

Direction des Ressources Vivantes/ Ressources Halieutiques/Laboratoire Côtier <sup>(1)</sup>  
Direction de l'Environnement et Aménagement Littoral/Ecologie Côtière/Biodiversité  
Benthique <sup>(2)</sup>

Mathilde Pitel <sup>(1)</sup> et Marie Savina <sup>(2)</sup>  
Spyros Fifas <sup>(1)</sup>  
Patrick Berthou <sup>(1)</sup>

Mars 2004 – DRV/RH/ DT/03-06

ifremer

# Evaluations locales des populations de bivalves dans le golfe normand-breton

Résultats de la campagne BIVALVES2002



Prélèvement de sédiment à l'aide de la benne Hamon

---

Evaluations locales des populations de bivalves dans le golfe normand-breton.

Campagne océanographique BIVALVES2002

## SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	4
<b>1. Moyens et méthodes</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Mission océanographique</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Choix des zones</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Tirage aléatoire des positions des stations</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Prélèvement à la benne Hamon et tamisage</b>	<b>7</b>
<b>1.5. Mesures</b>	<b>8</b>
1.5.1. Mesures granulométriques	8
1.5.2. Mesures biologiques	8
1.5.3. Biais des mesures	8
<b>1.6. Saisie et SIG</b>	<b>9</b>
<b>1.7. Calcul des évaluations locales</b>	<b>9</b>
1.7.1. Densité moyenne et effectifs totaux	9
1.7.2. Effectif et biomasse exploitables	9
<b>2. Répartition spatiale, structure en taille et en âge</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Palourde rose</b>	<b>11</b>
2.1.1. Répartition géographique – Densité et biomasse	11
2.1.2. Structure en taille et en âge	13
2.1.3. Commentaires	15
<b>2.2. Amande de mer</b>	<b>17</b>
2.2.1. Répartition géographique – Densité et biomasse	17
2.2.2. Structure en taille	19
2.2.3. Commentaires	20
<b>2.3. Spisule</b>	<b>21</b>
2.3.1. Répartition géographique – Densité et biomasse	21
2.3.2. Structure en taille et en âge	23
2.3.3. Commentaires	23
<b>2.4. Praire</b>	<b>24</b>
2.4.1. Répartition géographique – Densité et biomasse	24
2.4.2. Structure en taille	26
2.4.3. Commentaires	26
<b>2.5. Crépidule</b>	<b>27</b>
2.5.1. Répartition géographique – Biomasse	27
2.5.2. Commentaires	28
<b>3. Evaluations locales des densités et biomasses</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Palourde rose</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Amande de mer</b>	<b>29</b>
<i>Conclusion</i>	31
<i>Bibliographie</i>	32
<i>Annexe 1 : Position des stations, poids des crépidules et granulométrie</i>	33
<i>Annexe 2 : Cartes des stations</i>	37
<i>Annexe 3 : Echantillonnage stratifié à deux niveaux</i>	42



## SOMMAIRE DES ILLUSTRATIONS

<b>Carte 1 : Position des stations de 1988, 1993 et 1994</b>	<b>5</b>
<b>Tableau 1 : Situation des 12 strates échantillonnées</b>	<b>6</b>
<b>Carte 2 : Position des strates BIVALVES2002</b>	<b>6</b>
<b>Figure 1 : Principe de fonctionnement de la benne Hamon</b>	<b>7</b>
<b>Figure 2 : Ouverture du godet de la benne Hamon</b>	<b>7</b>
<b>Figure 3 : Tri du dernier tamis de 5 mm</b>	<b>7</b>
<b>Tableau 2 : Mesures effectuées sur les individus (⊕ : à bord / ⊗ : en laboratoire)</b>	<b>8</b>
<b>Carte 3 : Densité moyenne par station des palourdes – Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>11</b>
<b>Carte 4 : Densité moyenne par station des palourdes – Causey – Jersey</b>	<b>11</b>
<b>Carte 5 : Biomasse moyenne par station des palourdes - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>12</b>
<b>Carte 6 : Biomasse moyenne par station des palourdes - Causey – Jersey</b>	<b>12</b>
<b>Figure 4 : Structure en taille et en âge des palourdes par strate</b>	<b>13</b>
<b>Figure 4 (suite) : Structure en taille et en âge des palourdes par strate</b>	<b>14</b>
<b>Figure 4 (fin) : Structure en taille et en âge des palourdes par strate</b>	<b>15</b>
<b>Carte 7 : Densité moyenne par station des amandes de mer - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>17</b>
<b>Carte 8 : Densité moyenne par station des amandes de mer – Causey – Jersey</b>	<b>17</b>
<b>Carte 9 : Biomasse moyenne par station des amandes de mer - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>18</b>
<b>Carte 10 : Biomasse moyenne par station des amandes de mer - Causey – Jersey</b>	<b>18</b>
<b>Figure 5 : Structure en taille des amandes de mer par strate</b>	<b>19</b>
<b>Figure 5 (suite et fin) : Structure en taille des amandes de mer par strate</b>	<b>20</b>
<b>Carte 11 : Densité moyenne par station des spisules – Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>21</b>
<b>Carte 12 : Densité moyenne par station des spisules – Causey – Jersey</b>	<b>21</b>
<b>Carte 13 : Biomasse moyenne par station des spisules - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>22</b>
<b>Carte 14 : Biomasse moyenne par station des spisules - Causey – Jersey</b>	<b>22</b>
<b>Figure 6 : Structure en taille et en âge des spisules</b>	<b>23</b>
<b>Carte 15 : Densité moyenne par station des praires - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>24</b>
<b>Carte 16 : Densité moyenne par station des praires - Causey – Jersey</b>	<b>24</b>
<b>Carte 17 : Biomasse moyenne par station des praires - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>25</b>
<b>Carte 18 : Biomasse moyenne par station des praires - Causey – Jersey</b>	<b>25</b>
<b>Figure 7 : Structure en taille des praires</b>	<b>26</b>
<b>Carte 19 : Biomasse moyenne par station des crépidules - Baie de St-Brieuc – St-Malo</b>	<b>27</b>
<b>Carte 20 : Biomasse moyenne par station des crépidules - Causey – Jersey</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 3 : Evaluation des densités et biomasses par strate</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 4 : Evaluation des densités et biomasses par strate</b>	<b>29</b>



## Introduction

Les stocks de bivalves sauvages exploités (palourdes, amandes de mer, praires, spisules) dans le golfe normand-breton varie en fonction de l'activité de la pêche et des conditions environnementales. Des études ont été menées à plusieurs reprises dans cette région par IFREMER (entre 1982 et 1998), qui ont permis d'évaluer les stocks disponibles pour la pêche et d'acquérir des informations sur ces espèces (structure démographique, croissance ...). Pour plus d'informations sur les études de 1993-1994 ainsi qu'une présentation du site et de la pêche, se référer aux rapports Berthou, 1987 et Noël et al, 1995.

La mission BIVALVES2002, effectuée en mai 2002, permet d'actualiser les données principalement sur les populations d'amandes et de palourdes roses, puis de spisules et praires, en utilisant un protocole analogue d'analyses démographiques et de croissance des individus puis d'évaluation. Parallèlement à cette étude halieutique, les données permettront de valider un modèle dynamique sur l'évolution des stocks de bivalves en Manche.

La mission a également contribué à l'actualisation des données d'abondance en poids frais de la crépidule.

Les espèces étudiées sont :

- la palourde rose *Tapes rhomboïdes*
- l'amande de mer *Glycymeris glycymeris*
- la spisule *Spisula ovalis*
- la praire *Venus verrucosa*.



## 1. Moyens et méthodes

### 1.1. Mission océanographique

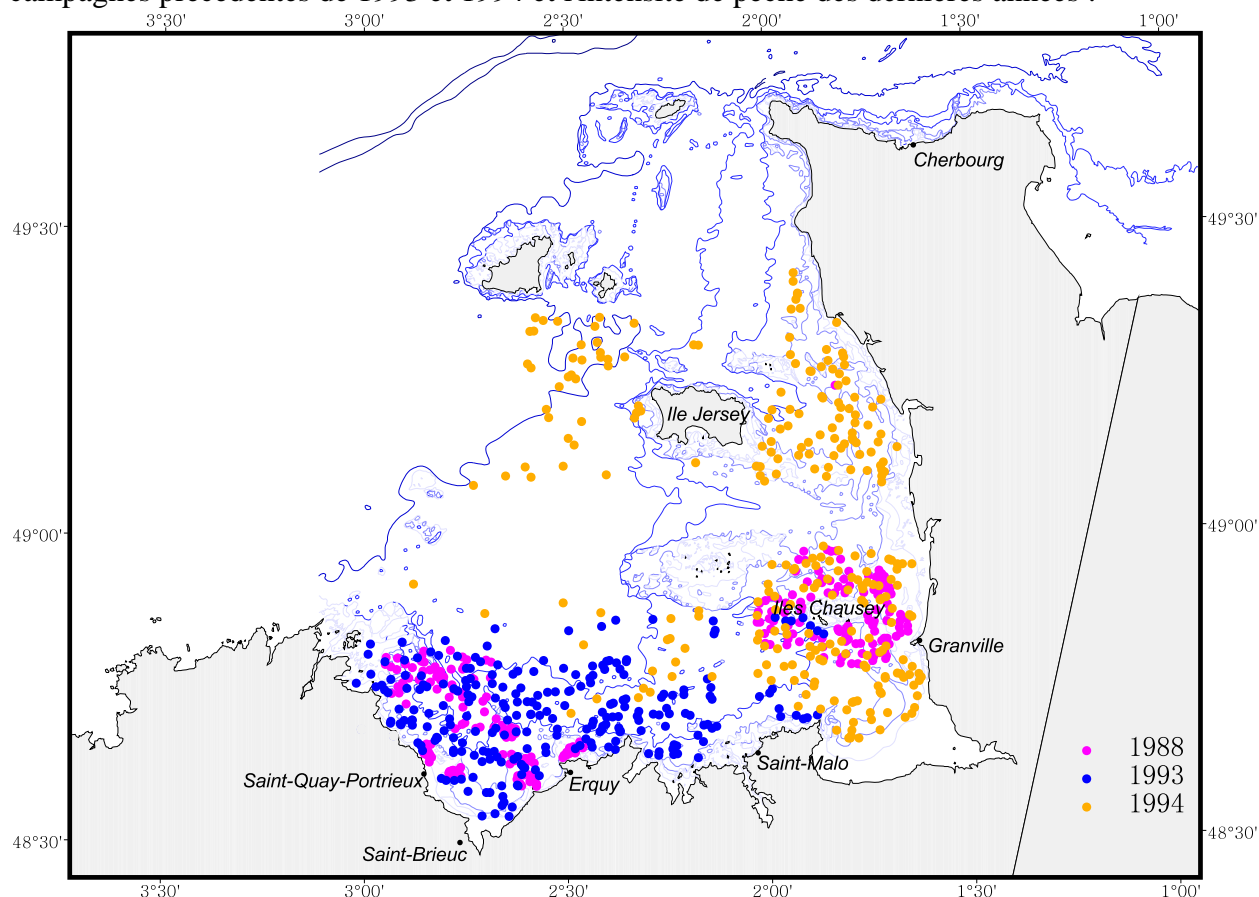
La mission s'est effectuée à bord du *Thalia*, navire océanographique de l'Ifremer (commandant Loïc Provost). L'équipe scientifique embarquée se compose de 6 personnes par jour dont :

Patrick Berthou, chef de mission 1<sup>ère</sup> semaine, DRV-RH Brest  
 Mathilde Pitel, chef de mission 2<sup>ème</sup> semaine, DRV-RH Brest  
 Marie Savina, DRV-RH et DEL-EC Brest  
 Jérôme Huet, DRV-RH Brest  
 Spyros Fifas, DRV-RH Brest  
 Erwan Le Gall, DEL-EC Brest  
 Dominique Hamon, DEL-EC Brest  
 Jean-Dominique Gaffet, DEL-EC Brest  
 Mélanie Dévier, DEL-EC Brest  
 Sylvain Bermell-Fleury, DRV-RH, Brest  
 Ricardo Silva Jacinto, DEL-EC Brest

La campagne s'est déroulée du 02 au 11 mai 2002 (5 jours dans la baie de Saint-Brieuc, 1 journée dans la baie de Saint-Malo, et 4 jours près des îles Chausey et Jersey). Les conditions météorologiques étaient satisfaisantes et ont permis d'effectuer les prélèvements dans de bonnes conditions.

### 1.2. Choix des zones

Les zones sont choisies selon deux critères : l'abondance des bivalves d'après les informations des campagnes précédentes de 1993 et 1994 et l'intensité de pêche des dernières années :

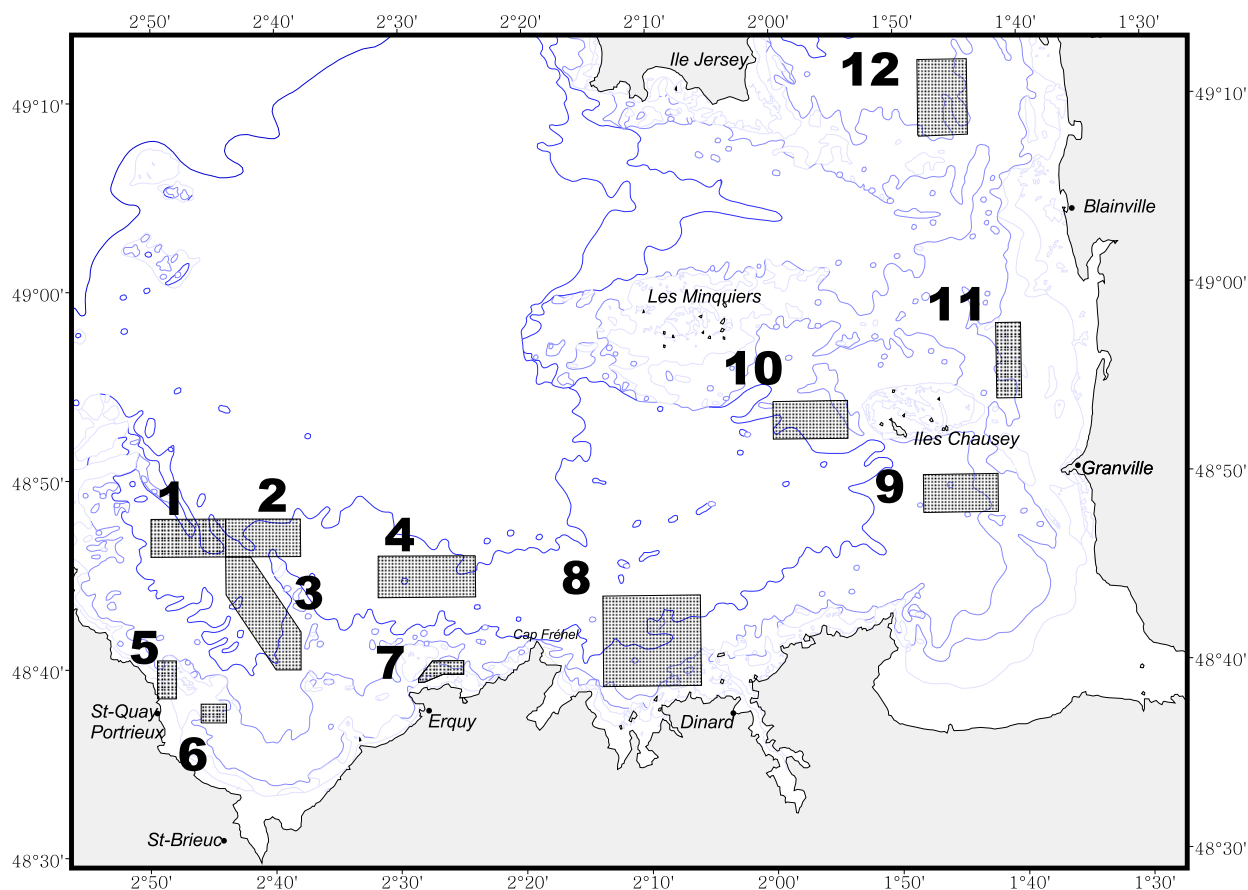


Carte 1 : Position des stations de 1988, 1993 et 1994

Strate	Intitulé	Abondance relative en palourdes	Abondance relative en amandes	Exploitation présente ou absente (+/-)	Nombre de stations
1	NW Grand Léjon	(++)	(+)	palourdes (+)	20
2	N Grand Léjon	(++)	(++)	amandes (+)	20
3	Grand Léjon Petit Léjon	(+)	(++)	amandes (+)	20
4	N Cap Erquy	(+)	(++)	(-)	20
5	Harbour	(-)	(-)	(-)	15
6	La Longue	(-)	(-)	(-)	14
7	Chenal Erquy	(+)	(++)	(-)	19
8	Baie Saint-Malo	(+)	(+)	(-)	10
9	S Chausey	(+)	(-)	palourdes (+)	20
10	W Chausey	(++)	(+)	palourdes (+)	20
11	E Chausey	(+)	(+)	palourdes (+)	20
12	Jersey Cotentin	(++)	(+)	palourdes (+)	22

Tot : 220

Tableau 1 : Situation des 12 strates échantillonnées



Carte 2 : Position des strates BIVALVES2002

### 1.3. Tirage aléatoire des positions des stations

Considérant une moyenne de 20 points de prélèvement par jour sur 10 jours de campagnes, nous devons répartir les 220 stations sur l'ensemble des 12 strates. Nous avons affecté un nombre de stations à chaque strate selon différents critères (importance de la pêche, superficie de la zone, contraintes techniques ...).

Les positions de ces stations ont été déterminées avec une méthode basée sur l'algorithme additif permettant la génération de nombres premiers selon une suite de Fibonacci (Programme de Spyros Fifas, 1991).

Les points sont ensuite positionnés sur une carte pour vérifier la faisabilité d'un prélèvement à la benne Hamon en tenant compte des contraintes maritimes (bathymétrie, courants, réglementation ...). En cas de non faisabilité, le point est supprimé et remplacé par le premier point de la liste complémentaire à son tour vérifié sur une carte.

