

Hily, C.,



RST/IFREMER/DYNECO/VIGIES/06-29/REBENT

Résultats de la surveillance du Benthos

Région Bretagne

> Suivi stationnel des herbiers à *Zostera marina*

Edition 2005



Direction Régionale de l'Environnement
Bretagne

Coordination

ifremer

Photo Herbier à Zostera marina, Observatoire Biologique de Roscoff

SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	2
1__Présentation des acteurs.....	4
2__Présentation générale des herbiers à <i>Zostera marina</i> et de la stratégie de suivi.....	5
3__Résultats de la surveillance.....	8
3.1__Documentation des figures.....	8
3.1.1_Granulométrie et taux de matière organique des sédiments.....	8
3.1.2_Histogrammes de richesse spécifique et d'abondance.....	9
3.1.3_Groupes écologiques (histogramme empilé à 100%) et coefficient benthique (courbe) sur un même graphique.....	10
3.1.4_Groupes trophiques (histogramme empilé à 100%).....	12
3.1.5_Vitalité des zostères.....	13
3.2__Analyse sédimentaire.....	15
3.3__Abondance et richesse spécifique.....	17
3.4__Structure écologique.....	20
3.4.1_Endofaune.....	20
3.4.2_Epifaune vagile.....	21
3.5__Structure trophique.....	23
3.5.1_Endofaune.....	23
3.5.2_Epifaune vagile.....	24
3.6__Vitalité de l'herbier.....	26
3.6.1_Largeur moyenne des feuilles.....	26
3.6.2_Longueur maximale des feuilles.....	27
3.6.3_Nombre de feuilles par pied de <i>Zostera marina</i>	28
3.6.4_Surface utile de <i>Zostera marina</i>	28
3.6.5_Biomasse foliaire.....	29
Références bibliographiques.....	311

AVANT PROPOS

Le REseau de surveillance BENThique, le REBENT, a pour objectifs d'acquérir une connaissance pertinente et cohérente des habitats benthiques côtiers, et de constituer un système de veille pour détecter les évolutions de ces habitats, à moyen et long termes, notamment pour ce qui concerne la diversité biologique.

Ce réseau, initié par le Ministère chargé de l'Environnement et coordonné par l'Ifremer, s'est développé initialement sous la forme d'un projet sur **une région pilote, la Bretagne**. Sur cette région, il associe de nombreux partenaires scientifiques et techniques : l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) de Brest, le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), avec ses Stations de Dinard et de Concarneau, la Station Biologique de Roscoff, le Laboratoire de Géomorphologie (EPHE/CNRS) de Dinard, le Centre d'Etudes et de Valorisation des Algues (CEVA) de Pleubian), les départements DYNECO et LER d'IFREMER. Le réseau bénéficie du soutien financier de la DIREN et de la Région Bretagne, de la Fondation Total pour la Biodiversité et la Mer, ainsi que d'un financement exceptionnel décidé en CIADT.

Face à la multitude des attentes, priorité a été donnée aux besoins récurrents communs aux différentes obligations réglementaires. La stratégie retenue, après une phase d'avant-projet (2001-2002), englobe un inventaire régional d'habitats, des cartographies des habitats sur des secteurs de référence, le suivi de la dynamique spatiale du couvert végétal et le suivi de la diversité végétale et animale. Les actions opérationnelles ont démarré progressivement à partir de 2003 sur la région Bretagne.

Les suivis de la biodiversité ont été mis en place sur une sélection d'habitats comprenant des habitats remarquables et des habitats largement représentés : dans la zone de balancement des marées, ils concernent en particulier les sédiments fins, les herbiers et certains types de zones rocheuses ; dans les petits fonds, il s'agit des sables fins, des bancs de maërl et de certains types de fonds rocheux suivis en plongée.

Chaque habitat est placé sous la responsabilité thématique d'un laboratoire, il est échantillonné régulièrement, selon un protocole adapté dans des lieux de surveillance répartis le long du littoral.

Les informations produites se présentent sous la forme de fiches techniques, précisant les protocoles mis en œuvre, de fiches descriptives pour les lieux de surveillance, d'un bulletin, visant à communiquer annuellement les résultats sous une forme graphique facile à lire, de données (stockées sous une forme intermédiaire en attendant le développement en cours de la base Quadrige²). Les premières représentations graphiques et interprétations de cette édition Région Bretagne, 2005 se basent sur les connaissances acquises sur les groupements et successions d'espèces et permettent d'ores et déjà de mieux appréhender la variabilité à l'échelle régionale ; la disponibilité de données antérieures permet dans certains cas de détecter des évolutions temporelles.

Vous retrouvez sur le site du réseau Rebent (<http://www.rebent.org/>), l'ensemble des documents mis en forme. Ces informations peuvent être librement téléchargées et utilisées, sous réserve de citation.

A l'avenir, la forme des bulletins évoluera vers une plus forte convergence de présentation, une meilleure lisibilité et s'enrichira des nouveaux traitements et indices de qualité en cours d'élaboration. Les nombreux résultats accumulés prendront toute leur signification sur le moyen ou le long terme.

Les adaptations de ce dispositif de surveillance pour répondre en totalité aux exigences de la Directive cadre Eau sur la région Bretagne ont été proposées (fiches techniques DCE, lieux de référence et lieux de surveillance, celles-ci seront mises en œuvre dès 2006-2007 et reprennent une large part des mesures réalisées actuellement.

L'extension pour répondre aux exigences de la Directive cadre Eau est également en cours dans les mêmes échéances sur l'ensemble du territoire national.

Brigitte Guillaumont
Coordination Rebent-Bretagne
Coordination Rebent (2000-2005)

1 Présentation des acteurs

Brigitte GUILLAUMONT (IFREMER/DYNECO/VIGIES)	Coordination Bretagne
Christian HILY (LEMAR)	Responsabilité scientifique, rédaction
Jacques GRALL (LEMAR)	Prélèvements terrain, expertise taxonomique
Claire ROLLET (IFREMER/DYNECO/VIGIES)	Coordination du bulletin
Emilie GAUTHIER (IFREMER/DYNECO/VIGIES)	Bancarisation des données, édition du bulletin
Michel LE DUFF (LEMAR) Benjamin GUYONNET (LEMAR) Coralie RAFFIN (LEMAR) Morgane LEJART (LEMAR) Sabrina GUDUFF (LEMAR)	Prélèvements terrain, analyse en laboratoire, traitement des données

2 Présentation générale des herbiers à *Zostera marina* et de la stratégie de suivi

Les zostères sont des plantes à fleurs (phanérogames) marines, qui se développent dans les sédiments sableux et sablo-vaseux des zones intertidales et infralittorales des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique. Leurs populations créent des « herbiers » parfois denses supportant la comparaison avec les prairies terrestres. Les feuilles ont des tailles moyennes de quelques dizaines de centimètres de long (exceptionnellement jusqu'à deux mètres) pour la zostère marine (*Zostera marina*) établie en bas de la zone médiolittorale et le haut de l'infralittoral, et d'une dizaine seulement pour la zostère naine (*Zostera noltii*) qui vit dans le médiolittoral.

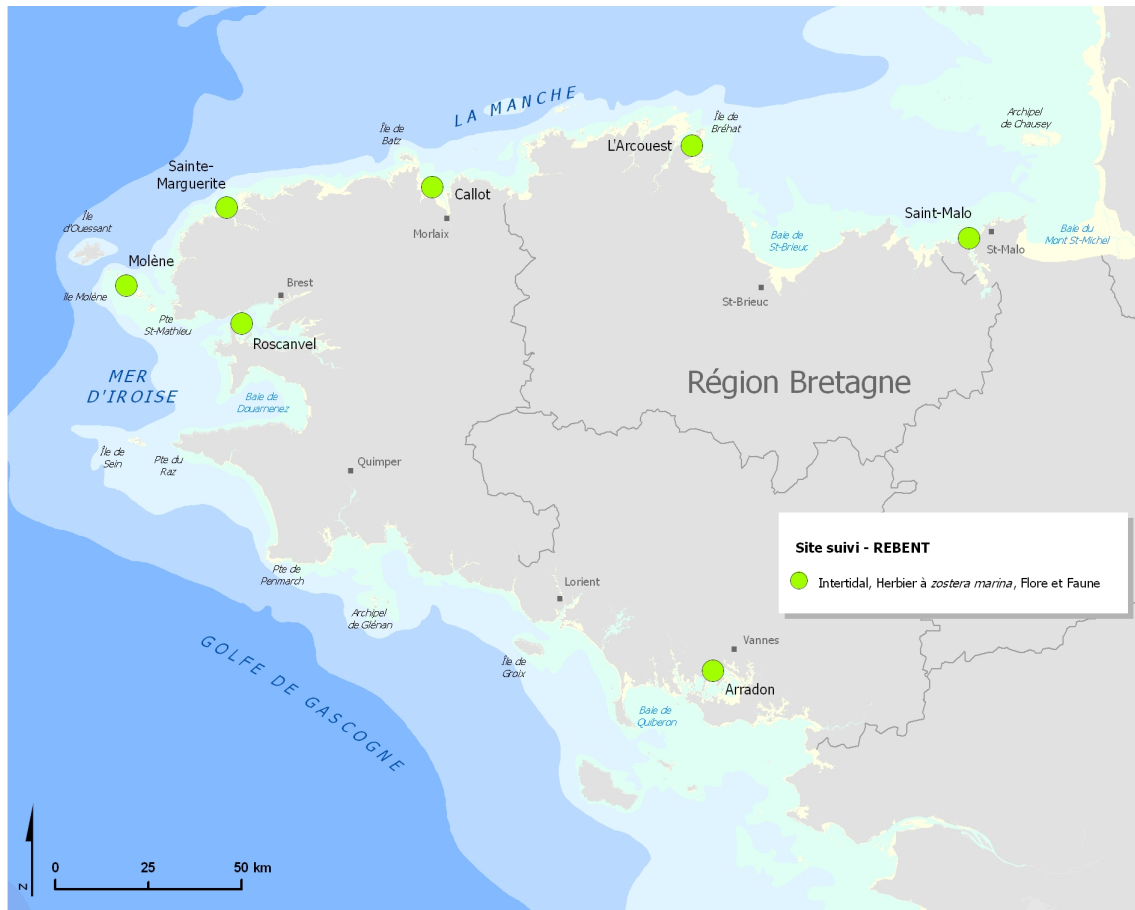
Outre l'intérêt botanique, les herbiers forment des écosystèmes particuliers de grand intérêt écologique et patrimonial, reconnus au niveau international et européen en tant qu'habitats remarquables. Ces herbiers, en particulier à *Z. marina*, constituent en effet des habitats privilégiés pour de nombreuses espèces de faune et de flore. Ces zones de très forte diversité biologique jouent un rôle fonctionnel essentiel en tant que zones de reproduction, de nurserie et de nourrissage, abritant à la fois des espèces caractéristiques de cet habitat, un grand nombre d'espèces des communautés environnantes et de nombreuses espèces d'intérêt économique en particulier sous forme de juvéniles et/ou d'adultes reproducteurs. *Z. marina* figure dans le livre rouge des espèces menacées en France et dans l'annexe 1 de la Convention de Berne. Elle fait déjà partie des espèces strictement protégées en Méditerranée.

Une large majorité des surfaces occupées par ces écosystèmes, en particulier pour les herbiers de *Z. marina*, se situe en Bretagne (Hily et al. 2000). Ils constituent un enjeu très fort au niveau de la mise en oeuvre de Natura 2000 en milieu marin (ils appartiennent à l'habitat élémentaire 1110-01). Bien que certains herbiers de *Z. marina* se développent jusqu'à des profondeurs de - 5 mètres, ils se situent en grande majorité en zone infralittorale exondable aux cotes 0 à +2.

Ces plantes sensibles aux changements de l'environnement, intègrent l'ensemble des variations de l'environnement. Leur localisation et leur sensibilité les placent dans de nombreux sites en situation de stress. Menacés par la pression anthropique croissante sur l'espace littoral (Hily et Den Hartog, 1997), les herbiers sont d'excellents indicateurs des changements des conditions du milieu à l'échelle locale (pêche à pied, plaisance, marées vertes), régionale (eutrophisation) et globale (climatique). La surveillance de leur état de santé est d'un grand intérêt en soi, mais constitue également un indicateur de l'évolution des conditions de la qualité environnementale de la zone littorale à échelle régionale.

La caractérisation et le suivi de l'évolution des herbiers de zostères, sont réalisés par une triple approche : suivi des surfaces occupées par l'herbier, suivi des caractéristiques des populations, suivi de la structure et de la biodiversité des peuplements de faune et de flore associés. Dans ce document, il n'est fait allusion qu'au seul aspect stationnel (caractéristiques des populations et suivi de la structure et de la biodiversité des peuplements). L'inventaire des sites d'herbier et le suivi de l'évolution des herbiers font l'objet de documents complémentaires.

Les sites de suivi sélectionnés sont, du Nord au Sud : Saint Malo (Ille et Vilaine), la Pointe de l'Arcouest (face à l'île Bréhat, Côtes d'Armor), l'île Callot (dans la Baie de Morlaix au large de Carantec, Finistère), Ste Marguerite (Finistère), l'île de Molène (Finistère), Roscanvel (Rade de Brest, Finistère), Arradon (golfe du Morbihan).



