						+						
<i>Brockmanniella brock.</i>	9	14	+	+	13	3	4	4	22	5	6	+
<i>Rhizosolenia setigera</i>	+											
<i>Fragilaria crotonensis</i>										+		
<i>Synedra tabulata</i>								+				
<i>Asterionellopsis glacialis</i>										+		
<i>Pppodocystis americana</i>									+			
<i>Raphoneis amphiceros</i>	+				+	+	+					+
<i>Rhabdonema arcuatum</i>								+				

On trouvera la suite du tableau (espèces appartenant à la classe des *BACILLARIOPHYCEAE*) à la page suivante

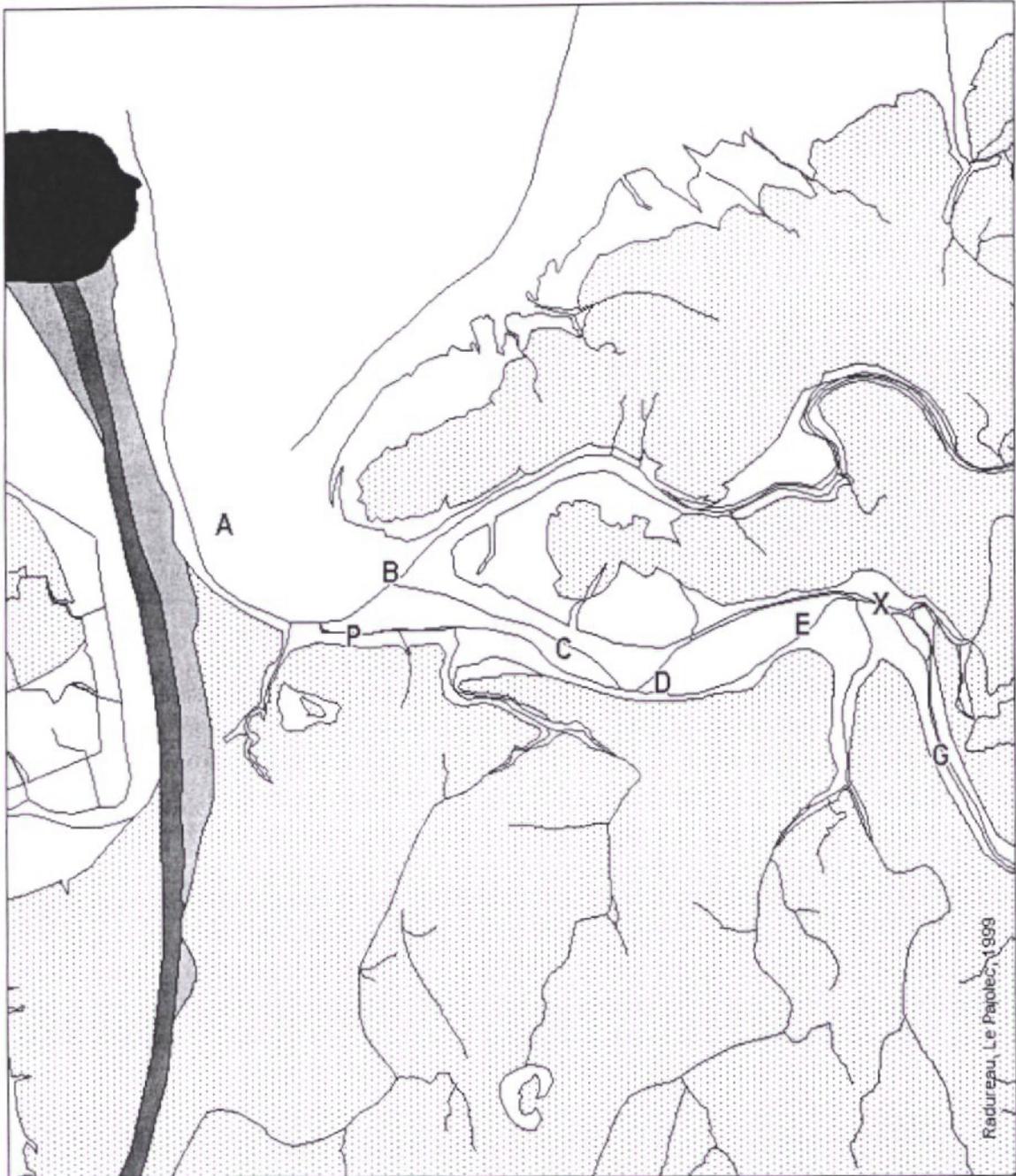
Suite du tableau de répartition du peuplement de diatomique entre les différentes espèces.

	SEPT 98			DEC 98			MARS 99			JUN 99		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
<i>Lyrella hennedyi</i>									+			
<i>Petronis humerosa</i>			+							+		
<i>Staurophora salina</i>	+		+								+	
<i>Cocconeis scutellum</i>		+										
<i>Scolioneis tumida</i>	3	3	8	+	+	+	+	+	+	+	+	35
<i>Diploneis crabo</i>											+	
<i>Navicula arenaria</i>	+		+		+		+		+	+	+	
<i>Navicula cincta</i>	5	4	+	+	4	3	+			19	15	8
<i>Navicula incerta</i>	+		+									
<i>Navicula peregrina</i>							+					
<i>Navicula phyllepta</i>	8	8	5	+	6	7	+	+	7	45	31	15
<i>Pleurosigma aestuari</i>	+	+	+			+				+	+	
<i>Pleurosigma angulatum</i>	7	+	32	+	+		+		+	+	5	4
<i>Gyrosigma accuminatum</i>	4	9	+	+	+	+	+		+	+	+	4
<i>Gyrosigma eximium</i>											3	+
<i>Gyrosigma fasciola</i>	+	+					+				+	
<i>Gyrosigma wansbeckii</i>		+										
<i>Bacillaria paxillifer</i>	+	+	+	+	+		38	27	5	+	+	+
<i>Hantzschia virgata</i>						+				+		
<i>Psammodictyon pandurifor.</i>	+	+								+		
<i>Triblionella gracilis</i>										5	+	4
<i>Nitzschia frustulum</i>			+									
<i>Nitzschia sigma</i>	+	+	+	+				+		+		+
<i>Cylindrotheca closterium</i>							+	+	+	+	+	
<i>Entomoneis alata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Petrodictyon gemma</i>	19	8	41	91	26	78	46	61	53	7	24	11
<i>Surirella ovata</i>	+	+		+		+	+					+

Un parcours rapide de ce tableau fait apparaître les éléments suivants :

- Cinquante-quatre espèces ont été déterminées au cours des investigations menées sur les trois points de la criche.
- Cinq de ces espèces sont présentes dans tous les prélèvements (*Paralia sulcata*, *Brockmanniella brockmannii*, *Scolioneis tumida*, *Navicula phyllepta*, *Petrodictyon gemma*).
- Huit espèces sont présentes dans 10 ou 11 des 12 prélèvements. Certaines de ces espèces font parfois partie des espèces dominantes, à l'inverse, d'autres sont souvent présentes mais toujours en faible nombre (*Melosira jurgensii*, *Coscinodiscus eccentricus*, *Actinoptychus senarius*, *Entomoneis alata*).
- Le plus grand nombre d'espèces recensées dans un prélèvement est de 29 (point X aux mois de septembre et mars) et le plus faible est de 17 (point Z au mois de mars).
- Une seule espèce appartient à la liste des espèces dominantes dans tous les prélèvements (*Petrodictyon gemma*).

Enfin, et bien que cela n'apparaisse pas à la lecture du tableau il faut signaler la présence de quelques algues n'appartenant pas à la classe des diatomées. Ces algues représentent toujours **moins de 1% des algues** présentes dans les échantillons. On note la présence de quelques cyanobactéries et de quelques chlorophytes (appartenant à trois genres : *Pediastrum*, *Senedesmus* & *Staurastrum*). Il semble que la plupart de ces algues soient des algues d'eau douce transportées par les eaux du Couesnon et échouées sur les estrans.



Carte des prélèvements complémentaires effectués au mois d'avril 1999.

Les points A, B, C, D, E, X, G, correspondent à des prélèvements pour analyse de la population diatomique du sédiment. On constate que le point A se situe légèrement en aval du point C3 des études de la macro-faune benthique, de même, le point B correspond au point C4, et le point D correspond au point C5. La position du point W est indiquée dans la carte générale en début du document.

Le point P est le point situé en rive gauche de la criche, à partir duquel les prélèvements d'eau pendant la haute mer (flux et jusant) ont été effectués.

3.3. RESULTATS DES PRELEVEMENTS COMPLEMENTAIRES

3.3.1. Données obtenues à partir de l'étude des prélèvements de sédiments.

Le point W appartient à une criche voisine de la criche étudiée, du point de vue altimétrique il se trouve sensiblement au niveau du point Y. Ce point a été choisi pour établir une comparaison entre les caractéristiques du peuplement diatomique des différentes criches.

La campagne d'avril 1999 comportant 7 points (A, B, C, D, E, X, G) est une campagne supplémentaire visant à préciser la limite entre le milieu spécifique des criches et les estrans. Les points de prélèvements s'étagent sensiblement du point appelé C3 dans l'étude de la faune benthique jusqu'au point G situé à mi chemin entre les points X et Y du programme de prélèvement (cf. la carte de la page précédente). Le traitement des prélèvements de cette série a été réalisé, au sein du Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés de l'Université de Rennes 1, par Marie LEDOUX, stagiaire de l'Université de Lille.

Enfin les deux derniers points pris sur le transect B des prélèvements de faune benthique du mois de décembre visent à fournir quelques éléments de comparaison entre le peuplement des criches et celui des estrans du même secteur. Le point BO3 se situe dans une zone tout à fait représentative du secteur, en revanche, le point BE1 correspond à une légère dépression couverte d'une pellicule de vase très fine.

	12/98	03/99	12/98	04/99	04/99	04/99	04/99	04/99	04/99	04/99	12/98	12/98
	W	W	C5	A	B	C	D	E	X	G	BE1	BO3
Nb micro-invertébrés/cm ²	180	1090	230	120	250	140	410	230	280	120	5	30
Dont nématodes / cm ²	120	310	30	ND	5	12						
Nb. Diatomées / cm ²	3560	1740	1920	1660	1510	7430	8200	4390	4390	2930	1360	530
Nb. d'espèces recensées	23	30	25	17	25	24	28	19	19	7	23	25
Répartition du peuplement diatomique entre les différentes espèces												
<i>Thalassiosira leptotus</i>				+								
<i>Thalassiosira decipiens</i>											+	
<i>Skeletonema costatum</i>		+				+			+			
<i>Melosira juergensii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	6
<i>Melosira nummuloides</i>	+	+	+		+		+		+		+	
<i>Melosira westii</i>	+	+	+			+	+	+				
<i>Podosira stelliger</i>	+	+			+		+					+
<i>Paralia sulcata</i>	5	8	8	+	+	4	6	+	17	5	7	15
<i>Aulacoseira granulata</i>		4				+					+	+
<i>Coscinodiscus eccentricus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
<i>Actinopterychus senarius</i>	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+
<i>Triceratium alternans</i>			+	+	+		+	+	+		+	+
<i>Triceratium favus</i>							+					
<i>Odontella aurita</i>		+	+	+	+	+	+				+	+
<i>Odontella mobiliensis</i>	+		+	+	+	+	+	+	+		+	8
<i>Odontella regia</i>	+											
<i>Odontella rhombus</i>		+					+					+
<i>Cerataulus turgidus</i>					+							
<i>Auliscus sculptus</i>							+					
<i>Dimeregramma minor</i>	5		3	+	+	+		+	+		22	5
<i>Biddulphia biddulphiana</i>							+					
<i>Brockmanniella brock.</i>	21	7	5	+	+	+	+	9	+		25	+
<i>Rhizosolenia schrubsolei</i>												+
<i>Leptocylindrus danicus</i>						+						
<i>Leptocylindrus minimus</i>		+	+	+	+							

La suite du tableau de répartition des espèces se trouve sur la page suivante (espèces appartenant à la classe des *Fragilariophyceae* et à celle des *Bacillariophyceae*).

Suite du tableau de répartition du peuplement diatomique entre les différentes espèces.

	12/98	03/99	12/98	04/99	04/99	04/99	04/99	04/99	04/99	04/99	12/98	12/98
	W	W	C5	A	B	C	D	E	X	G	BE1	BO3
<i>Synedra tabulata</i>			+									+
<i>Synedra ulna</i>						+	+					
<i>Tabellaria fenestrata</i>					+							
<i>Asterionellopsis glacialis</i>		+										
<i>Raphoneis amphiceros</i>	+	+									+	
<i>Grammatophora marina</i>												+
<i>Grammatophora serpentina</i>		+										
<i>Petronella humerosa</i>							+				+	
<i>Stauropora salina</i>			+								+	
<i>Cocconeis scutellum</i>	+	+										
<i>Campyloneis grevillei</i>						+						
<i>Scolioneis tumida</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Pinnularia maior</i>		+					+					
<i>Navicula arenaria</i>		+			+				+			
<i>Navicula cancellata</i>							+	+				
<i>Navicula cincta</i>	3	+	+	+		+	+	+				
<i>Navicula digito-radiata</i>						+						
<i>Navicula phyllepta</i>	11	+	4	5	6	9	+	4	3		25	3
<i>Pleurosigma aestuari</i>		+	+		+	+		+				
<i>Pleurosigma angulatum</i>	+		+		+		+		+	+		+
<i>Gyrosigma accuminatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
<i>Gyrosigma eximium</i>		+										
<i>Gyrosigma fasciola</i>							+		+			
<i>Amphora costata</i>											+	
<i>Bacillaria paxillifer</i>	+	26		66	59	72	80	73	39	+	+	5
<i>Psammodictyon panduriforme</i>		+										
<i>Nitzschia longissima</i>		+										
<i>Nitzschia sigma</i>		+	+									
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+				4	+						
<i>Entomoneis alata</i>	+		+	+				+	+		+	+
<i>Petrodictyon gemma</i>	45	34	65	5	5	3	8	+	32	88	+	+
<i>Surirella elegans</i>			+								+	+
<i>Surirella ovata</i>	+	+	+		+	+					+	3
<i>Surirella tenera</i>							+					
<i>Surirella striatula</i>												+
<i>Cymatopleura elliptica</i>								+				
<i>Cymatopleura solea</i>					+							

Au total 62 espèces ont été identifiées au sein des échantillons prélevés sur ces points complémentaires soit 7 de plus que pour les trois points de la criche.

On note que la dispersion des résultats tant en densité qu'en diversité pour chaque prélèvement, est plus importante que dans le tableau précédent ce qui est normal puisque les points sont, par hypothèse, plus hétérogènes.

Quatre espèces sont présentes dans tous les prélèvements (*Paralia sulcata*, *Cocconeis eccentricus*, *Gyrosigma accuminatum*, *Petrodictyon gemma*) et sept sont présentes dans 10 ou 11 des 12 prélèvements étudiés.

On retrouve la même caractérisation que dans le tableau précédent, avec des espèces presque toujours présentes et souvent dominantes et des espèces très fréquemment rencontrées mais toujours en petit nombre.

3.3.2. Données obtenues à partir de l'analyse des prélèvements d'eau à marée haute.

Les données qui suivent ont été obtenues en prélevant de l'eau de mer pendant le flot puis le jusant d'une marée de coefficient 90, au mois d'avril 1999. L'objectif de ces investigations complémentaires était de vérifier s'il existe des échanges de populations diatomiques entre les estrans et les criches par l'intermédiaire de la marée.

Le point de prélèvement (point P sur la carte des points de prélèvement supplémentaires) avait été choisi dans une zone où le chenal d'écoulement se trouve très près de l'herbu (petite falaise en bord d'herbus), de manière à pouvoir prélever, à partir de l'herbu, l'eau de marée à l'aide d'une perche télescopique de 7 mètres de long à l'extrémité de laquelle était fixé un flacon d'un litre.

Quatre prélèvements (2 au flot et 2 au jusant) étaient prévus, la tempête qui sévissait le soir de l'opération a interdit certains prélèvements (le vent était, par moment, trop fort pour permettre le contrôle de la perche de prélèvement). Le premier prélèvement a été réalisé à l'arrivée de la vague de flot, et tous les autres l'ont été pendant le jusant. Le prélèvement était de 5 litres par échantillon à l'exception du prélèvement réalisé une heure et dix minutes (H + 70) après la marée haute qui a été effectué au filet à plancton. Cette méthode ne permet pas de connaître la densité absolue de diatomées mais donne des indications fiables sur la répartition du peuplement. Ces échantillons, collectés dans le cadre des travaux du Laboratoire ESNM, ont été, pour l'essentiel, analysés par Marie LEDOUX.

	H	H	H	H	Suite de la répartition des espèces				
	- 75	+ 45	+ 70	+ 90		H-75	H+45	H+70	H+90
Nb. Diatomées / Litre	2090	5440	ND	3400	<i>Asterionella bleakelyi</i>		+	+	+
Nb. d'espèces recensées	21	29	33	25	<i>Asterionella formosa</i>		10	14	5
Répartition entre les différentes espèces					<i>Synedra ulna</i>		+	+	
<i>Skeletonema costatum</i>			6	+	<i>Synedra tabulata</i>			+	+
<i>Melosira juergensii</i>	+		+	+	<i>Asterionellopsis glacialis</i>		5	4	+
<i>Melosira nummuloides</i>	+				<i>Raphoneis amphiceros</i>		+		
<i>Podosira stelliger</i>		+	+		<i>Thalassionema nitzsch.</i>		4	+	
<i>Paralia sulcata</i>	+	4	+	+	<i>Staurophora amphioxys</i>				+
<i>Aulacoseira granulata</i>	9	41	45	61	<i>Scoloneis tumida</i>	+		+	
<i>Coscinodiscus eccentricus</i>	+	+	+	+	<i>Navicula arenaria</i>	+			
<i>Actinoptychus senarius</i>	+		+	+	<i>Navicula cancellata</i>		+		
<i>Triceratium alternans</i>		+	+	+	<i>Navicula cincta</i>			+	
<i>Triceratium favus</i>			+		<i>Navicula phyllepta</i>	+		+	+
<i>Odontella aurita</i>	+	+	+	+	<i>Pleurosigma aestuari</i>		+		
<i>Odontella mobiliensis</i>	+	+	+	+	<i>Pleurosigma angulatum</i>	+	+		+
<i>Dimeregramma minor</i>	+		+		<i>Gyrosigma accuminatum</i>	+	+	+	+
<i>Biddulphia bidduphiana</i>	+			+	<i>Gyrosigma eximium</i>				
<i>Ditylum brightwelli</i>	+	+	+		<i>Gyrosigma fasciola</i>			+	
<i>Cymatosira belgica</i>				+	<i>Bacillaria paxillifer</i>	+	+	+	+
<i>Campylosira cymbelliformis</i>		+			<i>Nitzschia longissima</i>		+		
<i>Plagiogrammopsis vanheur.</i>		+	+		<i>Nitzschia martiana</i>	+	8	9	5
<i>Brockmanniella brock.</i>		+	+	+	<i>Cylindrotheca closterium</i>		+	6	+
<i>Guinardia flaccida</i>		+			<i>Entomoneis alata</i>	+		+	
<i>Leptocylindrus danicus</i>			+		<i>Petrodictyon gemma</i>	69	+	+	7
<i>Leptocylindrus minimus</i>		+			<i>Surirella ovata</i>	+	4	+	+

Quarante-sept espèces ont été identifiées dont 10 sont présentes dans tous les prélèvements et 6 autres sont présentes dans les trois prélèvements effectués au jusant.

Signalons enfin que, pour établir l'ensemble des tableaux précédents, plus de 40 000 diatomées ont été effectivement observées et comptabilisées.

4. ANALYSE DES RESULTATS.

4.1. QUELQUES REMARQUES GENERALES.

4.1.1. Présence de débris organiques.

Nous avons constaté, dans pratiquement tous les prélèvements, une densité de débris organique très importante (qui ne simplifie pas l'analyse des populations de diatomées). Cette matière organique particulière dont l'origine première est la végétation de l'herbu nous indique bien que les criches ne sont pas seulement un lieu de production primaire mais aussi un milieu dont la fonction de recyclage de la matière organique est probablement primordiale dans le fonctionnement de l'écosystème côtier.

Dans le cas présent ce recyclage est déjà, pour partie, réalisé par les moutons dont les fèces constituent une part importante de la matière organique particulière qui transite par les criches. On sait que cette matière organique particulière (et les bactéries qu'elle supporte) constitue l'alimentation de nombreux invertébrés benthiques et joue donc un rôle fondamental dans les chaînes alimentaires de la frange côtière.

Il faut aussi souligner que la production diatomique participe aussi à la création de ce pool de matières organiques particulières car les diatomées ont une durée de vie assez réduite et le maintien de la population suppose un taux de renouvellement important. La présence dans les échantillons d'un grand nombre de valves siliceuses vides des espèces dominantes est d'ailleurs une indication concrète de ce phénomène.

4.1.2. La microfaune benthique.

Ce travail ne porte pas sur la micro faune benthique mais dans la mesure où la méthode que nous utilisons pour isoler les diatomées, permet de disposer également de toutes les particules de matière organique y compris la micro et la méio-faune, il serait dommage de se priver des quelques informations qu'il est possible d'en tirer.

En premier lieu il faut souligner que cette microfaune benthique est numériquement importante puisque nous constatons des densités qui peuvent dépasser 1000 organismes par centimètre carré. Le comptage des micro invertébrés benthique n'est pas une pratique courante dans nos recherches, mais nous n'avons jamais, au sein du Laboratoire, rencontré des densités aussi fortes. Les investigations menées dans des secteurs d'herbus non pâturés semblent donner des densités nettement plus faibles

Bien que l'équipe ne comporte pas de spécialiste de la microfaune benthique côtière, on peut distinguer au sein de cette faune, des groupes d'espèces qui exploitent la matière organique particulière (c'est le cas de la plupart des espèces de nématodes) et d'autres qui se nourrissent de diatomées ou d'autres végétaux.