#### 1.4. Prélèvement à la benne Hamon et tamisage

Les prélèvements sont effectués à l'aide de la benne Hamon (figure 1), classiquement utilisée à l'Ifremer pour les études sédimentologiques et biologiques.

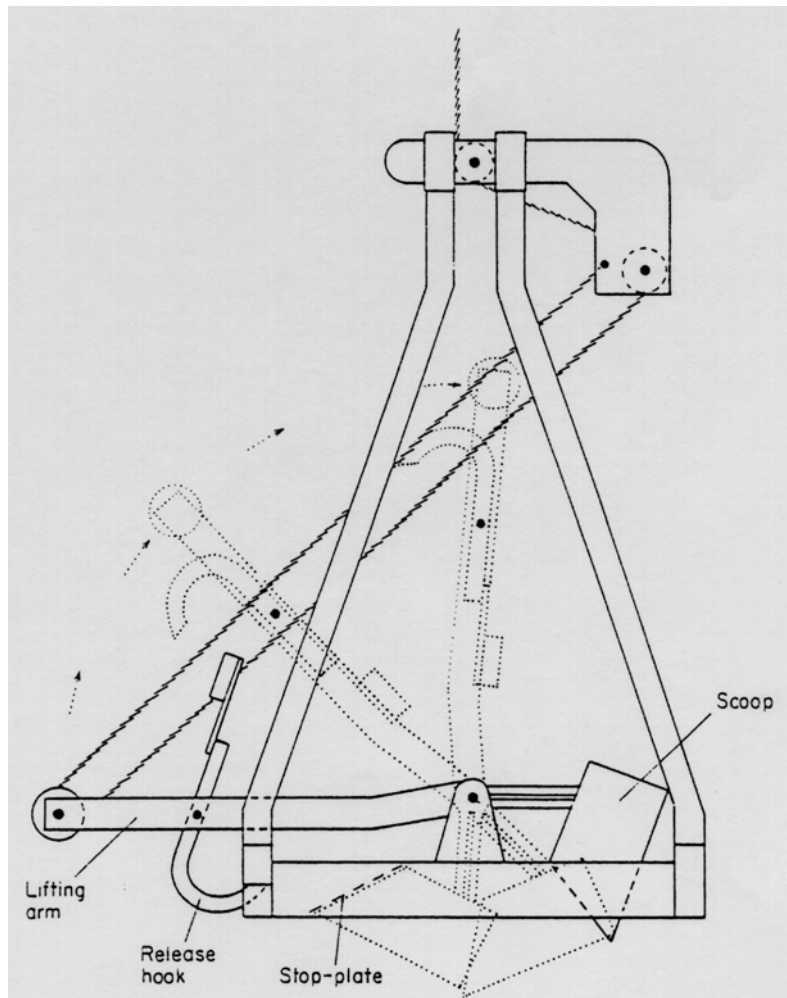


Figure 1 : Principe de fonctionnement de la benne Hamon



Figure 2 : Ouverture du godet de la benne Hamon



Figure 3 : Tri du dernier tamis de 5 mm



La benne permet de prélever 0,25 m<sup>2</sup> un volume variable correspondant à une surface de 0,25 m<sup>2</sup> de sédiment : lorsque la benne touche le fond, le câble se détend et libère un crochet fixé au bras de la benne. Celui-ci en reprenant sa position initiale permet au godet d'emprisonner au passage du fond 0,25 m<sup>2</sup>\*hauteur de sédiment. Le godet est enfin vidé à bord en ouvrant le bras de la benne (Figure 2).

2 bennes simultanées (A et B) sont effectuées par station.

Le tri de chaque benne est réalisé à l'aide de trois tamis superposés dont le maillage est respectivement 20 mm, 15 mm puis 5 mm. Une manche à eau est actionnée sur les tamis pour faire évacuer plus facilement le sédiment à travers les mailles (Figure 3).

## 1.5. Mesures

### 1.5.1. Mesures granulométriques

La granulométrie de chaque benne est décrite de manière quantitative et qualitative dans une grille présentée en annexe.

### 1.5.2. Mesures biologiques

Pour chaque benne, les bivalves et gastéropodes sont identifiés, comptés, mesurés et âgés à bord selon les possibilités techniques. Chaque contenu de benne est conservé au congélateur du bord puis stocké pour terminer au laboratoire les mesures plus délicates comme la pesée des individus à l'aide d'une balance ou l'âgeage des amandes de mer et des praires.

Espèces	nombre	Hauteur	Longueur	Age	Poids frais par benne
Palourde rose	⊕	-	⊕	⊕	⊗
Amande de mer	⊕	⊕	-	⊗	⊗
Spisule	⊕	-	⊕	⊕	⊗
Praire	⊕	-	⊕	⊗	⊗
Autres bivalves	⊕	-	⊕	-	⊗
Bulot	⊕	⊕	-	-	⊗
Autres mollusques	⊕	-	-	-	⊗

Tableau 2 : Mesures effectuées sur les individus (⊕ : à bord / ⊗ : en laboratoire)

Concernant les crépidules, la pesée des individus récoltés est effectuée à bord à l'aide de pesons. Les poids de crépidules par benne sont présentés en annexe.

### 1.5.3. Biais des mesures

Selon le type de sédiment, et donc le volume des refus de tamis à trier, le repérage des petits individus est plus ou moins aisé. Nous pensons donc que nos résultats de densité sont fiables à 100 % à partir d'une longueur d'individu de 20 mm environ. Cela implique que les classes d'âge 1 pour les palourdes et les spisules ne sont pas échantillonnées de manière absolument fiable.

D'autre part, certains individus pêchés peuvent ne pas être mesurables car cassés ou trop abîmés. Ce biais représente 5,5 % de l'ensemble des individus, le pourcentage variant selon les strates et les espèces.

Enfin, l'âgeage de petits bivalves tels que la palourde rose ou la spisule est délicat, et particulièrement la localisation de la première strie de croissance. Nous avons procédé quasi systématiquement à un double âgeage (une personne puis une autre et recomptage à deux si désaccord, les deux âgeurs étant toujours les mêmes pour l'ensemble des mesures), mais il reste une incertitude.

## 1.6. Saisie et SIG

Toutes les mesures sont saisies sous base de données ACCESS97, et l'outil de Système d'Information Géographique utilisé est Arcview3.2.

## 1.7. Calcul des évaluations locales

Nous nous limitons ici à la palourde rose et l'amande de mer.

### 1.7.1. Densité moyenne et effectifs totaux

La densité moyenne (ind./0,25 m<sup>2</sup>) par espèce et dans chaque strate correspond à la moyenne des effectifs obtenus pour chaque prélèvement au sein de la strate considérée.

L'effectif total par espèce et dans chaque strate correspond au produit de la densité moyenne (ind./m<sup>2</sup>) et de la surface totale de la strate.

Dans les deux cas, l'intervalle de confiance à 95% est calculé en tenant compte de la variance entre les stations et, au niveau de chaque station, entre les deux prélèvements (cf. annexe 2).

### 1.7.2. Effectif et biomasse exploitables

Dans cette approche, seules les classes de taille supérieures ou égales à la taille minimale de capture sont prises en compte. Les structures de taille sont :

- corrigées en fonction du nombre d'individus cassés et donc non mesurés présents dans chaque strate : les effectifs de chaque classe de taille ( $\geq$  Taille Minimale Autorisée de Capture) sont multipliés par le rapport existant entre le nombre total d'individus dans la strate et le nombre d'individus réellement mesurés.
- élevées à la surface de chaque strate afin d'estimer le nombre total d'individus de chaque classe de taille ( $\geq$  TMAC) au sein de toute la strate : les effectifs de chaque classe de taille ( $\geq$  TMAC) sont multipliés par un coefficient d'élévation. Ce coefficient d'élévation correspond au rapport entre la surface totale de la strate et la surface échantillonnée (produit du nombre de bennes et de la surface échantillonnée par la benne : 0,25 m<sup>2</sup>).

En sommant les effectifs de toutes les classes de taille ( $\geq$  TMAC), on obtient l'effectif exploitable dans la strate. Nous ne pouvons calculer pour le moment l'intervalle de confiance sur ces résultats faute d'outil adapté mais il n'est pas déraisonnable pour une première approximation de se référer à celui obtenu pour l'effectif total de la population (en gardant bien sûr les proportions). Nous admettons dans ce cas l'hypothèse que les différentes cohortes de palourdes ou d'amandes de mer sont réparties de manière homogène dans les secteurs occupés par l'espèce et qu'il n'y a pas de séparation spatiale entre les individus d'âge différents.

Une relation taille - poids frais individuel est ajustée à partir des données de cette campagne pour chacune des 2 espèces.



Celles-ci nous permettent d'obtenir les poids frais totaux par classe de taille ( $\geq$  TMAC) : ce sont les résultats du produit de l'effectif élevé par classe de taille et du poids frais individuel pour la taille correspondante.

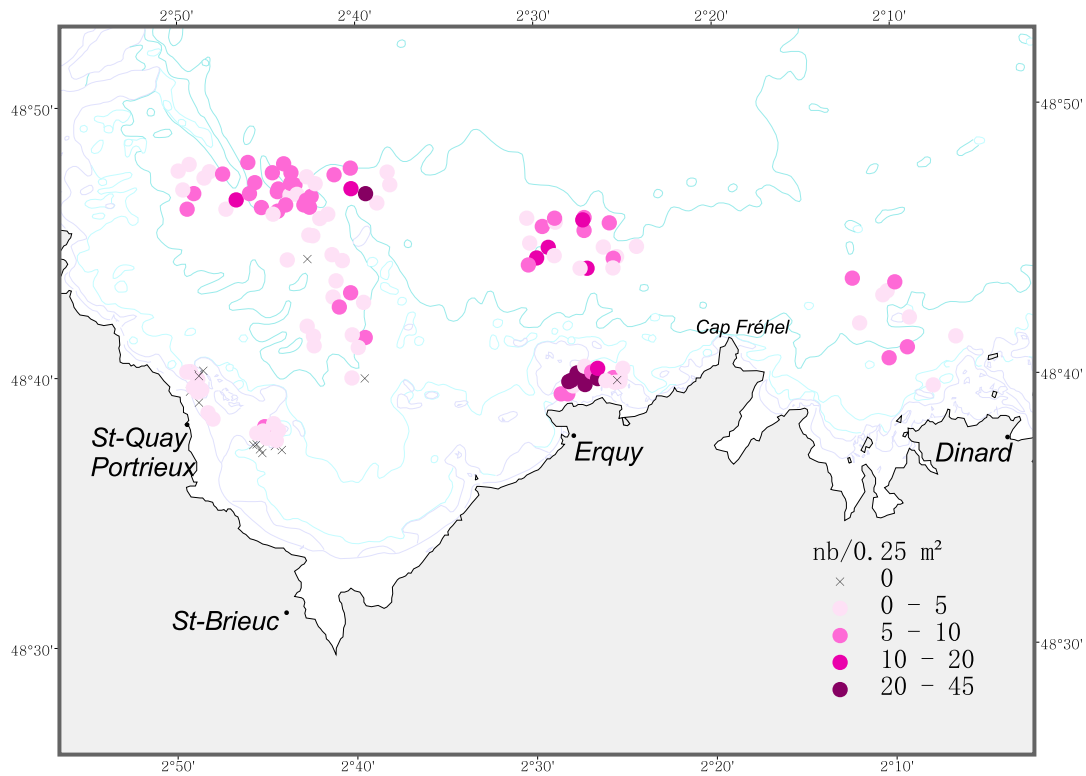
En sommant les effectifs de toutes les classe de taille ( $\geq$  TMAC), on obtient la biomasse exploitable dans la strate. La remarque précédente sur l'incertitude liée au calcul est valable dans ce cas également.



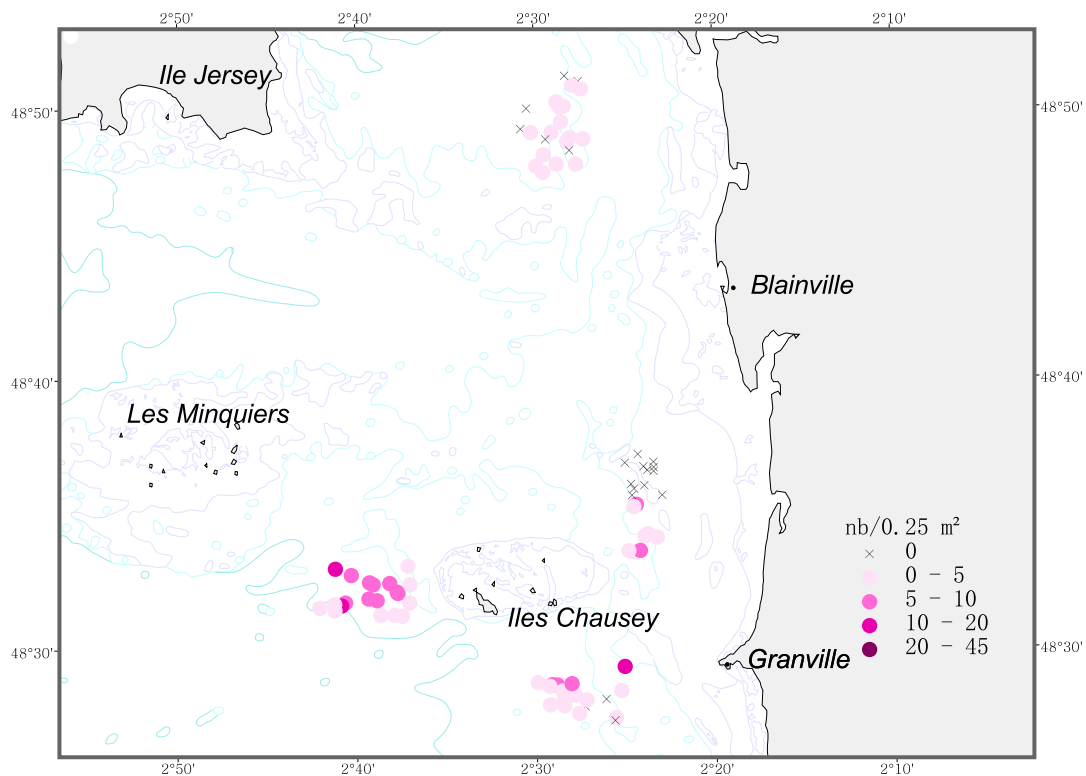
## 2. Répartition spatiale, structure en taille et en âge

### 2.1. Palourde rose

#### 2.1.1. Répartition géographique – Densité et biomasse

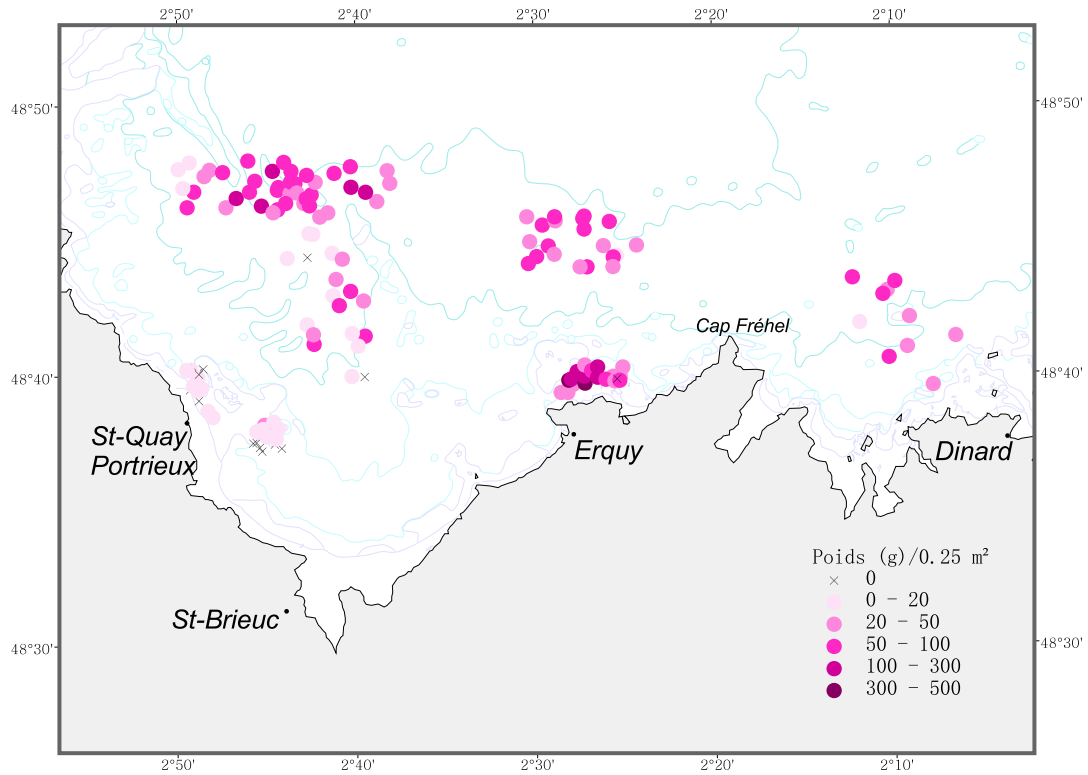


Carte 3 : Densité moyenne par station des palourdes – Baie de St-Brieuc – St-Malo

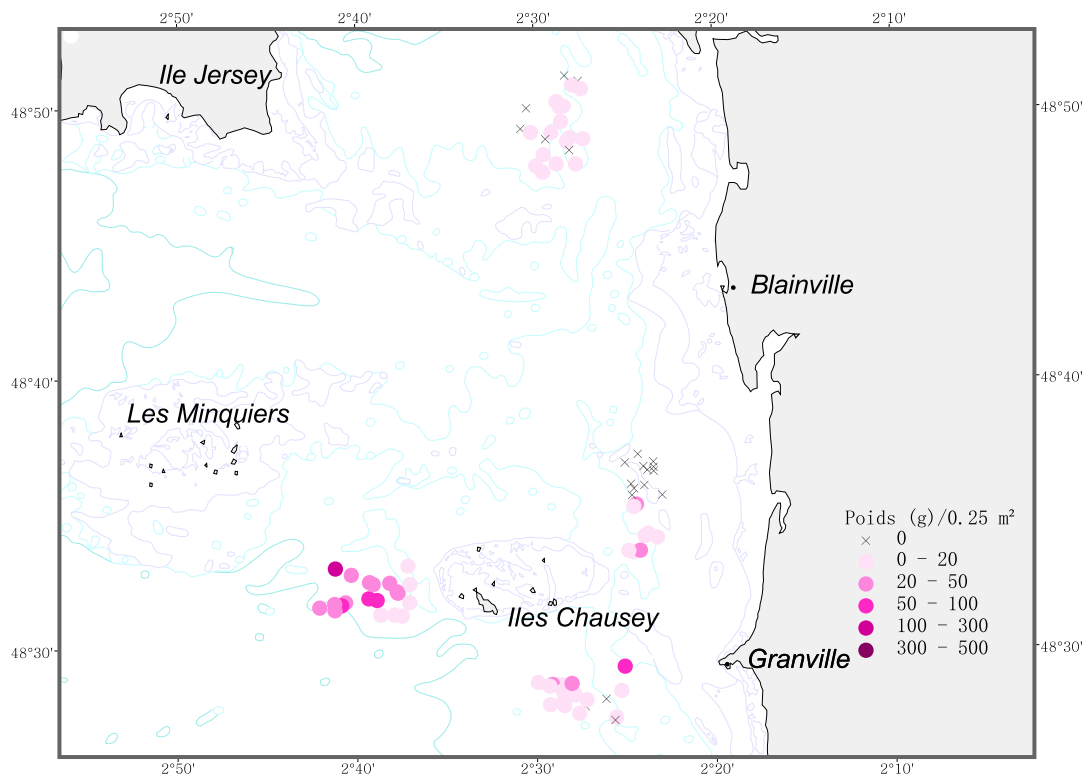


Carte 4 : Densité moyenne par station des palourdes – Chausey – Jersey





Carte 5 : Biomasse moyenne par station des palourdes - Baie de St-Brieuc – St-Malo



Carte 6 : Biomasse moyenne par station des palourdes - Chausey – Jersey



### 2.1.2. Structure en taille et en âge

Cette section présente les pourcentages du nombre total d'individus récoltés dans chaque strate en taille et en âge. Les flèches vertes indiquent la taille minimale de capture, soit 38 mm.

#### Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)      Structure en âge (exprimée en % de l'effectif total)

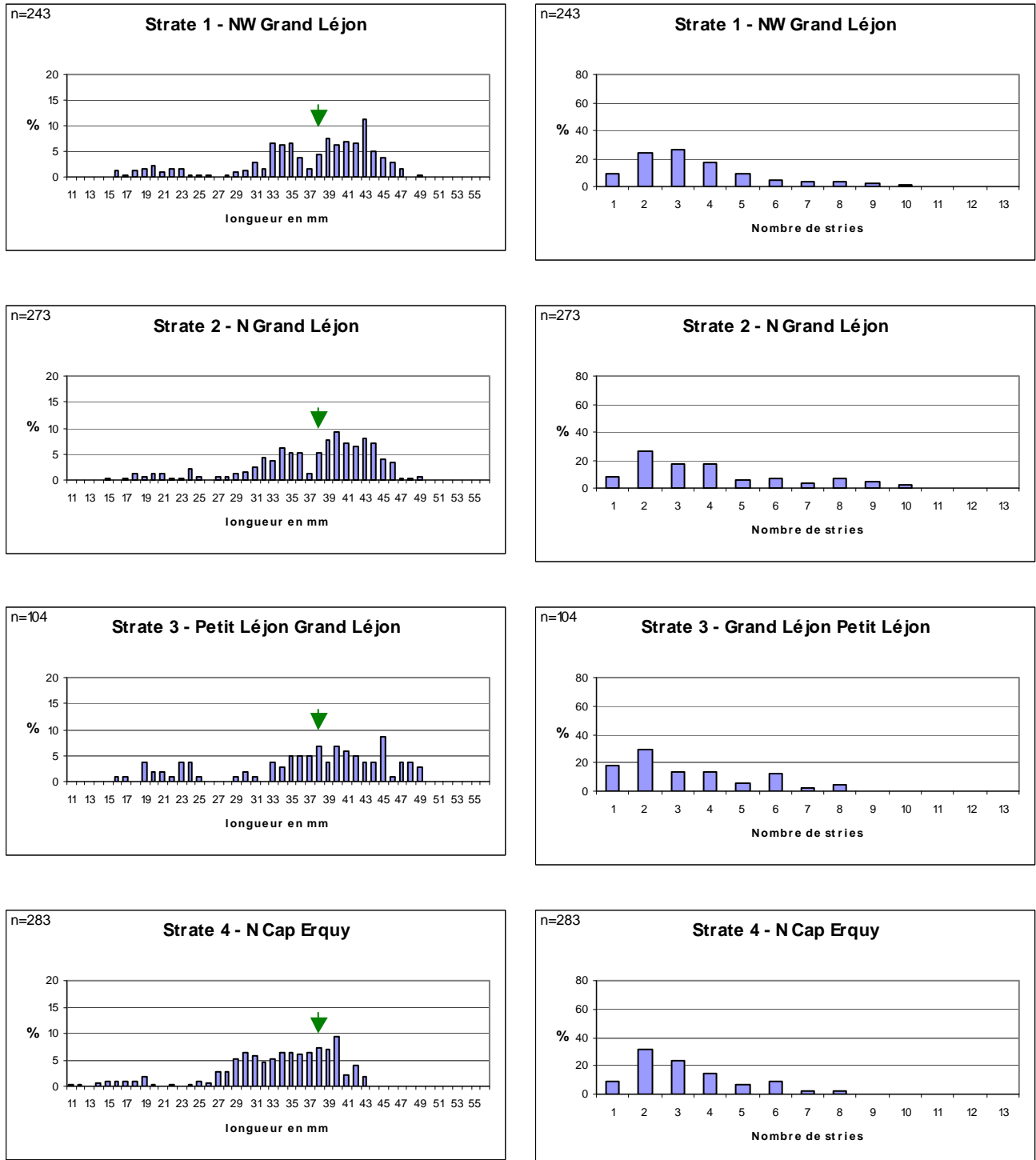
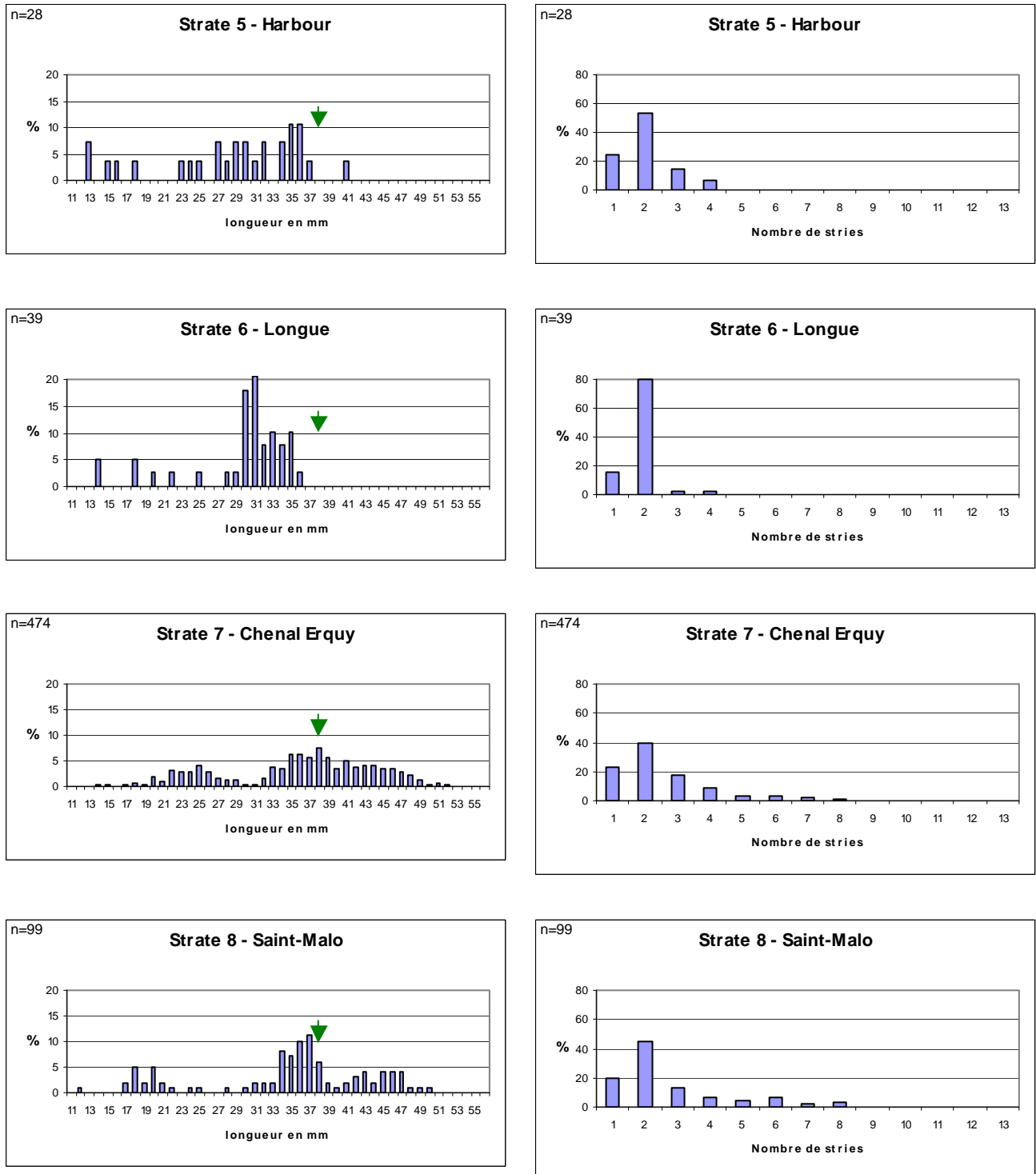


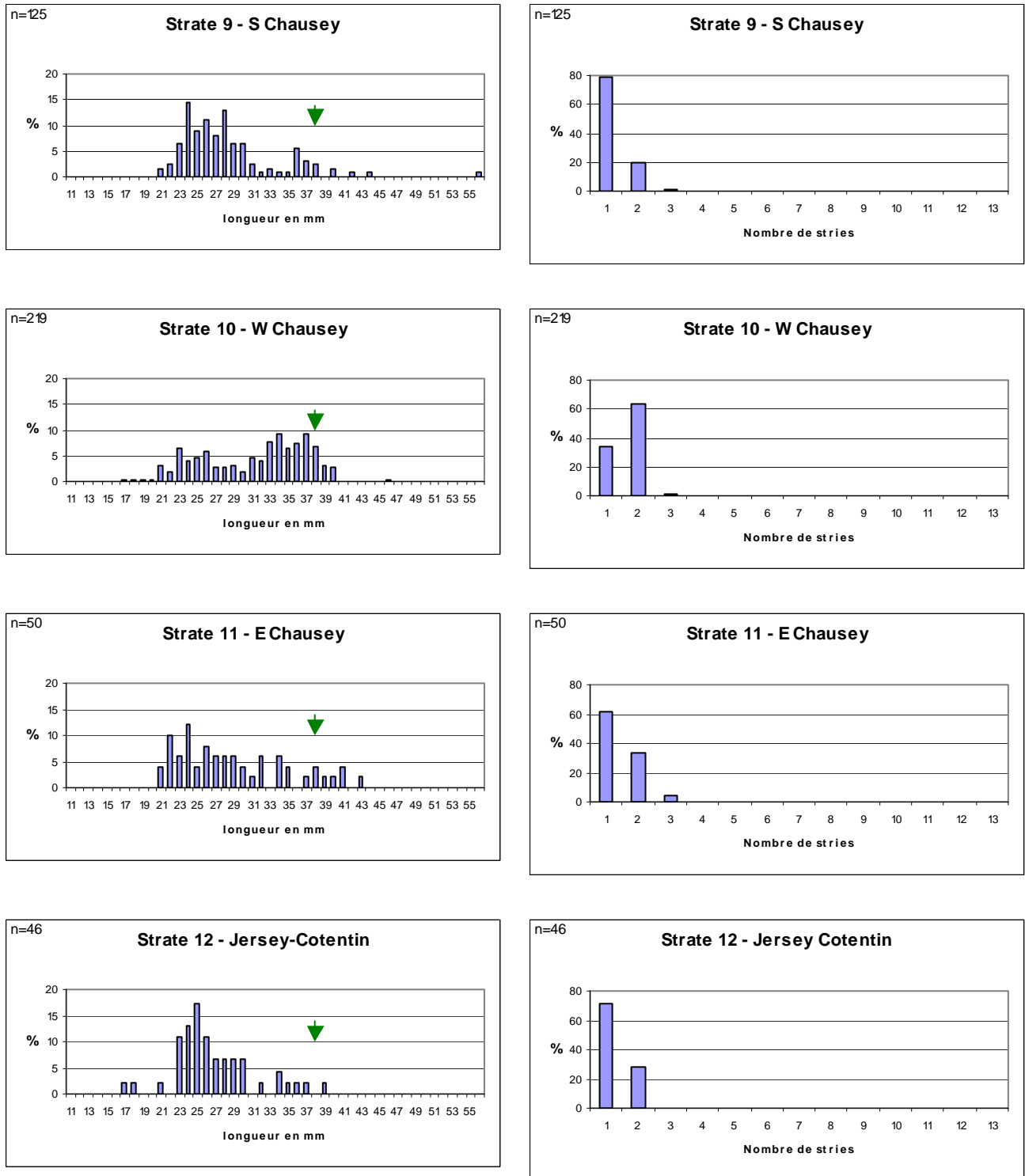
Figure 4 : Structure en taille et en âge des palourdes par strate

**Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)      Structure en âge (exprimée en % de l'effectif total)**



**Figure 4 (suite) : Structure en taille et en âge des palourdes par strate**

**Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)      Structure en âge (exprimée en % de l'effectif total)**



**Figure 4 (fin) : Structure en taille et en âge des palourdes par strate**

**2.1.3. Commentaires**

De manière générale, il existe une différence nette entre les populations de palourdes échantillonnées du secteur Ouest du golfe normand-breton et celles du secteur Est. Les densités



sont nettement plus importantes en baie de Saint-Brieuc que dans l'Ouest Cotentin, et les structures démographiques plus équilibrées.

Les strates Est-Chausey et Jersey Cotentin présentent les densités de palourdes les plus faibles (jusqu'à 5,5 ind./0,25 m<sup>2</sup>). Les structures en taille et âge indiquent une absence quasi totale d'individus de longueur supérieure à 38 mm (Taille Minimale Autorisée de Capture : TMAC) et d'âge supérieur à deux ans (la première reproduction ayant lieu à deux ou plus souvent trois ans).

Les juvéniles sont peu nombreux. Les strates Sud Chausey et Ouest Chausey sont plus peuplées (jusqu'à 11,5 ind./0,25 m<sup>2</sup>), mais elles présentent des structures démographiques tout à fait semblables à celles des strates précédentes.

En baie de Saint-Brieuc, les densités les plus faibles (du secteur et de l'ensemble des strates échantillonnées) sont observées dans les strates Harbour et La Longue (jusqu'à 6 ind./0,25 m<sup>2</sup>). Ces populations présentent le même type de structure démographique que dans les strates du secteur Est précédemment décrit, c'est à dire qu'il n'y a pas ou très peu d'individus dépassant la TMAC et donc également l'âge de première reproduction.

La situation change lorsque l'on considère le reste des strates échantillonnées en baie de Saint Brieuc :

La strate Chenal Erquy est de loin la plus peuplée avec des densités allant jusqu'à 45 ind./0,25 m<sup>2</sup>. Viennent ensuite les strates Nord Cap Erquy et Nord Grand Léjon, présentant des densités équivalentes (jusqu'à 24,5 ind./m<sup>2</sup>), puis la strate NW Grand Léjon (jusqu'à 13,5 ind./m<sup>2</sup>) et enfin Petit Léjon Grand Léjon ainsi que Saint-Malo avec des densités jusqu'à 9,5 ind./m<sup>2</sup>.

Dans ces 5 strates, les populations présentent des structures démographiques équilibrées (avec une proportion non négligeable d'individus reproducteurs) ce qui témoigne d'une mortalité plus régulière..

Le recrutement (biologique) de l'année 2000 (correspondant à la classe d'âge 2 présentée sur les graphiques) semble prometteur, particulièrement dans les strates Chenal Erquy et Ouest Chausey. Une partie de cette classe d'âge est rentrée dans le stock exploitable en 2002 et l'autre partie le sera en 2003.

Concernant le recrutement (biologique) de l'année 2001 (classe d'âge 1 présentée sur le graphique), nous ne sommes pas en mesure de dire s'il est inférieur aux précédents ou s'il est mal estimé, compte tenu des incertitudes sur l'échantillonnage des individus de petite taille.

Pour le secteur Est (Ouest Cotentin), les plus fortes densités d'individus d'âge 1 sont observées au niveau de la strate Sud Chausey, puis de la strate Ouest Chausey.