Carte des sites choisis pour le suivi des herbiers à *Zostera marina*.

Prévoir commentaires pour expliquer la répartition et le choix des sites et les grandes caractéristiques ou groupes de sites (voir description des sites sur fiches station).

Méthodologie

Pour chaque site suivi (voir la carte précédente), 3 points, répartis sur l'ensemble du site, font l'objet de prélèvements. Les prélèvements effectués sont les suivants :

- 1 prélèvement de sédiment au carottier
- 3 prélèvements de la macrofaune endogée, de 0,03m² chacun, sont réalisés au carottier, puis tamisés sur maille carrée de 1mm,
- 3 prélèvements de l'épifaune vagile, réalisés par un trait de haveneau de 10 m² chacun
- 1 prélèvement d'une quinzaine de pieds de *Zostera marina* pour étude des épiphytes
- prélèvement des pieds de *Zostera marina* présents dans 2 quadrats de 0,05 m² pour analyse de la vitalité de l'herbier (densité, biométrie foliaire...)
- comptage du nombre de pieds de *Zostera marina* dans 2 quadrats de 0,1 m² pour estimer la densité de l'herbier.
- 1 prélèvement d'une dizaine de pieds de *Zostera marina* pour l'étude des maladies de l'herbier.

Ce dernier prélèvement est effectué une seule fois pour l'ensemble du site, tandis que les autres prélèvements sont répétés sur chacun des trois points du site.

Les prélèvements faunistiques sont formolés en attendant leur analyse en laboratoire. Ils y sont triés, puis la faune est identifiée, le plus souvent possible jusqu'à l'espèce. Les autres prélèvements sont soit formolés, soit congelés en attendant leur analyse, excepté le prélèvement pour l'étude des maladies car les feuilles doivent être analysées dès le retour au laboratoire pour éviter que le dessèchement et le stress de la plante ne biaisent le résultat.

Deux saisons sont échantillonnées : fin de l'Hiver, fin de l'Eté.

Pour plus de détails, consulter la fiche technique FT04-2006-01.doc Hily, C., 2006 « Suivi des herbiers de zostères » sur le site web Rebent (<http://www.rebent.org>).

3 Résultats de la surveillance

3.1 Documentation des figures

3.1.1 Granulométrie et taux de matière organique des sédiments

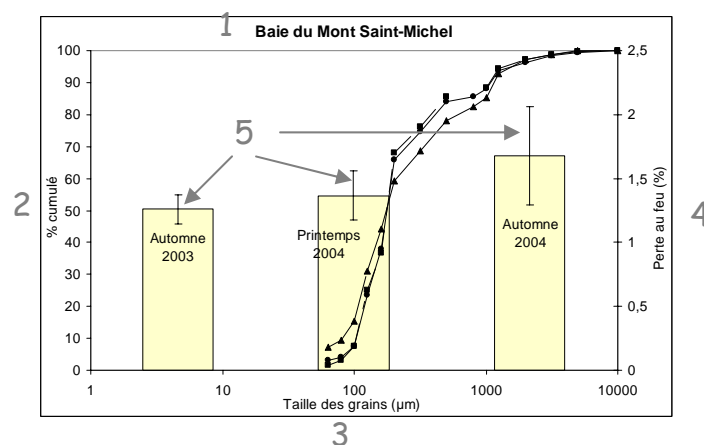
Les prélèvements de sédiments sont séparés en quatre : une partie sert à l'analyse granulométrique, les autres parties servent à la mesure du taux de matière organique présente dans le sédiment.

Pour l'analyse granulométrique, les sédiments sont passés sur une colonne de tamis, et chaque fraction granulométrique ainsi obtenue est pesée. Pour chaque fraction, le résultat est conservé sous forme de pourcentage par rapport à la masse totale de sédiment analysée.

Chaque fraction correspond à une gamme de taille de grain : par exemple, la fraction de 80µm à 100µm. La taille de grain retenue pour le graphique (axe des abscisses) correspond à la borne inférieure de la classe de particules (ex : 80 pour la fraction de 80µm à 100µm).

Pour la mesure du taux de matière organique (mesure de la quantité de carbone organique total), les sédiments sont passés au four à 450°C pendant 12h (perte au feu). Les résidus sont pesés, et le résultat est exprimé en pourcentage par rapport au poids de sédiments analysé. Trois mesures sont effectuées, afin d'obtenir un taux de matière organique moyen et son écart-type.

Les résultats sont présentés sous forme de courbes :



1 Titre : nom du site concerné (1 graphique / site)

2 Axe principal des ordonnées: pourcentage cumulé de chaque fraction

3 Axe principal des abscisses : taille des grains de sédiment en µm

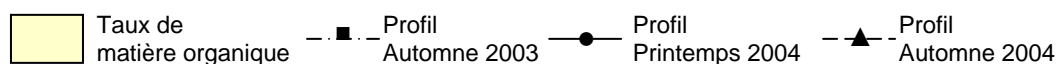
4 Axe secondaire des ordonnées : taux de matière organique en %

5 Ecart-type sur les taux de matière organique

} Analyse granulométrique

} Taux de Matière Organique

La légende des graphes est indiquée en bas de chaque page (profil = profil granulométrique) :



3.1.2 Histogrammes de richesse spécifique et d'abondance

La macrofaune endogée est prélevée à l'aide d'un carottier (3 carottes par prélèvement). Les carottes sont tamisées sur maille carrée d'1mm, puis formolées en attendant leur analyse en laboratoire.

L'analyse commence par un tri des organismes (séparation de la faune et des particules sédimentaires). Les organismes sont ensuite identifiés jusqu'à l'espèce (si possible), sous loupe binoculaire, voire au microscope pour les plus petits spécimens.

Les données obtenues à chaque saison sont présentées sous la forme d'une matrice d'abondance (Tableau 1).

Tableau 1 : Matrice d'abondance obtenue après analyse des prélèvements de macrofaune.

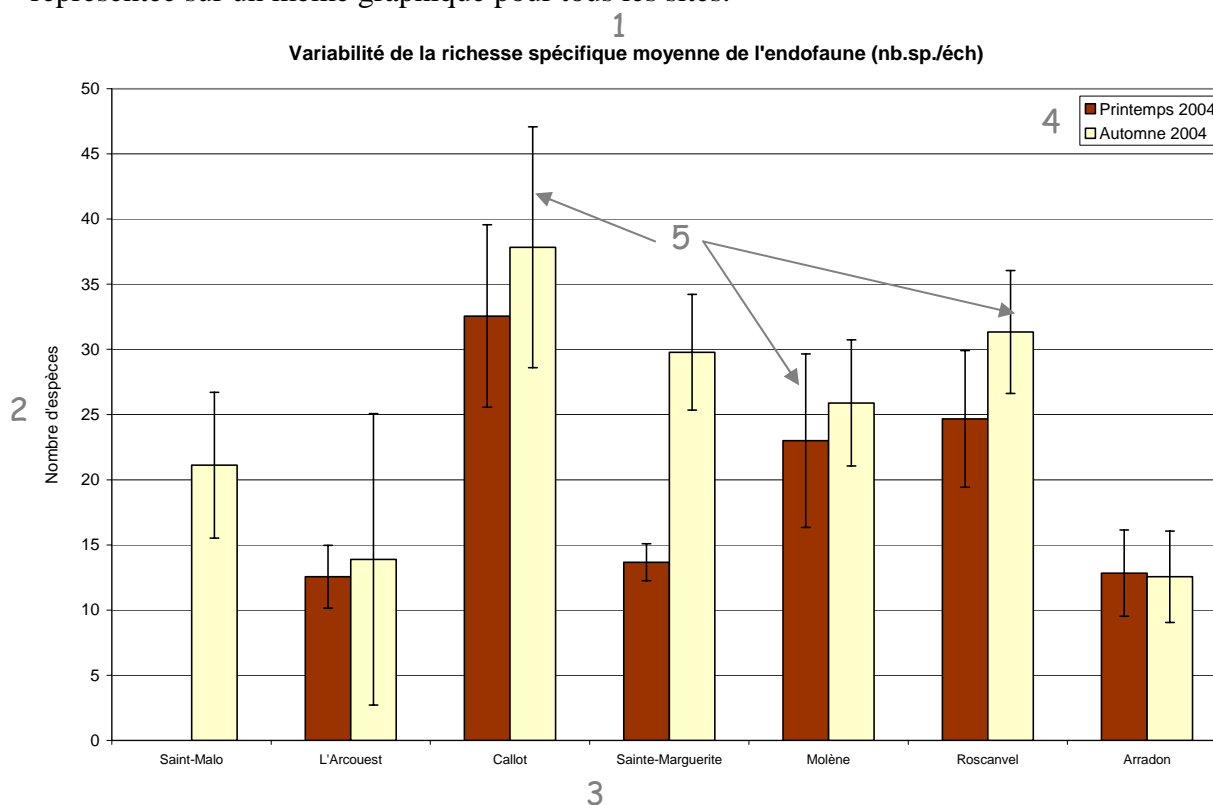
Espèces	Site X								
	Point1			Point2			Point3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Espèce 1</i>									
<i>Espèce 2</i>									
...									
<i>Espèce i</i>									
...									
<i>Espèce S</i>									
Abondance totale (nb.ind.)	N₁₁	N₁₂	N₁₃	N₂₁	N₂₂	N₂₃	N₃₁	N₃₂	N₃₃

Les paramètres calculés à partir de cette matrice sont :

- La Richesse spécifique S : elle est représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface [1] ($S = \text{nombre d'espèces de la zone d'étude}$)
- L'abondance totale N des individus dans chaque prélèvement

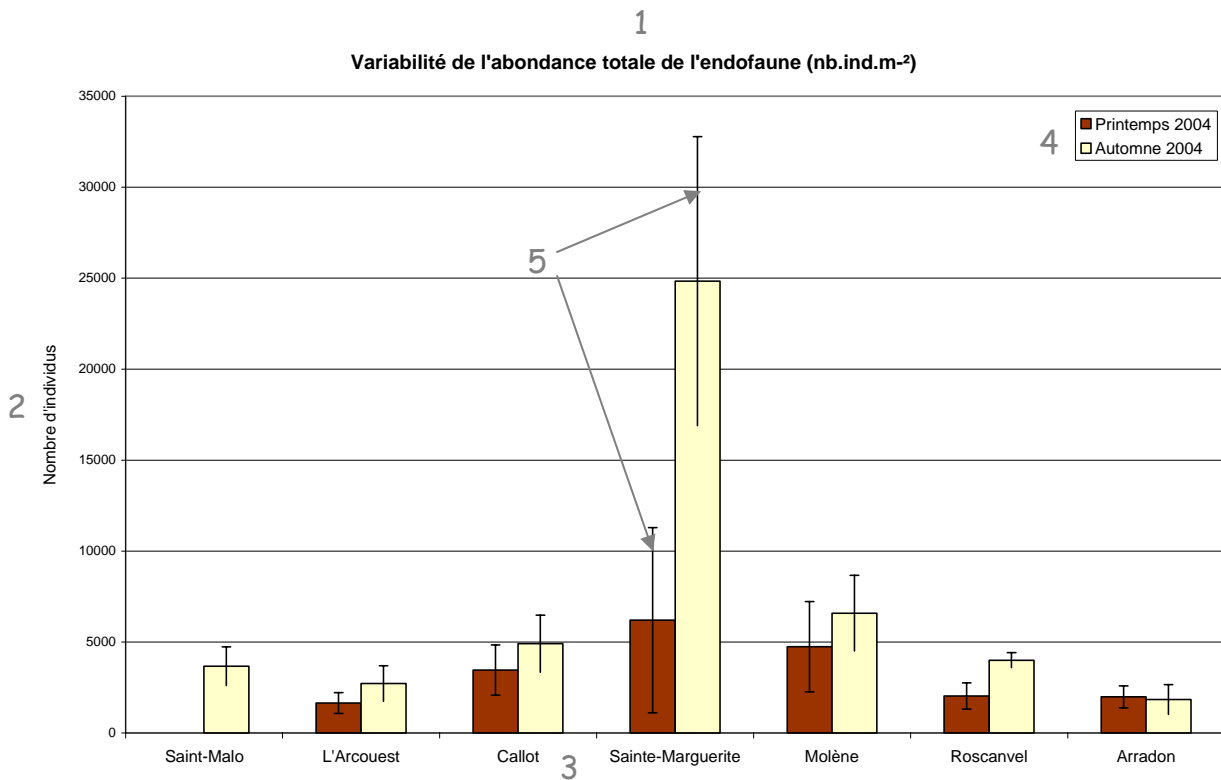
Ces paramètres sont ensuite moyennés sur l'ensemble des prélèvements d'un site.

La richesse spécifique moyenne (en nombre d'espèces par échantillon = nb. sp. / éch.) est représentée sur un même graphique pour tous les sites.



- 1 Titre du graphique : la richesse spécifique moyenne est exprimée en nombre d'espèces par échantillon = nb.sp./éch.
- 2 Nombre moyen d'espèces dans les prélèvements
- 3 Nom des sites classés du nord au sud
- 4 Légende : 1 série d'histogramme par saison. La légende change en fonction du type de faune étudiée : endofaune ou épifaune vagile
- 5 Ecart-type sur la richesse spécifique moyenne

L'abondance totale (nombre total d'individus) des prélèvements est également moyennée sur l'ensemble du site, et ramenée au m². L'abondance totale moyenne est présentée pour l'ensemble des sites sur un même graphique.