On retrouve donc au travers de cette microfaune particulièrement dense, l'une des fonctions principales des chenaux de drainage des herbus : **le recyclage et l'exportation de la matière organique produite par les herbus.**

On constate une plus forte densité de nématodes en été (mois de juin et septembre). Ceci est paradoxal dans la mesure où la nécromasse issue des herbus est plus importante en automne et en hiver. L'explication de ce phénomène tient peut être au pâturage qui est plus intense pendant cette période et qui décale donc la période de disponibilité des débris végétaux.

La densité de microfaune benthique phytophage est maximale à partir du mois de mars qui, en Baie, correspond au démarrage massif des populations d'algues.

Le point le plus important reste la densité moyenne assez forte de cette micro faune qui constitue donc une ressource potentielle importante pour les espèces prédatrices.

4.2. LE PEUPEMENT DIATOMIQUE DE LA CRICHE.

4.2.1. Evolution des densités.

La densité de diatomées présentes est globalement importante puisqu'on dénombre une **densité moyenne** (ensemble des trois points pendant l'année) de **3800 algues par centimètre carré**. La densité moyenne la plus forte est obtenue en septembre et la plus faible en décembre.

Ces moyennes, qu'il ne faut considérer qu'à titre indicatif (nombre restreint de données et écarts types très importants), sont, pour ce qui concerne les variations saisonnières, tout à fait classique en Baie. On note habituellement, dans l'évolution saisonnière du peuplement diatomique benthique en Baie du Mont Saint Michel, des courbes de densité relative à deux « sommets », le premier en mai ou juin, et le second en septembre ; la période de plus faible densité étant, le plus souvent située entre décembre et février.

Les densités hivernales de diatomées restent relativement élevées. Cela tient, sans doute pour partie, à la douceur de l'hiver 98/99. Cependant, on a déjà constaté au Vivier sur Mer que le facteur principal de diminution hivernale des populations diatomiques de l'estran, n'est pas le froid mais plutôt les successions de tempêtes qui provoquent une érosion superficielle du sédiment. Les tempêtes arrivant très atténuées au fond des criches, on comprend mieux ce maintien de la densité pendant l'hiver.

Il faut noter que si les moyennes des trois points donnent des évolutions saisonnières prévisibles, ces mêmes évolutions sont, d'un point à un autre, très hétérogènes.

Pour le point X la densité maximale se situe en mars et la densité minimale en septembre. Pour Y le point haut de la courbe est juin et le point bas, décembre. Pour le point Z on trouve la plus forte concentration en septembre et la plus faible en mars.

De même les variations absolues de densité sont considérables puisque le rapport entre la plus élevée (Z en septembre) et la plus faible (Y en décembre) est de près de 13. On note cependant un regroupement des valeurs autour de 3000 diatomées par cm².

Ces hétérogénéités très marquées doivent être interprétées dans le contexte hydrodynamique particulier des criches. La marée n'atteint les chenaux de drainage des herbues que pour des marées de coefficients supérieurs à 75. Ces milieux sont donc soumis à un système très particulier alternant des périodes d'émersion permanente (6 puis 9 jours consécutifs) et des périodes de courte immersion (2 à 3 heures) à chaque marée.

Ces milieux (qui globalement paraissent plus stables que le reste des estrans) subissent à chaque cycle de marées une somme de micro variations qui, à l'échelle des organismes sur lesquels nous travaillons, sont de véritables bouleversements.

Nous avons pris, pour réaliser les prélèvements, de multiples précautions visant à l'homogénéité des conditions, mais nous ne pouvons nous affranchir des variations propres à ce milieu. Or il suffit d'une érosion ou d'une accumulation sédimentaire pour modifier la densité de diatomées puisque ces algues sont, au moins pour partie, liées au substrat.

Si on compare ces densités à celles obtenues dans d'autres secteurs de la Baie on constate qu'elles sont plus fortes de celles obtenues en moyenne sur les estrans -nous n'avons, jusqu'à maintenant, pas enregistré de densité supérieure à 4000 diatomées par cm² dans le secteur du Vivier sur Mer-. Le point BO3 (situé au nord-ouest du Mont, cf. les études de la faune benthique) nous donne également une densité faible sur les estrans autour du Mont. Le point BE1 (situé au nord-est du Mont) montre que des conditions locales peuvent permettre, très ponctuellement, l'implantation de secteurs de plus grande activité biologique. De même, quelques données disponibles (données partiellement exploitées et non publiées) concernant des secteurs entre le Mont et Tombelaine au mois de juin 99, donnent des densités faibles (parfois moins de 600 diatomées par cm² au mois de juin).

On peut donc dire que **la biomasse de diatomées en place est généralement plus forte dans la grande criche de l'Est** que sur la slikke.

La comparaison avec d'autres chenaux de drainage des herbues peut s'effectuer à partir de données réunies par Gaëlle Sagan pour son travail de thèse. Les prélèvements sont effectués dans une criche des herbues du secteur du polder Foucault, ce secteur d'herbu n'est pas pâturé.

Si on retient les prélèvements effectués dans des conditions similaires (nos prélèvements autour du Mont ont tous été effectués en fin d'une période d'émersion complète), on obtient une densité moyenne pour la période juillet 98 à mai 99 de 4200 diatomées par cm². Le rapport entre les densités extrêmes constatées est de 16 (toutes les données concernant la criche des herbues du polder Foucault sont des données non publiées aimablement communiquées par G. Sagan).

On peut donc conclure que la densité moyenne ainsi que les écarts sont du même ordre de grandeur dans les deux chenaux étudiés. En revanche, la plus forte densité constatée dans la criche des herbues situés face au polder Foucault est de plus de 16000 diatomées par cm² ce qui est nettement plus important que les densités les plus fortes constatées dans la grande Criche de l'Est. Cette densité maximale a cependant été relevée en juillet 1998 à un moment où l'inventaire de la Criche de l'Est n'était pas entamé.

Il faut aussi noter que les densités de diatomées relevées par G. Sagan sont légèrement plus faibles en fin de cycle de marées de vives eaux. Pour les diatomées des criches, la marée semble donc jouer un rôle ambivalent, à la fois indispensable (maintien de l'humidité et de la salinité) et perturbateur (sans doute par sa puissance hydrodynamique).

4.2.2. Constitution du peuplement.

On a dénombré 54 espèces différentes au cours du cycle annuel. Ce chiffre indique une diversité spécifique assez importante compte tenu du faible nombre de prélèvements effectués (l'augmentation des prélèvements augmente les chances de repérer les espèces les plus rares).

Cependant, l'essentiel du peuplement est constitué d'un panel d'espèces beaucoup plus restreint. Neuf espèces seulement constituent la base du peuplement. La plus constante et la plus nombreuse de ces espèces est incontestablement *Petrodictyon gemma* (qui précédemment était appelée *Surirella gemma*).

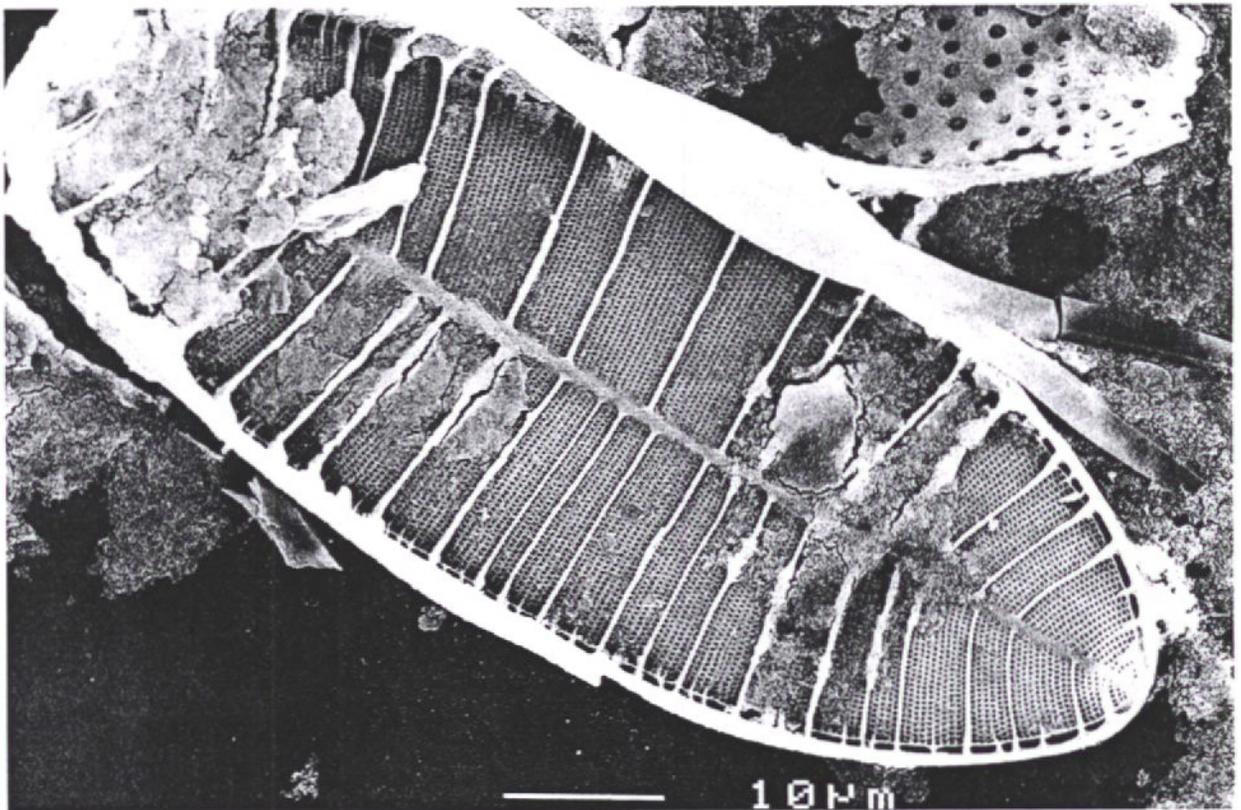
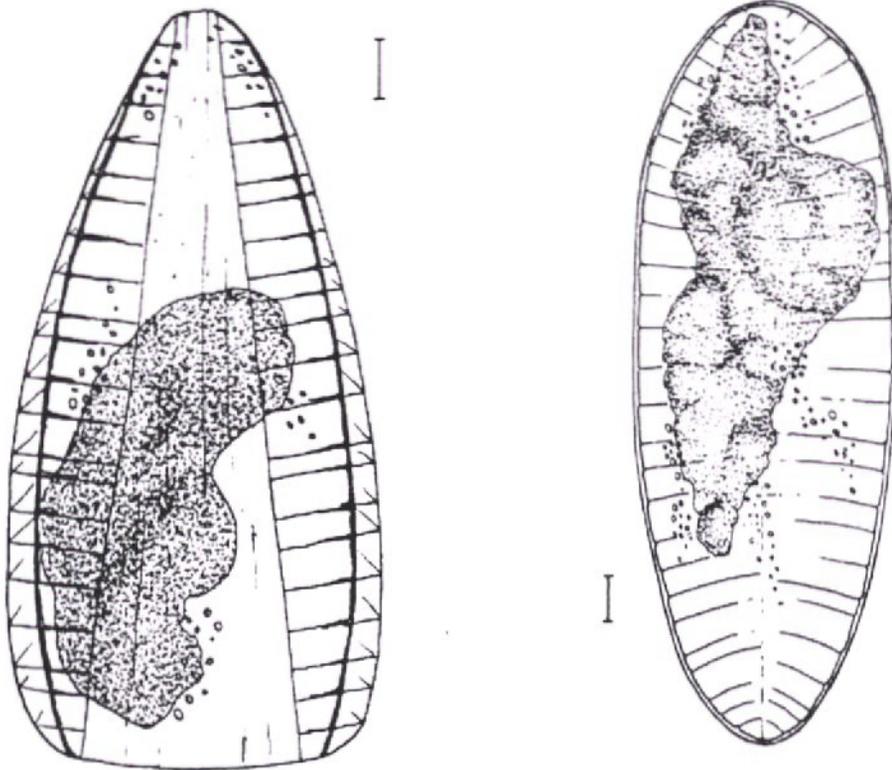
Il s'agit d'une espèce commune sur les estrans de la Baie et particulièrement fréquente dans les chenaux de drainage des herbues.

Ici, elle constitue souvent la diatomée dominante du peuplement puisqu'elle réalise plus de 40% du peuplement total dans la moitié des échantillons. A titre de comparaison, les données de G. Sagan nous indiquent que dans le chenal du polder Foucault, *Petrodictyon gemma* domine le peuplement pendant les mois de janvier, février, mars et avril, on retrouve donc, de ce point de vue, des situations comparables.

Cette espèce est très fortement dominante au mois de décembre. C'est une des caractéristiques de cette diatomée de proposer des pics d'abondance hivernaux assez marqués (Hendey 1964). Dans ce contexte, le point Y nous permet bien de mettre en évidence le rôle déterminant de cette algue dans le maintien d'une population algale significative pendant l'hiver.

Par ailleurs, il faut noter qu'il s'agit d'une algue très volumineuse puisque son volume est trente fois supérieur à celui de *Brockaniella brockmanii* qui est une des plus petites algues courantes dans nos échantillons (calcul établi après mesure de plusieurs centaines de diatomées de nos prélèvements). Cette différence montre que la densité du peuplement devrait, pour affiner la précision du résultat, être exprimée en bio-volume plutôt qu'en nombre de cellules. Malheureusement le travail de biométrie indispensable (la gamme de taille des diatomées d'une même espèce peut être considérable) pour parvenir à un tel résultat est très lourd. Notons que pendant la période hivernale, *Petrodictyon gemma* atteint régulièrement (environ 20% des cas), dans la grande criche de l'Est, une longueur supérieure à 150 µ ce qui est un peu plus que les dimensions maximales indiquées dans la littérature.

Mais la caractéristique essentielle de *Petrodictyon gemma* tient à son affinité particulière pour les eaux saumâtres.



Ces trois illustrations permettent de visualiser trois aspects très différents de la même espèce. La partie haute de l'illustration montre l'aspect de *Petrodictyon gemma* telle que cette diatomée apparaît à l'état frais, à l'examen en microscopie classique (la vue de gauche montre la diatomée en vue connective alors qu'elle est représentée en vue valvaire à droite). La photographie du bas est un cliché en microscopie électronique à balayage d'une valve siliceuse de cette même espèce. Croquis originaux exécutés d'après nature par A. Radureau ; cliché du centre de microscopie électronique de l'Université de Rennes 1 à partir de préparations réalisées par A. Radureau.

La présence dans la criche d'eaux saumâtres voire quasi douces est l'un des éléments important dans la structuration du peuplement diatomique de la grande criche de l'Est.

Compte tenu de la position géographique de la criche, celle-ci se trouve soumise assez fréquemment en particulier lorsque le débit du Couesnon est important, à des arrivées d'eaux douces continentales issues du Couesnon et « repoussées » par la marée vers le fond de la criche. Les mesures de salinité effectuées lors des opérations de pêche (cf. la 3^{ème} partie de ce rapport) attestent bien de cet envahissement des criches par des eaux à faible salinité.

Le peuplement microphytobenthique de la criche est donc soumis à des variations de salinité extrêmement drastiques (dessèchement en période estivale ou printanière entraînant une augmentation très rapide de la salinité et, à l'opposé, des diminutions très marquées de la salinité sous l'effet des précipitations ou des entrées d'eaux continentales). Ces conditions particulières expliquent, pour partie, malgré le tamponnement des conditions par la masse du sédiment, la dominance très forte de *Petrodictyon gemma* qui est une algue supportant de très amples variations de salinité.

Cette caractéristique permet de comprendre la **juxtaposition** dans le peuplement d'**espèces typiquement marines** comme *Parlia sulcata*, *Coscinodiscus eccentricus*, *Actinoptychus senarius*, *Odontella mobiliensis*, d'**espèces marines** mais pouvant supporter des baisses de salinité ce qui est souvent la caractéristique des **espèces spécifiquement littorales**, comme *Melosira jurgensii*, *Scoloneis tumida*, *Navicula phyllepta*, *Pleurosigma angulatum*, *Entonomeis alata*, d'**espèces caractéristiques des milieux saumâtres** comme *Bacillaria paxillifer*, *Pleurosigma aestuarii*, voire d'**espèces d'eau douce** pouvant supporter une certaine salinité comme *Navicula cincta*, *Gyrosigma accuminatum*, *Gyrosigma eximium*, *Tryblionella gracilis*.

Logiquement cette caractéristique du peuplement devrait être plus marquée pendant les mois d'hiver où les précipitations et le débit des fleuves sont plus forts. Or on constate que des espèces spécifiquement d'eau douce apparaissent dans le peuplement au mois de mars et de juin (*Gyrosigma eximium* ou *Tryblionella gracilis* en particulier). Cette situation est sans doute liée au printemps très tardivement pluvieux que nous avons connu en 1999 qui a conduit la nappe de l'herbu à une saturation en eau douce pendant de longs mois, contribuant à maintenir des poches de faible salinité dans les chenaux de drainage.

Les fluctuations de ces conditions de salinité, favorisent probablement les espèces dotées d'une grande amplitude écologique comme *Petrodictyon gemma* ou *Navicula phyllepta*.

A titre de comparaison, le chenal de drainage du polder Foucault (situé beaucoup plus loin des exutoires de rivières) présente un peuplement plus homogène d'où les espèces spécifiquement d'eau douce sont exclues.

De même, les secteurs d'estrans situés hors de l'influence directe et prédominante des eaux douces continentales proposent un peuplement diatomique plus homogène dans son amplitude écologique et plus typiquement marin.

4.2.3. Premières conclusions

Le peuplement diatomique de la grande criche de l'Est se caractérise par une diversité moyenne et une densité élevée y compris pendant la période hivernale.

La constitution de ce peuplement diatomique, si elle n'est pas totalement originale, est cependant marquée par la présence de nombreuses espèces des eaux saumâtres voire douces ; cette particularité découle des conditions abiotiques liées à la position géographique de la criche, à proximité du Couesnon.

4.2. ANALYSE DES PRELEVEMENTS COMPLEMENTAIRES.

4.2.1. Point W.

Le point W est un point complémentaire implanté dans une criche qui conflue avec la criche précédemment étudiée au bord du point X (cf. carte en début de document). L'objectif de l'étude de ce point était de vérifier si la criche étudiée ne présentait pas une spécificité trop marquée. La décision d'étudier ce point a été prise en novembre 1998 à la demande de la Mission du Mont Saint Michel, ce qui explique l'absence de données pour septembre. Les échantillons du mois de juin n'ont pas été exploités faute de temps.

Globalement les résultats indiquent que le peuplement diatomique est de même nature et de même structure que celui de la criche étudiée. La densité du peuplement paraît légèrement plus faible mais compte tenu du peu de données cela n'est pas significatif. La diversité et l'équitabilité du peuplement sont sensiblement identiques à ceux rencontrés précédemment. On retrouve également la même présence d'espèce à degrés d'halo-tolérance très différents.

On constate également la présence de la même densité de débris organiques divers et de micro invertébrés. On peut donc penser qu'en dehors des différences de détail liées à la topographie ou à la situation géographique, les criches du secteur sont sensiblement équivalentes les unes aux autres.

4.2.2. Etude de l'estuaire de la grande criche.

Ce travail complémentaire visait à vérifier si le peuplement particulier de la criche se retrouvait dans la vaste zone d'estuaire qui, à l'Est du Mont Saint Michel, réunit quatre criches principales (on retrouvera cette préoccupation dans la seconde partie avec les points du transect C de l'étude de la macro faune benthique).

Si on analyse la densité moyenne obtenue au mois d'avril on retrouve, en dépit de la dispersion marquée des valeurs, un chiffre légèrement supérieur à 4 000 diatomées par cm². En terme de densité les valeurs sont donc de même type que celles de la criche elle-même. On peut cependant constater que les densités diminuent de manière assez sensible lorsque l'on se rapproche de la limite de la criche (points A & B). Compte tenu des résultats de l'étude de la faune benthique (cf en seconde partie) il semble bien que les estrans situés aux abords immédiats du Mont Saint Michel soient souvent forts pauvres du point de vue de l'activité biologique.

Ce phénomène est d'ailleurs corroboré par l'analyse des taux de matières organiques (mesuré par différence de poids après calcination). Ils sont particulièrement forts au point X (près de 17% mesurés au mois d'avril) et diminuent progressivement vers l'aval, pour passer, au point A, à moins de 6%. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des criches elles-mêmes, l'accumulation de particules organiques issues des herbues va donc en diminuant.

En ce qui concerne la structure du peuplement, on ne constate pas de différence significative, *Bacillaria paxillifer* était fortement présente dans les prélèvements X, Y, Z du mois de mars et maintient sa dominance en avril dans 6 points sur 7.

De même que précédemment on constate la présence de nombreuses espèces adaptées à l'eau douce ou saumâtre (*Bacillaria paxillifer* est une espèce fortement euryhaline, et donc, typiquement estuarienne) comme *Surirella elegans*, *Surirella robusta*, *Cymatopleura elliptica* ou *Cymatopleura solea*.

La principale différence par rapport aux points X, Y et Z, tient à la présence plus marquée d'espèces planctoniques (*Skeletonema costatum*, *Aulacosiera granulata*, *Leptocylindrus danicus*, *Leptocylindrus minimus*, cette dernière diatomée est souvent la composante principale du phytoplancton des eaux au large de la Baie du Mont Saint Michel) dont le dépôt dans ce secteur est, sans doute, lié à la position topographique du tronçon étudié.

En l'état actuel des investigations, on peut donc affirmer que le peuplement diatomique constaté au travers de l'analyse des prélèvements effectués aux points X, Y, Z, se retrouve probablement dans l'ensemble du système des chenaux de drainage du secteur d'herbus situés à proximité du Mont Saint Michel.