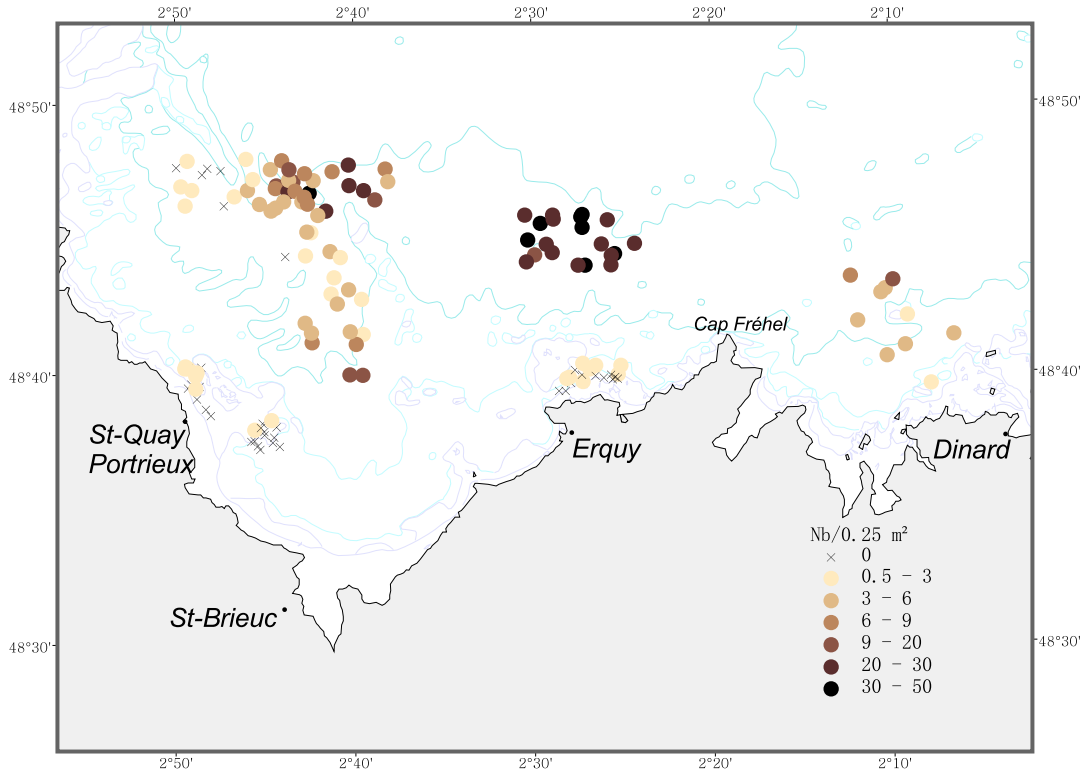
Pour la baie de Saint-Brieuc, les plus fortes densités d'individus d'âge 1 sont dans la strate Chenal Erquy, elles sont beaucoup plus faibles dans les autres strates.

Ces individus, âgés de 2 ans en 2003, rentreront dans le stock au cours de la saison 2003 pour une partie d'entre eux.

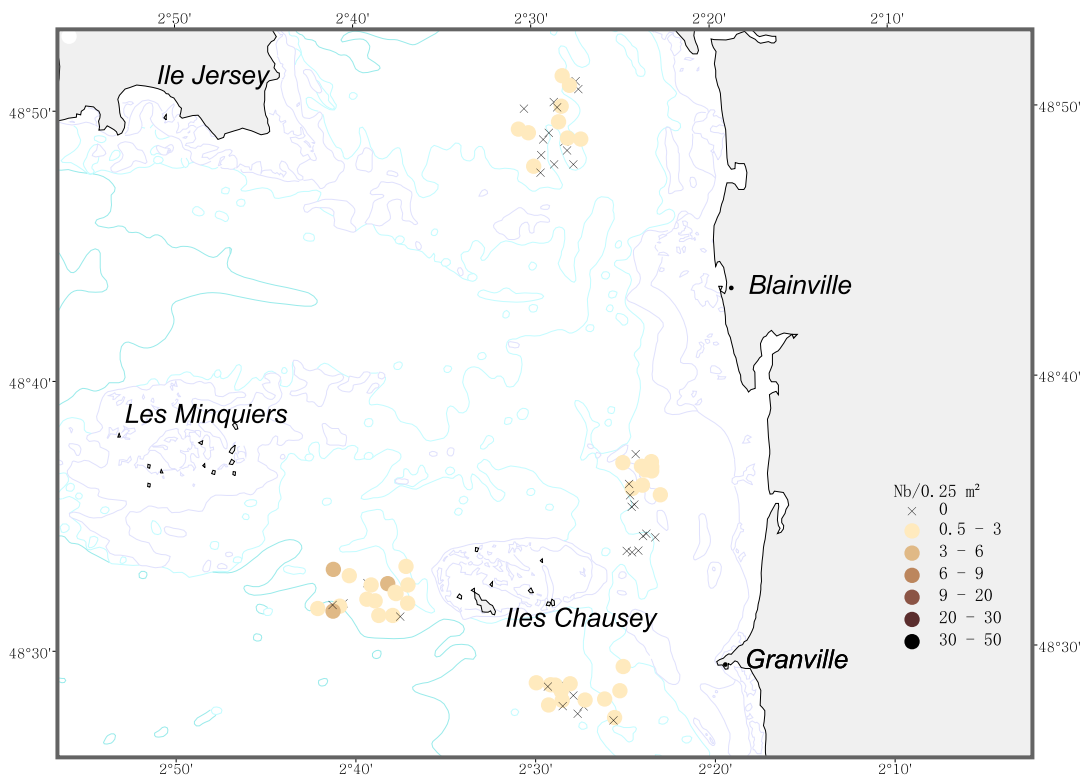


## 2.2. Amande de mer

### 2.2.1. Répartition géographique – Densité et biomasse

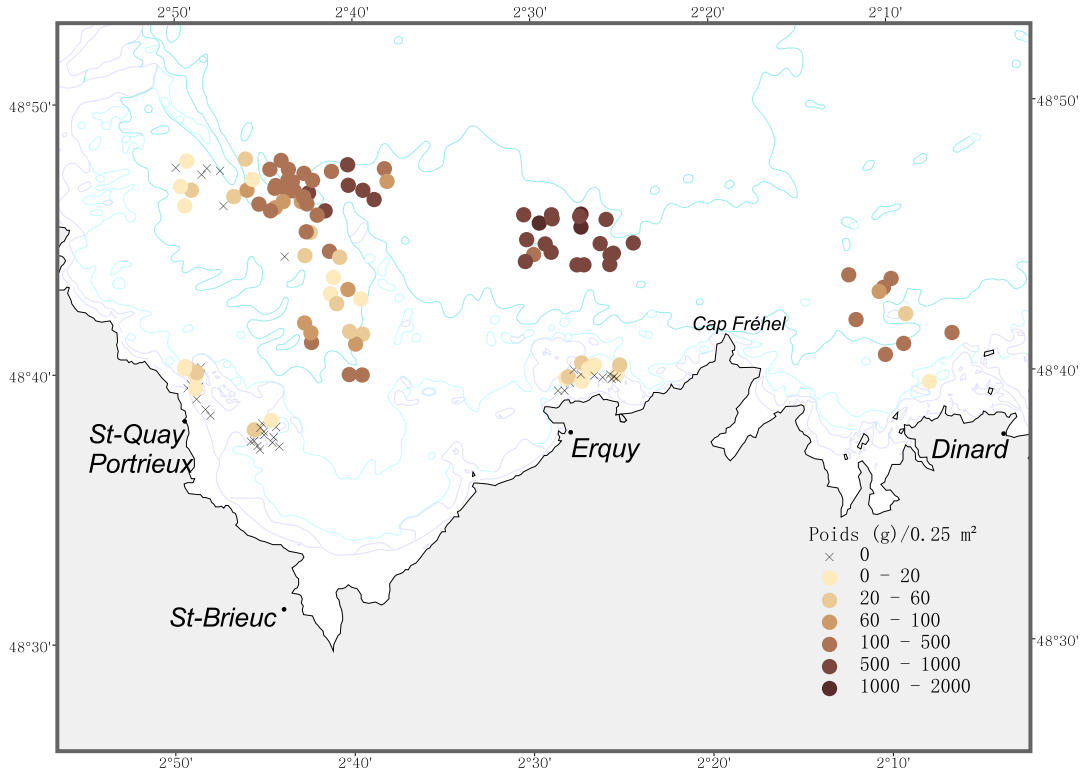


Carte 7 : Densité moyenne par station des amandes de mer - Baie de St-Brieuc – St-Malo

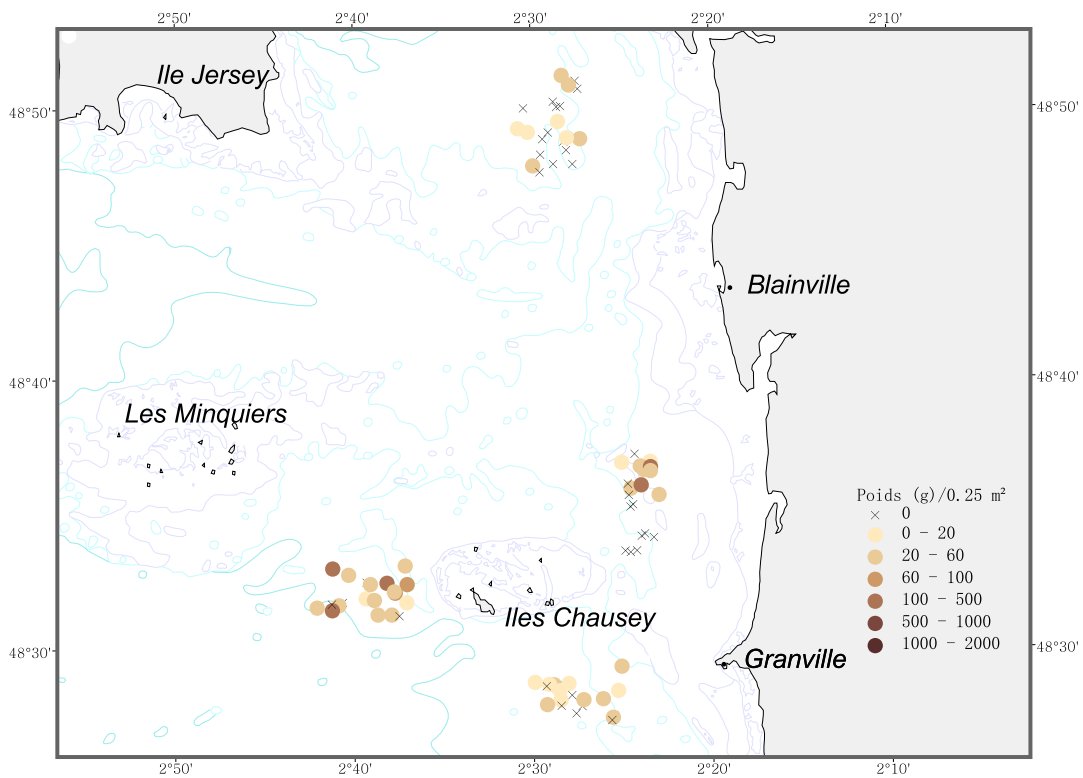


Carte 8 : Densité moyenne par station des amandes de mer – Chausey – Jersey





**Carte 9 : Biomasse moyenne par station des amandes de mer - Baie de St-Brieuc – St-Malo**



**Carte 10 : Biomasse moyenne par station des amandes de mer - Chausey – Jersey**

### 2.2.2. Structure en taille

Les résultats sont exprimés en pourcentages du nombre total d'individus récoltés dans chaque strate. Les flèches vertes indiquent la taille minimale de capture, soit 40 mm. Les structures de taille ne sont pas représentées lorsque l'effectif total dans la strate est inférieur à 10 individus.

#### Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)

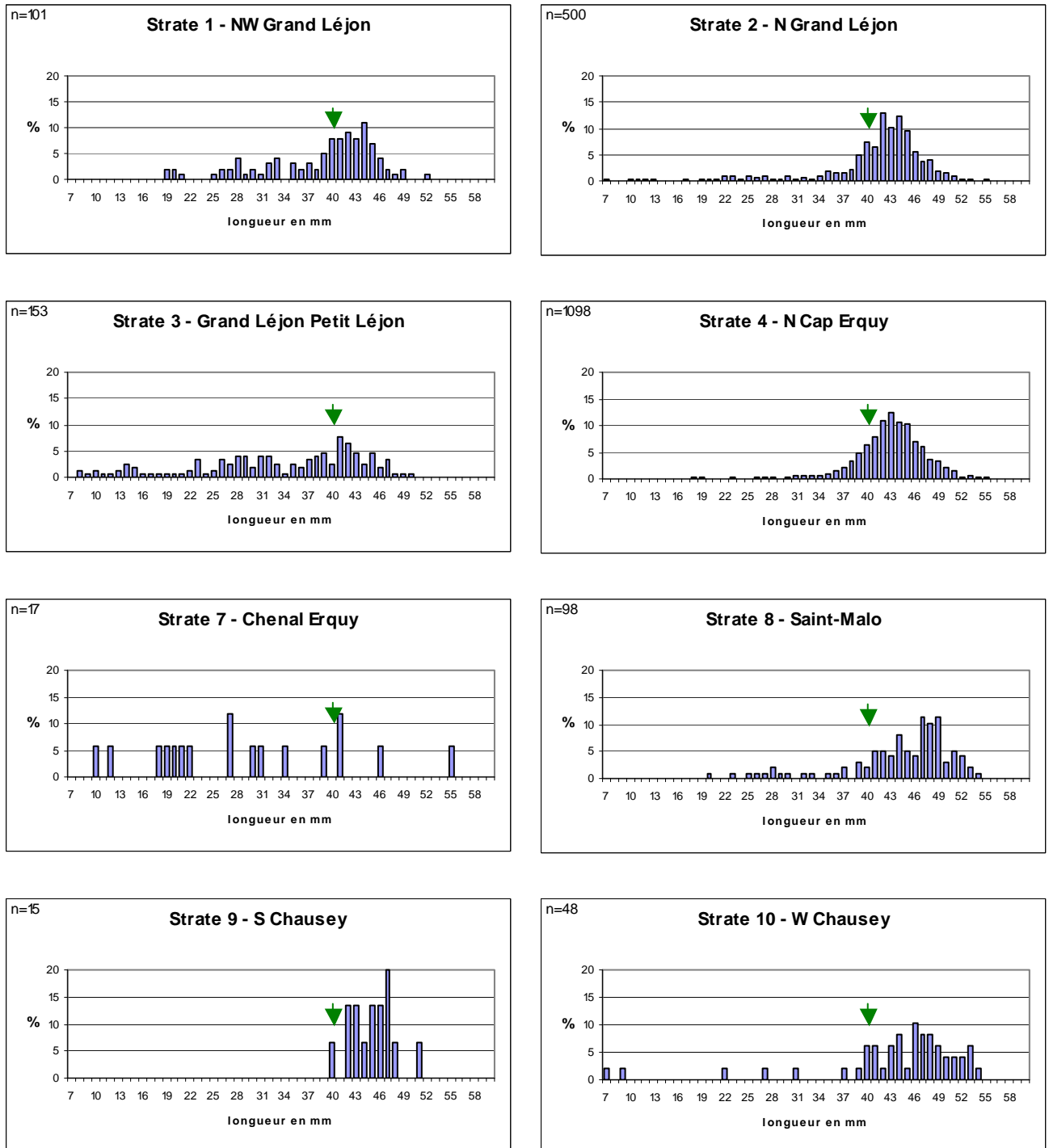


Figure 5 : Structure en taille des amandes de mer par strate

### Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)

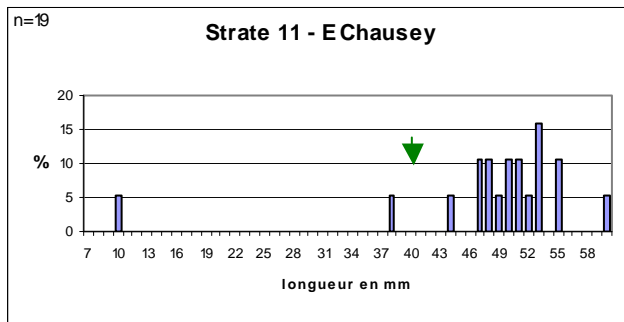


Figure 5 (suite et fin) : Structure en taille des amandes de mer par strate

#### 2.2.3. Commentaires

De la même manière que pour la palourde, les densités d'amandes sont nettement plus importantes en baie de Saint-Brieuc que dans l'Ouest Cotentin.

Dans le secteur Est, les densités dans les zones échantillonnées ne dépassent pas 4 ind./m<sup>2</sup> et la zone la plus densément peuplée correspond à la strate Ouest Chausey.

Les structures de taille des trois strates du secteur mettent en évidence la 'vieillesse' de la population puisque l'on ne trouve pas ou très peu (cas de la strate Ouest Chausey) de jeunes individus (de moins de 40 mm).

Dans le secteur Ouest, les strates Harbour, La Longue et Chenal Erquy présentent les densités les plus faibles (jusqu'à 3 ind./m<sup>2</sup>). Seule la structure de taille de Chenal Erquy est présentée (les autres ne sont pas représentatives) et indique cette fois la présence de jeunes individus, signe d'un renouvellement de la population.