- 1 Titre du graphique : l'abondance totale moyenne est exprimée en nombre d'individus par mètre carré = nb.ind.m⁻²
- 2 Nombre moyen d'individus dans les prélèvements
- 3 Nom des sites classés du nord au sud
- 4 Légende : 1 série d'histogramme par saison
- 5 Ecart-type sur l'abondance totale moyenne

3.1.3 Groupes écologiques (histogramme empilé à 100%) et coefficient benthique (courbe) sur un même graphique

Selon Grall & Coic (2005) [1] :

« L'indice biotique constitue une approche de la structure des peuplements benthiques en fonction du niveau de perturbation largement reprise par d'autres indices. Il repose sur

l'utilisation de 5 groupes écologiques de polluosensibilités différentes, identifiés par Hily (1984).

Groupes écologiques de polluosensibilités différentes (d'après Hily, 1984) »

Groupe	Type d'espèces	Caractéristiques	Groupes trophiques
I	sensibles à une hypertrophisation	- largement dominantes en conditions normales - disparaissent les premières lors de l'enrichissement du milieu. - dernières à se réinstaller	- suspensivores, carnivores sélectifs, quelques déposivores tubicoles de subsurface
II	Indifférentes à une hypertrophisation	- espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de MO	- carnivores et nécrophages peu sélectifs
III	Tolérantes à une hypertrophisation	- naturellement présentes dans les vases, mais, leur prolifération étant stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont le signe d'un déséquilibre du système	- déposivores tubicoles de surface profitant du film superficiel de chargé de MO
IV	Opportunistes de second ordre	- cycle de vie court (<1 an) proliférant dans les sédiments réduits	- déposivores de subsurface
V	Opportunistes de premier ordre	- prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	- déposivores

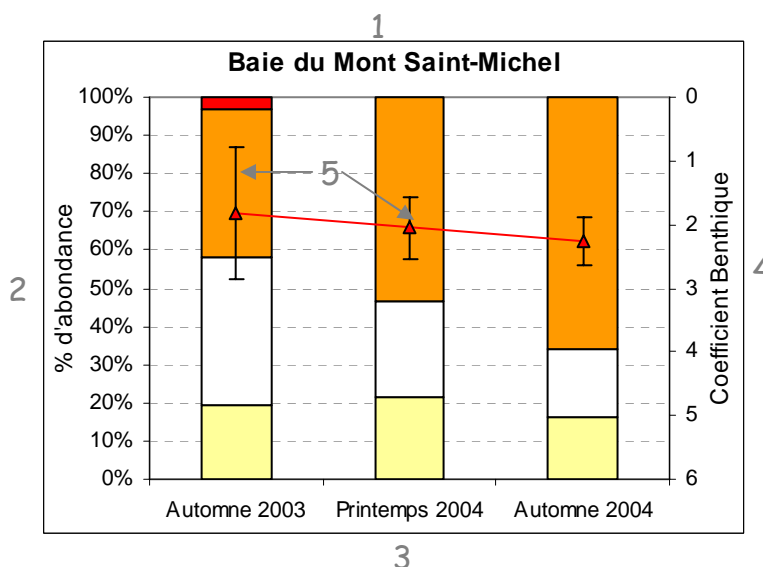
Un groupe a été attribué à chaque espèce [1], selon le référentiel AMBI [3]:

« Basé sur le modèle de l'IB, le Coefficient Benthique (CB ou AMBI) a été créé pour le programme AZTI le long de la côte basque par Borja et al. (2000). Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

$$CB = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100 \text{ »}$$

Borja et al. recommandent de calculer cet indice pour chaque prélèvement, puis de moyennner sur l'ensemble du site.

L'abondance totale de chaque groupe écologique pour chaque site est calculée (moyenne sur tous les prélèvements du site), ainsi que le coefficient benthique correspondant (calculé pour chaque prélèvement, puis moyenné sur le site). Les abondances des groupes sont représentées sous forme d'histogrammes sur 100% (% d'abondance de chaque groupes par rapport à l'abondance totale), et le coefficient benthique sous forme de points reliés.



1 Titre du graphique : nom du site concerné (1 graphique / site)

2 Axe principal des ordonnées: pourcentage d'abondance des différents groupes écologiques

3 Axe des abscisses : nom des campagnes

4 Axe secondaire des ordonnées : coefficient benthique

5 Ecart-type sur le coefficient benthique

La légende n'est pas reprise sur chaque graphique, mais indiquée en bas de chaque page pour ne pas surcharger les graphs :



Les chiffres romains correspondent aux groupes écologiques, BC au coefficient benthique. Le groupe "Ind" correspond aux espèces dont l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de leur attribuer un groupe. Elles représentent toujours moins de 5% de l'abondance.

3.1.4 Groupes trophiques (histogramme empilé à 100%)

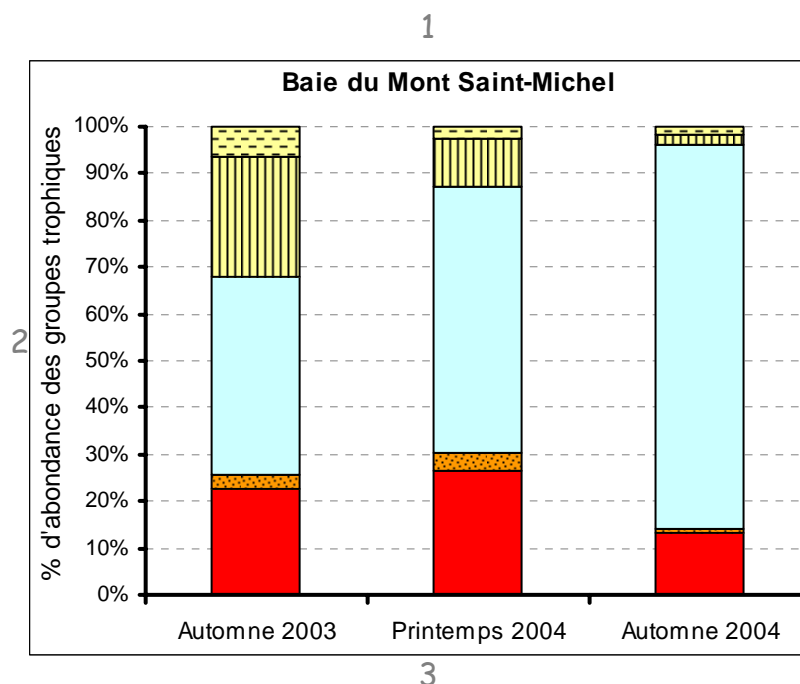
« Les organismes benthiques sont capables de trouver leur source de nourriture dans trois principaux types d'environnement : i) dans le sédiment, ii) à l'interface eau-sédiment, iii) dans la colonne d'eau au-dessus du sédiment. D'autre part, il est possible de discriminer les espèces en considérant la nourriture qu'elles ingèrent, qu'elle soit d'origine animale ou végétale, l'état de l'alimentation (vivante ou en décomposition), ou encore, le rapport de taille entre l'espèce et les particules qu'elles ingèrent :

Description sommaire des modes d'alimentation des groupes trophiques (classement retenu pour les espèces de macrofaune des bancs de maërl).

		Environnement	Nature	Etat	Rapport de taille
<i>C</i>	<i>Carnivores</i>	Indifférent	Animal	Vivant	Macrophage
<i>N</i>	<i>Nécrophages</i>	Indifférent	Animal	Mort	Macrophage
<i>H</i>	<i>Herbivores</i>	Interface	Végétal	Vivant	Macrophage
<i>DT</i>	<i>Détritivores</i>	Interface	Végétal	Mort	Macrophage
<i>S</i>	<i>Suspensivores</i>	Colonne d'eau	Mixte	Mixte	Microphage
<i>DS</i>	<i>Dépositivores sélectifs</i>	Interface	Mixte	Mixte	Microphage
<i>DNS</i>	<i>Dépositivores non sélectifs</i>	Sédiment	Mixte	Mixte	Microphage
<i>μB</i>	<i>Microbrouteurs</i>	Interface	Mixte	Vivant	Microphage

La classification présentée est adaptée de Hily et Bouteille (1999), elle a été utilisée dans le cas de la rade de Brest et du golfe du Morbihan (Grall et Glémarec, 1997 b ; Afli et Glémarec, 2000) (...). »

Après avoir attribué un groupe à chaque espèce, l'abondance totale de chaque groupe au sein de chaque prélèvement est calculée. Elle est ensuite moyennée sur l'ensemble du site, puis représentée en pourcentage par rapport à l'abondance totale.



1 Titre du graphique : nom du site concerné (1 graphique / site)

2 Pourcentage d'abondance des différents groupes trophiques

3 Nom des campagnes

La légende figure une seule fois en bas de chaque page afin de ne pas surcharger les graphes :

■ C ■ N ■ DT ■ S ■ DS ■ DNS ■ uB ■ H ■ NoR

Les lettres correspondent aux codes des groupes (voir tableau précédent). Le groupe "NoR" correspond aux espèces dont le groupe trophique n'est pas renseigné à ce jour, en raison de l'état des connaissances scientifiques actuelles.

Il faut d'ailleurs être prudent sur l'interprétation des structures trophiques des sites : l'attribution des espèces à un groupe trophique doit faire l'objet de multiples expertises par les spécialistes. Cette validation aura lieu lors de l'implémentation de la base de données QUADRIGE².

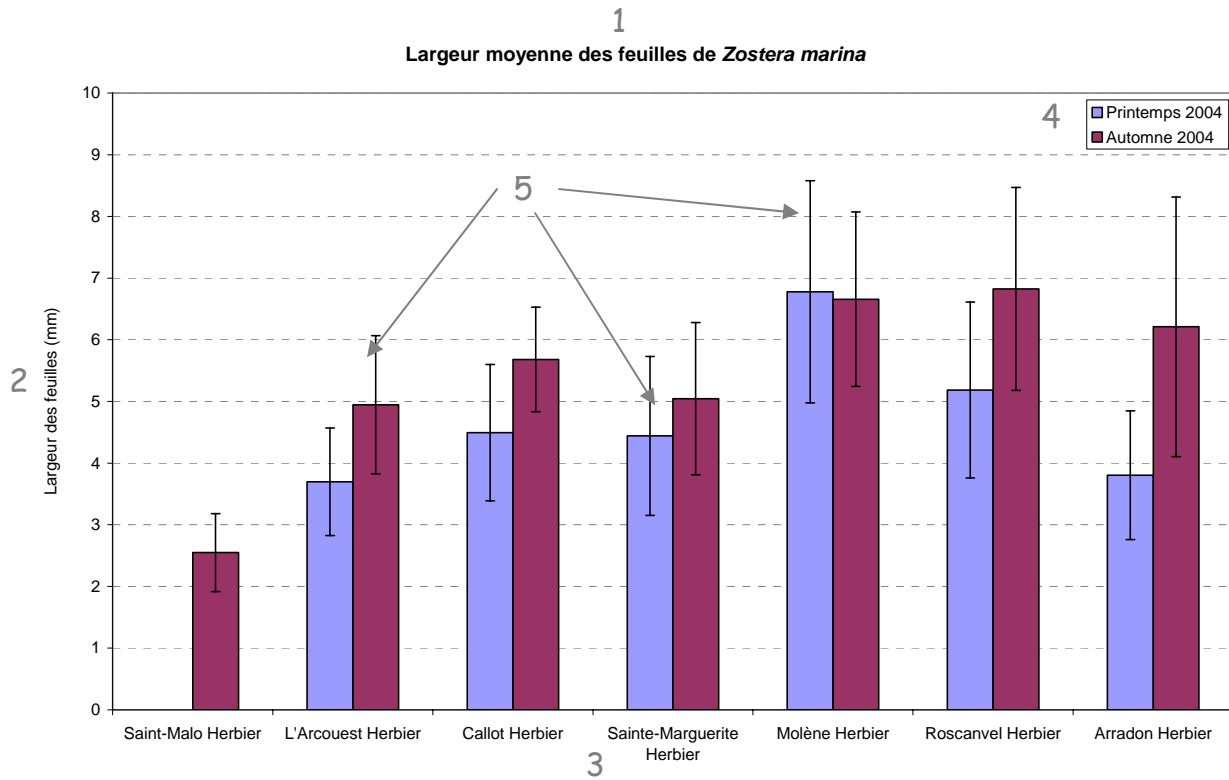
3.1.5 Vitalité des zostères

La vitalité (santé) d'un à *Zostera marina* peut être évaluée grâce à plusieurs paramètres :

- largeur moyenne des feuilles
- longueur maximale des feuilles
- nombre de feuilles par pied de zostère
- surface utile de zostère, c'est-à-dire la surface de zostère sur laquelle peuvent se fixer des organismes, ce qui correspond à la foliaire développée + la surface de la gaine
- biomasse foliaire des zostères