4.2.3. Etude des échanges générés par la marée.

L'objectif de ce travail complémentaire était de tenter de vérifier l'existence d'échanges entre les criches et le reste du milieu intertidal. En effet si les chenaux de drainage exportent vers le système côtier une partie de leur production primaire, cela renforce leur rôle dans le fonctionnement de la zone intertidale. L'hypothèse mérite donc examen même si la petite approche développée dans ce travail ne peut prétendre répondre de manière définitive à la question.

L'étude ponctuelle que nous avons souhaité effectuer n'a pas été réalisée dans des conditions météorologiques satisfaisantes (vent très violent) ce qui a perturbé le programme de prélèvements.

Le seul prélèvement réalisé à marée montante a été effectué au moment de l'arrivée de la vague de flot. Il inclut donc les diatomées issues du décapage de la couche superficielle par la marée. On y retrouve donc logiquement les espèces qui dominent le peuplement benthique en aval. Ceci explique une structure de peuplement très proche de celle des peuplements benthiques analysés précédemment.

Les prélèvements réalisés pendant le jusant ont une physionomie très différente. En effet les espèces dominantes sont alors des espèces strictement ou essentiellement planctoniques. De plus, pour une bonne part, ce sont des **espèces d'eau douce** : la diatomée dominante *Aulacosiera granulata* (précédemment appelée *Melosira granulata*), illustre très bien cette caractéristique puisqu'il s'agit d'une espèce planctonique oligohaline.

Tout ce passe donc comme si la masse d'eau (mélange d'eau de mer et d'eau du Couesnon) passait au-dessus du substrat, en transportant les organismes qui lui sont spécifiques, mais sans échanger avec les organismes qui peuplent le substrat. Cette interprétation sommaire mérite cependant d'être largement nuancée par l'analyse de quelques données.

Si les diatomées planctoniques dominent le peuplement, on note cependant la présence, même dans des prélèvements effectués au cœur de la masse d'eau, de diatomées strictement benthiques (*Paralia sulcata*, *Coscinodiscus eccentricus*, *Triceratium alternans*, *Gyrosigma acumdatum*, *Surirella ovata*, etc.).

Par ailleurs certaines espèces essentiellement benthiques mais parfois planctoniques (*Brockmaniella brockmanii*, *Odontella mobiliensis*, *Odontella aurita*, *Bacillaria paxillifer*, *Petrodictyon gemma*) participent aussi fortement à ce peuplement des masses d'eau du jusant.

Retrouver des espèces, a priori benthique, au sein de la masse d'eau n'est pas une surprise absolue puisque nous avons déjà montré que les moules des bouchots du Vivier se nourrissent (au moins pendant la période d'étude) de *Paralia sulcata* qui est une diatomée typiquement benthique. Les courants de marées sont tellement puissants en Baie que la remise en suspension d'une partie de la couche superficielle du sédiment est un phénomène commun qui affecte évidemment les diatomées benthiques dont la densité est moindre que celle des particules minérales.

Ces espèces typiquement ou partiellement benthiques appartiennent toutes au peuplement des criches, leur présence dans la masse d'eau du jusant nous indique donc que **des échanges s'opèrent probablement entre les criches et le reste du système intertidal**. Mais les données précédentes ne permettent pas de trancher quant au bilan, ni même à l'intensité de ces échanges.

Pour avancer sur cette question il faudra programmer des études plus fines et davantage inscrites dans la durée qui sortent largement des objectifs de ce travail.

5. CONCLUSIONS.

Cette petite étude vient renforcer les données déjà disponibles pour montrer la spécificité du micro milieu formé par les chenaux de drainage des herbous au sein de l'écosystème côtier.

En premier lieu on retiendra la densité forte dans la couche superficielle du sédiment, à la fois des débris organiques, des micro invertébrés benthiques et des diatomées. La quasi-exclusivité des diatomées dans la constitution du microphytobenthos et le maintien de densités élevées de diatomées pendant la période hivernale sont également des caractéristiques importantes mises en évidence par cette étude.

Ceci souligne la double fonction de ces criches dans le fonctionnement de l'écosystème côtier :

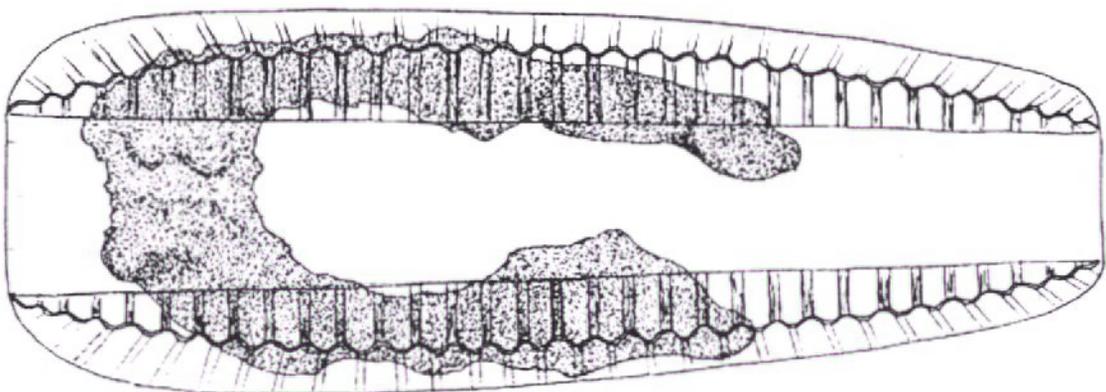
- **Zone de production primaire** intense grâce à la productivité des populations diatomiques dont le développement est alimenté par les nutriments libérés par la nappe permanente des herbous. Ceci correspond à un recyclage au second degré de la production primaire des herbous, mais ce niveau est très important dans la mesure où sa production est potentiellement utilisable de manière directe dans l'ensemble du milieu intertidal.

- **Zone de recyclage** (activité bactérienne intense et activité des micro invertébrés benthiques) de la matière organique particulaire produite par les herbous.

Cette double fonction avait déjà été mise en évidence par les études antérieures menées sur le fonctionnement des herbous mais le travail réalisé ici la souligne de nouveau dans le contexte particulier de la grande criche de l'Est (herbous pâturés).

Ensuite il faut souligner l'**importance des facteurs hydrodynamiques** même pour le fonctionnement de ces milieux relativement protégés. En effet, le travail montre l'influence déterminante des apports d'eau douce sur la constitution du peuplement diatomique.

La proximité du Couesnon joue incontestablement un rôle particulièrement fort dans l'arrivée d'eaux saumâtres, voire presque douces, dans le réseau des chenaux de drainage des herbous. Il s'agit donc d'une particularité liée à la position géographique de cet ensemble de criche.



*La présence, aux abords du Mont, de diatomées adaptées aux eaux douces ou légèrement saumâtre comme *Suirella elegans* marque l'influence des eaux du Couesnon sur les peuplements diatomiques de cette zone.*

La barre d'échelle à côté du dessin représente 10 μ . Croquis original d'après nature exécuté par A. Radureau.

DEUXIEME PARTIE : LA MACROFAUNE BENTHIQUE

Les invertébrés benthiques jouent un rôle prépondérant dans les chaînes alimentaires de la baie. Ils constituent une ressource trophique importante exploitée par des organismes prédateurs comme, par exemple, les oiseaux (Le Dréan-Quénechdu & Mahéo, 1997) et les poissons (Lafaille & *al.*, 1998). Il importe donc d'identifier le peuplement inféodé à la grande criche de l'est et d'analyser sa structuration.

1. LOCALISATION DES STATIONS

Les stations choisies pour l'étude de la grande criche de l'Est sont repérées sur la carte en début de ce document. Les choix effectués en matière d'échantillonnage sont décrits au paragraphe 2.2. de la première partie de ce document.

Signalons que, pour intégrer dans un contexte plus général les résultats acquis, nous avons traité également les données provenant des 5 stations (C1 à C5) du transect positionné dans le prolongement de la criche et inventorié dans le cadre de l'étude des peuplements benthiques. Celles-ci correspondent à l'embouchure de la grande criche et sont disposées dans un vaste méandre grossièrement orienté Est-Ouest. Toutefois, en raison des divagations du Couesnon, le point C1 n'a pas pu être échantillonné lors de la campagne de juin, le site se situant alors dans le lit de la rivière.

2. PROTOCOLE ET PROGRAMME D'ECHANTILLONNAGE

Afin d'appréhender les contraintes de terrain et d'élaborer un protocole d'échantillonnage répondant aux objectifs fixés, une première reconnaissance du site a été menée le 5 juillet. Elle a permis, en complément de l'exploitation de photographies aériennes, d'affiner la connaissance topographique de cette criche et de prédéterminer les stations de suivi.

Pour la station aval (site X), la méthode d'échantillonnage adoptée est identique à celle mise en œuvre pour l'étude du peuplement benthique : les 5 prélèvements sont effectués sur une surface unitaire de 361 cm² et une profondeur de 30 cm. Pour les trois stations "amont", les 5 échantillons sont prélevés sur une surface unitaire de 180,5 cm² et une profondeur de 30 cm. Cette démarche a été dictée par les contraintes du terrain imposant le transport des carottes de sédiment jusqu'au point d'eau le plus proche pour le tamisage et le tri. En complément de l'acquisition des données biologiques, des échantillons de sédiment ont été prélevés sur chaque point lors des différentes campagnes, en vue des analyses granulométriques.

Le tamisage est pratiqué sur une toile à vide de maille carrée de 1 mm. ; le refus est trié à vue et les organismes récoltés sont fixés au formol à 5%.

Les campagnes de prélèvement ont été menées systématiquement en complément des investigations réalisées autour du Mont Saint Michel dans le cadre de l'étude du peuplement benthique. Elles se sont déroulées les :

- 18 septembre
- 17 décembre ;
- 11 mars ;
- 10 juin.

Dans la mesure du possible, les sites ont été inventoriés en fin de cycle de morte-eau (coefficient d'environ 70) ; cette période correspond soit aux derniers jours d'emersion totale des criches soit aux premières marées submergeant le fond de la criche, c'est à dire au retour dans ce milieu de l'ichtyofaune venant s'y nourrir.

La première mission a été programmée le 18 septembre, en fin de période estivale, afin d'obtenir une première image des populations à l'issue des périodes de recrutement de la majorité des espèces inféodées à ce type de milieu. De ce fait, les résultats relatifs aux **densités** calculées pour chaque espèce doivent représenter sensiblement des **valeurs maximales**. Ultérieurement, les missions ont été établies à raison d'une intervention trimestrielle.

3. TRAITEMENT DES DONNEES.

3.1 : DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

L'analyse des sédiments a porté sur la granulométrie et la teneur en carbonates. La granulométrie a été effectuée dans la première phase de l'étude par sédimentométrie à la pipette de Robinson et tamisage sur une série de tamis AFNOR, puis dans la deuxième phase, à l'aide granulomètre laser (CILAS 1080). Dans tous les cas les analyses sont effectuées après dispersion mécanique de l'échantillon dans une solution d'hexamétaphosphate. Les prélèvements à la pipette ont été faits pour les fractions dont les particules correspondent à des diamètres équivalent de 2 μm , 5 μm , 10 μm et 20 μm . Les résultats sont présentés sous forme de courbes cumulatives

Les teneurs en carbonates ont été évaluées par attaque à HCL N/10 et mesure pondérale. Vu la nature minéralogique et la granulométrie des sédiments, les résultats obtenus sont précis.

Les classes granulaires retenues sont celles habituellement utilisées en sédimentologie :

- Argiles : 0 - 2 μm
- Limons : 2 - 20 μm
- Sable fin : 20 - 200 μm
- Sable grossier : 0,2 - 2 mm
- Gravier : 2 - 20 mm

Les indices granulométriques retenus sont ceux de Trask (1930), les plus communément utilisés en sédimentologie. Leur emploi facilite l'examen comparé des résultats à ceux d'autres études. Ces indices sont les suivants :

- le grain moyen ou médian correspond au diamètre qui laisse passer 50 % des grains en poids.

- la dispersion (sorting index) $S_0 = \sqrt{\frac{Q_{75}}{Q_{25}}}$ caractérise la dispersion autour du grain moyen.

Les limites suivantes sont proposées (in Bietlot, 1940) :

$S_0 \leq 2,5$ sédiments très bien classés.

$2,5 \leq S_0 \leq 3,5$ sédiments normalement classés.

$3,5 \leq S_0 \leq 5,5$ sédiments assez bien classés.

$S_0 > 5,5$ sédiments mal classés.

$$\text{- l'asymétrie (Skewness) } S_k = \frac{Q_{25} \times Q_{75}}{M_d^2}$$

Ce coefficient exprime l'asymétrie par rapport au médian.

$S_k = 1$, le mode coïncide avec le médian.

$S_k > 1$, le classement est maximal coté fin.

$S_k < 1$, le classement est maximal coté grossier.

3.2 : DONNEES BIOLOGIQUES

La détermination des espèces est faite sous loupe binoculaire. Après dénombrement des individus, les densités sont calculées et ramenées au mètre carré. Les populations dominantes font l'objet d'un suivi de leur évolution démographique par mesures biométriques.

Il est ensuite procédé à des calculs de biomasse par la méthode de détermination des poids secs sans cendre par calcination à 550 °C. Les résultats sont exprimés en g/m².

Les peuplements macrozoobenthiques sont ensuite caractérisés à l'aide des paramètres classiques :

- ◆ La richesse spécifique (nombre d'espèces présent dans un prélèvement) ;
- ◆ La densité (nombre d'individus pour une espèce donnée par unité de surface) ;
- ◆ La biomasse.

4. RESULTATS

4.1 : DONNEES SEDIMENTAIRES

Les sédiments étudiés ont été prélevés selon une périodicité saisonnière dans la grande criche de l'est (stations X, Y et Z) et son embouchure (stations C1 à C5). Par ailleurs, une station complémentaire, située dans une criche secondaire (point W) a également été suivie

Globalement les sédiments comportent une fraction sableuse fine nettement dominante qui varie de 53 à 93 %. La fraction sableuse grossière est très faible, inférieure à 2 %, sauf dans deux échantillons (C1 et W) prélevés en décembre 1998, et qui comportent environ 10 % de fragments coquilliers. L'importance de la fraction fine argilo-limoneuse varie de 7 à 47 % en relation avec la position des stations dans le profil en long de la criche et dans une proportion moindre, selon les saisons.

Les courbes granulométriques cumulatives (figures 2 à 5) présentent toutes une forme sigmoïde redressée qui témoigne d'un très bon classement comme le montre l'indice S_0 de Trask, toujours inférieur à 2,5. Les échantillons les plus riches en fines argilo-limoneuses ont l'indice S_0 le plus élevé, généralement compris entre 2 et 2,5. L'indice d'asymétrie S_k le plus souvent inférieur à 1, indique que le classement s'effectue préférentiellement dans la fraction sableuse.

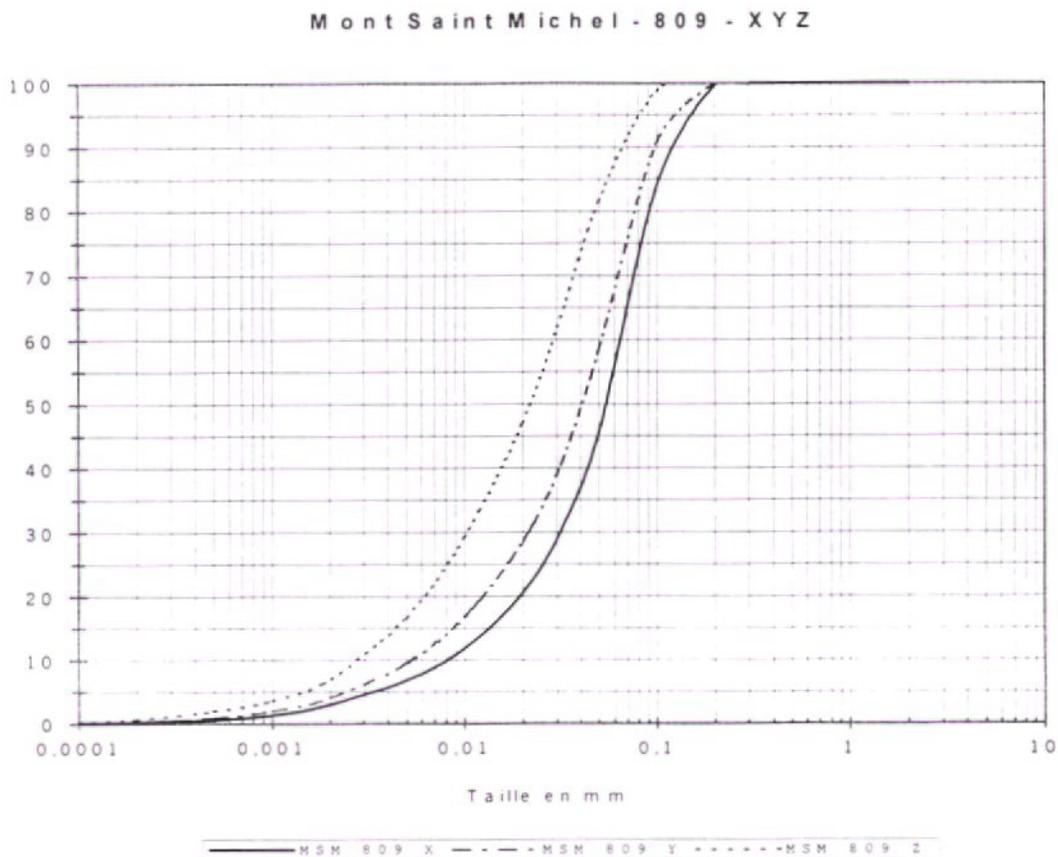
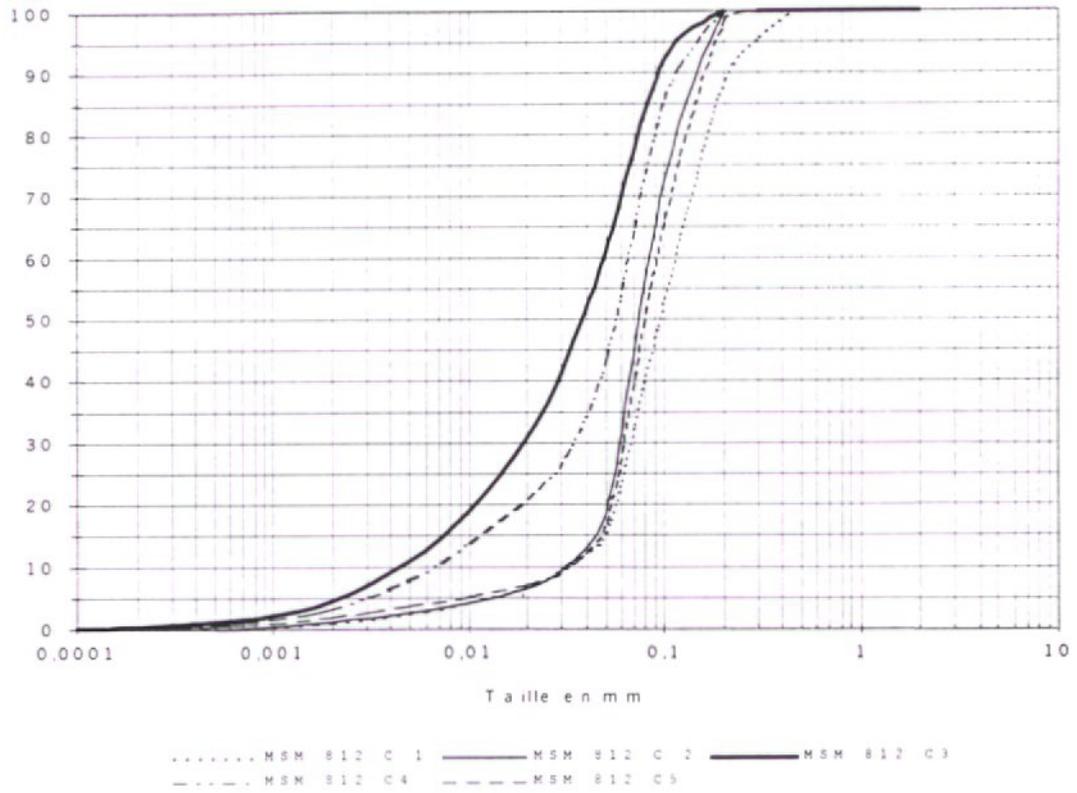


Figure 2 : Courbes granulométriques cumulatives des échantillons prélevés dans la criche en septembre 1998