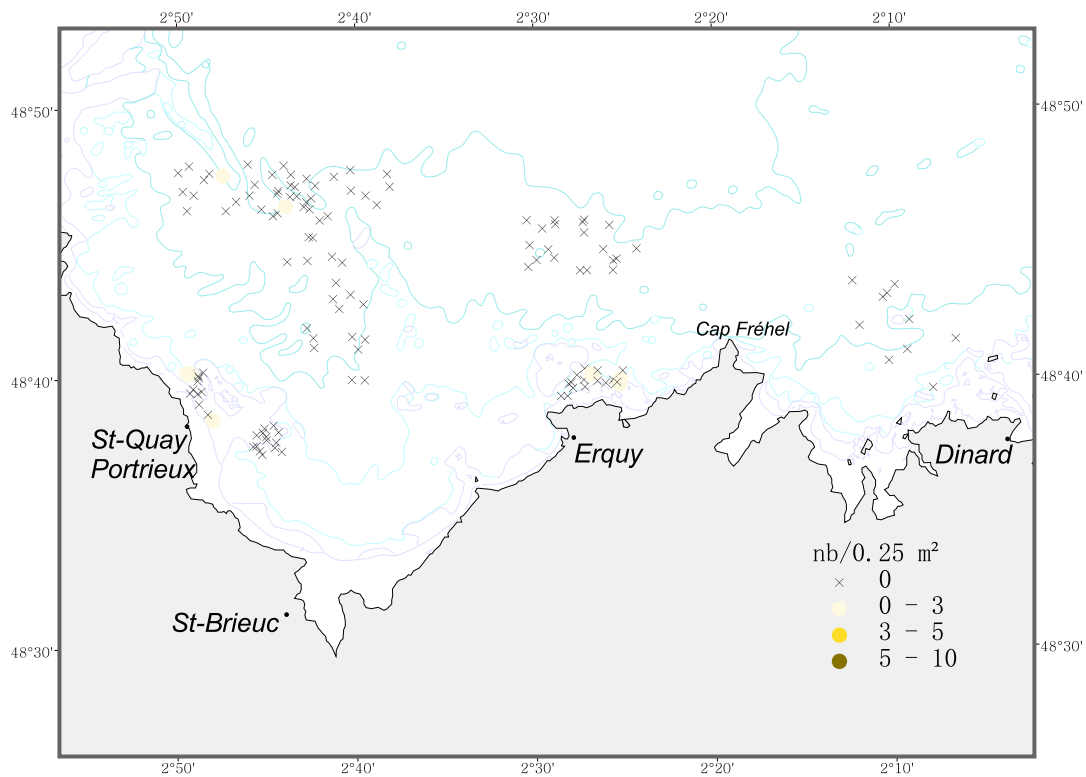
Les strates Nord Ouest Grand Léjon, Nord Grand Léjon et Nord Cap Erquy montrent un gradient de densité croissant de l'Ouest (0 – 3 ind./m<sup>2</sup>) vers l'Est (49 ind./m<sup>2</sup>).

On observe sur cet ensemble de strates ainsi que sur la strate Grand Léjon Petit Léjon que la proportion de jeunes individus (de taille inférieure à 40 mm) diminue à mesure que les densités augmentent.

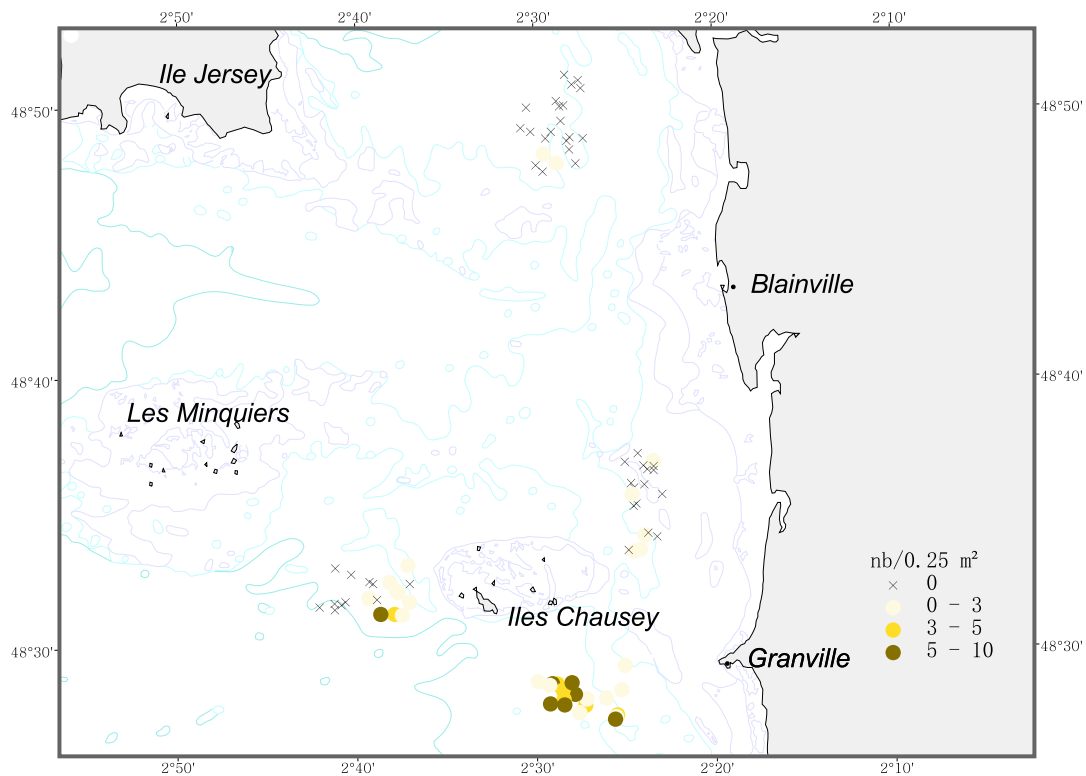
La croissance de l'amande de mer est lente et les juvéniles mettent environ 4 à 6 ans pour atteindre 20 mm, taille à partir de laquelle notre échantillonnage est estimé efficace à 100 %. Nous ne pouvons donc pas nous prononcer sur le recrutement biologique des années précédentes.

## 2.3. Spisule

### 2.3.1. Répartition géographique – Densité et biomasse

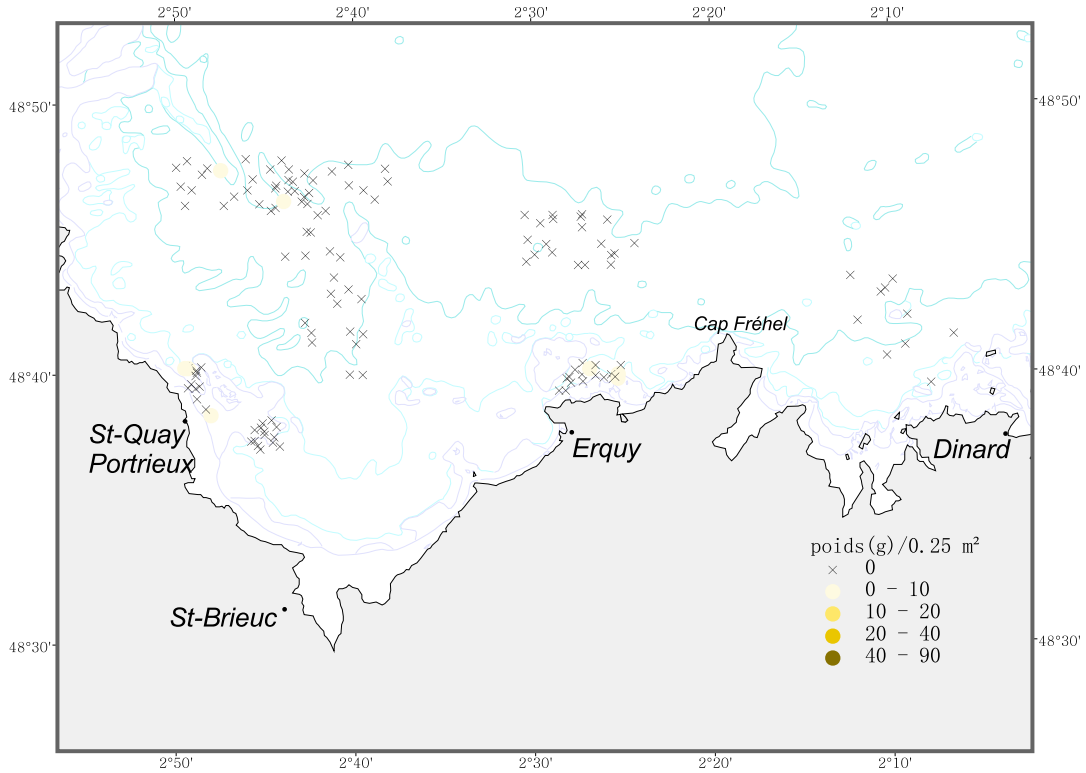


Carte 11 : Densité moyenne par station des spisules – Baie de St-Brieuc – St-Malo

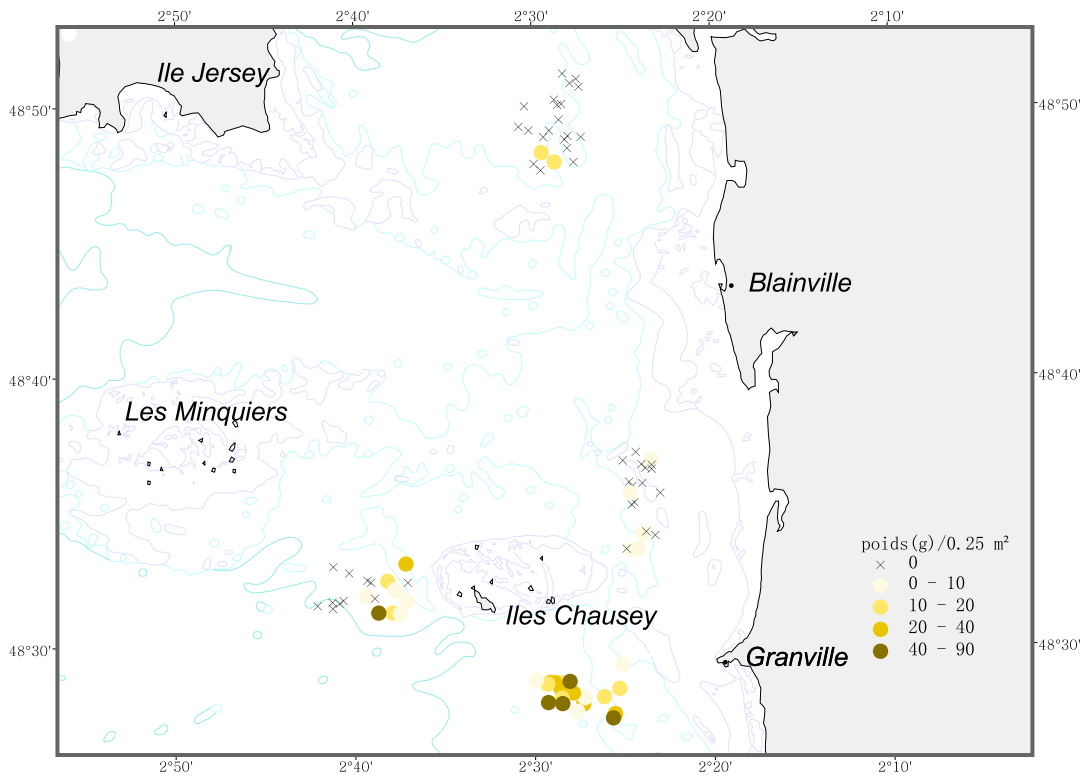


Carte 12 : Densité moyenne par station des spisules – Chausey – Jersey





Carte 13 : Biomasse moyenne par station des spicules - Baie de St-Brieuc – St-Malo

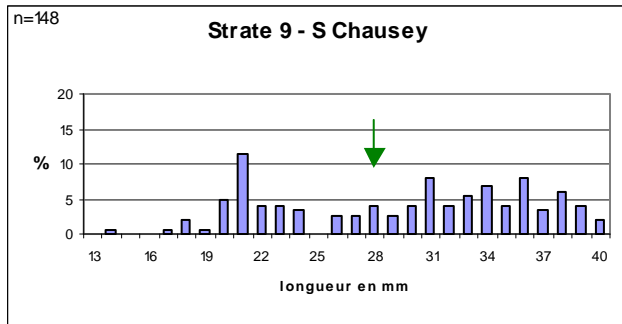


Carte 14 : Biomasse moyenne par station des spicules - Chausey – Jersey

### 2.3.2. Structure en taille et en âge

Seules les strates 9 et 10 ont un effectif assez important (supérieur à 10 ind.) pour établir la structure en taille et en âge. Il s'agit toujours de pourcentage du nombre total d'individus dans chaque strate. Les flèches vertes indiquent la taille minimale de capture, soit 28 mm.

#### Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)



#### Structure en âge (exprimée en % de l'effectif total)

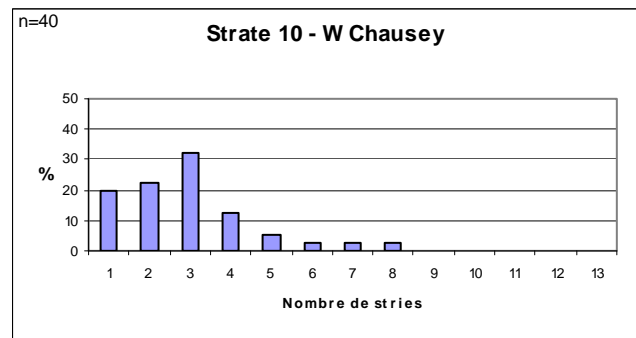
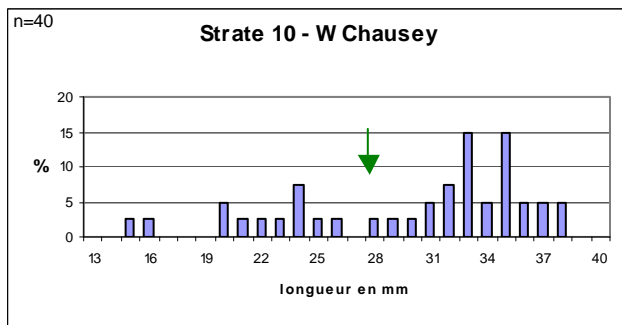
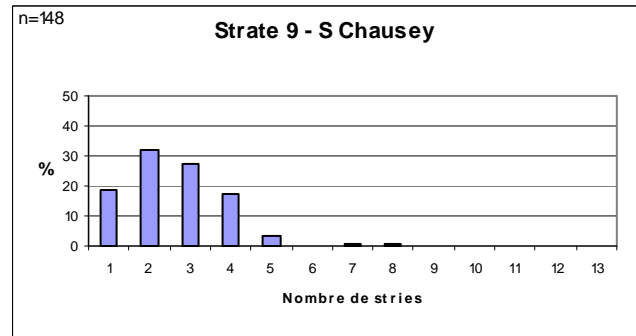


Figure 6 : Structure en taille et en âge des spisules

### 2.3.3. Commentaires

La spisule est très rare dans le secteur Ouest de notre étude (baie de Saint-Brieuc, Saint-Malo). On la retrouve dans 8 stations dans les strates Harbour, Nord Ouest Grand Léjon, Nord Grand Léjon et Chenal Erquy avec une densité maximale de 2 ind./0,25 m<sup>2</sup>.

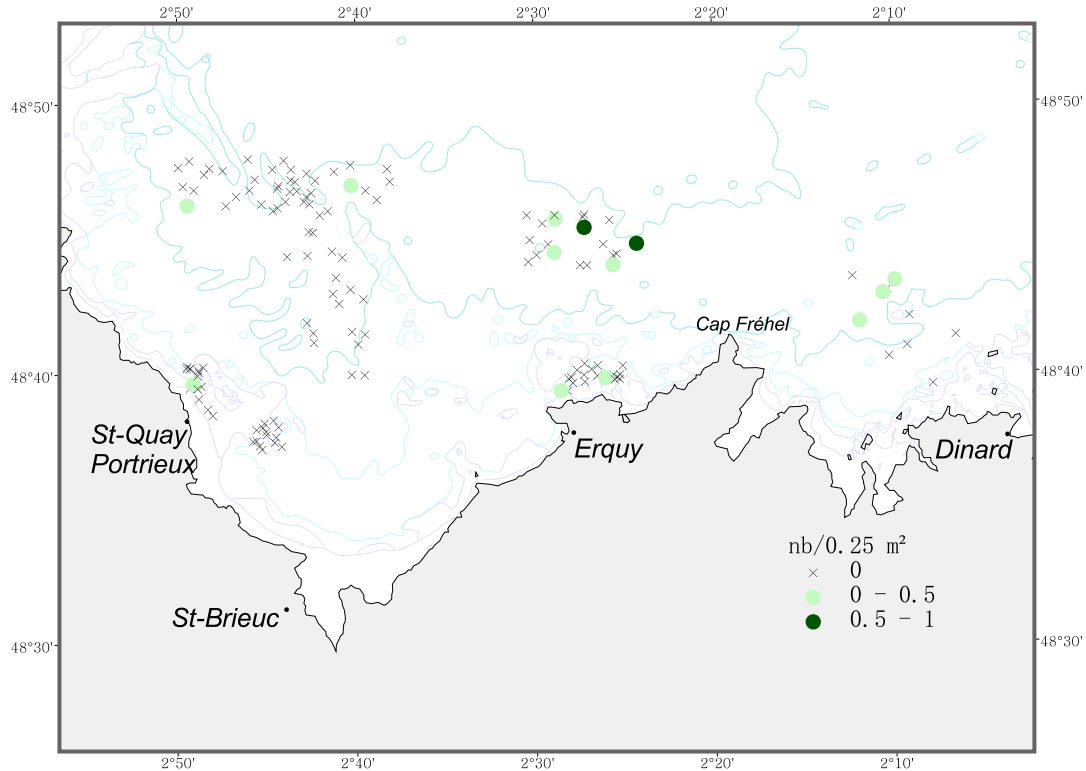
Dans le secteur Est (Ouest Cotentin), elle est assez anecdotique dans les strates Est Chausey et Jersey Cotentin, plus régulière et abondante dans les strates Sud et Ouest Chausey (jusqu'à 8,5 ind./m<sup>2</sup>).

Il faut signaler tout de même que notre échantillonnage était principalement conçu pour une évaluation de la palourde rose et de l'amande de mer. En outre, la spisule est une espèce particulièrement délicate à échantillonner du fait de sa répartition en taches (David et al, 1997). Nous ne pouvons donc pas nous prononcer sur la structure démographique des populations.