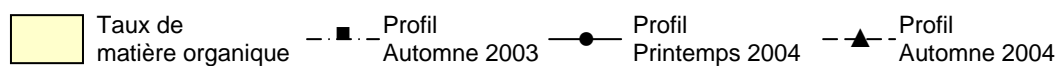
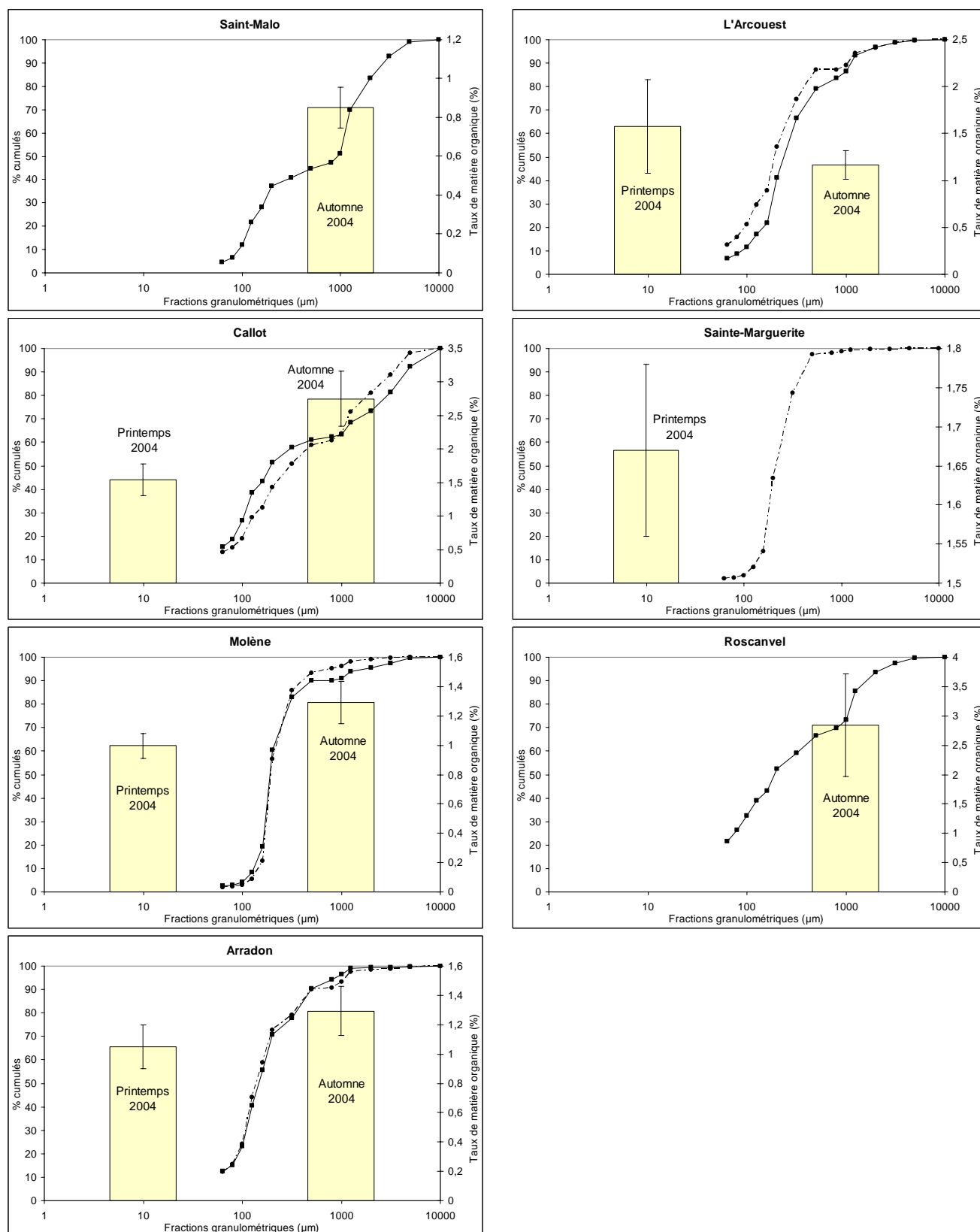
Ces paramètres sont mesurés sur les pieds de *Zostera marina* prélevés dans les quadrats de 0,05 m² (voir la méthodologie). Les pieds, ainsi que les feuilles, sont mesurés uns à uns, puis les paramètres descriptifs sont calculés et moyennés sur l'ensemble du site.

Chacun de ces paramètres est représenté sur un histogramme montrant tous les sites, avec une série par campagne.



- 1 Titre du graphique : nom du paramètre représenté
- 2 Valeur du paramètre
- 3 Nom des sites classés du nord au sud
- 4 Légende : 1 série d'histogramme par saison
- 5 Ecart-type sur le paramètre

3.2 Analyse sédimentaire

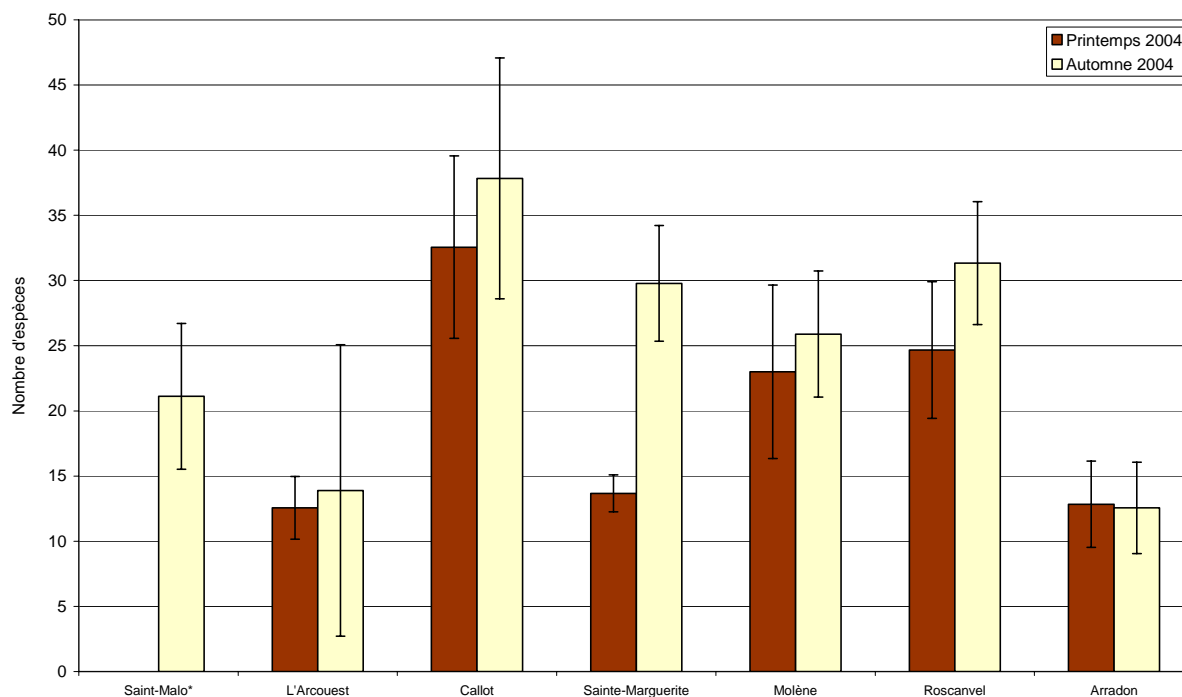


	PRINTEMPS 2004						AUTOMNE 2004					
	Médiane (µm)		Fraction < 63 µm (mg)		Taux de matière organique (%)		Médiane (µm)		Fraction < 63 µm (mg)		Taux de matière organique (%)	
	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET
Saint-Malo							1140	299	3,68	0,61	0,85	0,11
L'Arcouest	285	100	10,31	6,41	1,58	0,50	382	131	5,68	2,14	1,16	0,15
Callot	617	415	12,21	2,81	1,54	0,24	289	69	14,30	3,73	2,75	0,41
Sainte-Marguerite	337	35	1,67	0,80	1,67	0,11						
Molène	298	37	1,87	0,40	1,00	0,09	290	44	2,44	0,61	1,29	0,15
Roscanvel							420	279	18,91	3,89	2,84	0,87
Arradon	177	17	10,33	2,94	1,05	0,15	285	199	10,67	5,84	1,29	0,17

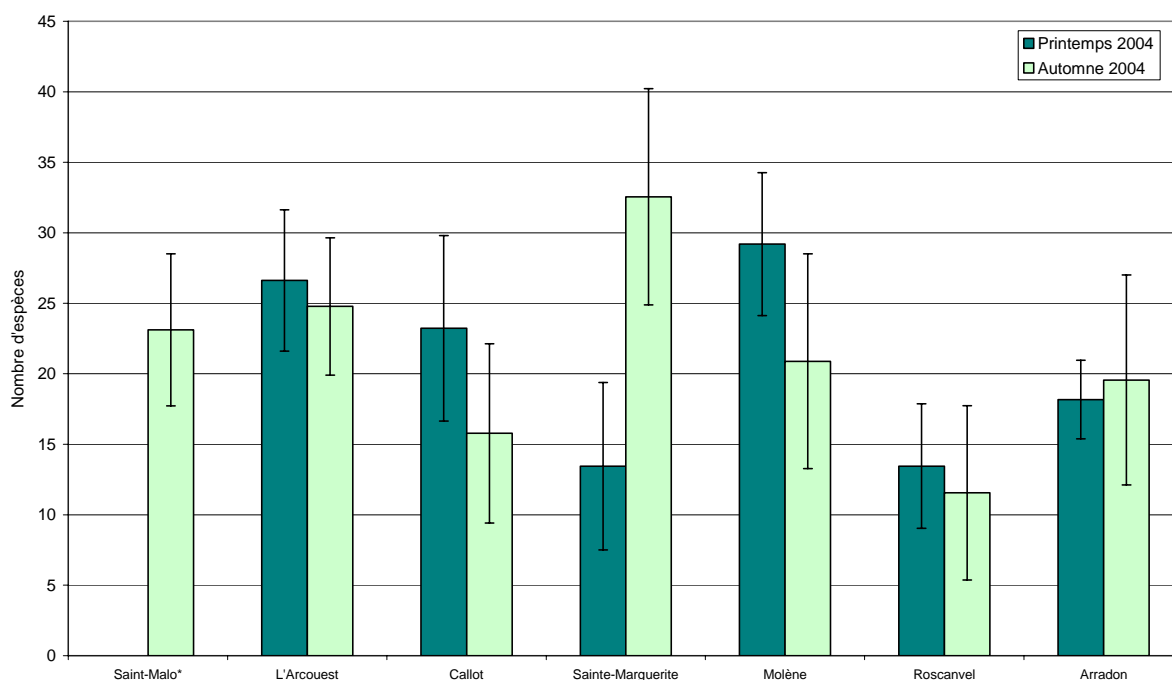
3.3 Abondance et richesse spécifique

La macrofaune associée aux herbiers à *Zostera marina* est suivie de deux façons : l'endofaune est prélevée au carottier, et l'épifaune vagile est prélevée au haveneau. Chaque type de macrofaune fait l'objet d'un graphe.

Variabilité de la richesse spécifique moyenne de l'endofaune (nb.sp./éch)



Variabilité de la richesse spécifique moyenne de l'épifaune vagile (nb.sp./éch)

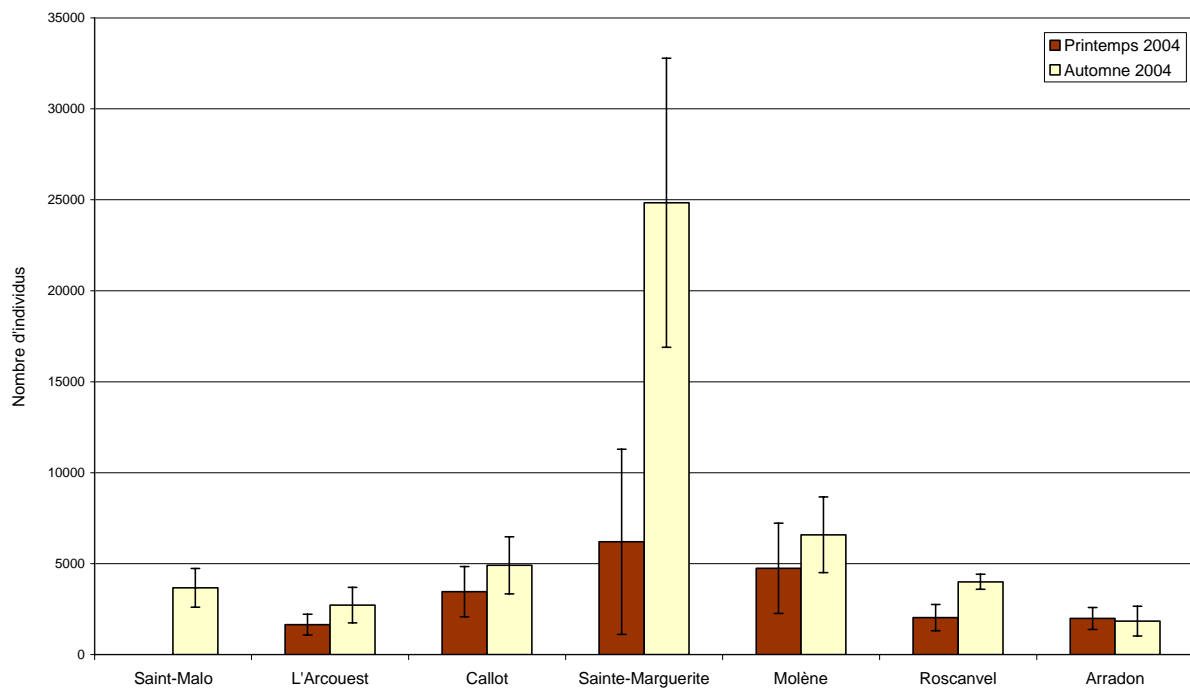


* Le site de Saint-Malo n'est suivi que depuis l'automne 2004.