Mont Saint Michel - 812 - Transect C



Mont Saint Michel - 812 - W X Y Z

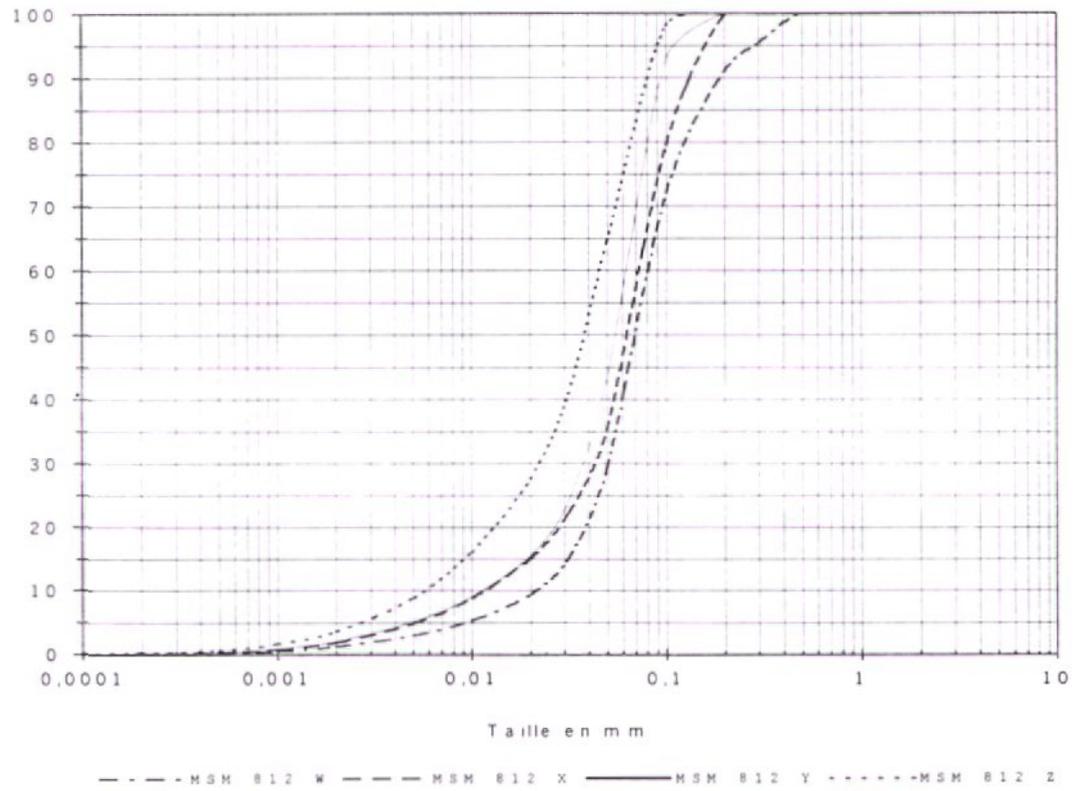
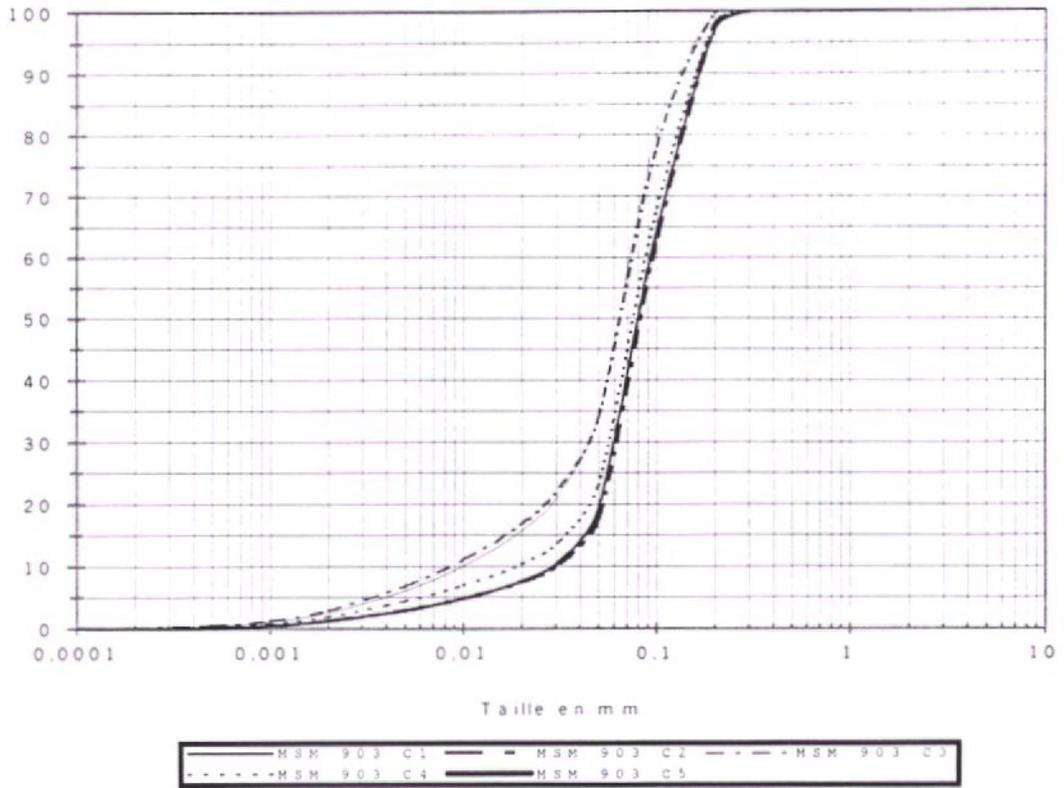


Figure 3 : Courbes granulométriques cumulatives des échantillons prélevés en décembre 1998

Mont Saint Michel - 903 - Transect C



Mont Saint Michel - 903 - XYZ

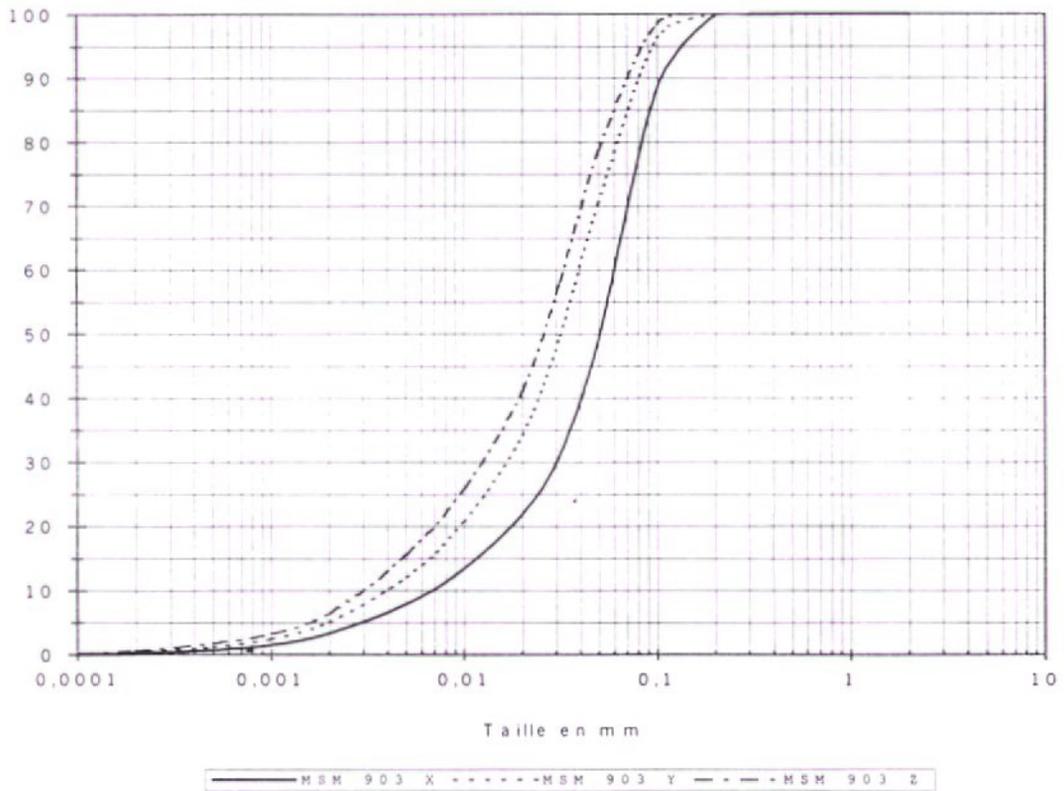
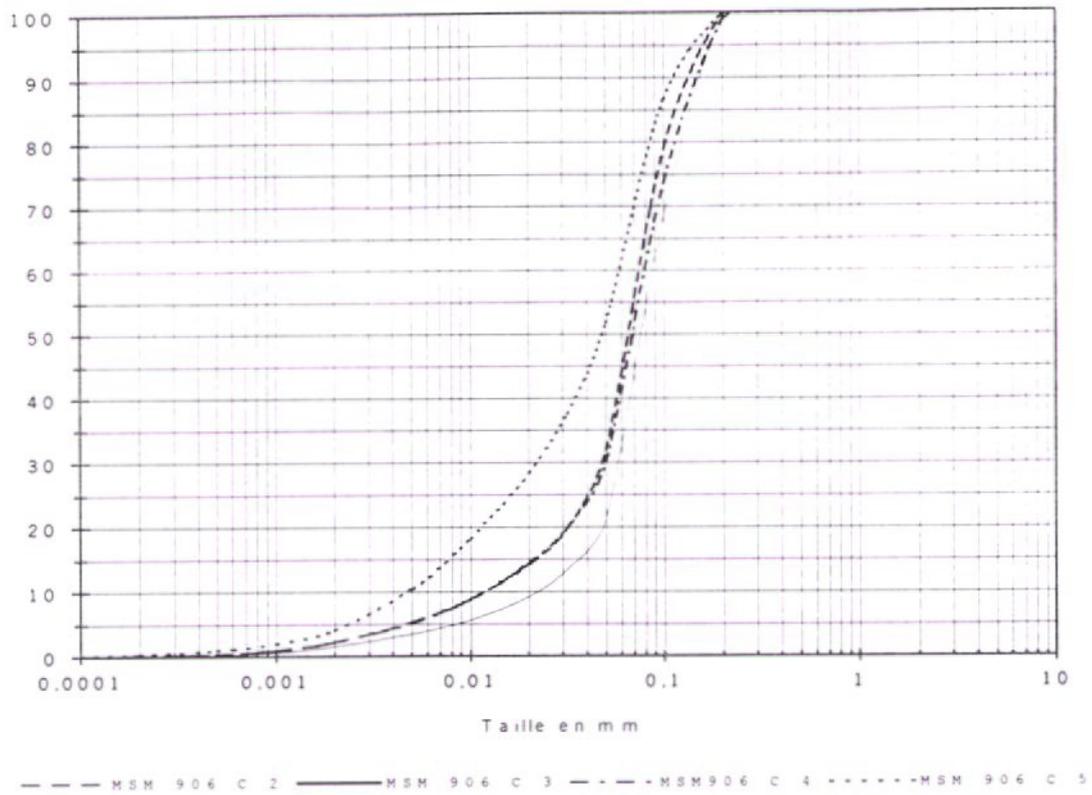


Figure 4 : Courbes granulométriques cumulatives des échantillons prélevés en mars 1999

Mont Saint Michel - 906 - Transect C



Mont Saint Michel - 906 - W - X - Y - Z

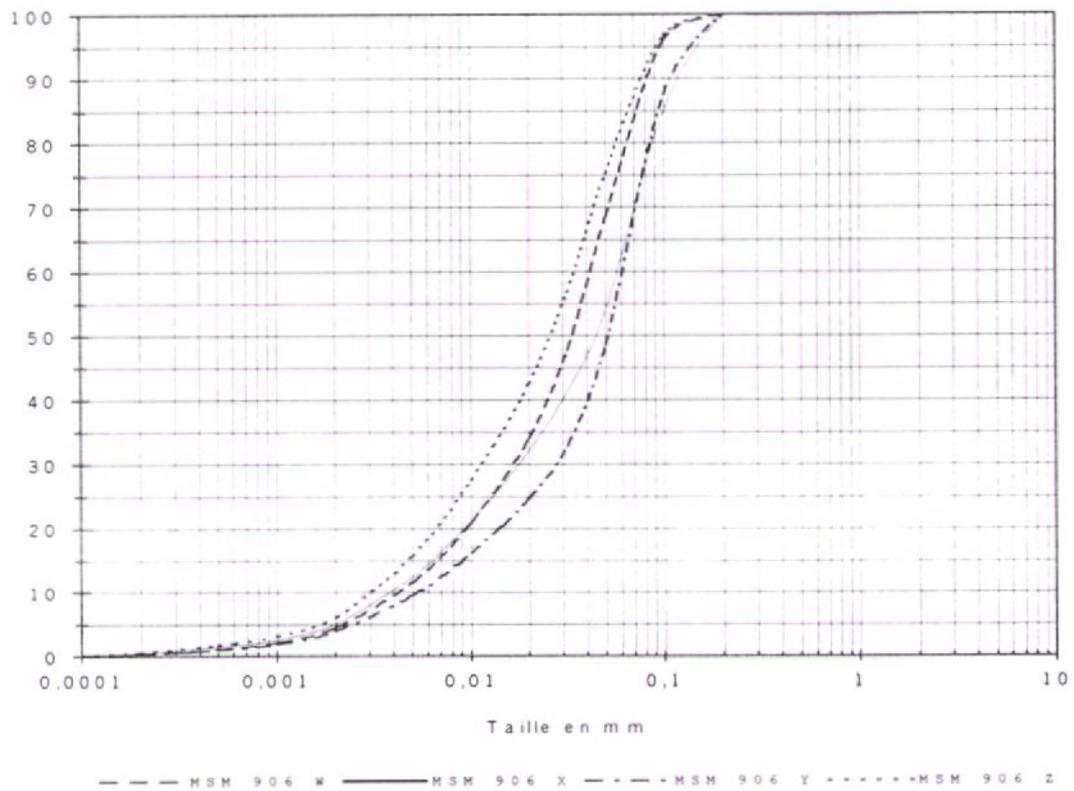


Figure 5 : Courbes granulométriques cumulatives des échantillons prélevés en juin 1999

Les courbes granulométriques qui ont été regroupées en deux familles (criches et embouchure) pour une date de prélèvement donnée, présentent sensiblement la même forme sigmoïde plus ou moins redressée et apparaissent emboîtées. La valeur du grain moyen et son amplitude de variation montrent bien les conditions locales de dépôt et leur évolution dans le temps, en relation avec les cycles de marées.

Dans la criche de l'est, les sédiments prélevés en septembre, décembre 1998 et mars 1999 présentent un net gradient granulométrique longitudinal (figure 6-a). Le grain moyen est toujours le plus faible dans la partie amont de la criche (station Z) et le plus élevé dans le secteur aval (station C4 ou C5). Cette évolution longitudinale est à mettre en relation avec la diminution progressive vers l'amont, de la hauteur d'eau qui détermine l'énergie de transport des sédiments.

Par ailleurs, la figure 6-a montre que les courbes de variation du grain moyen sont parallèles : le gradient longitudinal est identique pour les trois périodes considérées de dépôt, mais l'énergie de transport ou d'érosion varie en fonction de la saison. Les grains moyens des échantillons prélevés en décembre 1998 sont plus élevés que ceux des échantillons prélevés en mars 1999. Cette légère fluctuation des caractéristiques granulométriques doit être attribuée aux nombres de marées et à leurs amplitudes relatives durant le trimestre qui a précédé le prélèvement d'échantillons. A la station Z située dans la partie amont de la criche, le grain moyen a fluctué de 21 à 39 μm , tandis qu'à la station C5 située dans la partie aval de la criche le grain moyen a varié de 65 à 83 μm . Globalement les sédiments demeurent relativement homogènes car tous les grains moyens des dépôts de la criche sont situés dans la fraction sableuse fine.

Dans le secteur de l'embouchure de la criche de l'est, les variations du grain moyen sont homologues pour les prélèvements de décembre 1998 et mars 1999. Dans les deux cas, on observe une évolution longitudinale en forme de "V" (figure 6-a). Dans la partie sud du méandre, le gradient granulométrique décroît vers le nord-ouest, tandis que dans la partie nord du méandre le gradient granulométrique croît vers le nord-est. Les sédiments les plus fins décantent dans le secteur de la station C3. Les courbes granulométriques montrent un net enrichissement des dépôts en fines argilo-limoneuses. Leur décantation y est vraisemblablement favorisée par la morphologie de l'estran.

Les variations longitudinales du grain moyen des sédiments prélevés en juin 1999 (MSM 906) sont totalement différentes de celles mises en évidence pendant les trois périodes précédentes (figure 6-a et 6-b). Dans la criche, le gradient longitudinal régulier n'existe plus, mais le grain moyen apparaît légèrement plus élevé à la station Y. Dans l'embouchure, le grain moyen est le plus élevé, à la station C3 qui recelait jusqu'alors les dépôts les plus fins. Ce changement des caractéristiques granulométriques des dépôts résulte des variations de l'amplitude des marées. La période de mars à juin 1999 a connu des marées de très fortes amplitudes (coefficient maximum de 111 en mars, 114 en avril, 111 en mai) qui ont favorisé l'érosion et le transport de sédiments sableux. Aussi le grain moyen des dépôts de la station C3 passe de 38 μm en décembre 1998 à 81 μm en juin 1999.

Ces résultats montrent que les caractéristiques sédimentologiques des stations peuvent évoluer de façon significative sur un cycle annuel. Non seulement le grain moyen peut varier du simple au double, mais l'estran est soumis à des déplacements en masse de sédiments pendant les marées de grande amplitude notamment dans toute l'aire d'influence du Couesnon, secteur qui est caractérisée par de grandes variations de l'intensité des courants.

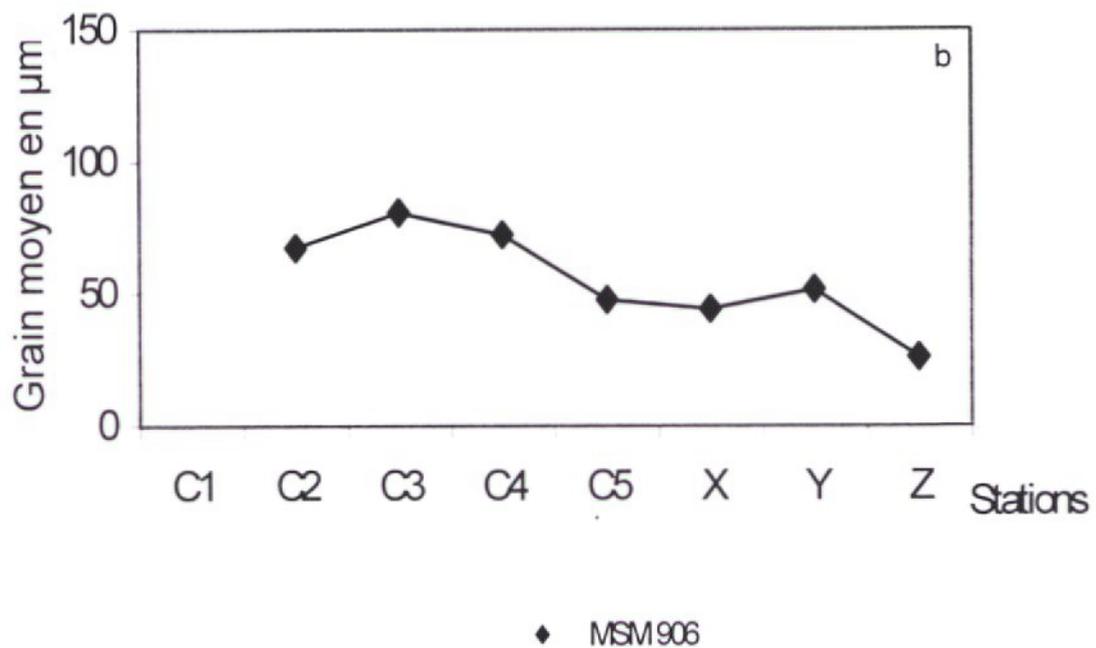
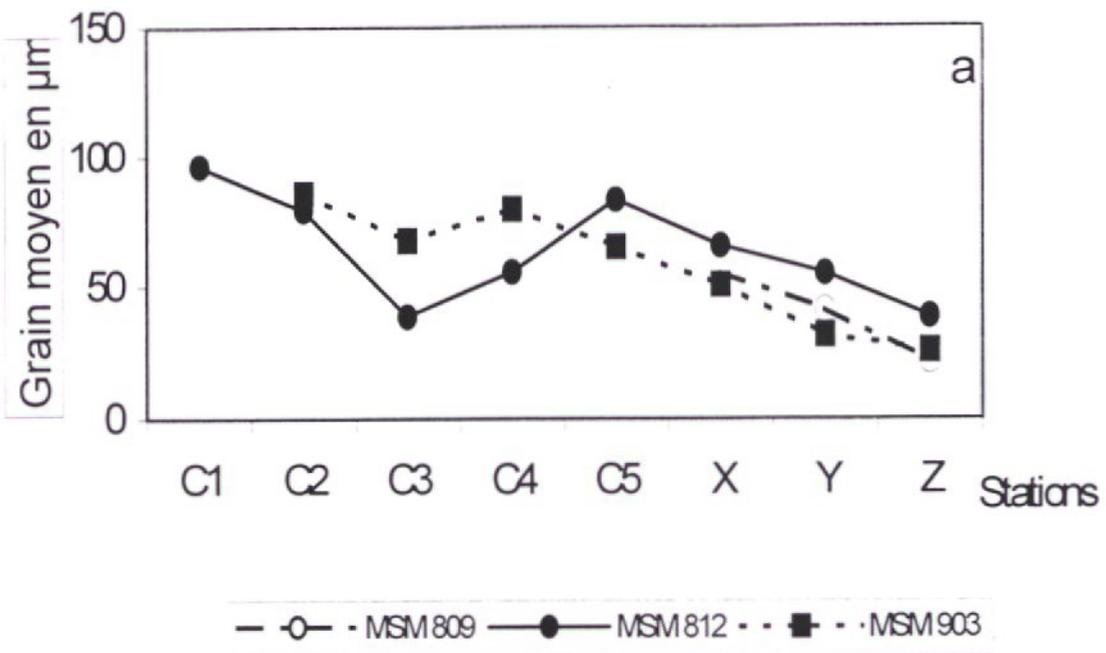


Figure 6 : Variations du grain moyen des sédiments de la grande criche de l'est (stations X, Y et Z) et de son embouchure (stations C1 à C5).
 Les prélèvements ont été effectués en décembre 1998 (MSM 812), mars 1999 (MSM 903) et juin 1999 (MSM 906).