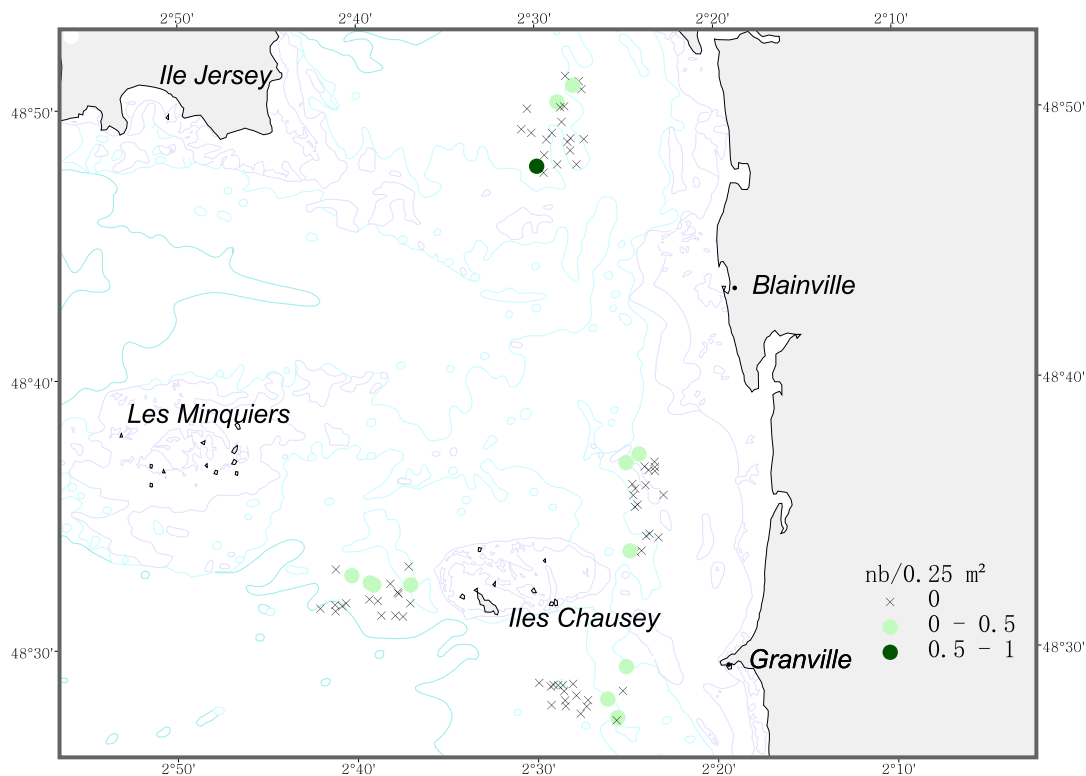


## 2.4. Praire

### 2.4.1. Répartition géographique – Densité et biomasse

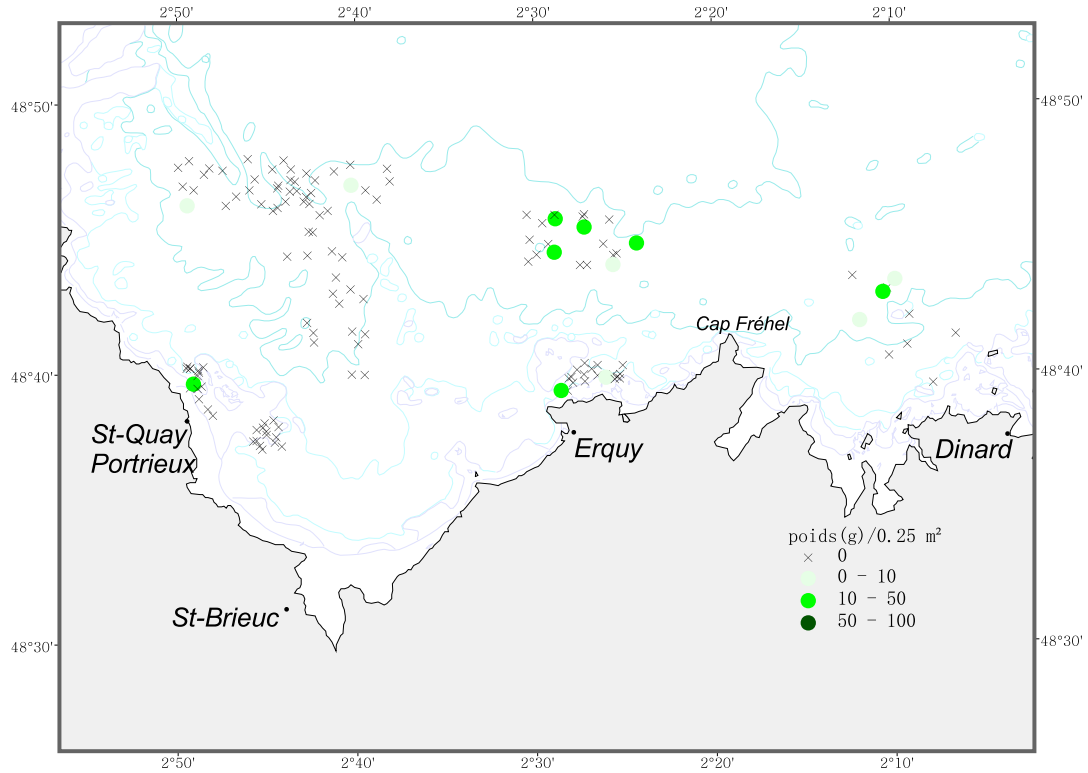


Carte 15 : Densité moyenne par station des praires - Baie de St-Brieuc – St-Malo

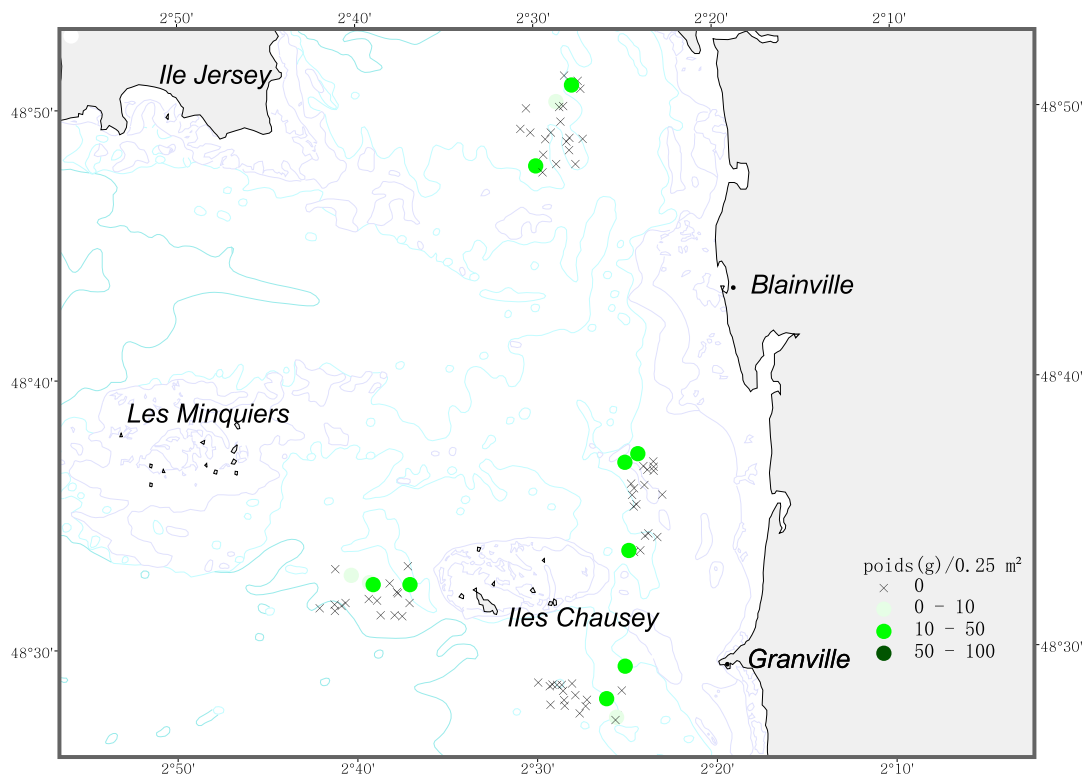


Carte 16 : Densité moyenne par station des praires - Chausey – Jersey





Carte 17 : Biomasse moyenne par station des prairies - Baie de St-Brieuc – St-Malo



Carte 18 : Biomasse moyenne par station des prairies - Chausey – Jersey



### 2.4.2. Structure en taille

#### Structure en taille (exprimée en % de l'effectif total)

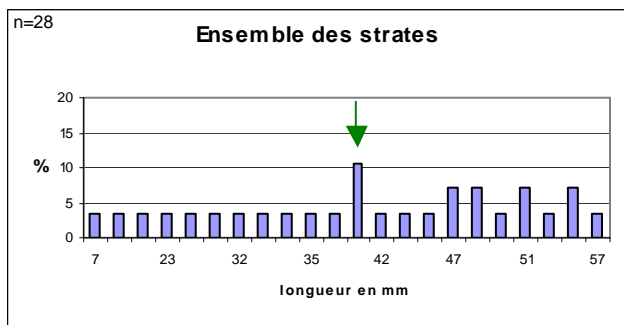


Figure 7 : Structure en taille des praires

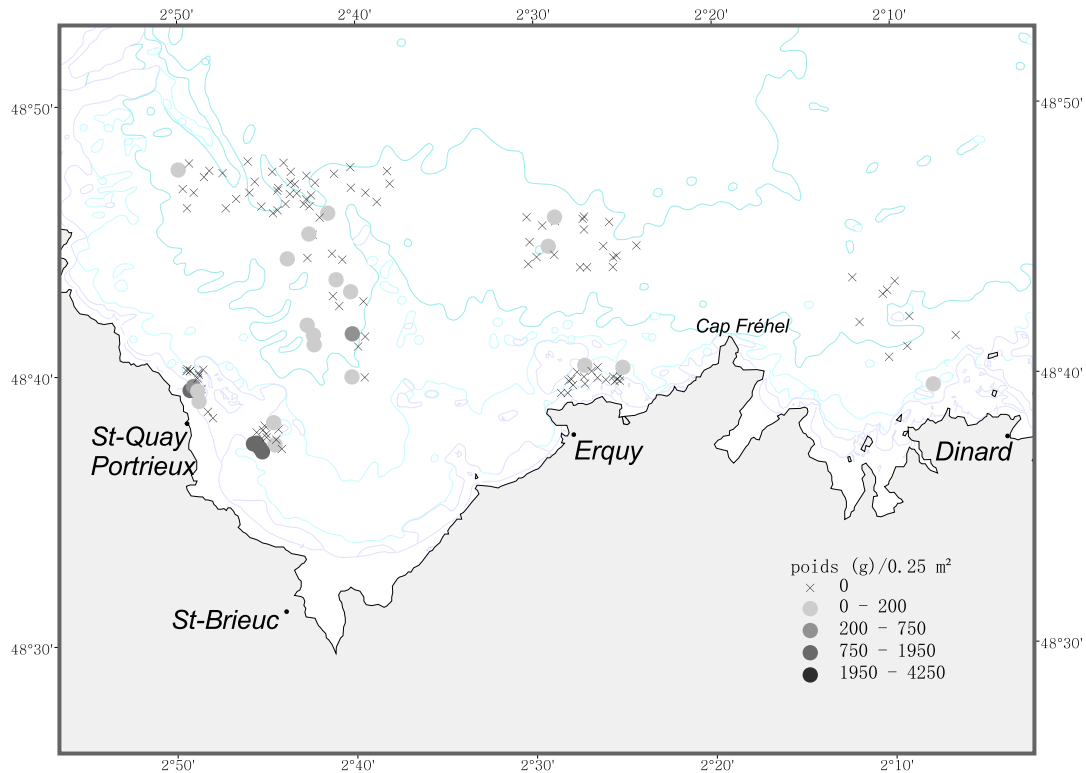
### 2.4.3. Commentaires

La technique d'âgeage consiste à scier une valve sur sa tranche et à lire le nombre de stries. Cette technique nécessitant du temps, l'âgeage n'a pas encore été réalisée à ce jour.

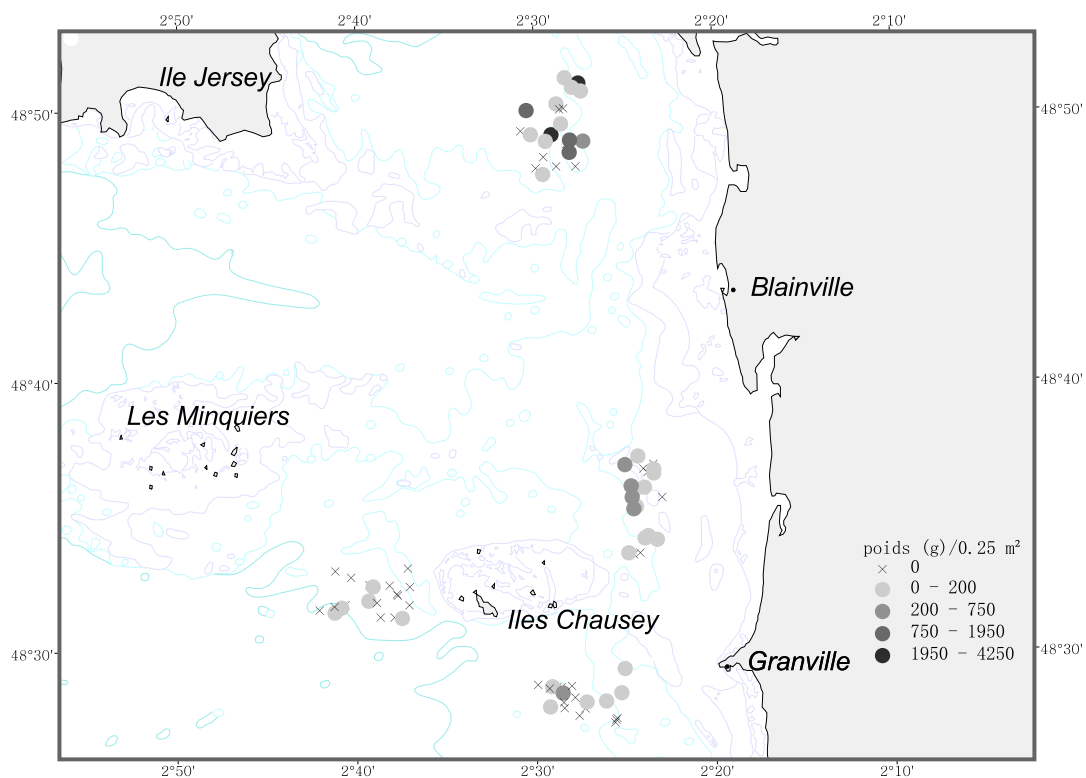
Les densités de praires sont extrêmement faibles comparées à celles des autres bivalves étudiés, puisqu'elles ne dépassent pas 1 ind./0,25 m<sup>2</sup>. Elle est cependant présente sur l'ensemble des secteurs échantillonnés, à l'exception des strates La Longue et Grand Léjon Petit Léjon, quelle que soit la densité des autres bivalves et l'espèce dominante sur la strate considérée. Aucune évolution positive de l'abondance n'est observée depuis 1994. Les captures de cette espèce qui ont culminé autour de 4500 tonnes au début des années 1980 représentent actuellement moins de 500 tonnes.

## 2.5. Crépidule

### 2.5.1. Répartition géographique – Biomasse



Carte 19 : Biomasse moyenne par station des crépidules - Baie de St-Brieuc – St-Malo



Carte 20 : Biomasse moyenne par station des crépidules - Chausey – Jersey



### 2.5.2. Commentaires

Il est intéressant de connaître la biomasse des crépidules sur les strates étudiées car cette espèce proliférante a certainement une influence sur la répartition des autres bivalves (compétition spatiale et trophique).

Dans le secteur Est, la crépidule est présente dans toutes les strates. Les biomasses les plus importantes sont observées au niveau de la strate Jersey Cotentin.

Dans le secteur Ouest, elle est anecdotique sur l'ensemble des strates à l'exception des strates La Longue, Harbour et en quantité moindre sur la strate Grand Léjon Petit Léjon. Rappelons que les méthodes d'échantillonnage utilisés lors de cette campagne ne sont pas adaptées pour prélever les crépidules et ces résultats apportent peu aux connaissances déjà acquises suite aux travaux de Blanchard et Hamon.



### 3. Evaluations locales des densités et biomasses

Seules les évaluations des densités et biomasses des palourdes et amandes de mer sont réalisées. D'autre part, ce calcul ne constituait pas le principal objectif de la mission, nous l'avons effectué seulement pour les strates qui s'y prêtaient.

#### 3.1. Palourde rose

Strate	Surf. (km <sup>2</sup> )	Dens. moy. /0,25 m <sup>2</sup>	Nbre tot. d'ind. (M)	incert. %	Nbre d'ind. exp. (M)	Biom. exp. (T)
NW Grand Léjon	27	6,2 +/- 1,4	676 +/- 156	23	381	5511
N Grand Léjon	27	7,2 +/- 2,5	780 +/- 269	34	463	6625
Gd Léjon Pt Léjon	45	2,7 +/- 1,2	484 +/- 213	44	270	4242
N Cap Erquy	36	7,3 +/- 1,7	1058 +/- 249	24	336	4047
Harbour	7	non signif.	non signif.		non signif.	non signif.
La Longue	5	non signif.	non signif.		non signif.	non signif.
Chenal Erquy	9	13,4 +/- 6,5	474 +/- 232	49	228	3516
Baie Saint-Malo	79	non signif.	non signif.		non signif.	non signif.
S Chausey	27	3,2 +/- 1,5	342 +/- 166	48	22	340
W Chausey	27	5,5 +/- 1,4	603 +/- 155	26	80	894
E Chausey	18	1,3 +/- 1	91 +/- 72	80	13	156
Jersey Cotentin	36	1,1 +/- 0,4	158 +/- 62	39	3	38

exp. = exploitable, M = Millions et T = Tonnes

Tableau 3 : Evaluation des densités et biomasses par strate

#### 3.2. Amande de mer

Strate	Surf. (km <sup>2</sup> )	Dens. moy. /0,25 m <sup>2</sup>	Nbre tot. d'ind. (M)	incert. %	Nbre d'ind. exp. (M)	Biom. exp. (T)
NW Grand Léjon	27	3 +/- 1,7	326 +/- 181	55	197	5445
N Grand Léjon	27	13,8 +/- 4,5	1502 +/- 494	33	1157	33434
Gd Léjon Pt Léjon	45	4,4 +/- 1,7	797 +/- 306	38	286	7909
N Cap Erquy	36	28,9 +/- 4,3	4187 +/- 620	15	3489	103704
Harbour	7	non signif.	non signif.		non signif.	non signif.
La Longue	5	non signif.	non signif.		non signif.	non signif.
Chenal Erquy	9	0,5 +/- 0,4	17 +/- 14	84	4	135
Baie Saint-Malo	79	non signif.	non signif.		non signif.	non signif.
S Chausey	27	0,4 +/- 0,2	41 +/- 18	45	41	1273
W Chausey	27	1,3 +/- 0,6	144 +/- 64	44	123	4319
E Chausey	18	0,5 +/- 0,4	36 +/- 26	73	32	1495
Jersey Cotentin	36	0,2 +/- 0,1	30 +/- 16	55	22	934

exp. = exploitable, M = Millions et T = Tonnes

Tableau 4 : Evaluation des densités et biomasses par strate

Ces chiffres correspondent à un état des lieux dans les strates en mai 2002. L'incertitude calculée pour chaque strate pour les effectifs totaux, peut être répercutée sur les effectifs et biomasses exploitables en première approximation (cf 1.7.2 : Effectif et biomasse exploitables).