Tableau 2 : Richesse spécifique moyenne par échantillon (en nombre d'espèces par échantillon) (Moy.=moyenne ; ET = Ecart-type).

	Endofaune				Epifaune			
	Printemps 2004		Automne 2004		Printemps 2004		Automne 2004	
	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET
Saint-Malo			21,11	5,60			23,11	5,40
L'Arcouest	12,56	2,40	13,89	11,17	26,63	5,01	24,78	4,87
Callot	32,56	7,00	37,83	9,24	23,22	6,57	15,78	6,36
Sainte-Marguerite	13,67	1,41	29,78	4,44	13,44	5,94	32,56	7,67
Molène	23,00	6,65	25,89	4,83	29,20	5,07	20,89	7,62
Roscanvel	24,67	5,24	31,33	4,72	13,44	4,42	11,56	6,19
Arradon	12,83	3,31	12,56	3,50	18,17	2,79	19,56	7,45

Variabilité de l'abondance totale de l'endofaune (nb.ind.m⁻²)



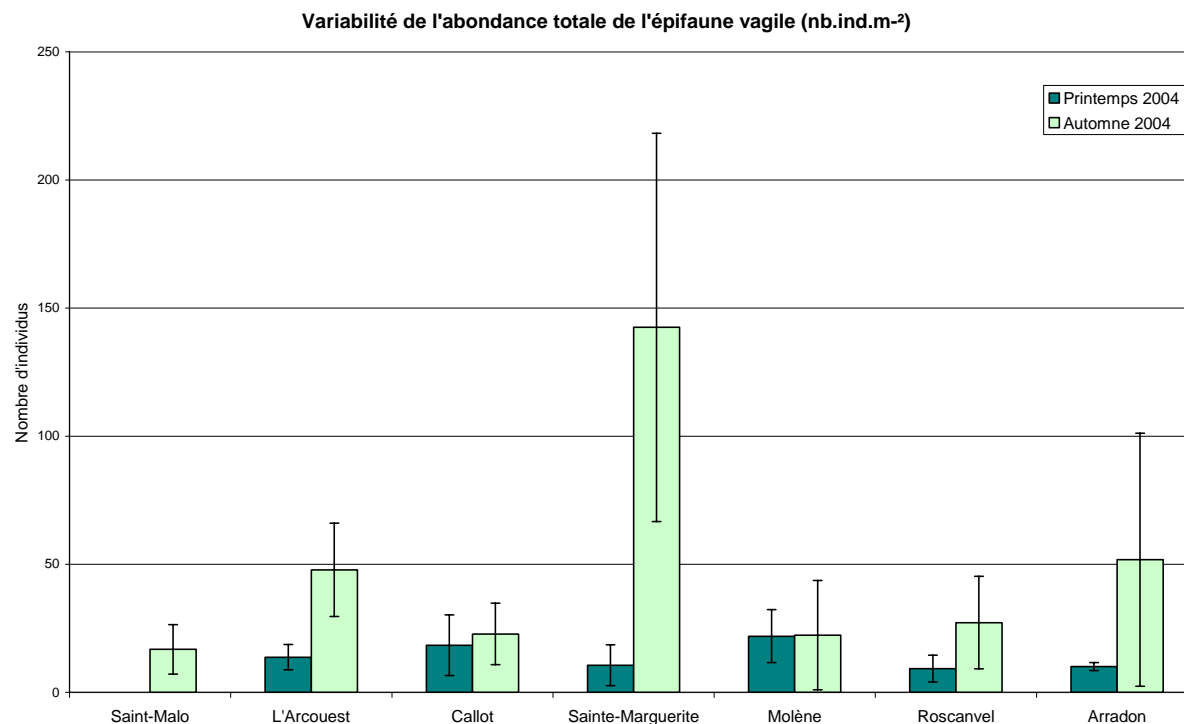
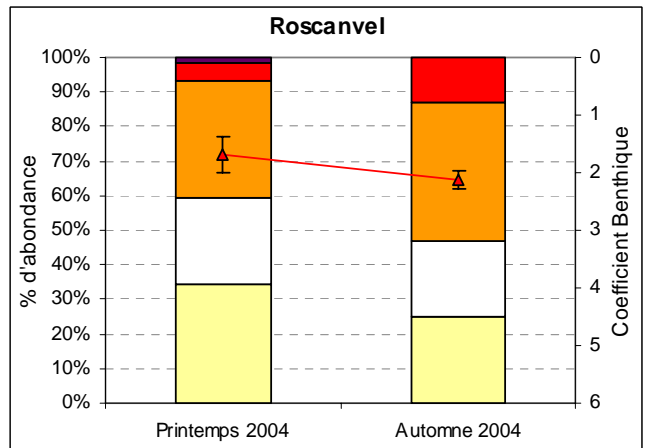
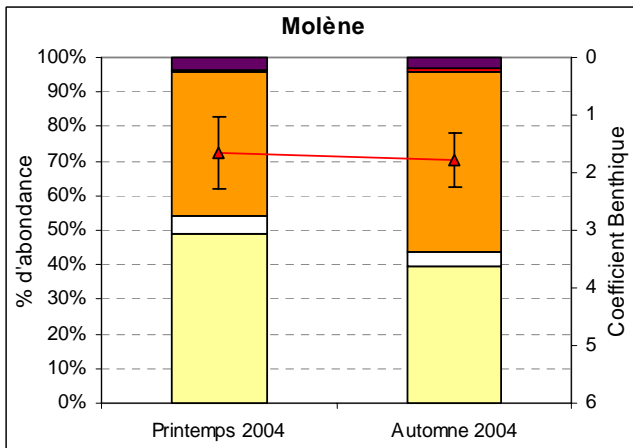
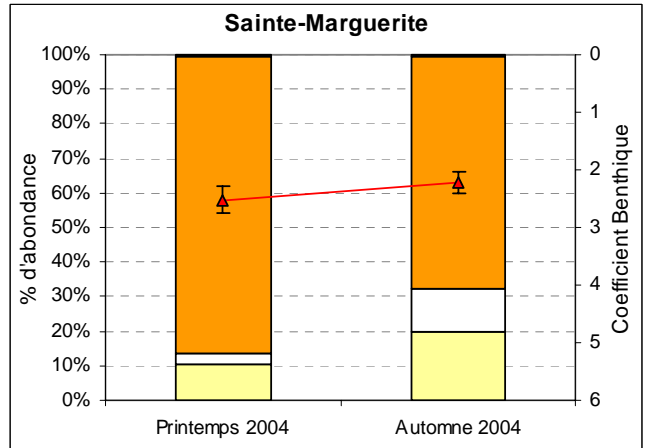
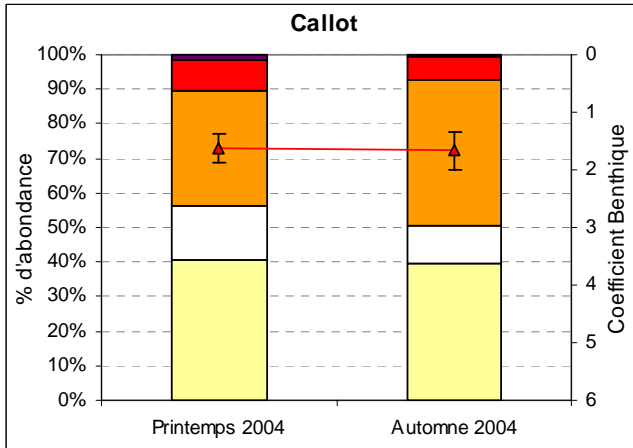
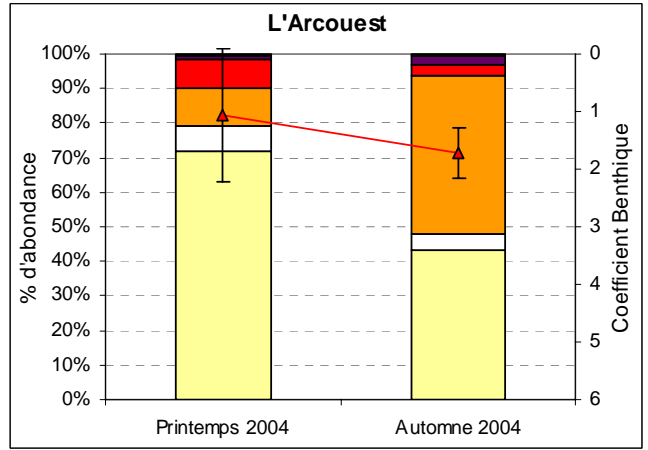
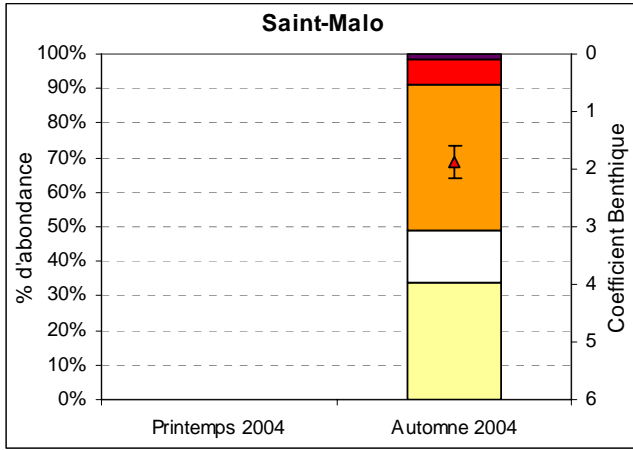


Tableau 3 : Abondance totale moyenne de chaque site (en nombre d'individus par m²).

	Endofaune				Epifaune			
	Printemps 2004		Automne 2004		Printemps 2004		Automne 2004	
	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET
Saint-Malo			3670	1062			17	10
L'Arcouest	1652	571	2722	977	14	5	48	18
Callot	3456	1385	4911	1571	18	12	23	12
Sainte-Marguerite	6204	5095	24841	7940	11	8	142	76
Molène	4744	2486	6585	2086	22	10	22	21
Roscanvel	2037	718	4004	410	9	5	27	18
Arradon	1983	604	1844	818	10	2	52	49

3.4 Structure écologique

3.4.1 Endofaune



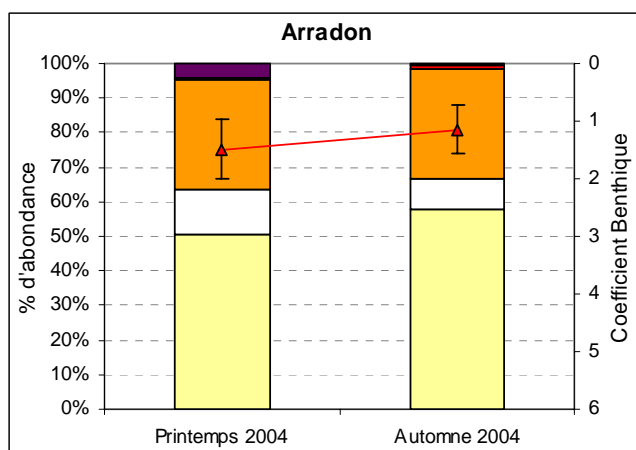
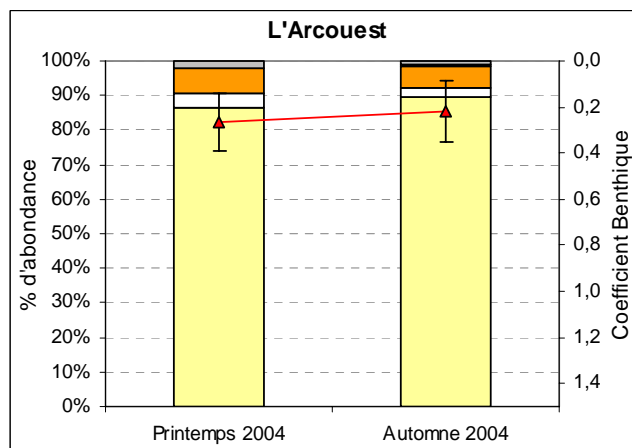
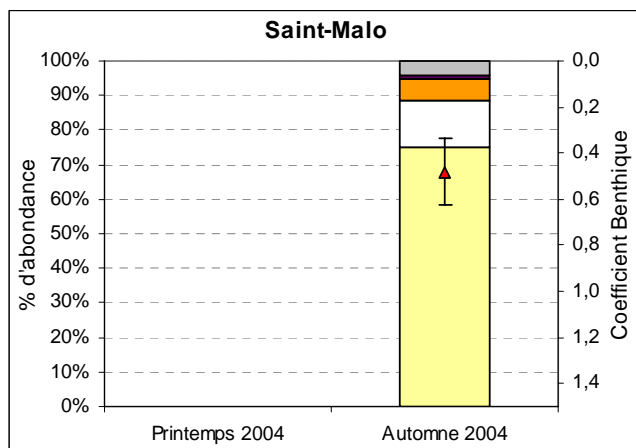


Tableau 4 : Pourcentages d'abondance des groupes écologiques de l'endofaune et valeur du coefficient benthique (BC) (Moy = moyenne ; ET = écart-type).