Pour bien rendre compte de l'ensemble des variations spatio-temporelles de la granulométrie des sédiments de la criche de l'est et de son embouchure, nous avons porté tous les résultats des analyses sur un diagramme triangulaire de texture (figure 7). Tous les points représentatifs apparaissent alignés sur une droite qui part de l'angle S (pôle sableux). La texture des sédiments est déterminée par la proportion relative de sable fin et de fines argilo-limoneuses. Les dépôts les plus sableux sont rencontrés dans les secteurs de plus forte énergie qui correspondent au lit du Couesnon et à ses abords, tandis que les dépôts les plus riches en fines argilo-limoneuses sont localisés dans la partie amont des criches ainsi que dans les dépressions de l'estran, mais exclusivement pendant les périodes de faibles marées.

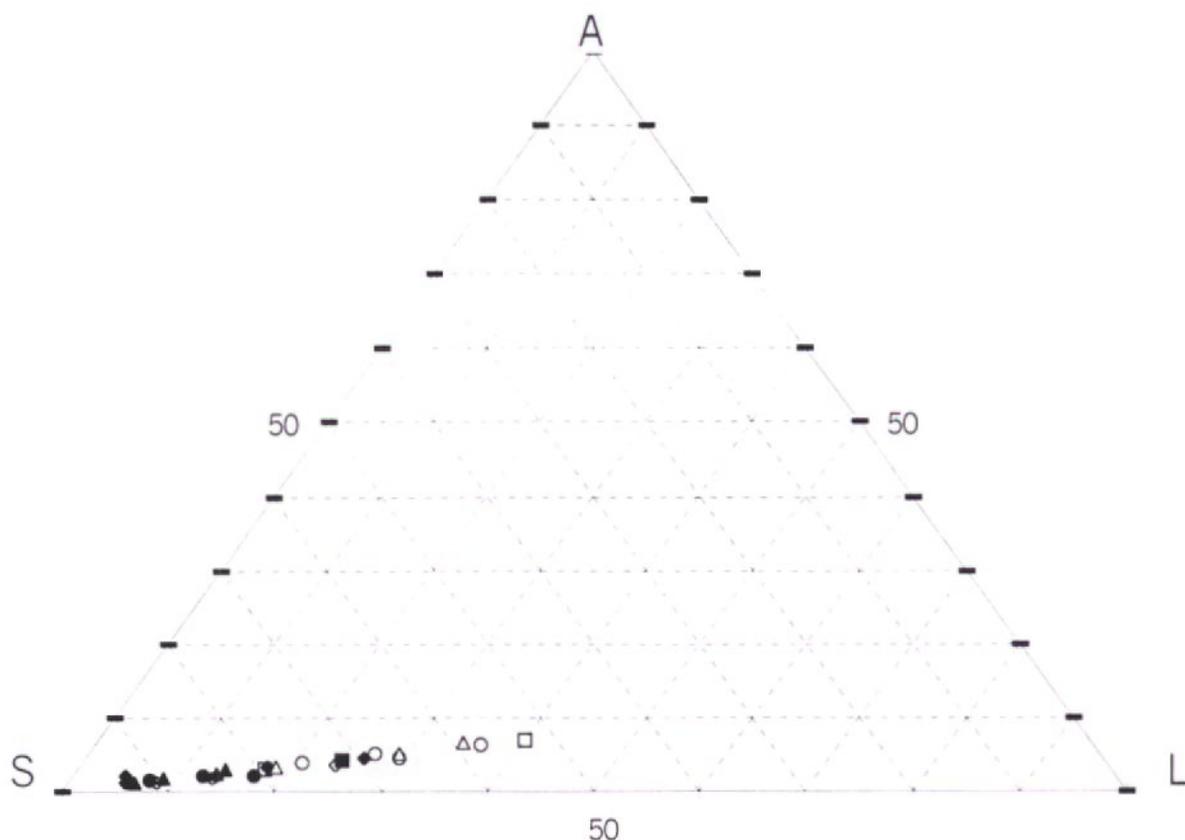


Figure 7 : Caractéristiques granulométriques des sédiments.

A : Argile < 2 μm
 L : Limon 2 - 20 μm
 S : Sables > 20 μm

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ■ Série 809 C | ◆ Série 812 C | ▲ Série 903 C |
| □ Série 809 W, X... | ◇ Série 812 W, X... | △ Série 903 W, X... |
| | ● Série 906 C | |
| | ○ Série 906 W, X... | |

Teneurs en carbonates.

Les résultats portés dans les tableaux I et II montrent que les teneurs varient de 43 à 62 %. Les teneurs les plus faibles sont enregistrées dans la partie amont de la criche (stations Y et Z) tandis que les teneurs les plus fortes sont rencontrées dans le secteur nord de l'embouchure de la criche. Il est cependant difficile d'établir une relation entre la teneur en carbonates et le grain moyen des sédiments car une fraction significative des carbonates est fournie par la faune benthique.

En conclusion, le suivi pendant un an de l'évolution des caractéristiques des sédiments déposés dans la grande criche de l'est et dans son embouchure montre :

- un gradient granulométrique globalement croissant vers le nord-ouest, dans la criche. Toutefois pendant la saison des plus fortes marées (printemps 99), le gradient n'existe plus et les sédiments les plus grossiers sont alors rencontrés dans la partie médiane de la criche ;
- une variation saisonnière plus importante des caractéristiques des sédiments dans l'embouchure de la criche (transect C). Dans l'embouchure de la criche le substrat est nettement moins stable que dans la criche elle-même.

Situation		Echantillon	%	Argile 0 - 2 µm	Limon 2 - 20 µm	Sable fins 20 - 200 µm	Gros sable 0,2 - 2 mm	Teneur en carbonates en %	Grain moyen en microns	S ₀	S _x
Grande criche de l'est	Aval	MSM 809 X	Partiels	3,0	17,5	79,2	0,3	52,9	55,1	1,8	0,7
			Cumulés	3,0	20,5	99,7	100				
	Partie médiane	MSM 809 Y	Partiels	4,1	24,3	71,5	0,1	49,3	41,2	2,0	0,7
			Cumulés	4,1	28,4	99,9	100				
	Amont	MSM 809 Z	Partiels	7,0	40,0	53,0	-	44,7	21,9	2,3	0,7
			Cumulés	7,0	47,0	100	-				
Embouchure de l'est	Aval	MSM 812 C1	Partiels	1,1	5,7	82,0	11,2	61,5	95,7	2,2	0,8
			Cumulés	1,1	6,8	88,8	100				
	Criche	MSM 812 C2	Partiels	1,1	5,4	93,2	0,3	51,3	78,9	2,2	0,8
			Cumulés	1,1	6,5	99,7	100				
	Partie Médiane	MSM 812 C3	Partiels	4,6	26,2	69,1	0,1	50,3	38,6	2,1	0,7
			Cumulés	4,6	30,8	99,9	100				
	Amont	MSM 812 C4	Partiels	3,3	17,6	78,9	0,2	53,4	55,7	1,7	0,7
			Cumulés	3,3	20,9	99,8	100				
	Amont	MSM 812 C5	Partiels	2,0	5,1	91,3	1,6	55,6	83,1	1,4	1,0
			Cumulés	2,0	7,1	98,4	100				
Grande criche de l'est	Criche	MSM 812 W	Partiels	1,2	8,3	80,6	9,9	47,0	70,8	1,5	1,0
			Cumulés	1,2	9,5	90,1	100				
	Aval	MSM 812 X	Partiels	1,8	13,3	84,6	0,3	51,7	65,8	1,6	0,8
			Cumulés	1,8	15,1	99,7	100				
	Partie médiane	MSM 812 Y	Partiels	2,1	13,5	84,4	-	46,0	55,2	1,5	0,8
			Cumulés	2,1	15,6	100	-				
	Amont	MSM 812 Z	Partiels	3,6	24,0	72,4	-	45,6	38,8	1,8	0,7
			Cumulés	3,6	27,6	100	-				

Tableau 1 : Caractéristiques des sédiments, prélèvements de septembre 1998 (MSM 809) et de décembre 1998 (MSM 812)

Situation		Echantillon	%	Argile 0 - 2 µm	Limon 2 - 20 µm	Sable fins 20 - 200 µm	Gros sable 0,2 - 2 mm	Teneur en carbonates en %	Grain moyen en microns	So	S _k
Embouchure		MSM 903 C2	Partiels	1,3	6,1	90,2	2,4	49,7	85,2	1,4	1,0
			Cumulés	1,3	7,4	97,6	100				
Criche	Partie médiane	MSM 903 C3	Partiels	2,9	13,9	82,8	0,4	49,9	67,4	1,6	0,8
			Cumulés	2,9	16,8	99,6	100				
De l'est	Amont	MSM 903 C4	Partiels	1,9	8,5	87,6	2,0	53,5	79,3	1,4	0,9
			Cumulés	1,9	10,4	98,0	100				
De l'est	Amont	MSM 903 C5	Partiels	2,5	13,2	84,0	0,3	49,6	65,3	1,6	0,8
			Cumulés	2,5	15,7	99,7	100				
Grande	Aval	MSM 903 X	Partiels	3,4	18,5	78,0	0,1	47,7	50,8	1,8	0,7
			Cumulés	3,4	21,9	99,9	100				
Criche	Partie médiane	MSM 903 Y	Partiels	5,1	29,1	65,8	-	43,6	31,8	2,1	0,7
			Cumulés	5,1	34,2	100	-				
De l'est	Amont	MSM 903 Z	Partiels	6,5	34,5	59,0	-	44,8	25,9	2,2	0,6
			Cumulés	6,5	41,0	100	-				

Situation		Echantillon	%	Argile 0 - 2 µm	Limon 2 - 20 µm	Sable fins 20 - 200 µm	Gros sable 0,2 - 2 mm	Teneur en Carbonates en %	Grain moyen en microns	So	S _k
Embouchure		MSM 906 C2	Partiels	2,2	17,0	80,5	0,3		67,6	1,5	0,8
			Cumulés	2,2	19,2	99,7	100				
Criche	Partie médiane	MSM 906 C3	Partiels	1,6	7,6	90,2	0,6		80,8	1,4	0,9
			Cumulés	1,6	9,2	99,4	100				
De l'est	Amont	MSM 906 C4	Partiels	2,2	12,2	84,4	1,2		72,1	1,6	0,8
			Cumulés	2,2	14,4	98,8	100				
De l'est	Amont	MSM 906 C5	Partiels	4,1	24,2	71,5	0,2		47,9	2,2	0,6
			Cumulés	4,1	28,3	99,8	100				
Grande	Criche	MSM 906 W	Partiels	4,5	29,5	66,0	-		33,4	2,1	0,6
			Cumulés	4,5	34,0	100	-				
Criche	Aval	MSM 906 X	Partiels	5,1	27,0	67,6	0,3		44,4	2,5	0,5
			Cumulés	5,1	32,1	99,7	100				
De l'est	Partie médiane	MSM 906 Y	Partiels	4,0	20,7	75,2	0,1		51,5	2,0	0,6
			Cumulés	4,0	24,7	99,9	100				
De l'est	amont	MSM 906 Z	Partiels	6,2	36,3	57,5	-		25,9	2,4	0,6
			Cumulés	6,2	42,5	100	-				

Tableau II (en haut): Caractéristiques des sédiments, prélèvements de mars 1999 (MSM 903).

Tableau III : caractéristiques des sédiments, prélèvements de juin 1999 (MSM 906)

4.2 :DONNEES BIOLOGIQUES

Au cours de notre étude, nous avons inventorié 7 espèces différentes :

Embranchement des Annélides
 Classe des Polychètes
Nereis diversicolor (O.F. Müller)
Eteone longa (Fabricius)

Embranchement des Mollusques
 Classe des Lamellibranches
Cerastoderma edule (Linné)
Macoma balthica (Linné)

Embranchement des Arthropodes
 Classe des Insectes
 Larves de Diptères
 Classe des Crustacés
 Ordre des Amphipodes
Corophium arenarium Crawford
Bathyporeia pilosa Lindstrom

Les peuplements inféodés à la zone d'investigation sont donc oligospécifiques.

Afin d'illustrer cette tendance, nous avons représenté au tableau IV les valeurs de richesse spécifique pour chaque station lors des 4 campagnes et toutes campagnes confondues.

	C1	C2	C3	C4	C5	X	Y	Z	W
Septembre	0	0	2	1	3	1	1	1	/
Décembre	6	4	1	1	1	1	1	2	2
Mars	2	3	0	2	1	1	2	2	1
Juin	/	1	0	2	1	2	2	2	2
Total	7	4	2	3	3	2	2	2	2

Tableau IV : Richesse spécifique relevée pour les différentes stations

Les résultats rendent compte d'un gradient croissant amont/aval (valeur 2 en Z & W contre 7 en C1) avec une richesse spécifique faible (valeur 2) mais constante pour tous les sites localisés dans la criche. Toutefois, à la station C1, 6 espèces ont été inventoriées en décembre contre 2 en mars ; lors de la campagne automnale, le site était azoïque. Des constats similaires peuvent être établis pour les autres stations (C2 à C5). Cette évolution temporelle traduit une instabilité du milieu engendrant des modifications drastiques des peuplements. Par contre, la richesse spécifique apparaît plus stable en X, Y, Z et W ce qui laisse penser à une plus grande stabilité des conditions environnementales.

L'examen des données qualitatives et quantitatives acquises lors de chaque campagne pour les différentes stations apportent des enseignements supplémentaires (tableau V).

Tableau V : Densité et écart-type (ind/m²) des organismes inventoriés pour chaque station lors des 4 campagnes

SEPTEMBRE									
Stations	C1	C2	C3	C4	C5	X	Y	Z	
Espèces									
<i>Nereis diversicolor</i>	0	0	5.54 ± 12.39	36.93 ± 15.99	517.08 ± 97.28	193.91 ± 112.52	1052.63 ± 509.27	653.74 ± 137.95	
<i>Eteone longa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Corophium arenarium</i>	0	0	22.16 ± 12.39	0	9.23 ± 15.99	0	0	0	
<i>Cerastoderma edule</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Macoma balthica</i>	0	0	0	0	9.23 ± 15.99	0	0	0	
Larves de diptère	0	0	0	0	0	0	0	0	

DECEMBRE										
Stations	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	X	Y	Z	W	
Espèces										
<i>Nereis diversicolor</i>	11.08 ± 15.17	38.78 ± 46.35	55.40 ± 51.82	0	144.04 ± 102.53	116.34 ± 162.00	1429.36 ± 784.87	631.58 ± 216.70	1772.85 ± 537.14	
<i>Eteone longa</i>	5.54 ± 12.39	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	11.08 ± 15.17	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Corophium arenarium</i>	72.02 ± 31.58	1612.19 ± 854.56	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cerastoderma edule</i>	5.54 ± 12.39	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Macoma balthica</i>	110.80 ± 51.82	22.16 ± 36.12	0	0	0	0	0	0	0	
Larves de diptère	0	5.54 ± 12.39	0	11.08 ± 15.17	0	0	0	22.16 ± 49.55	11.08 ± 24.78	

MARS										
Stations	C1	C2	C3	C4	C5	X	Y	Z	W	
Espèces										
<i>Nereis diversicolor</i>	0	0	0	72.02 ± 57.44	5.54 ± 12.39	365.65 ± 194.30	11.08 ± 24.78	498.61 ± 840.21	0	
<i>Eteone longa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Corophium arenarium</i>	0	11.08 ± 15.17	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cerastoderma edule</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Macoma balthica</i>	5.54 ± 12.39	99.72 ± 84.48	0	11.08 ± 15.17	0	0	0	0	0	
Larves de diptère	5.54 ± 12.39	33.24 ± 36.12	0	0	0	0	88.64 ± 84.02	77.56 ± 144.47	44.32 ± 99.11	

JUIN										
Stations	C1	C2	C3	C4	C5	X	Y	Z	W	
Espèces										
<i>Nereis diversicolor</i>	/	0	0	277.01 ± 58.76	454.29 ± 136.55	1085.87 ± 226.23	254.85 ± 114.88	1196.68 ± 304.96	754.54 ± 386.62	
<i>Eteone longa</i>	/	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	/	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Corophium arenarium</i>	/	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cerastoderma edule</i>	/	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Macoma balthica</i>	/	0	0	5.54 ± 12.39	0	11.08 ± 15.17	0	0	0	
Larves de diptère	/	22.16 ± 12.39	0	0	0	0	243.77 ± 198.21	33.24 ± 49.55	177.29 ± 280.86	

Le gradient de richesse préalablement mis en évidence s'accompagne d'une évolution de la composition spécifique des peuplements. Ainsi, dans le secteur le plus aval (stations C1 & C2), les espèces inventoriées (*Macoma balthica*, *Cerastoderma edule*, *Corophium arenarium*, *Bathyporeia pilosa*, *Eteone longa*) sont caractéristiques de la communauté à *Macoma balthica* qui domine dans la partie orientale de la baie du Mont Saint-Michel (LEGENDRE & DANAIS, 1989). Toutefois, les valeurs de densité restent faibles à l'exception du crustacé amphipode *Corophium arenarium* qui atteint une densité supérieure à 1600 individus par m² au point C2 pour la campagne de décembre. Selon les conclusions de LE HIR & al. (1986), ce type de peuplement appartient au faciès d'appauvrissement spécifique à forte densité défini lorsque *Corophium arenarium* atteint des valeurs supérieures à 1000 ind/m². Selon ces auteurs, ce faciès occupe les niveaux supérieurs de l'estran et, dans les secteurs soumis à dessalure, la composition faunistique peut être nuancée par l'apparition de l'annélide polychète *Nereis diversicolor*. Or, il apparaît clairement que la composition spécifique des peuplements le long du gradient aval/amont correspond à ce schéma.

L'annélide polychète *Nereis diversicolor* est présente de façon régulière aux stations C4 et C5, mais les densités maximales sont mesurées à l'intérieur de la criche (figure 8). De plus, cette espèce est accompagnée par des larves d'insectes diptères qui, par leur présence, confirment le caractère euryhalin du site (GREEN, 1968).

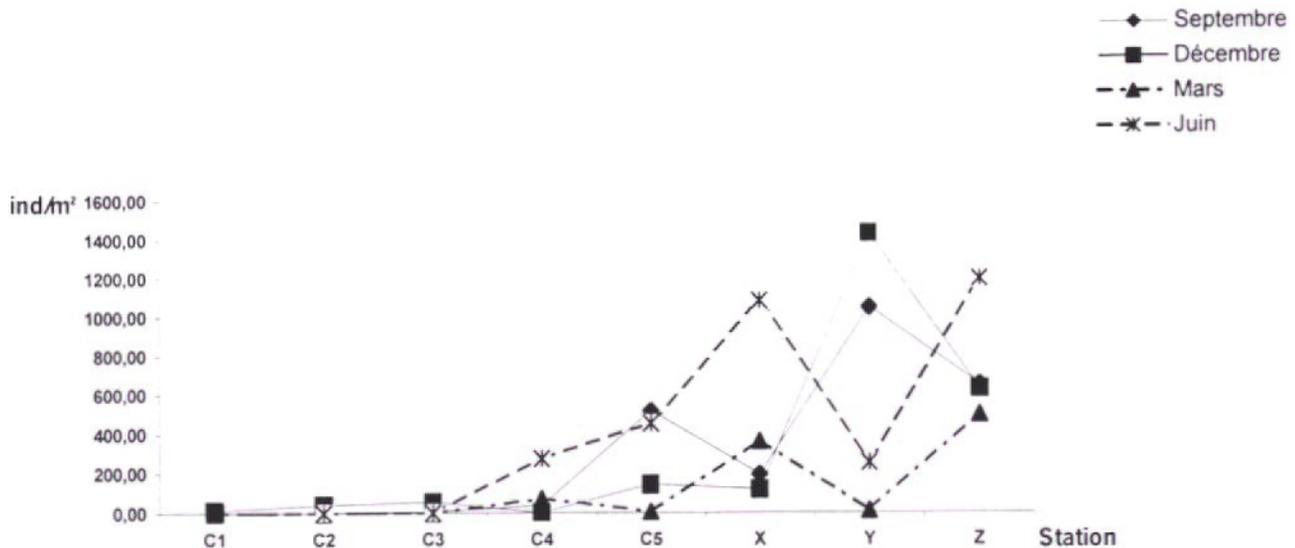


Figure 8 : Densité de *Nereis diversicolor* le long du gradient aval/amont pour les quatre campagnes

Les chiffres traduisant l'abondance maximale de cette annélide polychète sont du même ordre de grandeur que ceux annoncés sur d'autres zones intertidales des côtes de France : plus de 1700 individus par m² dans l'estuaire de la Loire (GILLET, 1990) et environ 1250 dans celui de la Gironde (BACHELET, 1987). Par contre, ils sont supérieurs aux densités relevées par MEZIANE (1996) dans la partie occidentale de la baie du Mont Saint-Michel (secteur du Vivier-sur-Mer) et par CHAMBERS & MILNE (1975) sur le littoral écossais (entre 200 et 800 individus au m²) ; par contre, ils sont inférieurs à ceux calculés par COSTIL & LANG (1997) en Rance (valeurs supérieures à 4000 individus par m²).

Au sein de la criche, les fluctuations sont importantes tant d'une station à l'autre pour la même campagne que pour une station donnée d'une saison à l'autre (figures 9A & 9B).

A la station X, les valeurs sont faibles à l'automne et en hiver pour augmenter en mars et juin. Si la tendance est comparable à la station Z, il ressort que l'évolution temporelle des densités de *Nereis diversicolor* est inverse aux stations Y et W. En effet, si les valeurs sont maximales en hiver, l'espèce est faiblement représentée en mars à la station Y et est même absente au point W (figures 9A & 9B).