Le calcul des intervalles de confiance (95%) calculés pour les densités moyennes et les effectifs totaux de chaque strate est basé sur la variance existant entre les deux prélèvements pour chaque station, et sur la variance existant entre les différentes stations. On observe que les chiffres obtenus révèlent une incertitude importante sur les effectifs calculés : 45 % en moyenne pour la palourde et 52% pour l'amande. De manière générale, l'incertitude augmente lorsque l'effectif total diminue.

On admet ici l'hypothèse que la population est uniformément répartie sur l'ensemble de la strate. Ce n'est pas forcément le cas car :

- la couverture sédimentaire de la strate n'est pas forcément homogène et donc pas forcément propice à la vie des bivalves fouisseurs sur toute sa surface. C'est le cas des strates Harbour et La Longue qui présentent des fonds en partie rocheux. Le calcul d'évaluation de biomasse n'est donc pas significatif.
- les populations peuvent ne pas être réparties de manière homogène sur l'ensemble de la strate (cas de la strate NW Grand Léjon : gradient de densité pour les amandes de mer).

Ces résultats sont donc à interpréter avec une extrême prudence.

Concernant la strate Saint Malo, le taux d'échantillonnage par rapport à la surface de la strate est trop faible pour un calcul d'évaluation réaliste.

## Conclusion

La campagne BIVALVES2002 avait pour but d'évaluer les répartitions et densités de la palourde rose et de l'amande de mer principalement, dans des secteurs identifiés en 1993-1994 comme riches en l'une et/ou l'autre de ces espèces. Le présent rapport nous permet d'exposer les résultats obtenus en termes d'abondance, de structure démographique et d'évaluation des biomasses exploitables.

En baie de St Brieuc, l'amande de mer et la palourde rose se concentrent dans les parties Nord et Est. On observe un gradient de densité croissante d'Ouest en Est de l'amande de mer qui constitue l'espèce dominante au large d'Erquy. La palourde est dominante dans le chenal d'Erquy. Contrairement à la partie Est où les amandes de mer et palourdes roses se partagent entre les deux strates échantillonnées, dans la partie Nord, les deux espèces sont abondantes et la densité de l'une ne semble pas influencer sur la densité de l'autre. La crépidule, quasiment absente dans l'Est et le Nord du secteur, apparaît au Sud de la strate Grand Léjon Petit Léjon pour dominer dans le Sud Ouest de la baie au niveau des strates Harbour et La Longue. L'amande et la palourde y sont faiblement représentées. La spisule et la praire sont anecdotiques sur l'ensemble des strates de la baie.

Dans le Sud de la baie n'apparaissent que des jeunes palourdes (recolonisation progressive d'une zone dominée par la crépidule?) alors que les structures démographiques de l'espèce sont plus équilibrées dans le Nord et l'Est.

Les populations d'amandes sont âgées sur l'ensemble de la zone. En outre la proportion des jeunes individus diminue lorsque les densités augmentent. Il se peut que l'installation des juvéniles soit rendue impossible par les fortes densités d'adultes déjà présents, les noyaux de fortes densités (strates Nord Grand Léjon et Nord Cap Erquy) vieilliraient progressivement tandis que les jeunes individus seraient présents sur le pourtour de ces noyaux (NW Grand Léjon et Grand Léjon Petit Léjon).

Globalement, la situation en baie de St Brieuc paraît donc assez proche de celle observée en 1993 et 1994 (Noël et al., 1995).

Dans la baie de Saint-Malo, la palourde et l'amande sont en densités importantes. Les structures démographiques des populations d'amandes et de palourdes sont comparables à celles du NW de la baie de St Brieuc. La spisule, la praire et la crépidule y sont inexistantes (dans les zones étudiées).

La crépidule est très présente au niveau de la strate Jersey Cotentin. Les densités de palourdes et d'amandes y sont faibles, et la spisule et la praire sont rares. Il semble y avoir eu diminution notable de la quantité de palourdes depuis les campagnes de 1993 et 1994 (Noël et al, 1995) et la structure démographique de l'espèce indique une mortalité importante des individus de plus de 2 ans. Concernant l'amande il semble y avoir peu de changements depuis 1993-1994.

A l'Est de Chausey, la crépidule est également présente dans les strates Est et Sud Chausey. Dans la première elle semble être dominante. Les densités de spisules, d'amandes et de palourdes y sont faibles, tandis que dans la deuxième, elle cohabite avec des palourdes et des amandes en quantité plus importante et une forte concentration de spisules. Au niveau de la strate Ouest Chausey, la crépidule a quasiment disparu, et les densités de palourdes et d'amandes ont augmenté. Là encore on observe une tache importante de spisules.

Ici également les populations d'amandes semblent vieillissantes, particulièrement dans les strates Sud et Est Chausey. Concernant la palourde, les structures démographiques sont proches de celles





observées plus au Nord. Les populations sont très jeunes puisqu'il n'y a quasiment pas d'individus de plus de 2 ans.

La répartition de la palourde rose et de l'amande autour de Chausey semble être à peu près la même que lors des dernières campagnes.

La prochaine étape (en cours) de ce travail est de procéder à une comparaison systématique des résultats obtenus avec ceux des campagnes précédentes (entre 1982 et 1998), afin de reconstituer l'évolution à long terme des populations de palourdes roses et d'amandes de mer dans le golfe normand-breton. Ces résultats devront être mis en parallèle avec les données existantes sur les autres mollusques importants (crépidule, coquille Saint-Jacques ..) pour mieux comprendre les interactions entre espèces et les stratégies de vie de chacune, ainsi qu'avec les données existantes sur l'exploitation de ces espèces dans le but d'évaluer l'impact de la pêche dans l'évolution de ces populations.

## Bibliographie

**Berthou P., 1987.** Perspectives d'évaluation des petits bivalves. Rapport DRV-87/010- RH Brest. 27p.

**David P., Berthou P. et Noël P., 1997.** Patchy recruitment patterns in marine invertebrates : a spatial test of the density-dependent hypothesis in the bivalve *Spisula solida*. *Oecologia* 111 : 331-340.

**Fifas S., 1991.** Analyse et modélisation des paramètres d'exploitation du stock de coquilles Saint-Jacques (*Pecten maximus*, L.) en baie de Saint-Brieuc (Manche Ouest, France). Thèse de l'Université de l'UBO, 422 p.

**Noël P., Blanchard M. et Berthou P., 1995.** Cartographie et évaluation des principaux mollusques filtreurs du golfe normand-breton. Rapport interne DEL-DRV/RH/95.11. 31 p.

## Annexe 1 : Position des stations, poids des crépidules et granulométrie

station	date	latitude	longitude	prof (m)	nature sédt	poids (g) crépidules	abondance de 0 à 3						
							cailloutis Blocs 2-20 cm	graviers 2 mm - 2 cm	sables moyens grossiers 200 µ - 2 mm	sables fins 63 - 200 µ	silts inf 63 µ	débris coquilliers	maerl vivant
1	06/05/2002	48°47.61	-2°44.67	33	B	0	0	3	2	2	1	3	0
2	03/05/2002	48°46.32	-2°45.30	37	B	0	0	2	3	2	1	3	1
3	02/05/2002	48°47.99	-2°46.04	34	B	0	1	3	2	2	1	2	1
4	03/05/2002	48°46.27	-2°47.29	37	B	0	0	2	2	3	2	3	0
5	02/05/2002	48°46.26	-2°49.46	33	B	0	0	2	2	3	1	2	1
6	03/05/2002	48°46.61	-2°46.71	35	B	0	0	2	2	2	1	3	0
7	03/05/2002	48°46.84	-2°45.96	38	B	0	0	2	2	2	1	3	0
8	02/05/2002	48°47.42	-2°48.50	34	B	0	1	2	1	3	1	3	1
9	03/05/2002	48°46.18	-2°44.38	36	B	0	0	1	3	2	1	2	0
10	02/05/2002	48°47.68	-2°49.95	34	B	80 / éch	1	1	1	3	1	2	1
11	02/05/2002	48°47.93	-2°49.34	35	B	0	1	1	2	3	1	3	3
12	02/05/2002	48°47.65	-2°48.20	35	B	0	0	2	1	3	1	3	1
13	02/05/2002	48°47.57	-2°47.46	19	B	0	0	3	2	2	1	2	1
14	03/05/2002	48°47.24	-2°45.67	37	B	0	0	2	2	2	1	3	0
15	02/05/2002	48°46.85	-2°49.08	34	B	0	1	2	2	3	1	3	1
16	02/05/2002	48°46.07	-2°44.64	32	B	0	0	1	2	3	1	1	1
17	02/05/2002	48°46.98	-2°49.70	32	B	0	0	2	2	3	1	2	1
18	03/05/2002	48°47.01	-2°44.34	37	B	0	0	2	3	2	1	2	0
19	02/05/2002	48°47.94	-2°44.04	37	B	0	0	3	2	2	1	3	0
20	03/05/2002	48°46.91	-2°44.40	37	B	0	0	2	3	2	1	3	0
21	03/05/2002	48°47.01	-2°40.27	29	B	0	0	2	3	1	1	3	0
22	03/05/2002	48°47.77	-2°40.31	34	B	0	0	2	3	1	1	3	0
23	03/05/2002	48°46.73	-2°42.50	34	B	0	1	2	3	2	1	3	0
24	03/05/2002	48°46.47	-2°38.83	29	B	0	0	2	3	2	1	3	1
25	02/05/2002	48°47.15	-2°43.42	33	B	0	0	2	3	1	1	2	0
26	03/05/2002	48°47.62	-2°38.24	36	B	0	0	3	3	1	1	3	0
27	02/05/2002	48°46.79	-2°43.69	31	B	0	0	2	1	1	1	3	0
28	02/05/2002	48°46.41	-2°43.94	30	B	0	0	2	3	2	1	1	0
29	03/05/2002	48°47.21	-2°43.66	37	B	0	0	1	3	1	1	3	0
30	02/05/2002	48°47.61	-2°43.63	34	B	0	0	3	2	2	1	3	0
31	03/05/2002	48°46.81	-2°43.31	33	B	0	0	2	3	2	1	3	0
32	05/05/2002	48°46.41	-2°42.91	35	B	0	0	3	3	1	1	3	0
33	03/05/2002	48°47.20	-2°42.27	36	B	0	0	2	3	1	1	3	0
34	03/05/2002	48°47.53	-2°41.21	31	B	0	0	1	3	1	0	3	0
35	03/05/2002	48°46.82	-2°39.46	30	B	0	0	2	3	2	2	3	0
36	05/05/2002	48°46.33	-2°42.61	35	B	0	0	3	3	1	1	1	3
37	03/05/2002	48°47.15	-2°38.10	35	B	0	0	2	3	2	1	3	1
38	02/05/2002	48°47.46	-2°42.76	33	B	0	0	2	3	1	1	3	0
39	05/05/2002	48°46.58	-2°42.79	36	B	0	0	3	3	1	1	3	0
40	05/05/2002	48°46.07	-2°41.58	34	B	3	0	2	3	1	1	3	0
41	05/05/2002	48°41.50	-2°39.52	23	B	0	0	1	2	2	1	2	0
42	03/05/2002	48°43.60	-2°41.14	32	B	45 / éch	0	0	3	2	1	2	0
43	05/05/2002	48°41.12	-2°39.90	25	B	0	0	0	1	3	1	2	0
44	05/05/2002	48°44.57	-2°41.35	30	B	0	0	2	3	1	1	3	0
45	03/05/2002	48°43.00	-2°41.30	32	B	0	0	1	3	2	1	1	0
46	05/05/2002	48°45.91	-2°42.02	35	B	0	0	2	3	1	1	3	1
47	03/05/2002	48°44.41	-2°42.72	32	B	0	0	1	3	2	1	3	0
48	05/05/2002	48°44.35	-2°40.77	31	B	0	0	2	3	1	0	3	1
49	05/05/2002	48°42.80	-2°39.60	25	B	0	0	1	2	2	0	2	0
50	03/05/2002	48°41.19	-2°42.37	27	B	45	0	0	3	2	1	1	0
51	05/05/2002	48°45.27	-2°42.43	31	B	0	0	2	3	1	1	3	0
52	03/05/2002	48°42.62	-2°40.96	31	B	0	0	0	3	2	1	1	0
53	05/05/2002	48°39.98	-2°39.55	22	B	0	0	0	1	3	1	2	0
54	03/05/2002	48°45.29	-2°42.64	34	B	15	0	1	3	2	1	3	0
55	03/05/2002	48°41.92	-2°42.75	29	B	45	1	1	3	2	1	1	0
56	05/05/2002	48°43.15	-2°40.32	27	B	185	0	1	2	2	0	2	0
57	03/05/2002	48°44.38	-2°43.86	34	B	15	0	0	3	2	1	3	0
58	05/05/2002	48°41.59	-2°40.23	25	B	825 / éch	0	1	2	2	1	1	2
59	05/05/2002	48°39.99	-2°40.26	22	B	3	0	0	1	3	1	2	0
60	03/05/2002	48°41.55	-2°42.40	29	B	30	0	0	3	2	1	1	0
61	05/05/2002	48°44.79	-2°26.16	37	B	0	0	2	2	1	3	3	1
62	05/05/2002	48°44.01	-2°27.08	35	B	0	0	2	2	1	3	3	1
63	11/05/2002	48°44.79	-2°29.23	30	B	40	0	2	2	1	0	3	1
64	05/05/2002	48°44.81	-2°24.30	37	B	0	2	2	1	3	0	2	1
65	05/05/2002	48°45.57	-2°29.56	36	B	0	0	0	3	1	1	3	0
66	11/05/2002	48°44.40	-2°29.88	31	B	0	0	1	2	1	1	3	1
67	05/05/2002	48°44.02	-2°27.46	34	B	0	0	0	0	0	0	0	0
68	05/05/2002	48°44.44	-2°25.41	37	B	0	0	3	2	1	1	3	1
69	11/05/2002	48°44.49	-2°28.91	27	B	0	1	2	2	1	2	3	1