	Printemps 2004							Automne 2004								
	Ind	I	II	III	IV	V	BC		Ind	I	II	III	IV	V	BC	
							Moy	ET							Moy	ET
Saint-Malo									0	34,1	14,7	42,5	7,0	1,7	1,87	0,27
L'Arcouest	0,4	72,0	7,2	11,2	8,3	0,9	1,07	1,15	0,6	43,5	4,3	45,9	3,3	2,4	1,71	0,44
Callot	0,2	40,7	15,6	33,3	8,9	1,2	1,63	0,26	0,7	39,5	11,2	41,9	6,8	0	1,67	0,33
Sainte-Marguerite	0	10,2	3,2	86,1	0	0,5	2,52	0,23	0,1	20,0	12,5	67,1	0	0,3	2,22	0,18
Molène	0,1	49,2	4,8	41,8	0,7	3,4	1,66	0,62	0,2	39,4	4,1	52,3	1,0	2,9	1,79	0,47
Roscanvel	0	34,5	24,9	34,0	5,1	1,5	1,68	0,31	0	25,3	21,4	40,5	12,8	0,1	2,12	0,16
Arradon	0	50,4	12,9	31,9	0,6	4,2	1,49	0,51	0	58,0	8,8	31,3	1,4	0,4	1,15	0,42

3.4.2 Epifaune vagile



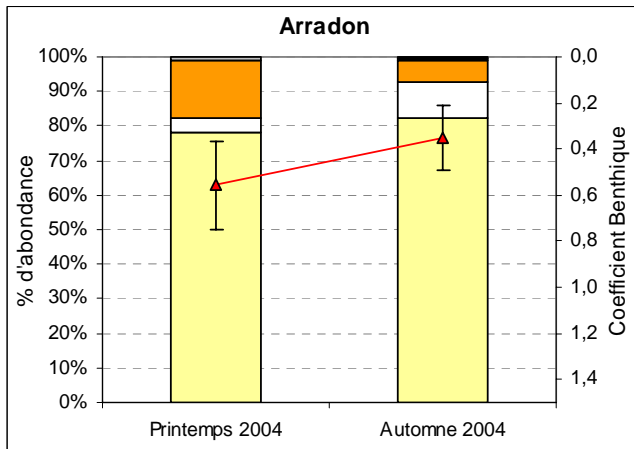
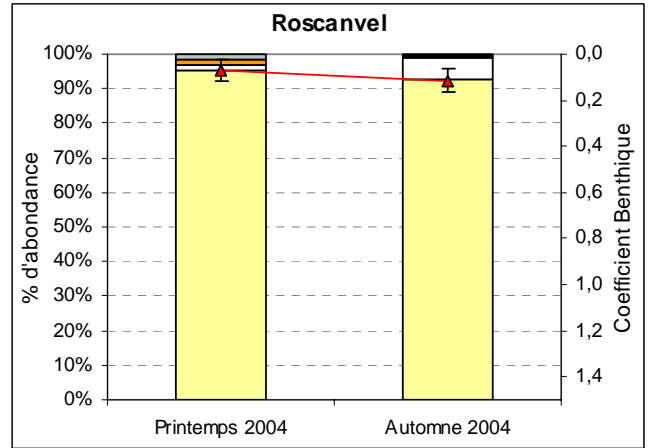
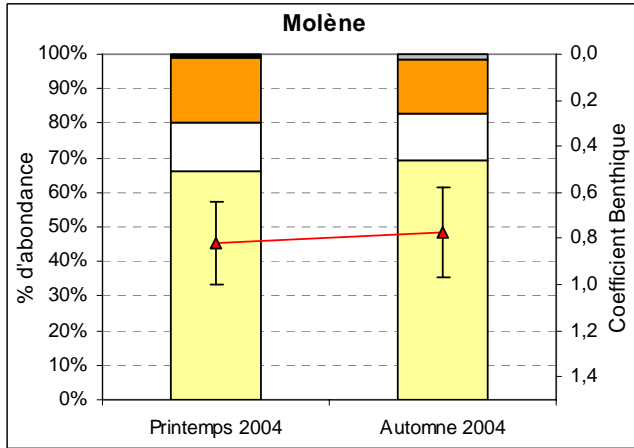
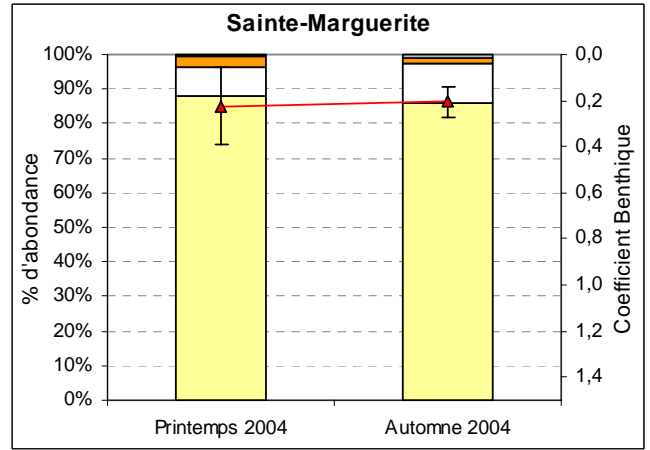
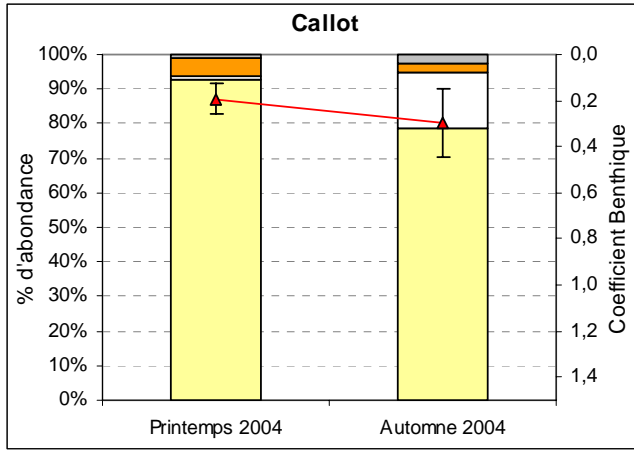


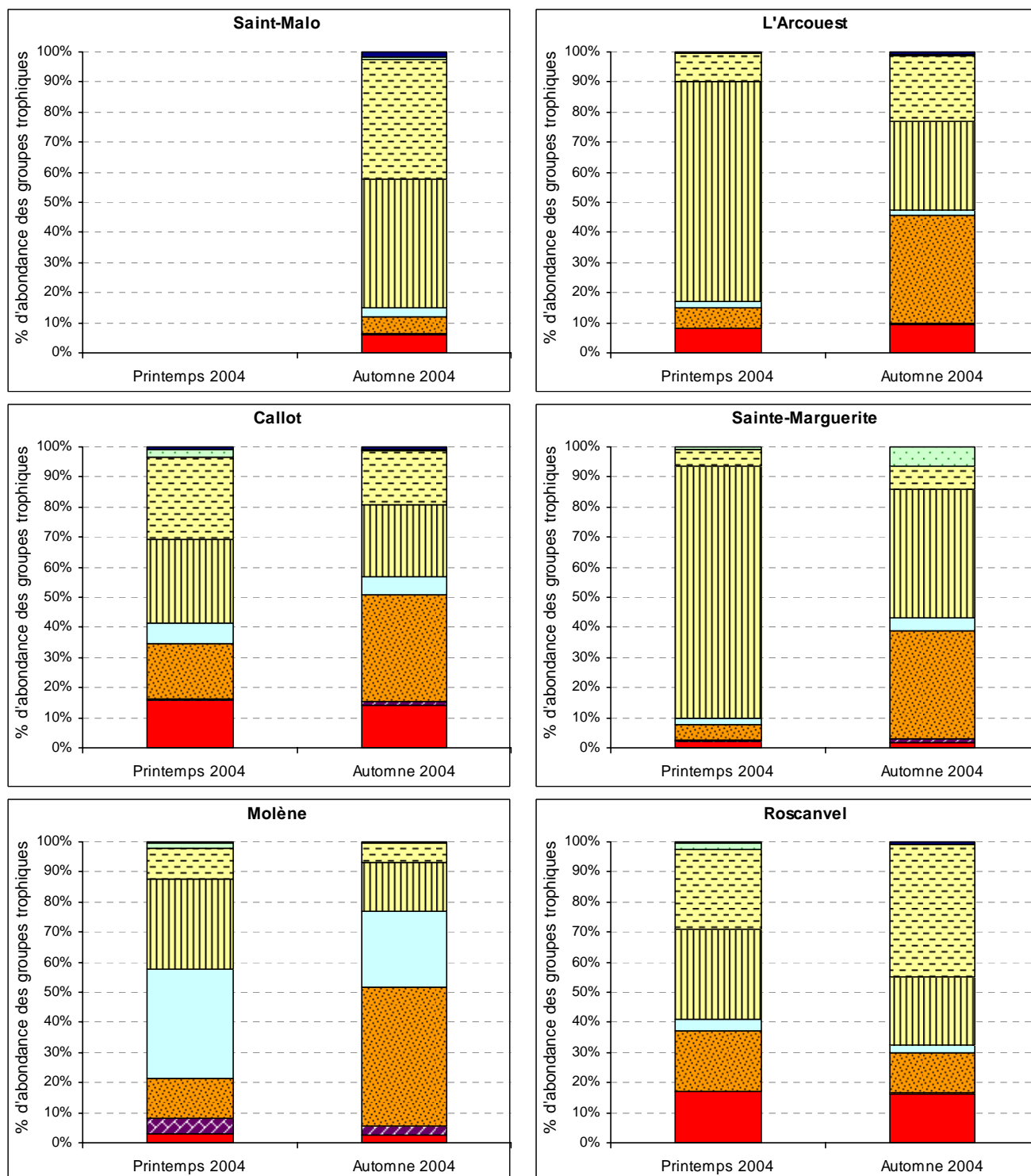
Tableau 5 : Pourcentages d'abondance des groupes écologiques de l'épifaune vagile et valeur du coefficient benthique (BC) (Moy = moyenne ; ET = écart-type).

	Printemps 2004							Automne 2004								
	Ind	I	II	III	IV	V	BC		Ind	I	II	III	IV	V	BC	
							Moy	ET							Moy	ET
Saint-Malo									4,1	75,2	13,3	6,3	0,2	0,9	0,48	0,15
L'Arcoüest	2,2	86,7	4,0	7,0	0	0,1	0,27	0,12	1,3	89,7	2,3	6,3	0	0,4	0,22	0,14
Callot	0,8	92,7	1,3	5,0	0	0,2	0,19	0,06	2,7	78,5	16,4	2,4	0	0	0,30	0,15
Sainte-Marguerite	0	88,0	8,4	2,9	0	0,6	0,22	0,17	0,9	85,8	11,9	1,3	0	0,1	0,21	0,07
Molène	0,3	66,4	13,9	18,4	0,1	0,9	0,82	0,18	1,5	69,4	13,2	15,8	0	0,1	0,77	0,20
Roscanvel	1,4	95,6	1,6	1,3	0,1	0	0,07	0,05	0,3	92,8	6,2	0,7	0	0	0,11	0,05
Arradon	0,8	78,1	4,0	17,1	0	0	0,56	0,19	0,6	82,5	10,3	6,3	0	0,3	0,35	0,14



3.5 Structure trophique

3.5.1 Endofaune



■ C
 ■ N
 ■ DT
 ■ S
 ▨ DS
 ▧ DNS
 ■ uB
 ▨ H
 ■ NoR

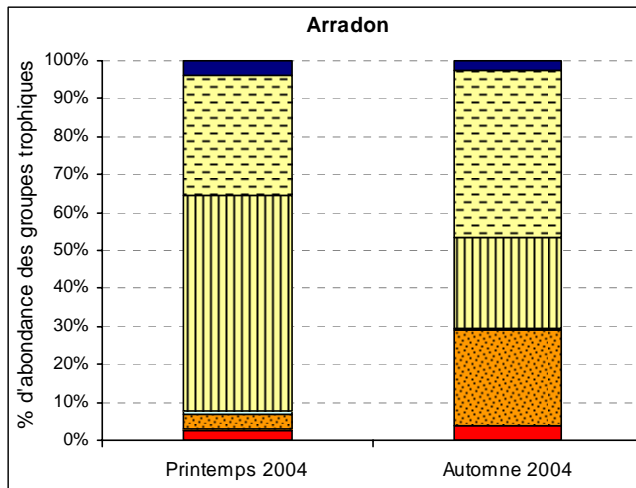
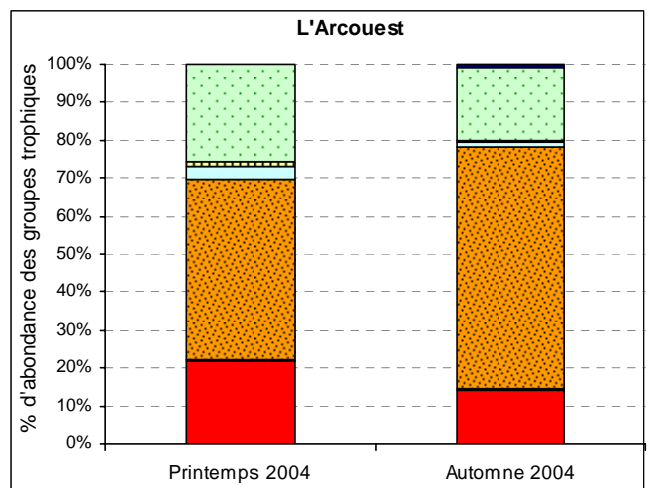
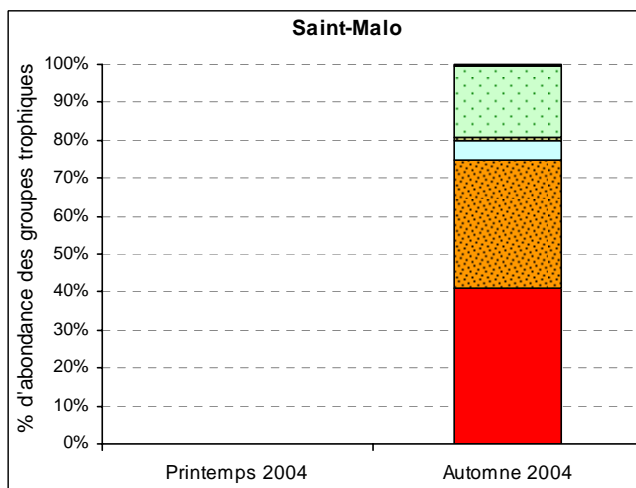


Tableau 6 : Pourcentages d'abondance des groupes trophiques de l'endofaune.