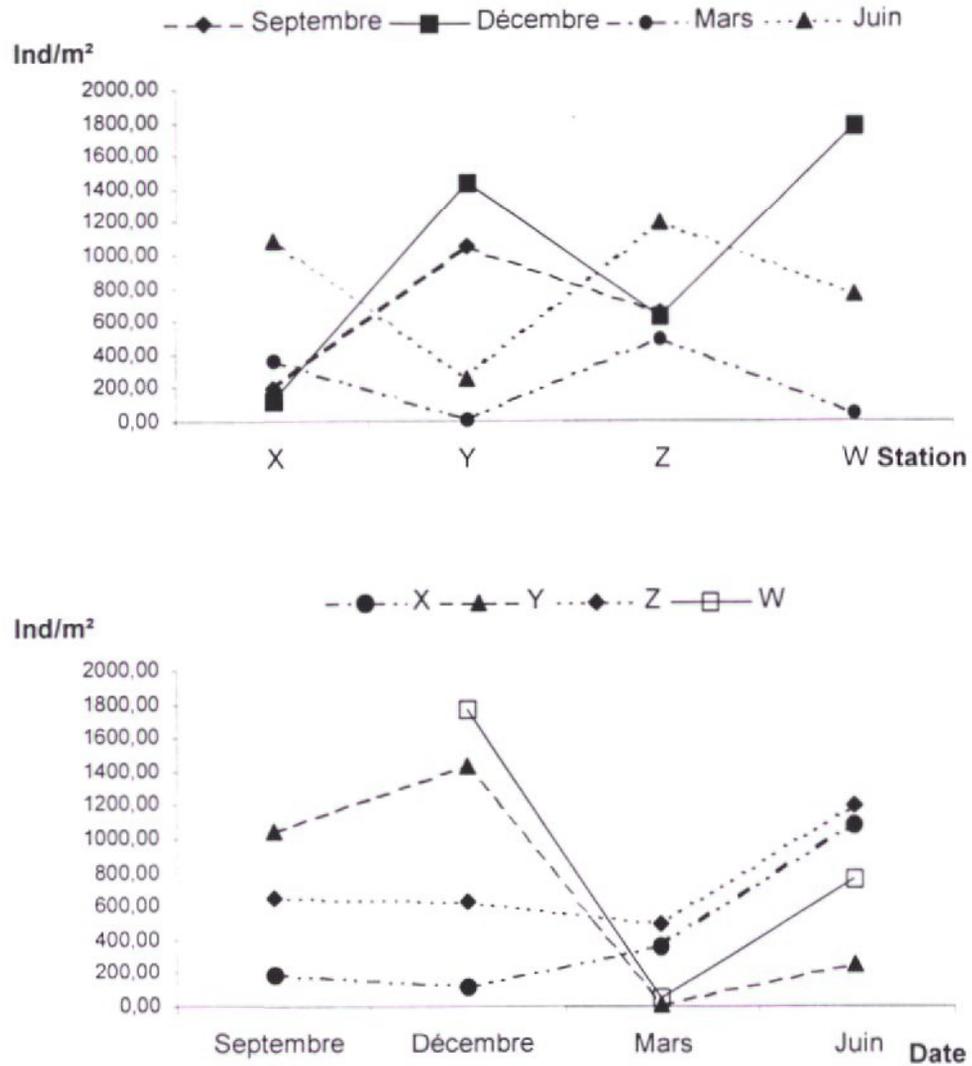


Figure 9 : Evolutions spatiale (A) et temporelle (B) des densités de *Nereis diversicolor*

Afin d'affiner ces résultats, nous avons procédé à une analyse de la structure démographique des populations inventoriées. Celle-ci s'appuie sur l'utilisation du critère biométrique adopté par COSTIL & LANG (1997). Il s'agit du poids partiel formolé essuyé ; le niveau de la section est fixé au 30^{ème} segment sétigère.

Les résultats acquis sont traités et présentés sous la forme d'histogrammes de distribution de fréquence de poids (figures 10 & 11).

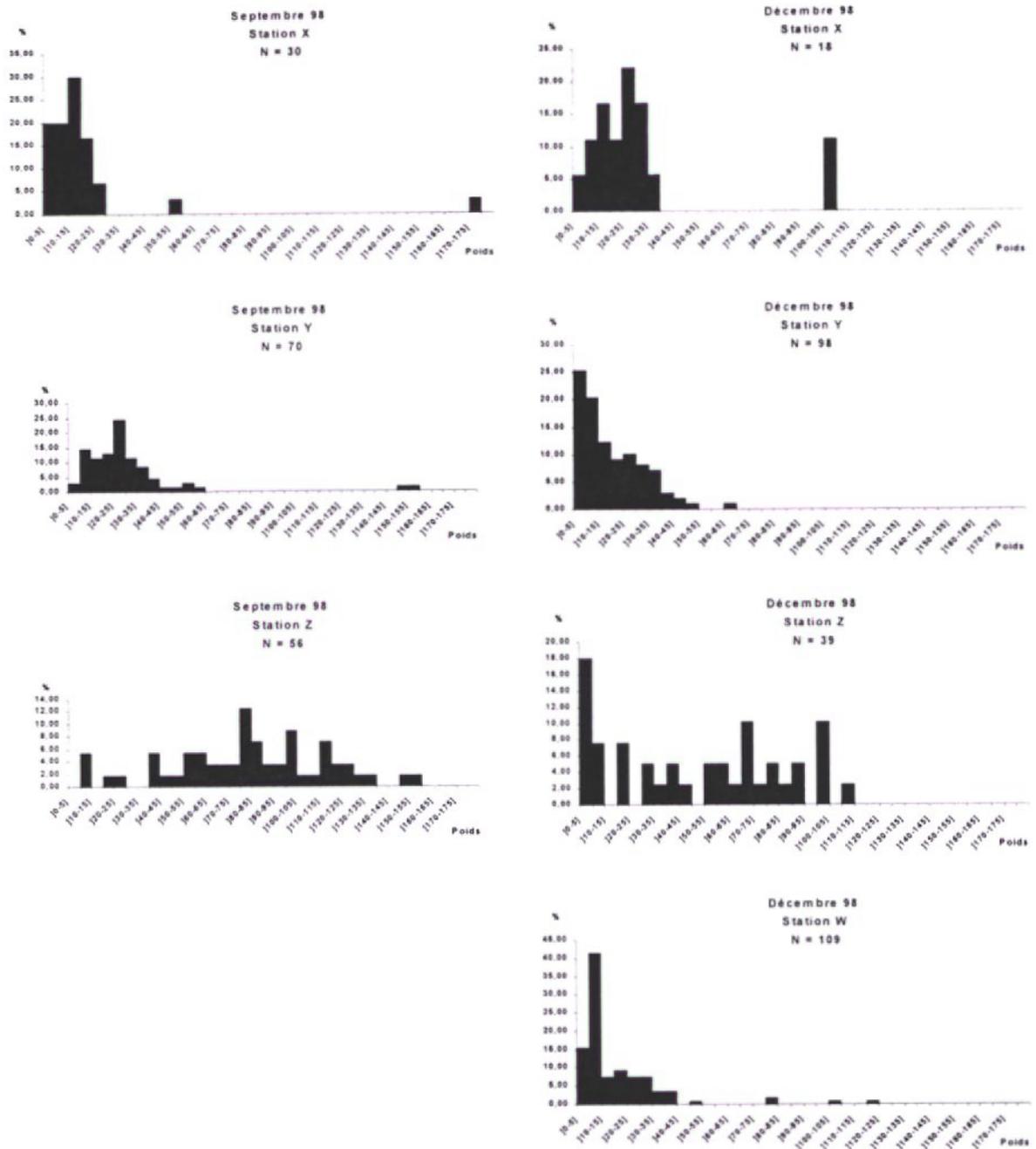


Figure 10 : Histogrammes de distribution de fréquence de poids (en mg.) de *Nereis diversicolor*
Campagnes de septembre et de décembre

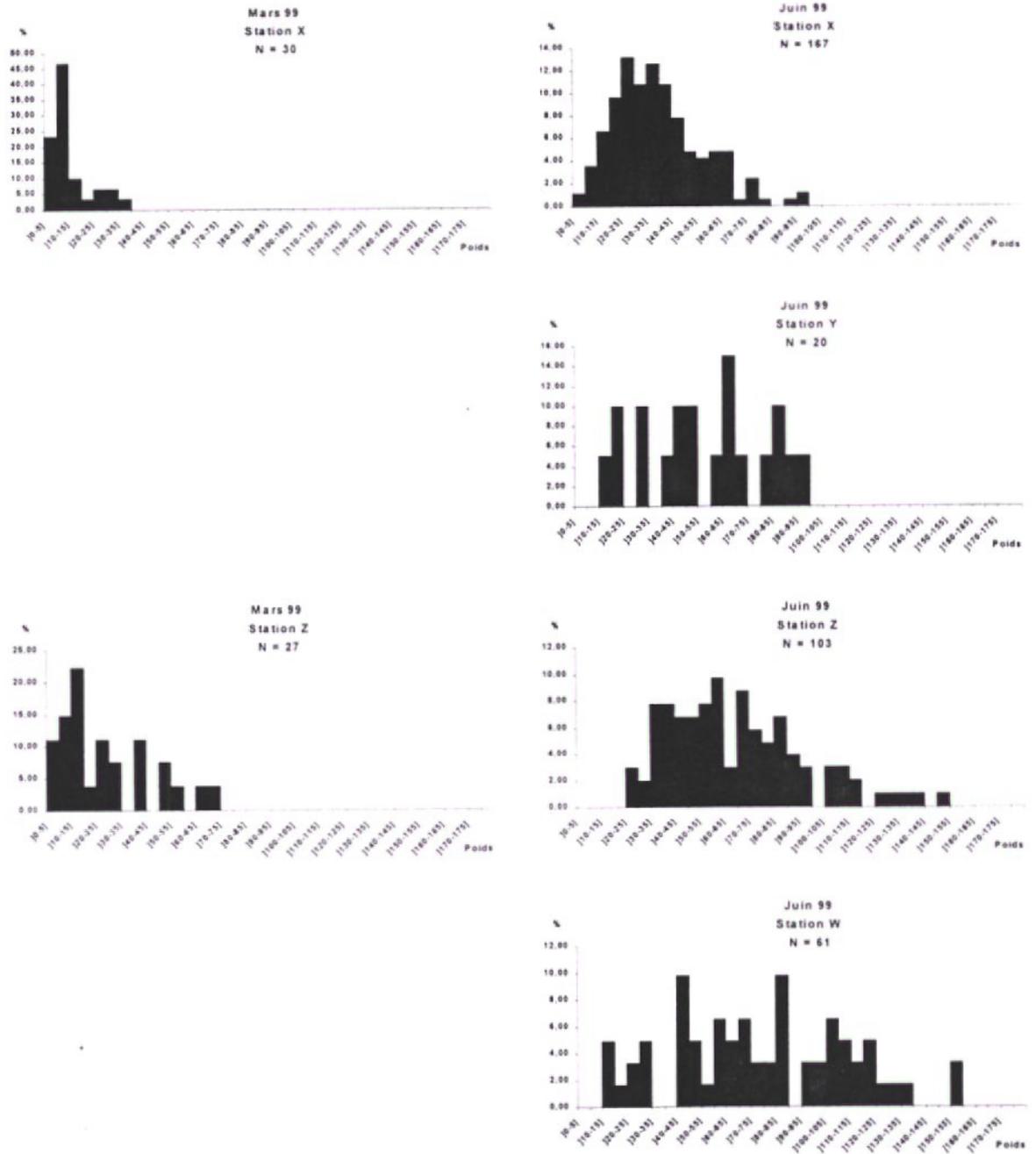


Figure 11 : Histogrammes de distribution de fréquence de poids (en mg.) de *Nereis diversicolor* Campagnes de mars et de juin

De l'interprétation des graphiques, il ressort que l'évolution temporelle de la structure des populations diffère d'un point à l'autre.

Ainsi, pour la station X, un recrutement important est constaté en septembre. Cette cohorte entame sa croissance au début du printemps (déplacement du mode et étalement de la structure en juin).

Pour les 3 autres sites, il semble que le recrutement soit plus tardif. En effet, le pic n'est observé qu'à l'issue de la campagne de décembre. En outre, des particularités propres à ces 3 secteurs de la criche peuvent être mises en évidence. Tout d'abord, la population présente à la station Z est caractérisée par la présence permanente d'individus âgés. Cette tendance semble également se dessiner pour les 2 autres points mais il est difficile de conclure dans la mesure où les effectifs recensés sont trop faibles en mars pour établir une structure de population.

Bien que notre fréquence d'échantillonnage soit insuffisante pour cerner les modalités de fonctionnement des populations de *Nereis diversicolor*, il apparaît cependant que la période de recrutement se situe préférentiellement à l'automne. Selon MEZIANE (1997), deux vagues de recrutement peuvent être décelées dans la partie occidentale de la baie (une en juin/juillet, la seconde en octobre). Nous pouvons donc confirmer, pour notre secteur d'investigation, l'existence de la vague automnale ; par contre, notre protocole de suivi ne nous permet pas de conclure quant à la première période constatée par cet auteur. En effet, l'augmentation des densités constatée en juin sur les quatre sites est due à la présence d'individus de grande taille ayant colonisé activement le secteur (cf. figures 9, 10 & 11). Toutefois, lors de l'établissement des structures de population pour cette dernière campagne, nous avons pu observer un état de maturité sexuelle pour la plupart des individus de grande taille. Cette information laisse supposer que l'espèce se reproduit bien en fin de printemps/début d'été. Néanmoins, il aurait fallu procéder à un suivi plus fin du type « suivi temporel de la distribution de fréquence de taille des ovocytes » pour conclure de façon plus formelle.

Les valeurs de biomasse sont regroupées au sein du tableau VI. Nous n'avons pas porté dans ce tableau la biomasse des larves d'insectes diptères dans la mesure où elle ne représente qu'une faible partie de la biomasse totale. Pour information, le chiffre calculé à la station Z au mois de mars est de 0,0432 g/m² tandis que celui obtenu pour *Nereis diversicolor* est de 2,3446 g/m²(soit un rapport d'environ 1 à 54).

Tableau VI : valeurs de biomasse de *Nereis diversicolor* exprimées en g/m².

	X	Y	Z	W
Septembre	0,4050	4,2327	9,1080	/
Décembre	0,9158	5,3928	7,9934	7,7252
Mars	0,4183	0,0842	2,3446	/
Juin	12,9850	4,2970	26,7047	19,4327

A la station Y, les valeurs sont faibles avec un maximum de 5,39 g./m² relevé en décembre. De plus, la biomasse et la densité des individus apparaissent bien corrélées.

Pour les trois autres stations, le schéma d'évolution est différent puisque les maxima, observés en juin, oscillent entre 12,98 et 26,70 g./m². En outre, la biomasse reste élevée pendant tout le cycle annuel pour le site Z ce qui corrobore les informations relatives à la densité.

Ces valeurs sont proches de celles observées au Maroc par GILLET (1986) et dans l'estuaire de la Loire par GILLET (1990). Par contre, dans la partie occidentale de la baie du Mont Saint Michel, MEZIANE (1997) a relevé des biomasses beaucoup plus faibles avec un maximum de 7,58 g./m² en juillet.

5. DISCUSSION - CONCLUSION

Cette approche visant à établir un état initial du peuplement inféodé à la grande criche de l'est et à apporter des informations relatives à son fonctionnement permet de dégager les traits essentiels.

Tout d'abord, il ressort clairement que le peuplement d'invertébrés benthiques présent dans ces chenaux de drainage des herbues diffère dans sa composition spécifique de celui observé sur la slikke. Ainsi, nous pouvons noter l'existence d'un relais le long d'un gradient aval/amont entre le faciès d'appauvrissement à *Macoma balthica* défini par Le Hir & al. (1986) observé pour les stations C1 à C5 et un faciès à *Nereis diversicolor* sur les stations distribuées dans la criche et comparable à celui observé dans de nombreux estuaires du nord-ouest de l'Europe. Toutefois, selon Marty (1993), les peuplements benthiques des systèmes estuariens se réfèrent également à la communauté à *Macoma balthica* et sont caractérisés par leur oligospécificité.

Dans le cas présent, on se situerait donc dans un schéma extrême se traduisant par l'existence d'un peuplement quasi monospécifique. Pour les stations échelonnées le long du transect C, il convient de rappeler que le nombre d'espèces et la quantité d'individus inventoriés pour chacune d'entre elles varient dans des proportions très importantes tant d'une station à l'autre que d'une campagne à l'autre pour le même site. Deux paramètres permettent d'expliquer ce phénomène. Situées à des niveaux bathymétriques élevés, ces points sont soumis à des durées d'exondation longues et correspondent donc aux limites supérieures de distribution des espèces présentes sur l'estran. De plus, les données sédimentologiques ont mis en évidence des variations importantes des caractéristiques sédimentaires dans l'embouchure de la criche, induites par les courants lors des grandes marées de vives eaux. L'instabilité du substrat constitue alors un élément limitant pour l'implantation et le développement d'un peuplement diversifié et bien structuré.

Nereis diversicolor est une espèce euryèce : elle se caractérise donc par une très grande tolérance aux fluctuations des différents paramètres abiotiques du milieu. Elle supporte ainsi de fortes variations de salinité et peut même vivre dans des conditions extrêmes d'hypoxie ; Annélide galéricole, elle se développe dans des substrats variés mais préférentiellement dans la vase (Scaps, 1992). Ce dernier point est à relier avec les données sédimentaires acquises et conforte donc les conclusions émises par cet auteur. En effet, les plus fortes densités ont été observées à l'intérieur de la criche où le grain moyen du sédiment est le plus faible.

Toutefois, il apparaît que la population distribuée dans la criche subit des évolutions importantes de densité sur un cycle annuel. Ce phénomène a été noté par de nombreux auteurs tels que Bachelet (1987), Gillet (1990) et Meziane (1997). Les pics d'abondance sont classiquement observés à l'issue du recrutement et, selon Bachelet (op. cit.), la réduction du nombre de juvéniles est inférieure à 80 % après 2 à 3 mois de vie benthique. Ce phénomène trouve son explication dans l'augmentation des capacités d'enfouissement des annélides qui échappent ainsi à la prédation. Le schéma d'évolution des effectifs dans la grande criche diffère sensiblement de celui exposé par cet auteur. En effet, les valeurs minimales ont été notées au début du printemps (campagne de mars) avec, pour deux stations (Y et W), une disparition totale de l'espèce.

Si le protocole d'échantillonnage mis en place ne nous permet pas d'apporter d'explications précises concernant ces observations, une hypothèse peut néanmoins être avancée. En effet, notre cycle d'investigation s'est déroulé au

cours d'une année marquée par une pluviosité forte, plus particulièrement au printemps. Cet apport abondant et durable d'eau douce a certainement entraîné une dessalure importante de l'eau et du sédiment superficiel. Or, selon Smith (1955), les juvéniles de *Nereis diversicolor* ne résistent pas à une exposition prolongée aux plus faibles salinités du spectre écologique de l'espèce. Ainsi, les diminutions drastiques des effectifs en mars seraient à relier à des conditions météorologiques particulières qui sont également mises en avant pour expliquer les caractéristiques du peuplement microphytobenthique observé dans la criche lors de cette même campagne (cf. 1^{ère} partie de ce rapport).

La recolonisation des sites constatée en juin est probablement induite par une migration active d'individus issus de zones préservées. Un tel processus a été observé en Rance sur une vasière exondable sur laquelle des sédiments avaient été extraits (Costil & Lang, 1997).

Enfin, ces populations jouent un rôle fonctionnel important au sein de l'écosystème « baie du Mont Saint-Michel ».

Tout d'abord, *Nereis diversicolor* est une espèce dont le régime alimentaire est de type omnivore. La nourriture, collectée à la surface du sédiment à proximité des orifices des terriers, est essentiellement constituée de diatomées benthiques, de débris végétaux, de composantes de la méiofaune... ; cette annélide se comporte également comme un filtreur : elle secrète alors un filet muqueux à l'orifice de la galerie dans lequel la matière organique particulaire est piégée avant d'être ingérée (Bachelet, 1987). Ainsi, *Nereis diversicolor* contribue au recyclage de la matière organique dont la majeure partie est issue de la végétation de l'herbu. Ce rôle est essentiel dans le fonctionnement de l'écosystème.

En conclusion, la grande criche de l'est constitue un milieu qui se caractérise par une certaine stabilité sédimentaire. Néanmoins, le peuplement macrozoobenthique inféodé à ce site est soumis à des conditions environnementales drastiques (durée d'exondation, fluctuations de la salinité, amplitude des variations thermiques...) qui peuvent affecter sévèrement le maintien et le développement des populations présentes. Toutefois, celles-ci jouent un rôle important en contribuant au recyclage de la matière organique provenant de l'herbu. Enfin, bien que notre protocole d'étude n'ait pas été conçu pour répondre à cette question, on peut raisonnablement penser que la biomasse constituée par ces annélides polychètes constitue une ressource trophique importante exploitée par des organismes prédateurs. Lors de nos investigations de terrain nous avons d'ailleurs constaté la présence de limicoles isolés en quête de nourriture.

TROISIEME PARTIE : L'ICHTYOFAUNE

1. DEFINITION ET LOCALISATION

Les herbous sont localisés sur la **partie haute de la zone intertidale** de la Baie (Figures 1.1 et 2.1). Ils peuvent s'appeler marais salés ou schorres selon les cas. Ils sont recouverts d'une importante végétation phanérogame halophile et drainés par un important réseau de criches ou chenaux. La fréquence d'inondation est réduite à quelques jours par an et n'a lieu qu'à l'occasion des marées de vive eau (hauteur d'eau à Saint Malo > 11.25 m pour les criches et > 12.40 m pour la végétation). Le peuplement piscicole est donc dans ce contexte un peuplement éphémère. Les travaux de recherche menés par ailleurs ont cependant montré que ces secteurs pouvaient être d'une grande importance pour certaines des populations piscicoles de la Baie. Par ailleurs la complémentarité des études présentées dans ce rapport doit permettre une meilleure compréhension du rôle de ces criches dans le fonctionnement de l'écosystème côtier (voir à ce propos la dernière partie du présent rapport)

2. FONCTIONS DES HERBUS

Les herbous sont le siège d'une importante productivité primaire due aux végétaux supérieurs comme l'obione ou la puccinélie et aux micro-algues comme les diatomées (Créach 1995 ; Bouchard, 1996 ; Bouchard et Lefeuvre 1996 ; Brosse 1996) qui sont consommés par des invertébrés (Créach 1995 ; Créach *et al.*, 1997) puis indirectement par les poissons prédateurs de ces invertébrés ou directement par les poissons brouteurs comme les mulets (Laffaille 1996 ; Laffaille *et al.*, 1998 ; Laffaille *et al.*, sous presse).

Les marais salés sont accessibles par les poissons lors des marées de fort coefficient par le réseau de criches. Ces milieux jouent donc potentiellement un rôle de **nurserie** pour les jeunes stades et/ou **trophique** pour les stades plus âgés. Près de 30 espèces piscicoles sont susceptibles d'exploiter les herbous et les réseaux de criches (ou chenaux) (Laffaille, 1996 ; Feunteun et Laffaille 1997, Laffaille *et al.*, 1998). La composition du peuplement et les fonctions des herbous pour l'ichtyofaune varient essentiellement en fonction de la topographie et de la densité du réseau de criches.

3. METHODOLOGIE

En fonction de l'expérience acquise lors d'études antérieures, nous avons étudié les populations piscicoles des criches des herbous à l'est du Mont lors de marées de moyenne à vive eau (coefficients de marées compris entre 80 et 95). L'échantillonnage a été effectué, lors de quatre campagnes (une par saison), selon la méthode déjà mise au point pour les chenaux des marais salés (Laffaille, 1996 ; Laffaille *et al.*, 1998). Le point retenu pour les pêches (cf position du point Y sur la carte en début de document) correspond à un optimum entre les impératifs de la technique de pêche (il faut pouvoir barrer la criche) et la configuration du milieu.

Les échantillonnages ont été conduits pour permettre la quantification des poissons colonisant la criches du marais de l'est et pour analyser les variations de populations durant chaque marée étudiée. Ces échantillonnages ont ainsi été effectués à l'aide de deux types de filets placés en travers des chenaux permettant donc de réaliser un échantillonnage exhaustif. Un filet de type 'verveux' (5 mm de maille, 5 m de profondeur de poche, 1.80 m de hauteur et 20 m de long) permet la capture de tous les individus sauf la plus grande partie des mulets, car ces derniers ont une importante capacité de saut leur permettant d'échapper à cet engin de capture. Un filet maillant de type 'travail' (30 et 70 mm de maille, 2 m de haut et 30 m de long) permet de capturer ces mulets. Les poissons

pénètrent dans les chenaux avec le flot et repartent en mer avec le jusant. Ainsi, les filets ne sont installés que pendant le reflux pour optimiser les captures. En effet, les poissons sont obligés de repartir en mer avant la fin du jusant car il n'y a alors plus d'eau dans les criches. A la fin de l'étale, les deux types de filets sont mis en place à travers le chenal (Figure 1, étape 1). Toutes les dix minutes, le filet verveux est retiré du système pendant 10 minutes (Figure 1, étape 2). Tous les poissons capturés sont prélevés et conservés. Le filet maillant reste en place pendant tout le jusant qui dure entre 60 et 90 minutes selon les coefficients de marées et les conditions météorologiques. Tous les échantillons ainsi prélevés sont différenciés et conservés pour les analyses ultérieures en laboratoire.

Au laboratoire, les individus capturés sont identifiés au niveau spécifique et phase de développement, dénombrés et pesés ; un sous échantillon de chaque espèce est aussi mesuré. Les analyses portent sur la diversité spécifique, la fréquence des espèces et les abondances en CPUE. En accord avec la méthode de capture, une méthode mathématique basée sur les moyennes mobiles permet d'estimer la composition et l'abondance du peuplement capturé (Laffaille, 1996 ; Laffaille *et al.*, 1998).

Etape 1 : Les filets tramail et verveux sont en place à travers le chenal.

Etape 2 : Le filet tramail reste en place toute la pêche ; le filet verveux est retiré toutes les 10 minutes.

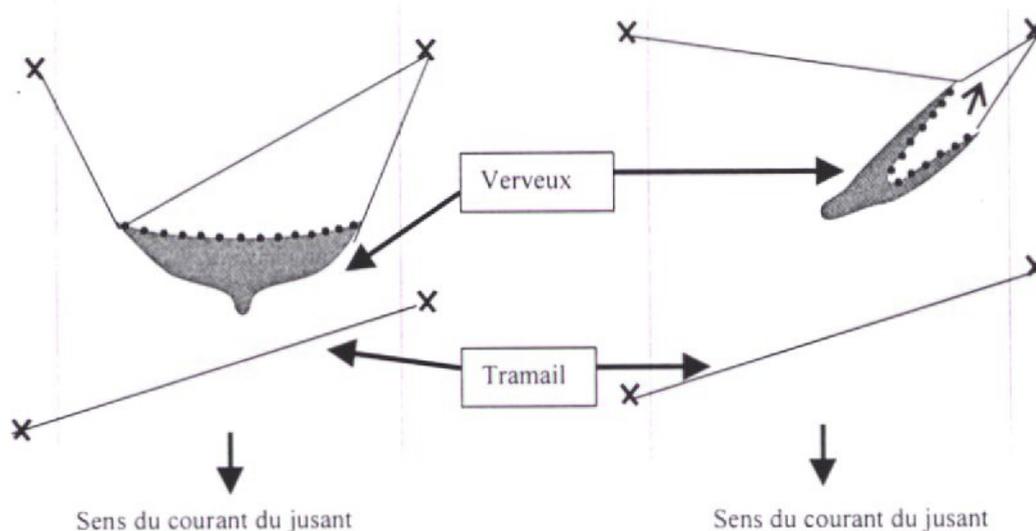


Figure 1 : Schéma de capture de l'ichtyofaune dans les criches des marais salés du Mont Saint-Michel.

4. LES CAMPAGNES DE PECHE

Au niveau des herbues de l'est, la grande criche de l'Est a été échantillonnée assez haut de manière à pouvoir mettre en place notre procédure standard d'échantillonnage. La position du point de prélèvement (cf carte en début de ce rapport) si elle ne permet pas d'appréhender la quantité de poissons pénétrant dans l'ensemble du réseau de criche, nous permet de vérifier que les poissons pénètrent profondément dans ces systèmes hydrographiques particuliers

4.1. LES DATES

Nous avons effectué une campagne par saison. Compte tenu de la mise en place tardive du programme concernant la grande criche de l'est, la campagne de printemps n'a pas été effectuée au début de l'étude mais à la fin de celle-ci (cf. dates de pêche dans le tableau 1).

4.2. CARACTERISTIQUES ABIOTIQUES

Pour ces 4 pêches nous avons cherché à retrouver des conditions aussi similaires que possible afin de limiter au maximum les variations (tableau 1). En particulier les pêches ont été réalisées lors de coefficients de marée compris entre 82 et 90, et les échantillonnages ont toujours eu lieu en fin de journée, période où la diversité est maximale (Laffaille *et al.*, 1999),

Les températures et les salinités sont maximales en été, minimales en hiver et secondairement au printemps. Toutefois, il semble important de noter que les salinités sont généralement plus faibles dans la criche de l'est que dans les criches des marais salés situés à l'ouest du Mont. Cette particularité découle de la position de la criche qui se trouve à proximité immédiate du lit estuarien du Couesnon.

Mois	Coefficient de marées	Amplitude de marées (m)	Heure de marées haute	Température (°C)	Salinité (‰)
Juillet 1998	87	11,75	20h55	19,5	20,3
Octobre 1998	82	11,65	21h05	15,8	14,2
Janvier 1999	90	11,75	20h40	8,2	6,2
Avril 1999	90	11,60	19h10	9,9	3,6

Tableau 1 : Date, coefficient, amplitude de marées, heure de marée haute, température et salinité des différentes campagnes de pêche effectuées dans le marais de l'est.

5. RESULTATS

5.1. LE PEUPEMENT

Dans ce chenal, 16 espèces appartenant à 11 familles ont été capturés (tableau 2). **Toutes ces espèces sont migratrices** (mulets porcs, anguilles, flets), **autochtones** à la zone intertidale de la baie (épinoches, syngnathes et gobies) ou **marines euryhalines** (toutes les autres) et sont donc des espèces susceptibles de fréquenter les chenaux de drainage des herbues (cf. rapport général sur l'ichtyofaune, chapitre 1). Aucune espèce dulçaquicole n'a été capturée alors que l'on peut les observer dans le Couesnon aval (cf. chapitre 2 du rapport général sur l'ichtyofaune).

Famille	Nom	Genre	Espèce	%N	%F
Ammodytidés	Ammodyte	<i>Ammodytes</i>	<i>tobianus</i>	0,00	25
Anguillidés	Anguille	<i>Anguilla</i>	<i>anguilla</i>	0,02	75
Bélonidés	Orphie	<i>Belone</i>	<i>belone</i>	0,00	25
Clupéidés	Hareng	<i>Clupea</i>	<i>harengus</i>	0,11	25
	Sprat	<i>Sprattus</i>	<i>sprattus</i>	0,36	25
Gastérostéidés	Epinoche	<i>Gasterosteus</i>	<i>aculeatus</i>	0,69	100
Gobiidés	Gobie commun	<i>Pomatoschistus</i>	<i>microps</i>	0,00	25
	Gobie buhotte	<i>Pomatoschistus</i>	<i>minutus</i>	33,84	100
	Gobie de lozanoi	<i>Pomatoschistus</i>	<i>lozanoi</i>	1,30	100
Moronidés	Bar commun	<i>Dicentrarchus</i>	<i>labrax</i>	12,70	75
Mugilidés	Mulet porc	<i>Liza</i>	<i>ramada</i>	0,05	75
	Jeunes mulets	<i>Mugil</i>	sp.	50,79	100
Pleuronectidés	Flet	<i>Platichthys</i>	<i>flesus</i>	0,07	25
	Plie	<i>Pleuronectes</i>	<i>platessa</i>	0,02	25
Soléidés	Sole commune	<i>Solea</i>	<i>vulgaris</i>	0,00	25
Syngnathidés	Syngnathe de Duméril	<i>Syngnathus</i>	<i>rostellatus</i>	0,03	25

Tableau 2 : Abondance numérique (%N) et fréquence d'occurrence (%F) des différentes espèces capturées dans le chenal des marais salés de l'est lors des différentes campagnes d'échantillonnages.

Ce peuplement piscicole échantillonné est largement dominée par 3 populations représentant plus de 97% des effectifs capturés (tableau 2). Les plus abondants sont les mulets (51 % des effectifs) représentés par 2 espèces : le mulet porc (*Liza ramada*) et le mulet doré (*Liza aurata*). Ces deux espèces sont difficilement identifiables pour des tailles inférieures à 100 mm (Feunteun, 1994 ; Laffaille, 1996), ainsi elles ont été regroupées sous le terme de « jeune mulet » pour les tailles inférieures à cette limite (cf. rapport général sur l'ichtyofaune, chapitre 1). Les gobies du genre *Pomatoschistus* sont aussi très abondants car les trois espèces répertoriées représentent près de 35 % des effectifs capturés (33 % pour le gobie buhotte). En troisième position on trouve les jeunes bars avec plus de 12 % des effectifs capturés.

Espèce	jeune	adulte
Ammodyte	#	
Anguille	#	
Bar	#	
Epinoche	#	#
Flet	#	
Gobie commun	#	#
Gobie de Lozanoi	#	#
Gobie minutus	#	#
Hareng	#	
Mulet	#	#
Orphie	#	
Plie	#	
Sole	#	
Sprat	#	
Syngnathe	#	

Tableau 3 : Stades biologiques des différentes espèces répertoriées lors des différentes campagnes de pêches dans les marais salés de l'est.

L'observation des tailles des différentes espèces répertoriées (tableau 3) montre que toutes ces populations sont représentées par **les plus jeunes stades**, confirmant ainsi le **rôle de nurserie des marais salés** vis à vis de l'ichtyofaune.

Les mulets porcs sont aussi présents sous les stades adultes et sub-adultes. Ces poissons migrateurs sont en effet nombreux autour du Mont du printemps à l'automne. Une partie de la population colonise les zones basses des bassins versants, l'autre partie de même population reste dans la zone intertidale de la baie.

Deux groupes d'espèces autochtones des estrans de la baie peuvent aussi être capturées à tous les stades biologiques. Ce sont les épinoches et les gobies du genre *Pomatoschistus*. Comme pour les mulets porcs, ces petits poissons fourrages peuvent aussi bien se rencontrer dans la zone intertidale de la baie que dans les estuaires et les zones aval des différentes rivières où elles se déplacent (et même migrent pour certaines) au grès des marées et des saisons.

Ainsi, **pour ces 5 espèces, les criches des marais salés représentent aussi une zone trophique importante** pour les stades les plus âgés.

5.2. VARIATIONS SAISONNIERES

Dans ce chenal, les abondances sont très importantes comparativement aux autres sites étudiés par notre équipe. En effet, en moyenne nous avons capturé près de 289 individus par minute ; ce qui représente environ 21700 poissons exploitants cette criche par marée.

Pour les espèces d'importance commerciale, deux chiffres sont à retenir.

- Le premier est la capture en juillet 1998 de près de 144 jeunes bars de l'année par minute ; ce qui correspond à environ 11000 jeunes individus venant exploiter le chenal par marée.
- Le second, encore plus important, concerne la capture des jeunes mulets de l'année en avril 1999 : près de 468 poissons à la minute soit une population de plus de 35000 jeunes individus dans la criche pour une marée moyenne.

Ces deux chiffres montrent bien l'importance de ces marais comme zone de nurserie pour les plus jeunes stades. En hiver (mois de janvier) et en automne (mois d'octobre) se sont alors les gobies du genre *Pomatoschistus* qui sont les plus abondants avec près de 200 poissons par minute.

Le tableau de la page suivante donne le détail des variations entre les captures aux différentes saisons.

Espèce	Juillet	Octobre	Janvier	Avril
Jeunes mulets	87,52	21,94	4,39	468,30
Gobie buhotte	1,81	226,39	150,06	9,60
Bar commun	144,39	1,13	0,05	-
Gobie de lozanoï	0,95	5,08	8,58	0,30
Epinoche	1,37	0,40	5,23	0,90
Sprat	4,13	-	-	-
Hareng	1,29	-	-	-
Flet	0,83	-	-	-
Mulet porc	0,35	0,15	-	0,05
Syngnathe de Duméril	0,40	-	-	-
Plie	-	-	-	0,27
Anguille	0,15	-	0,03	0,06
Sole	0,05	-	-	-
Orphie	0,04	-	-	-
Gobie commun	-	0,03	-	-
Ammodyte	-	-	-	0,03
Total	243,28	255,12	168,34	479,51

Tableau 3.4 : Variations saisonnières des CPUE (nombre d'individu par minute) des différentes espèces capturés au niveau de la criche de l'est.

5.3. EN RESUME

Dans les deux chenaux étudiés saisonnièrement, 16 espèces appartenant au potentiel des espèces piscicoles susceptibles d'être rencontrées autour du Mont ont été capturées. Ce peuplement dominé par les jeunes mulets, les gobies du genre *Pomatoschistus* et les jeunes bars est caractéristique de ceux que l'on peut rencontrer dans les chenaux des marais salés de la baie du Mont Saint-Michel (Laffaille, 1996 ; Laffaille et al., 1998 ; rapports précédents). Toutes ces espèces sont présentes sous les stades les plus jeunes, confirmant le rôle important des marais salés tidaux comme zone de nurserie. Les adultes des espèces autochtones et des mulets porcs exploitent aussi ces milieux humides comme zone trophique. Les espèces d'intérêts halieutiques tels que les bars, les mulets et secondairement les plies, les soles et les clupeidae ne sont pas à négliger.

6. DISCUSSION.

Les marais salés supratidaux sont connus depuis longtemps pour jouer un important rôle de nurserie et trophique pour de nombreuses poissons et invertébrés incluant les espèces d'intérêt halieutique (Boesch et Turner, 1984). En effet, nombreux de ces animaux dépendent, pour une partie plus ou moins longue de leur cycle de vie, de l'importante production primaire et du rôle de refuge offert par les plantes vasculaires de ces zones humides. En Europe, les marais salés et leur criches se situent généralement dans la zone intertidale et ne sont inondées que lors des marées de vives eaux. Par conséquent, les poissons ne peuvent envahir cet environnement que durant les

courtes périodes d'inondation, de quelques minutes à quelques heures selon la localisation des marais (Cattrijsse et al., 1994 ; Laffaille et al., 1998).

En baie du Mont Saint Michel la mer ne pénètre dans les chenaux que durant environ 40% des marées (hauteur d'eau à marée haute supérieure à 11.25 m, référence Saint-Malo). La végétation des marais n'est immergée que pour des hauteurs d'eau supérieures à 12.40 m environ (référence Saint-Malo). Les marées ne restent que 2 heures en moyenne dans les chenaux. Le reste du temps, les criches et les marais restent émergés. C'est pour cette raison essentielle et accessoirement en raison des difficultés d'échantillonnage de l'ichtyofaune dans les habitats macrotidaux, qu'en Europe le rôle de nurserie à souvent été décrit dans les zones restreintes des vasières des eaux marines côtières comme les estuaires, les baies et les lagons (Costa, 1988 ; Elie et al., 1990).

C'est le cas en Baie du Mont Saint-Michel qui soutient une exceptionnelle biodiversité spécialement pour les poissons et les mollusques (Legendre, 1984 ; Feunteun et Laffaille, 1997). En outre, les vasières de cette baie représentent une des plus importantes nurseries des côtes françaises de la Manche pour de nombreuses espèces comme les bars, les poissons plats et les clupéidés. De nombreux poissons adultes utilisent aussi cet environnement et soutiennent une pêche traditionnelle (Beillois et al., 1979 ; Legendre, 1984). Depuis les années 1980 il est reconnu que la forte productivité de ces zones découle en grande partie de la valeur nutritive des détritiques organiques issus des marais salés adjacents (Nixon, 1980).

L'intense productivité des marais salés (Bouchard, 1996 ; Bouchard et Lefeuvre, 1996) est connue pour être exploitée par les oiseaux (Schricke, 1983) et les moutons (Vivier, 1997). Les animaux aquatiques tels que les poissons peuvent aussi venir profiter de cette nourriture abondante.

Nous évoquerons ci-après **trois exemples pour illustrer ce rôle des marais salés vis à vis de l'ichtyofaune.**

Parmi les espèces abondantes dans les criches des marais salés **le bar** est certainement l'espèce la plus importante halieutiquement. Le régime alimentaire des jeunes de l'année cette espèce dans les marais salés de la baie du Mont Saint Michel a été étudié entre 1996 et 1998 sur plus de 2500 individus. Ces poissons colonisent les criches des marais salés de mars à novembre durant les marées de vives eaux. Ils pénètrent des chenaux avec le flot et retournent en mer avec le jusant.

Plus de la moitié de ces individus arrivent avec l'estomac vide (55%) et s'alimentent activement pendant la courte période où ils restent dans les chenaux. En moyenne, nous avons calculé que ces jeunes individus prélèvent dans les criches, lors de chaque marée, au minimum 8% de leur poids en proies. Lorsqu'ils quittent les marais salés la grande majorité des poissons possèdent un estomac plein (99%).

La communauté des proies est dominée par deux espèces. La plus abondante et la plus fréquente est un crustacé semi-terrestre résident des marais : *Orchestia gammarellus* (Laffaille et al., sous presse). Cet amphipode, ressemblant à une petite puce d'eau, est une des espèces les plus abondantes dans les marais salés tidaux (Foulet, 1986). Il s'alimente essentiellement des détritiques des plantes halophytes et des diatomées benthiques des criches (Créach et al., 1997).

La seconde espèce importante dans le régime alimentaire des jeunes bars est le mysidacé *Neomysis integer* (Laffaille et al., sous presse). Cette sorte de toute petite crevette est un crustacé très abondant dans les milieux saumâtres européens comme les estuaires et les baies. Cet item provient donc des vasières et n'est pas résident des marais salés. Toutefois, les importantes agrégations de matériel détritique à l'intérieur des criches des marais salés tidaux attirent cet animal qui pénètre dans les criches pour s'en alimenter (Zagursky et Feller, 1985 ; Cattrijsse et al., 1994).

Dans le régime alimentaire des bars, nous pouvons aussi y observer des insectes et arachnides abondants sous la végétation halophyte.

De ce fait, les jeunes bars de l'année exploitent la production secondaire et indirectement l'importante production primaire de ces marais salés. Celle-ci apparaît donc jouer un rôle essentiel de nurserie vis à vis de cette espèce à

haute valeur commerciale (Laffaille et al., sous presse). Nous avons même pu estimer que cette alimentation dans les marais permet à ces très jeunes poissons d'effectuer 50% de leur croissance annuelle (Laffaille, données non publiées).

Les gobies du genre *Pomatoschistus* possèdent le même régime alimentaire et exploitent aussi la production secondaire et indirectement la production primaire de ces zones humides (Laffaille et al., sous presse). Or ces poissons, non exploités par l'homme, sont les plus abondants des eaux côtières, des estuaires et des baies de l'ouest européen. Ils sont considérées comme des espèces fourrage de première importance tant pour les prédateurs piscicoles, que les oiseaux et les mammifères côtiers (Hamerlynck et al., 1993 ; Hamerlynck et Cattrijsse, 1994). Comme les mysidacés (Mees et Hamerlynck, 1992), ces petits poissons jouent donc un rôle important dans les chaînes trophiques détritiques et les transferts de matières organiques des marais salés vers les eaux marines côtières (Laffaille et al., 1998).