	Printemps 2004									Automne 2004								
	C	N	DT	S	DS	DNS	uB	H	NoR	C	N	DT	S	DS	DNS	uB	H	NoR
Saint-Malo										6,0	0,6	5,2	3,3	42,6	39,6	0,9	0	1,8
L'Arcouest	8,1	0	7,0	2,2	73,1	9,2	0	0	0,4	9,6	0,2	36,1	1,6	29,2	21,8	0,4	0	1,0
Callot	15,6	0,4	18,4	6,9	27,9	27,3	2,6	0	0,9	13,9	1,6	35,5	5,8	24,0	18,0	0,2	0	1,0
Sainte-Marguerite	2,3	0,5	4,8	2,4	83,6	5,7	0,7	0	0	1,6	1,4	36,1	4,3	42,7	7,5	6,4	0	0
Molène	3,0	5,3	12,9	36,6	29,8	10,4	1,6	0,2	0,3	2,6	3,0	46,0	25,5	16,0	6,5	0,3	0	0,2
Roscanvel	17,3	0	19,8	4,0	29,6	26,9	2,0	0	0,4	16,3	0,2	13,6	2,4	22,7	43,8	0,2	0,1	0,7
Arradon	2,5	0,6	3,6	0,8	57,1	31,7	0	0	3,6	4,0	0	25,1	0,4	24,1	43,8	0	0	2,6

3.5.2 Epifaune vagile



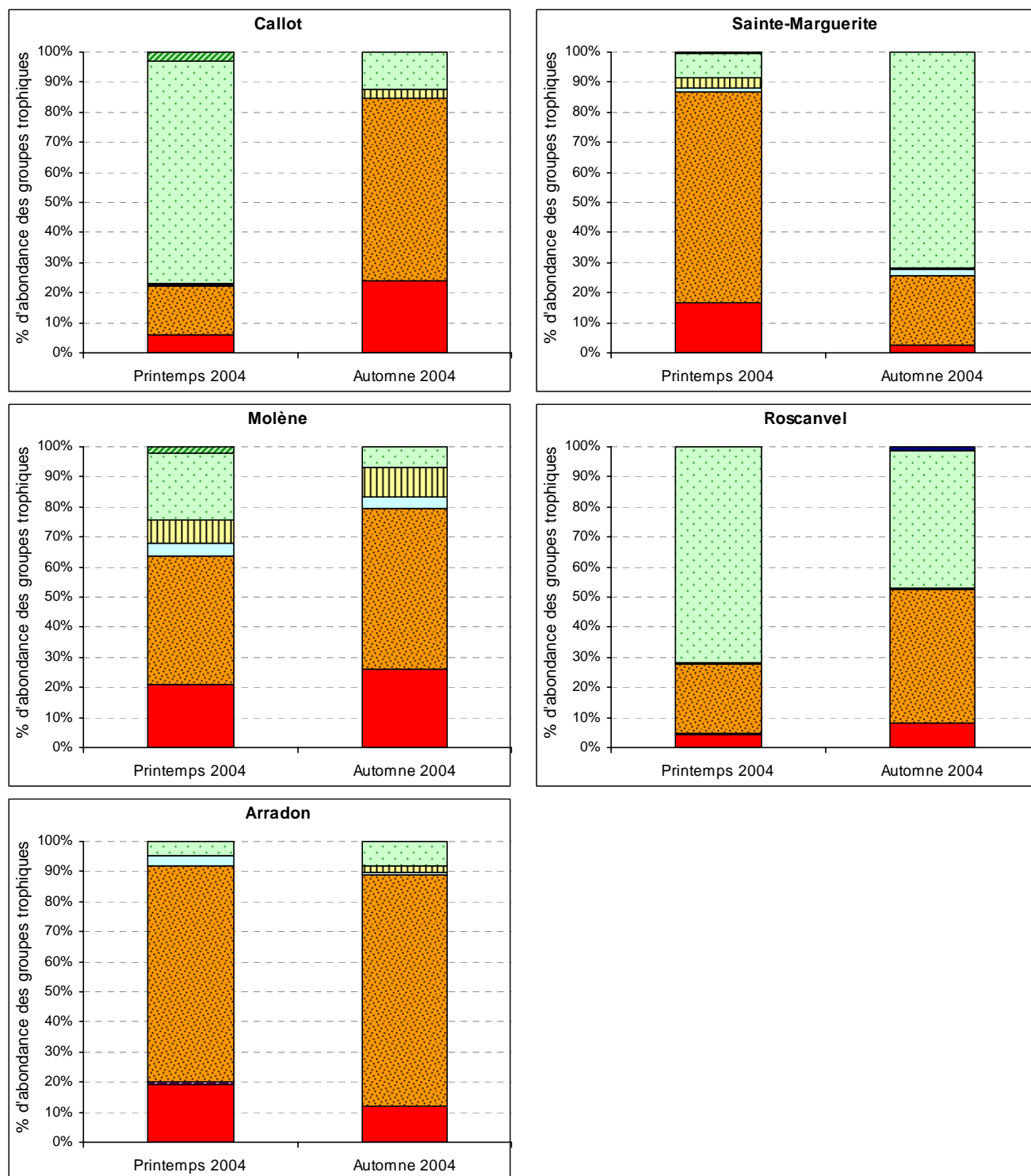


Tableau 7 : Pourcentages d'abondance des groupes trophiques de l'épifaune vagile.

	Printemps 2004									Automne 2004								
	C	N	DT	S	DS	DNS	uB	H	NoR	C	N	DT	S	DS	DNS	uB	H	NoR
Saint-Malo										41,0	0,1	33,9	4,8	0,9	0,1	18,9	0	0,3
L'Arcouest	21,9	0,4	47,5	3,1	1,4	0	25,7	0	0,1	14,3	0,1	64,0	1,2	0,4	0	19,0	0	1,0
Callot	6,0	0,2	16,2	0,4	0,4	0	73,8	3,0	0,1	23,8	0	60,6	0,1	2,9	0	12,4	0	0,1
Sainte-Marguerite	16,5	0,1	70,1	1,6	3,4	0	8,1	0,3	0	2,5	0,1	23,2	1,9	0,6	0	71,7	0	0
Molène	21,1	0	42,5	4,5	7,7	0	22,0	2,2	0	26,1	0,1	53,0	3,8	9,9	0	6,9	0	0
Roscanvel	4,2	0,4	23,0	0,5	0,1	0	71,8	0	0	8,3	0	44,1	0,2	0,2	0	46,0	0	1,2

■ C
■ N
■ DT
■ S
■ DS
■ DNS
■ uB
■ H
■ NoR

	Printemps 2004									Automne 2004								
	C	N	DT	S	DS	DNS	uB	H	NoR	C	N	DT	S	DS	DNS	uB	H	NoR
Arradon	19,1	1,2	71,5	3,6	0	0	4,5	0,2	0	12,0	0	77,0	0,8	1,8	0	8,2	0	0,1

3.6 Vitalité de l'herbier

3.6.1 Largeur moyenne des feuilles

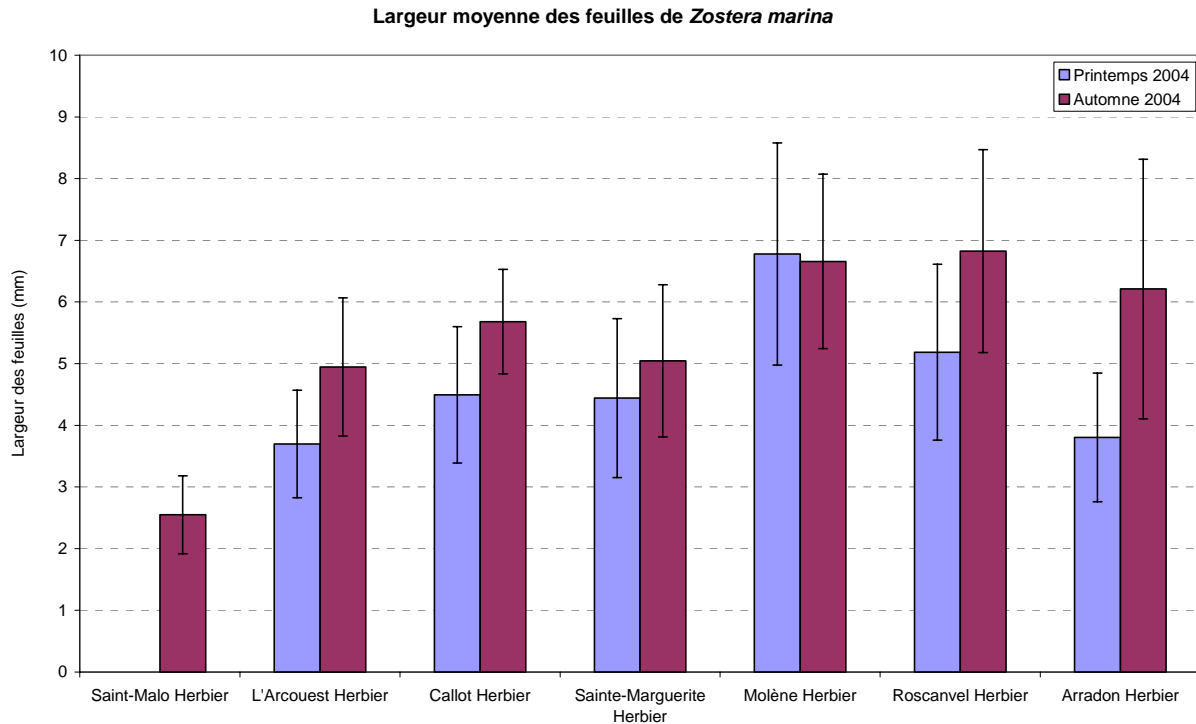


Tableau 8 : Largeur moyenne des feuilles de *Zostera marina*.