Les mulets du genre *Liza* sont présents toute l'année dans les marais salés, mais l'importante concentration de grands individus pendant l'été dans les chenaux attire divers prédateurs. A cette époque, de nombreux pêcheurs viennent capturer ces poissons au moyen de filets maillants. De plus, les phoques veaux marins (*Phoca vitulina*) viennent aussi pourchasser les bancs de mulets jusque dans les chenaux (Laffaille, observations personnelles). Ces mulets prélèvent lors de chaque marée de grandes quantités de vase qu'ils filtrent et d'où ils extraient les déchets organiques nutritifs mais aussi la microfaune (nématodes, larves de crustacés et copépodes) et la microflore benthique (essentiellement les diatomées). Leur passage peut être observé par la présence de traces de bouche laissées sur la vase. Ces poissons, comme les mysidacés, exploitent directement la production primaire des marais salés tidaux (Laffaille et al., 1998).

Dans un écosystème côtier du type de la baie du Mont Saint-Michel, les différents types d'habitats (l'estran, les marais salés, les estuaires, etc.) représentent un environnement hétérogène pouvant influencer directement les comportements d'alimentation. De nombreuses espèces piscicoles utilisent les marais salés durant les grandes marées et restent sur l'estran lors des petites marées et à marée basse. Quand les marais salés et/ou les chenaux sont inondés, ils deviennent alors une zone trophique riche en nourriture exploitable par les organismes aquatiques comme les poissons.

Certaines espèces comme les adultes des mulets ont une forte mobilité leur permettant un déplacement actif entre les différentes zones. D'autres utilisent les courants de marées comme transport passif pour exploiter chacun de ces habitats pendant une partie (par exemple les bars de l'année) ou pendant tout leur cycle de vie (pour les gobies du genre *Pomatoschistus*).

Les espèces qui utilisent ces zones intertidales ont un avantage significatif par rapport aux autres espèces car elles disposent de ressources alimentaires plus larges. De plus, les populations piscicoles exploitant les marais salés jouent un rôle dominant dans les réseaux trophiques et dans les pêcheries de la baie car ce sont, soit des proies pour d'autres prédateurs aquatiques (les gobies et les jeunes mulets par exemple), soit des espèces ayant une forte valeur économique (les bars par exemple).

Cette étude montre encore une fois le rôle fondamental joué par la production des marais salés dans le fonctionnement global de la baie du Mont Saint-Michel et plus particulièrement dans le maintien de son importante densité et diversité piscicole.

QUELQUES ELEMENTS DE SYNTHÈSE.

Les marais salés, ou schorres, ou **herbus font partie des composantes fondamentales de l'écosystème côtier** que constitue la Baie du Mont Saint-Michel. Cette importance tient à la fois à leur superficie (plus de 40 km²), à leur remarquable productivité et à leur rôle fonctionnel.

Rappelons, par exemple, que les formations à obione (*Atriplex portulacoides*) qui occupent, en l'absence de pâturage, le moyen schorre, produisent chaque année plus de deux tonnes de matière sèche (soit 8 à 10 tonnes de matière fraîche) par hectare. Certes, la productivité des zones pâturées est plus faible (de l'ordre de 500 kg de matière sèche par hectare et par an) mais **la production végétale des marais salés est, à l'échelle de la Baie, considérable.**

Cette production est intégrée dans le système côtier selon divers modes. Une partie de la végétation produite par les herbus est entièrement décomposée sur place (souvent très rapidement). Dans ce cas, les éléments minéraux issus de la décomposition transitent par la nappe permanente sous l'herbu pour être ensuite exportés vers la mer par exfiltration au niveau des chenaux de drainage. C'est ce circuit particulier qui enrichit les sédiments des criches en éléments nutritifs et qui explique **la richesse de la production microphytobenthique des chenaux.**

Mais toute la matière organique produite par les herbus n'est pas intégralement décomposée sur place. Une fraction de cette matière organique en décomposition est exportée (vers les criches puis vers la mer) sous forme de particules ou de micro particules. Diverses études ont montré, en utilisant des traceurs tels que les isotopes stables ou certains acides gras, que ces particules de **matière organique** issues des herbus étaient **incorporées** dans l'alimentation de **nombreux organismes benthiques** des vasières, et donc **intégrées dans l'ensemble des chaînes alimentaires de l'espace côtier.**

La production des marais salés contribue donc bien à **l'enrichissement biologique des espaces intertidaux** et le transfert depuis les marais salés vers le reste du système marin s'effectue par l'intermédiaire des criches. C'est dire le **rôle essentiel de ces criches** que l'on a trop tendance à considérer comme de simples chenaux de drainage des herbus.

En fait ces criches sont de véritables **usines biologiques** dont les deux fonctions essentielles semblent être :

1. Un **premier recyclage de la matière organique particulaire produite par les marais salés** par l'intermédiaire, à la fois, d'une intense activité bactérienne et de l'action de la macro et de la micro faune benthique. Cette activité de recyclage (partiel) est sans doute, la plus importante dans les marais pâturés où l'exportation de la matière organique produite par les herbus se fait après ingestion de celle-ci par les ovins.
2. La **transformation en matière organique** (en l'occurrence en diatomées) **des sels minéraux libérés par la décomposition in situ de la végétation des marais salés.** La présence de populations diatomiques en place toute l'année (on a noté jusqu'à 15% de *Petrodictyon gemma* en cours de division au mois de décembre) nous montre que cette fonction est effectivement remplie, y compris pendant l'hiver.

Ces deux fonctions contribuent probablement à rendre plus disponible la matière organique produite par les herbus pour les organismes marins ou côtiers (rappelons ici que l'intensité de la production secondaire est une caractéristique majeure de la Baie du Mont Saint-Michel). On trouvera page suivante un schéma qui met en

évidence quelques-uns des aspects du fonctionnement du système marais salés / criches et de leurs rôles vis à vis du reste des espaces intertidaux.

Dans la grande criche de l'Est nous retrouvons bien l'expression de ces différentes fonctions avec d'abord une **biomasse microphytobenthique permanente assez importante** (et donc probablement une production primaire significative), cette présence du microphytobenthos indiquant une récupération et une utilisation directe des sels nutritifs produits par les marais salés.

Par ailleurs la présence d'une **micro et d'une macro faune benthique dense** (et très certainement bien que nous ne l'ayons pas étudié d'un peuplement bactérien très important) montre que la matière organique non décomposée (présente sous forme particulaire) est **directement recyclée** au sein de la criche par ces organismes.

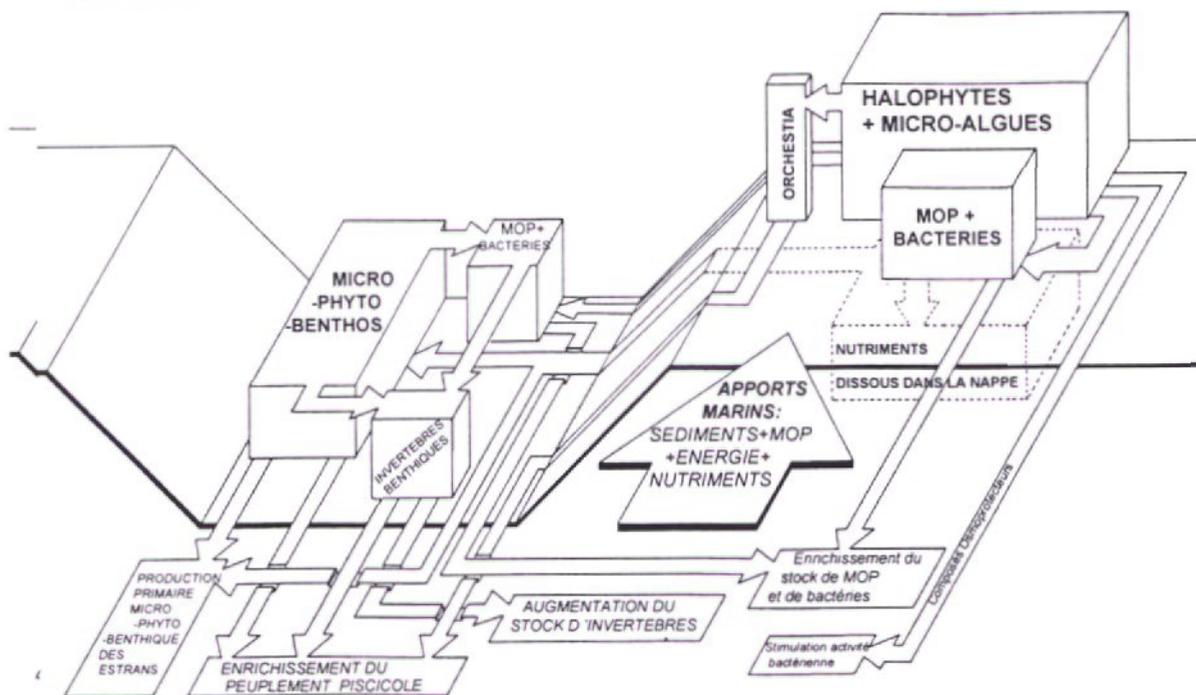
Enfin, la **très intense fréquentation de la criche par l'ichtyofaune** nous montre que les fonctions de mise à disposition de la production des marais salés pour la faune côtière sont remplies avec efficacité.

Cette criche présente cependant une **spécificité** liée à sa position à **proximité immédiate du Couesnon**, proximité qui induit de très importantes baisses de la salinité en périodes de forts débits du fleuve.

Mais cette spécificité (partagée avec d'autres criches voisines), si elle semble intervenir sur la composition des peuplements microphytobenthiques en place, paraît, en l'état actuel de nos études, sans effet sur les principales fonctions de la criche.

Compte tenu de la fréquence des faibles salinités et de l'influence qu'elles exercent sur les peuplements, on doit considérer que la **grande criche de l'Est, appartient au système estuarien du Couesnon**.

Schéma de fonctionnement d'un marais salé naturel



*Ce schéma conceptuel du fonctionnement d'un marais salé non pâturé, met en évidence les différents aspects de la production primaire et secondaire de ces marais (les boîtes) et les relations qui lient ces différentes productions (MOP = matière organique particulaire). Par ailleurs le réseau de flèches et de liaisons, montre la **complexité des échanges** qui existent entre ces marais et le reste de l'écosystème côtier. On constate, en particulier, le rôle de ces marais salés dans l'**enrichissement** (nutriments, ressources alimentaires, matière organique particulaire, etc.) de l'espace côtier.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pour faciliter la recherche des références bibliographiques elles sont ci-après regroupées selon les différentes parties du document

1. LE MICROPHYTOBENTHOS

Afin de ne pas alourdir le texte nous avons volontairement limité les références bibliographiques. On ne trouvera donc ci-après que les références des ouvrages d'identification que nous avons utilisés pour déterminer les diatomées du secteur de la Grande Criche de l'Est. On retrouvera les principales références concernant le fonctionnement de l'écosystème Baie du Mont Saint Michel dans les deux autres parties de ce document.

Germain, H., 1981. "Flore des diatomées ; eaux douces et saumâtres". pp 441. Société Nouvelle des Editions Boubée, Paris.

Hasle, G.R., & Syversten, E.E. 1997. "Marine diatoms". In "Identifying marine phytoplankton" Tomas, C.R., ed. pp 5-385. Academic Press, San Diego.

Hendey, N. I. 1964. Bacillariophyceae (Diatoms). In : An introduction account of the smaller algae of the British coastal waters, *Fishery investigations*, ser. 4 : 317 pp., HMSO, London.

Hustedt, F. 1930. Die Kieselagen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *Dr. L. Rabenhorsts, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz* 7(1) : 1-920.

Hustedt, F. 1959. Die Kieselagen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *Dr. L. Rabenhorsts, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz* 7(2) : 1-845.

Hustedt, F. 1961. Die Kieselagen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *Dr. L. Rabenhorsts, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz* 7(3) : 1-816.

Patrick, R., & Reimer, C.W. 1975. The diatoms of the United States 2(1). *Monograph of the Accademy of Natural Sciences of Philadelphia*. 13.

Peragallo, H., & Peragallo, M. 1897-1908. "Diatomées marines de France" (M.J. Tempère, éd.) pp. 492 I-XII, pp. 48, 135 planches. Grez-sur-Loing.

Ricard, M. 1987. "Atlas du phytoplancton marin ; tome 2 : Diatomophycées," pp. 297. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D.G. 1990. "The Diatoms, Biology & Morphology of the genera" pp. 747. Cambridge University Press, Cambridge.

Van Der Werff, A., & Huls, H. 1966-1974. Diatomeeënflora van Nederland. (9 fascicules). De Hoef.

2. LA MACROFAUNE BENTHIQUE

- BACHELET, G., 1987 - Processus de recrutement et rôle des stades juvéniles d'invertébrés dans le fonctionnement des systèmes benthiques de substrat meuble en milieu estuarien intertidal. *Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Bordeaux*, 478 p.
- BIETLOT, A., 1940 - Méthodes d'analyses granulométriques. Applications à quelques sables éocènes belges. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 44 : 80 - 150
- CHAMBERS, M.R. & MILNE, H., 1975 - The production of *Macoma balthica* (L.) in the Ythan Estuary. *Estuarine coastal Mar. Sci.*, 3 : 443-455.
- COSTIL, K. & LANG, F., 1997 - Impact de l'extraction des sédiments fins sur les peuplements benthiques en Rance fluviale (plaine de Taden) et maritime (Le Chatelier). *Rapport Univ. Rennes 1 - C.O.E.U.R.*, 84 p.
- GILLET, P., 1986 - Contribution à l'étude écologique des Annélides Polychètes de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc). *Thèse Univ. Aix-Marseille*, 215 p.
- GILLET, P., 1990 - Biomasse, production et dynamique des populations de *Nereis diversicolor* (Annélide Polychète) de l'estuaire de la Loire (France). *Oceanologica Acta*, 13 (3) : 361-371.
- GREEN, J., 1968 - The biology of estuarine animals. *Sidgwich & Jackson, London*, 401 p.
- LAFAILLE, P., FEUNTEN, E., LANG, F., RADUREAU, A. & THIEULLE, L., 1998 - Etudes préalables au rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel. Les études ichthyologiques. Rapport intermédiaire. *Syndicat mixte pour le rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel/ Univ. Rennes I*, 49 p.
- LE DREAN-QUENEC'H DU, S. & MAHEO, R., 1997 - Les limicoles séjournant dans les traicts du Croisic (presqu'île guérandaise, Loire-Atlantique) : régime alimentaire et impact sur les populations de Mollusques bivalves. *Alauda*, 65 (2) : 257-268.
- LEGENDRE, C. & DANAIS, M., 1989 - Etude d'impacts, aspects biologiques, de l'aménagement du bassin du Couesnon. *Rapport D.D.E. - D.R.A.E. - Laboratoire E.S.N.M. M.N.H.N.*, 95 p.
- LE HIR, P., BASSOULET, P., ERARD, E., BLANCHARD, M., HAMON, D., JEGOU, A.M. & IRIEC, 1986 - Etude régionale intégrée du Golfe normano-breton. 4. Estrans et zones humides. *Rapport IFREMER, DERO/EL*, 182 p.
- MARTY, R., 1993 - Biologie larvaire et post-larvaire de *Nereis diversicolor* (Annélide polychète). Données préliminaires. *D.E.A. Univ. Rennes I*, 35 p.
- MEZIANE, T., 1997 - Le réseau trophique benthique en baie du Mont Saint Michel : intégration de la matière organique d'origine halophyle à la communauté à *Macoma balthica*. *Thèse Univ. Rennes 1*, 182 p.
- SCAPS, P., 1992 - Bases biologiques de l'élevage de deux espèces d'annélides polychètes *Nereis diversicolor* (O.F. Müller) et *Perinereis cultrifera* (grübe). *Thèse Univ. Rennes I*, 171 p.
- SMITH, R., 1955 - Comparison of the levels of chlorid regulation by *Nereis diversicolor* in different parts of geographical ranges. *Biological Bulletin*, 109 : 453-474.
- TRASK, P.D., 1930 - Mechanical analysis of sediments by centrifuge. *Econ. Geol.*, 25 : 581 - 599.

3. L'ICHTYOFAUNE

- Beillois P., Desaunay Y., Dorel D. et Lemoine M., 1979. Nuseries littorales de la Baie du Mont Saint-Michel et du Cotentin Est. Rapport ISTPM Nantes. 115 p.
- Boesch D.F. et Turner R.E., 1984. Dependence of fishery species on salt marshes : the role of food and refuge. *Estuaries*, 7 : 460-468.
- Bouchard V., 1996. Production et devenir de la matière organique des halophytes dans un marais salé européen en système macrotidal (Baie du mont Saint-Michel). Thèse Université de Rennes 1. 218 p.
- Bouchard V. et Lefeuvre J.C., 1996. Hétérogénéité de la productivité d'*Atriplex portulacoïdes* (L.) Aellen dans un marais salés macrotidal. *C.R. Acad. Sci. Paris, Life Sciences*, 319 : 1027-1034.
- Brosse S., 1996. Dynamique du peuplement microphytobenthique dans un chenal à marée de la baie du Mont Saint-Michel : rôle dans les processus de rétention de nutriments. DEA Université de Rennes 1. 25 p.
- Cattrijsse A., Makwaia E.S., Dankwa H.R., Hamerlynck O. et Hemminga M.A., 1994. Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 109 : 195-208.
- Costa M.J., 1988. The Tagus and Mira estuaries (Portugal) and their role as spawning and nursery areas. *J. Fish Biol.*, 33 : 249-250.
- Créach V., 1995. Origines et transferts de la matière organique dans un marais littoral : utilisation des compositions isotopiques naturelles du carbone et de l'azote. Thèse Université de Rennes 1. 134 p.
- Créach V., Schricke M.T., Bertru G. et Mariotti A., 1997. Stable isotopes and gut analyses to determine feeding relationships in saltmarsh macroconsumers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 : 599-611.
- Elie P., Feunteun E. et Rigaud C., 1990. The inshore brackish water domain of the french atlantic coast : ecological functions for the exploited species – impact of physical development. *Bull. Ecol.*, 21 : 33-38.
- Feunteun E. et Laffaille P., 1997. Les peuplements piscicoles. *Penn Ar Bed n° spécial 'la Baie du Mont Saint-Michel'*, 164 : 50-56.
- Fouillet P., 1986. Evolution des peuplements d'Arthropodes des shorres de la Baie du Mont Saint Michel. Thèse Université de Rennes 1. 330 p.
- Hamerlynck O., Cattrijsse A. et Arellano R.V., 1993. Daily ration of juvenile *Pomatoschistus lozanoi* de Buen (Pisces : Gobiidae). *ICES J. Mar. Sci.*, 50 : 471-480.
- Hamerlynck O. et Cattrijsse A., 1994. The food of *Pomatoschistus minutus* (Pisces, Gobiidae) in Belgian coastal waters, and a comparison with the food of its potential competitor *P. lozanoi*. *J. Fish Biol.*, 44 : 753-771.
- Laffaille P., 1996. Echanges intersystèmes : participation de l'ichtyofaune aux transferts de matière organique entre les marais salés et les eaux marines côtières de la Baie du Mont Saint-Michel. Résultats préliminaires et mise en place des méthodes. DEA Université Rennes 1. 25 p.

Laffaille P., Brosse S., Feunteun E., Baisez A. et Lefeuvre J.-C., 1998. Role of fish communities in organic matter fluxes between salt marshes and coastal marine waters in the Mont Saint-Michel bay. *Hydrobiologia*, 373/374 : 121-133.

Laffaille P., Feunteun E. et Lefeuvre J.C., 1999. Composition and temporal variability of fish communities in macrotidal salt marshes of the Mont Saint Michel bay. 4^{ème} congrès international de Limnologie – Océanologie 'Variabilités temporelles au sein des hydrosystèmes'. 7-10 septembre 1999, Bordeaux (France).

Laffaille P., Feunteun E. et Lefeuvre J.C., sous presse. Compétition alimentaire entre deux espèces de gobies, *Pomatoschistus lozanoi* (de Buen) et *P. minutus* (Pallas), dans un marais salé macrotidal. C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie, 322 : 1-10.

Laffaille P., Feunteun E., Lefeuvre J.C. et Schricke M.T., sous presse. Feeding ecology of 0-group sea bass *Dicentrarchus labrax* in salt marshes of Mont Saint Michel bay (France). *Estuaries*.

Legendre C., 1984. La pêche artisanale sur le domaine intertidal de la Baie du Mont Saint-Michel. Rapport CEE environnement, Ministère de l'environnement et Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés. 121 p.

Mees J. et Hamerlynck O., 1992. Spatial community structure of the winter hyperbenthos of the Schelde estuary, The Netherlands, and the adjacent coastal waters. *Neth. J. Sea Res.*, 29 : 357-370.

Nixon S.W., 1980. Between coastal marshes and coastal waters : a review of 20 years of speculation and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and water chemistry. In : P. Hamilton and K.B. Mac Donald (ed.) : *Estuarine and wetland processes*. Plenum Publishing Co., New York, USA : 437-525.

Schricke V., 1983. Distribution spatio-temporelle des populations d'Anatidés en transit et en hivernage en baie du Mont Saint Michel en relation avec les activités humaines. Thèse Université de Rennes 1. 299 p.

Vivier J.P., 1997. Influence du pâturage sur la disponibilité de l'azote pour l'exportation dans un marais salé (Baie du Mont Saint Michel). Thèse Université de Rennes 1. 205 p.

Zagursky G. et Feller R.J., 1985. Macrophytes detritus in the winter diet of the estuarine mysid, *Neomysis americana*. *Estuaries*, 8 : 355-362.

*Le projet est engagé dans le cadre d'un partenariat entre l'Etat
(ministères chargés de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement,
de la Culture et de l'Equipement)
et le Syndicat Mixte regroupant la région de Basse-Normandie, le département de la Manche
et la commune du Mont-Saint-Michel.
La Communauté Européenne, la région de Bretagne,
le département d'Ille et Vilaine et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie
apportent leur concours financier au Syndicat Mixte.*