	Printemps 2004		Automne 2004	
	moyenne	ecart-type	moyenne	ecart-type
Saint-Malo			2,55	0,63
L'Arcouest	3,70	0,87	4,95	1,12
Callot	4,49	1,10	5,68	0,85
Sainte-Marguerite	4,44	1,29	5,05	1,24
Molène	6,78	1,80	6,66	1,41
Roscanvel	5,18	1,43	6,83	1,65
Arradon	3,80	1,04	6,21	2,10

3.6.2 Longueur maximale des feuilles

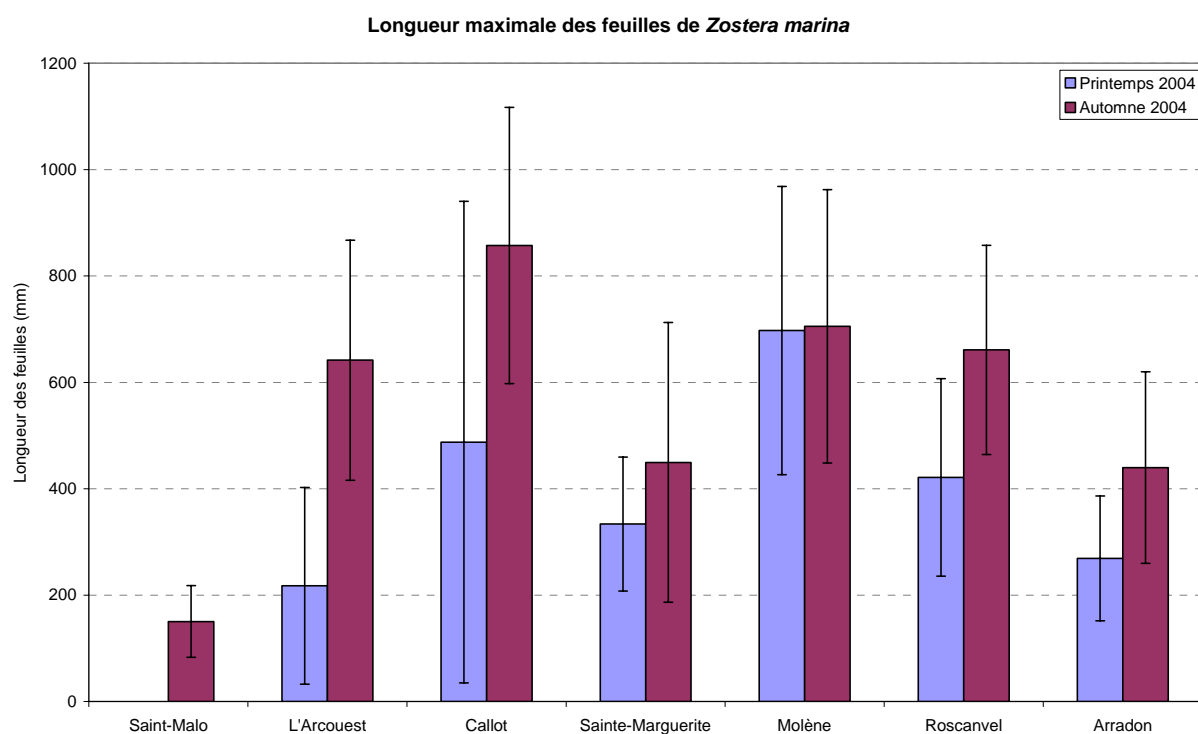


Tableau 9 : Longueur maximale moyenne des feuilles non cassées.

	Printemps 2004		Automne 2004	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Saint-Malo			150,4	67,5
L'Arcouest	217,7	184,9	641,8	225,6
Callot	487,6	452,6	857,4	259,7
Sainte-Marguerite	333,8	125,9	449,6	263,0
Molène	697,5	271,1	705,3	257,0
Roscanvel	421,2	185,7	661,1	196,5
Arradon	269,0	117,3	439,9	180,2

3.6.3 Nombre de feuilles par pied de *Zostera marina*

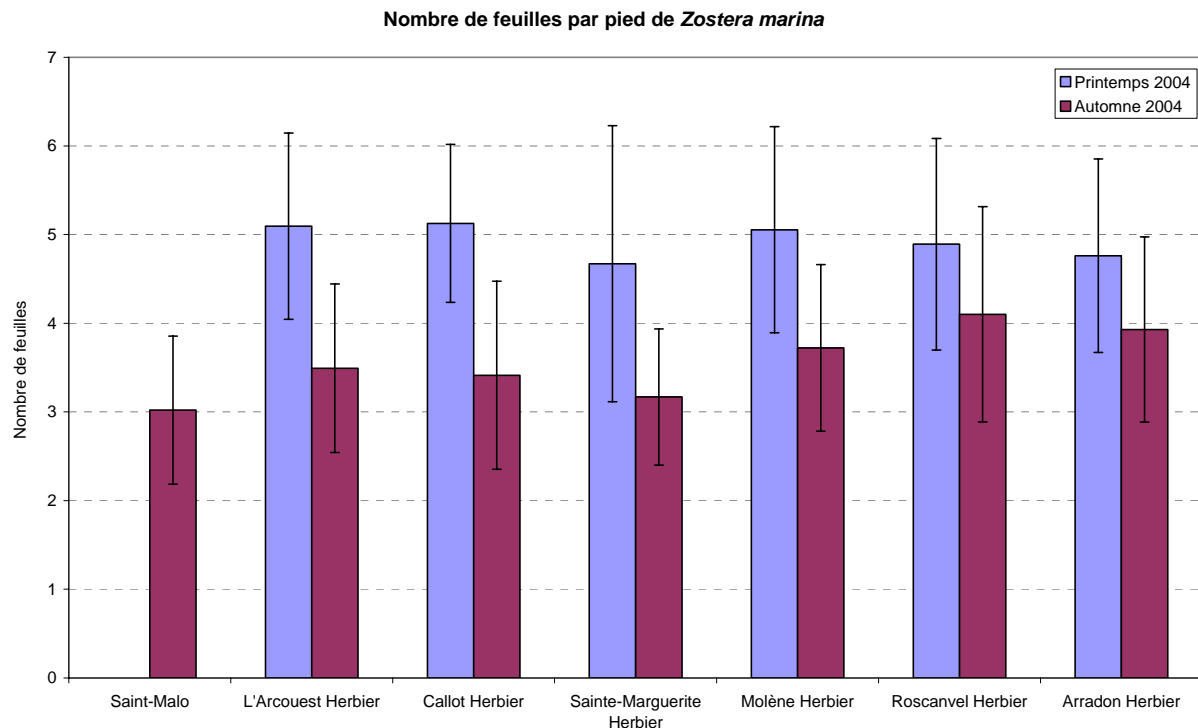


Tableau 10 : Nombre moyen de feuilles par pied de *Zostera marina*.

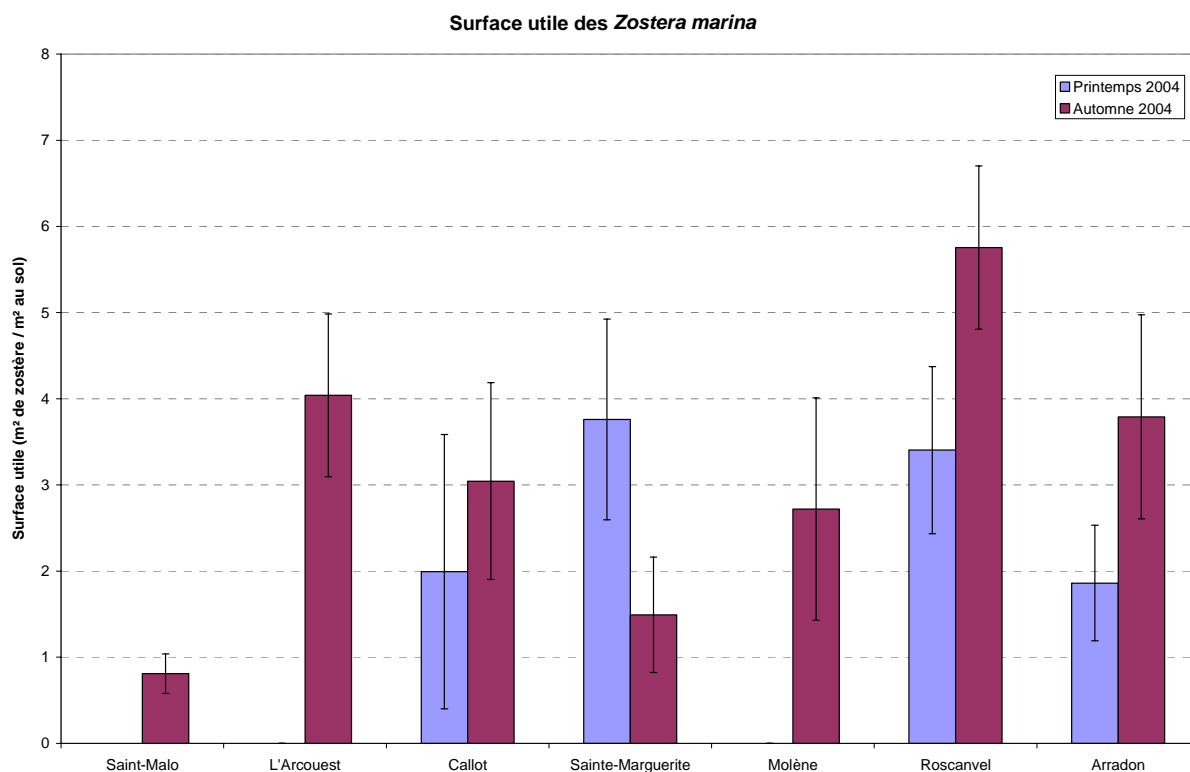
	Printemps 2004		Automne 2004	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Saint-Malo			3,02	0,83
L'Arcouest	5,09	1,05	3,49	0,95
Callot	5,13	0,89	3,41	1,06
Sainte-Marguerite	4,67	1,56	3,17	0,77
Molène	5,06	1,16	3,72	0,94
Roscanvel	4,89	1,19	4,10	1,21
Arradon	4,76	1,09	3,93	1,04

3.6.4 Surface utile de *Zostera marina*

La surface utile de zostère correspond à la surface des plantes qui peut être colonisée par des organismes fixés, c'est-à-dire aux feuilles et à la gaine des pieds de zostère. Cette surface s'exprime en m² de zostères par m² de sédiment.

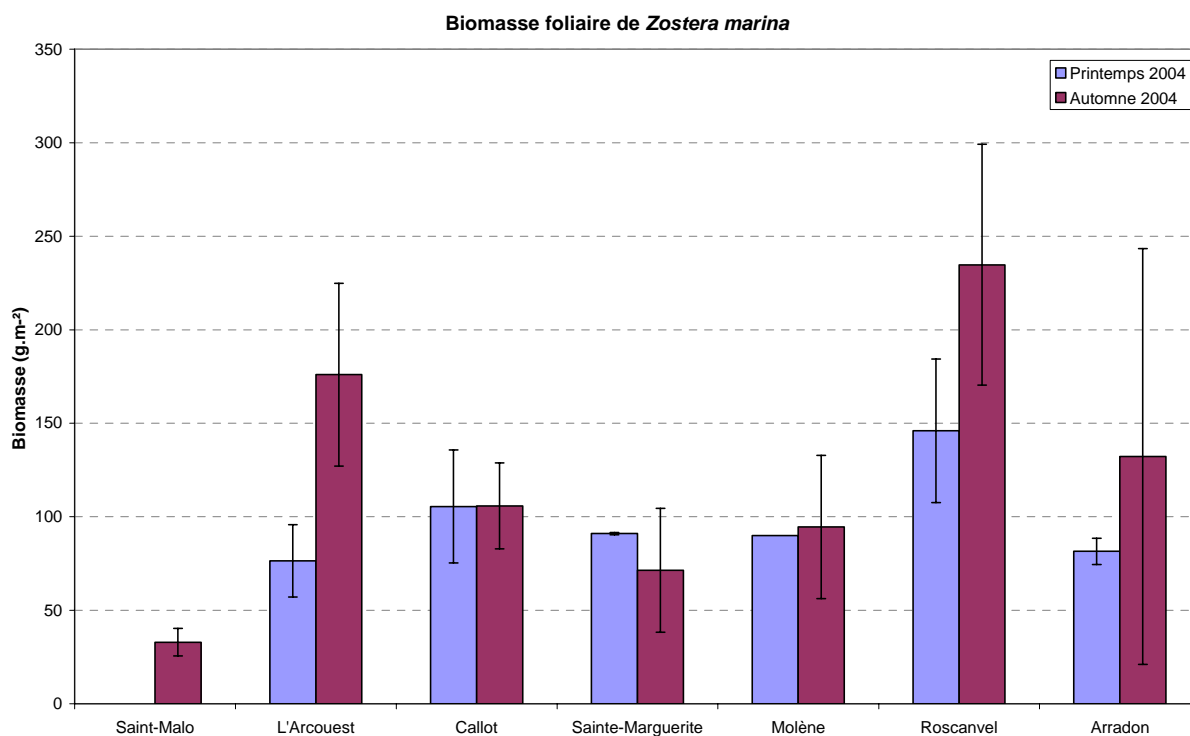
Tableau 11 : Surface utile des *Zostera marina* (m² de zostère / m² au sol)

	Printemps 2004		Automne 2004	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Saint-Malo			0,809	0,231
L'Arcouest			4,040	0,945
Callot	1,993	1,591	3,044	1,142
Sainte-Marguerite	3,760	1,165	1,492	0,670
Molène			2,719	1,291
Roscanvel	3,404	0,969	5,754	0,947
Arradon	1,861	0,671	3,791	1,184



3.6.5 Biomasse foliaire

La biomasse foliaire correspond à la biomasse des feuilles de *Zostera marina* et de leurs épiphytes (faune et flore fixée sur les feuilles).



	Printemps 2004		Automne 2004	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Saint-Malo			32,96666667	7,359574263
L'Arcouest	76,43333333	19,31691832	175,9666667	48,86351741
Callot	105,5	30,1779721	105,8	22,95626276
Sainte-Marguerite	91,02055	0,565614714	71,4	33,09848939
Molène	90		94,53333333	38,33175359
Roscanvel	146,0333333	38,36161276	234,7333333	64,39140729
Arradon	81,5	7,029224708	132,1666667	111,1308388

Références bibliographiques

- [1] Grall J. & Coic N. 2005. Une synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du macrobenthos en milieu côtier. *A paraître*.
- [2] Fiche technique REBENT n°10 : Traitement des données stationnelles (faune). J. Grall et C. Hily, 2003.
- [3] AZTI Biotic Index (AMBI) : <http://www.azti.es/>