station	date	latitude	longitude	prof (m)	nature séd	poids (g) crépidules	abondance de 0 à 3						
							cailloutis Blocs 2-20 cm	graviers 2 mm - 2 cm	sables moyens grossiers 200 µ - 2 mm	sables fins 63 - 200 µ	silts inf 63 µ	débris coquilliers	maerl vivant
70	11/05/2002	48°44.96	-2°30.28	30	B	0	0	3	2	1	0	3	2
71	05/05/2002	48°45.41	-2°27.22	37	B	0	0	2	3	1	1	3	0
72	05/05/2002	48°44.37	-2°25.61	37	B	0	0	2	2	1	2	3	1
73	05/05/2002	48°45.73	-2°28.83	36	B	0	0	2	3	1	1	3	1
74	11/05/2002	48°44.15	-2°30.36	30	B	0	0	0	2	1	2	3	2
75	05/05/2002	48°45.89	-2°27.21	38	B	0	0	2	3	1	1	3	0
76	05/05/2002	48°44.01	-2°25.62	36	B	0	0	2	2	1	3	3	1
77	05/05/2002	48°45.88	-2°28.87	36	B	20	0	2	3	1	1	3	1
78	05/05/2002	48°45.88	-2°30.43	35	B	0	0	0	3	1	1	3	0
79	05/05/2002	48°45.80	-2°27.29	37	B	0	0	2	3	1	1	3	0
80	05/05/2002	48°45.69	-2°25.81	38	B	0	1	2	2	1	2	3	0
81	04/05/2002	48°39.11	-2°48.81	11	B	15	1	3	1	1	1	1	1
82	04/05/2002	48°40.24	-2°49.31	14	B	0	0	3	3	2	2	2	1
83	04/05/2002	48°40.25	-2°49.30	14	B	0	0	3	3	2	2	2	1
84	04/05/2002	48°39.52	-2°49.31	12	B	2300 / éch	0	2	0	3	3	1	1
85	04/05/2002	48°38.49	-2°48.04	10	B	0	0	3	1	1	0	2	2
86	04/05/2002	48°39.58	-2°48.66	14	B	0	0	2	2	1	1	2	2
87	04/05/2002	48°38.72	-2°48.31	9	B	0	0	3	1	1	0	1	1
88	04/05/2002	48°39.66	-2°49.13	12	B	900 / éch	0	2	0	3	3	1	1
89	04/05/2002	48°40.16	-2°48.84	13	B	0	0	3	3	2	2	2	1
90	04/05/2002	48°39.97	-2°48.89	13	B	0	0	2	3	3	2	2	1
91	04/05/2002	48°40.28	-2°48.57	11	B	0	0	2	2	3	3	2	0
92	04/05/2002	48°40.31	-2°49.46	15	B	0	0	3	3	2	2	2	1
93	04/05/2002	48°40.09	-2°48.82	12	B	0	0	2	2	3	3	2	0
94	04/05/2002	48°39.48	-2°48.89	13	B	200	0	2	0	3	2	1	2
95	04/05/2002	48°40.24	-2°49.49	15	B	0	0	3	3	2	2	2	1
96	04/05/2002	48°37.89	-2°45.06	14	B	0	0	1	3	2	1	2	1
97	04/05/2002	48°37.53	-2°45.79	15	B	3300 / éch	0	0	0	2	3	2	0
99	04/05/2002	48°37.49	-2°44.57	15	B	70	0	0	3	1	0	1	0
100	04/05/2002	48°38.06	-2°44.37	16	B	0	0	3	3	2	1	2	1
101	04/05/2002	48°38.20	-2°45.15	11	B	0	0	2	3	1	0	1	2
102	04/05/2002	48°37.24	-2°45.29	18	M	3900 / éch	0	0	0	2	3	3	0
103	04/05/2002	48°37.34	-2°44.19	16	B	0	0	0	3	0	0	1	1
104	04/05/2002	48°37.37	-2°45.41	17	M	3300	0	0	0	2	3	3	0
105	04/05/2002	48°37.55	-2°45.59	16	B	3800	0	0	0	2	3	2	0
106	04/05/2002	48°37.78	-2°45.03	14	B	0	0	1	3	2	1	1	1
107	04/05/2002	48°38.32	-2°44.65	20	B	50	0	3	3	2	1	2	1
108	04/05/2002	48°37.95	-2°45.59	12	B	0	0	1	3	1	0	2	1
109	04/05/2002	48°37.69	-2°44.50	15	B	0	0	1	3	1	0	2	0
110	04/05/2002	48°38.05	-2°45.25	12	B	0	0	2	3	2	1	1	2
111	06/05/2002	48°39.36	-2°28.19	9	B	0	2	3	2	1	1	2	2
112	06/05/2002	48°39.96	-2°25.26	16	B	0	0	1	3	0	1	3	1
113	06/05/2002	48°39.36	-2°28.56	9	B	0	1	3	0	0	3	2	1
114	06/05/2002	48°39.65	-2°27.90	9	B	0	0	3	2	1	0	2	2
115	06/05/2002	48°39.81	-2°28.14	9	B	0	0	3	2	1	0	3	1
116	06/05/2002	48°39.86	-2°28.00	9	B	0	0	3	2	1	0	2	2
117	06/05/2002	48°39.70	-2°27.23	10	B	0	0	3	1	0	2	2	2
118	06/05/2002	48°39.96	-2°27.29	11	B	0	0	3	1	0	1	2	2
119	06/05/2002	48°40.13	-2°27.67	10	B	0	0	3	2	0	2	3	3
120	06/05/2002	48°40.37	-2°27.24	14	B	70	0	3	2	1	1	3	1
121	06/05/2002	48°40.16	-2°26.85	13	B	0	1	3	1	0	2	3	1
122	06/05/2002	48°39.92	-2°26.53	13	B	0	1	3	1	0	2	3	1
123	06/05/2002	48°40.30	-2°26.52	17	B	0	0	3	1	0	1	3	1
124	06/05/2002	48°39.95	-2°25.65	14	B	0	0	0	0	0	2	3	1
125	06/05/2002	48°40.29	-2°25.12	19	B	10	0	0	0	0	0	0	0
126	06/05/2002	48°41.90	-2°11.84	31	B	0	2	3	1	1	1	3	1
127	08/05/2002	48°43.07	-2°10.29	30	M	0	2	3	2	0	1	2	1
128	06/05/2002	48°40.99	-2°09.19	27	B	0	0	2	1	1	2	1	0
129	06/05/2002	48°43.55	-2°12.23	34	B	0	0	2	3	2	2	3	1
130	08/05/2002	48°42.10	-2°09.05	25	B	0	1	3	3	0	2	2	1
131	08/05/2002	48°43.40	-2°09.86	29	B	0	1	3	2	1	2	2	1
132	08/05/2002	48°41.37	-2°06.48	22	M	0	2	3	3	0	1	2	1
133	06/05/2002	48°40.60	-2°10.22	25	B	0	0	2	1	2	2	3	1
134	08/05/2002	48°42.93	-2°10.54	29	B	0	1	2	3	0	1	2	1
135	06/05/2002	48°39.57	-2°07.77	22	B	15	1	3	2	0	0	2	1
136	09/05/2002	48°48.83	-1°43.26	19	B	135	1	2	2	1	1	2	2
137	09/05/2002	48°48.57	-1°44.45	20	B	0	0	2	3	1	0	2	2
138	09/05/2002	48°49.37	-1°45.76	15	B	0	0	3	3	1	2	3	1
139	09/05/2002	48°50.02	-1°42.20	14	B	1	1	2	2	1	2	2	3
140	09/05/2002	48°49.37	-1°46.02	15	B	0	0	2	3	1	2	2	1
141	08/05/2002	48°49.39	-1°46.28	23	B	1	0	0	3	0	0	0	0



station	date	latitude	longitude	prof (m)	nature séd	poids (g) crépidules	abondance de 0 à 3						
							cailloutis Blocs 2-20 cm	graviers 2 mm - 2 cm	sables moyens grossiers 200 µ - 2 mm	sables fins 63 - 200 µ	silts inf 63 µ	débris coquilliers	maerl vivant
142	09/05/2002	48°48.80	-1°44.36	20	B	40	0	1	2	1	2	2	1
143	08/05/2002	48°48.20	-1°42.67	20	M	0	0	2	3	1	0	3	1
144	09/05/2002	48°48.98	-1°45.01	17	B	0	0	2	3	1	0	3	1
145	09/05/2002	48°49.15	-1°45.69	16	B	1500	0	2	2	2	2	3	1
146	08/05/2002	48°48.14	-1°42.73	20	B	0	0	2	3	1	0	3	1
147	08/05/2002	48°49.33	-1°46.43	22	M	0	0	3	2	1	1	2	0
148	08/05/2002	48°49.48	-1°47.07	25	M	0	0	3	2	1	1	2	2
149	09/05/2002	48°48.80	-1°45.64	19	B	0	0	2	3	1	0	2	1
150	09/05/2002	48°48.31	-1°44.78	20	B	0	0	2	3	1	0	2	0
151	09/05/2002	48°49.13	-1°42.40	16	B	350	1	2	2	1	2	2	1
152	09/05/2002	48°49.41	-1°45.19	15	B	0	0	2	2	1	1	2	1
153	09/05/2002	48°48.60	-1°45.61	21	B	0	0	2	3	1	0	2	1
154	08/05/2002	48°48.04	-1°42.78	19	B	0	0	3	3	1	0	2	1
155	09/05/2002	48°48.64	-1°46.41	21	B	1	0	2	3	1	0	2	1
156	08/05/2002	48°52.34	-1°59.27	24	M	0	2	3	2	1	0	1	0
157	09/05/2002	48°52.85	-1°54.87	17	B	0	0	2	3	1	0	3	2
158	08/05/2002	48°53.17	-1°54.20	16	B	0	0	3	2	2	1	2	2
159	09/05/2002	48°52.04	-1°55.07	22	B	0	0	2	3	1	2	2	1
160	08/05/2002	48°53.23	-1°55.32	22	B	0	0	2	3	1	0	2	1
161	08/05/2002	48°53.26	-1°56.47	22	B	0	0	2	3	1	1	2	1
162	08/05/2002	48°52.52	-1°57.82	24	M	0	1	2	3	1	0	2	0
163	08/05/2002	48°53.85	-1°54.30	19	B	0	0	2	3	1	0	2	1
164	08/05/2002	48°52.41	-1°58.05	25	B	2	2	3	3	1	0	2	0
165	08/05/2002	48°52.23	-1°58.43	24	B	2	1	2	3	1	0	3	0
166	09/05/2002	48°52.66	-1°56.51	21	B	40	0	2	3	1	1	2	0
167	09/05/2002	48°52.90	-1°54.93	18	B	0	0	2	3	1	1	3	3
168	08/05/2002	48°53.54	-1°57.48	22	M	0	0	2	3	1	2	2	1
169	08/05/2002	48°52.47	-1°58.43	24	M	0	2	2	2	1	0	2	1
170	09/05/2002	48°52.05	-1°55.85	24	B	0	0	2	3	1	0	3	0
171	08/05/2002	48°52.49	-1°54.23	23	M	0	0	3	2	2	2	2	2
172	09/05/2002	48°52.59	-1°56.06	20	B	0	0	2	3	1	2	3	2
173	08/05/2002	48°53.19	-1°56.26	22	B	45	0	2	3	1	1	2	1
174	08/05/2002	48°53.78	-1°58.38	23	M	0	0	2	3	2	2	2	1
175	09/05/2002	48°52.01	-1°54.65	18	B	80	0	3	3	1	1	3	2
176	10/05/2002	48°56.61	-1°41.52	10	B	150	0	0	3	2	0	3	0
177	10/05/2002	48°57.88	-1°41.27	9	B	200	0	1	2	2	0	2	0
178	10/05/2002	48°54.85	-1°40.94	14	B	170	0	2	3	1	0	2	1
179	11/05/2002	48°56.36	-1°39.93	13	B	0	0	0	3	2	0	2	0
180	10/05/2002	48°54.93	-1°40.76	13	B	85	0	2	3	1	2	2	1
181	10/05/2002	48°57.29	-1°40.76	10	B	0	0	0	43	2	1	3	1
182	09/05/2002	48°54.25	-1°41.57	13	B	0	0	0	2	1	3	1	0
183	11/05/2002	48°57.59	-1°40.41	13	B	0	0	0	3	2	0	2	0
184	10/05/2002	48°57.42	-1°40.98	8	B	0	0	0	3	2	0	3	1
185	11/05/2002	48°57.39	-1°40.40	13	B	50	0	0	3	2	0	2	0
186	11/05/2002	48°57.24	-1°40.40	13	B	1	0	0	3	2	0	2	0
187	10/05/2002	48°56.72	-1°40.93	10	B	35	0	0	3	2	1	3	1
188	10/05/2002	48°56.02	-1°41.40	12	B	30	0	2	3	1	1	2	0
189	10/05/2002	48°54.79	-1°40.27	13	B	35	0	1	3	1	2	2	1
190	10/05/2002	48°56.78	-1°41.67	11	B	450	0	0	3	2	0	3	0
191	10/05/2002	48°57.57	-1°42.02	9	B	700	0	1	2	2	0	3	1
192	10/05/2002	48°56.36	-1°41.64	11	B	1355	0	0	3	1	1	3	1
193	10/05/2002	48°55.93	-1°41.55	13	B	700	0	2	2	1	3	2	0
194	09/05/2002	48°54.31	-1°41.23	0	B	0	0	2	2	1	2	2	2
195	09/05/2002	48°54.31	-1°41.88	13	B	50	0	3	3	1	1	3	2
196	10/05/2002	49°10.97	-1°45.56	18	B	251	0	0	3	1	2	3	2
197	10/05/2002	49°11.74	-1°44.31	13	B	5700 / éch	0	0	1	2	2	3	0
198	10/05/2002	49°09.83	-1°45.87	16	B	8500	1	0	3	1	3	3	2
199	10/05/2002	49°09.59	-1°46.19	19	B	85	0	0	3	1	2	3	2
200	10/05/2002	49°11.44	-1°44.17	10	B	240 / éch	0	3	1	2	3	3	2
201	10/05/2002	49°09.02	-1°46.33	17	B	0	1	2	3	2	1	3	2
202	11/05/2002	49°08.60	-1°46.76	21	B	0	0	2	2	1	2	3	1
203	10/05/2002	49°09.49	-1°44.99	20	B	0	0	1	3	1	0	2	1
204	10/05/2002	49°09.99	-1°47.58	20	B	0	0	0	3	1	0	3	1
205	10/05/2002	49°11.58	-1°44.67	10	B	220 / éch	0	3	1	2	2	3	2
206	10/05/2002	49°09.58	-1°44.08	17	M	500	0	0	1	1	3	1	0
207	10/05/2002	49°09.17	-1°44.85	20	B	3500	0	0	1	2	3	2	1
208	10/05/2002	49°10.81	-1°45.15	15	B	0	0	3	1	2	3	1	3
209	10/05/2002	49°11.94	-1°45.07	19	M	310 / éch	0	0	3	1	1	3	0
210	10/05/2002	49°10.74	-1°47.26	19	B	3300 / éch	0	0	2	1	2	3	1
211	10/05/2002	49°10.77	-1°45.38	16	B	0	0	2	2	2	3	3	2
212	10/05/2002	49°09.63	-1°44.82	21	B	2500	0	1	3	1	1	3	1



station	date	latitude	longitude	prof (m)	nature sédt	poids (g) crépidules	abondance de 0 à 3						
							cailloutis Blocs 2-20 cm	graviers 2 mm - 2 cm	sables moyens grossiers 200 µ - 2 mm	sables fins 63 - 200 µ	silts inf 63 µ	débris coquilliers	maerl vivant
213	11/05/2002	49°08.37	-1°46.37	22	B	400	0	1	1	1	3	3	1
214	10/05/2002	49°09.84	-1°47.03	19	B	85	0	0	3	1	1	3	3
215	10/05/2002	49°10.23	-1°45.31	16	B	3	0	1	3	1	3	3	2
221	06/05/2002	48°39.84	-2°26.06	12	B	0	0	2	2	0	2	3	1
222	06/05/2002	48°39.78	-2°25.57	10	B	0	0	3	2	0	0	3	0
223	06/05/2002	48°39.80	-2°25.28	13	B	0	0	0	0	0	0	0	0
224	06/05/2002	48°39.86	-2°25.43	13	B	0	0	3	2	0	0	2	1
225	11/05/2002	49°08.66	-1°45.60	14	B	0	0	3	3	1	0	3	2
226	11/05/2002	49°08.65	-1°44.52	18	B	0	0	3	3	1	0	3	1

Nature sédiment

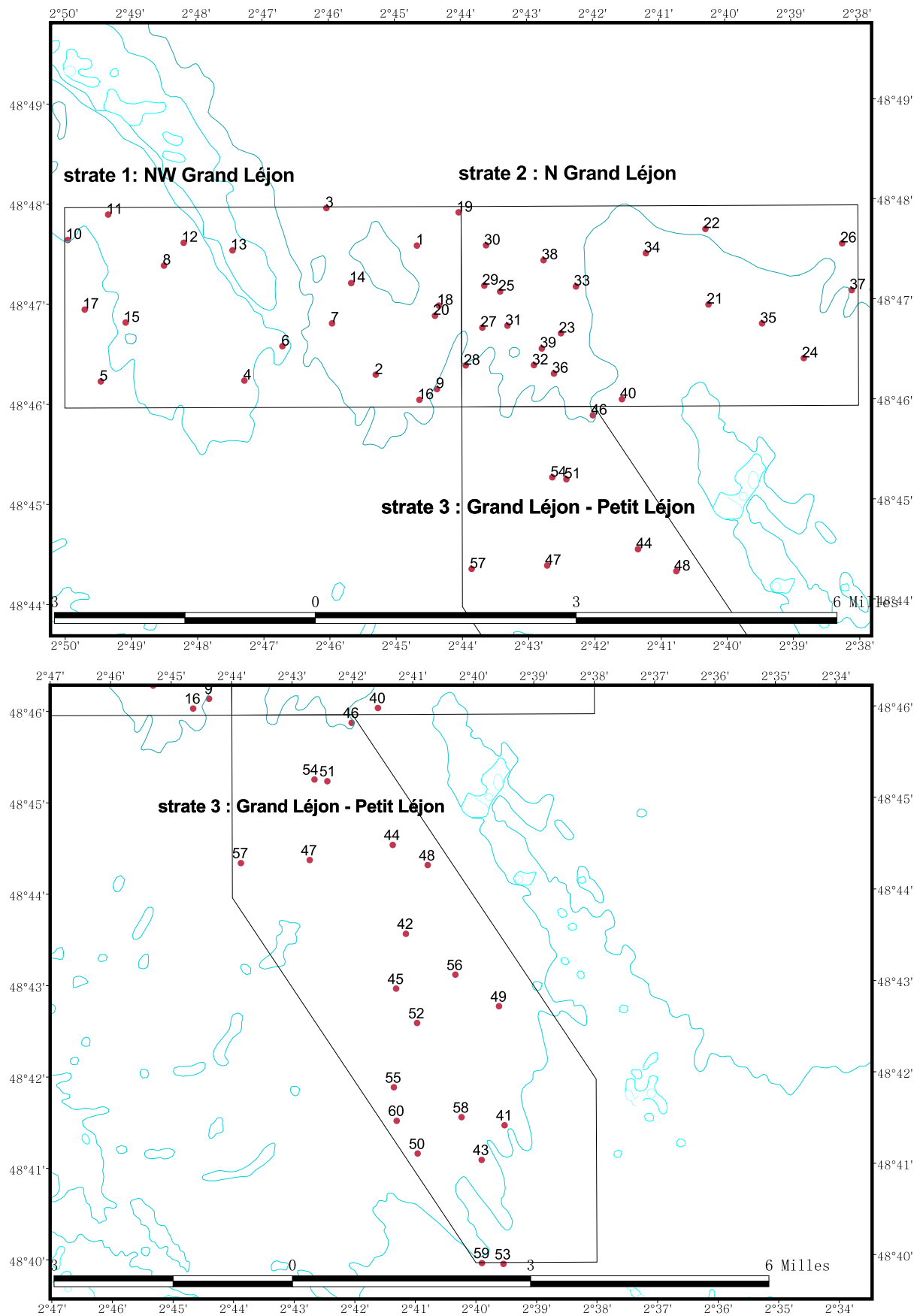
B : bioclastique  
M : minéral

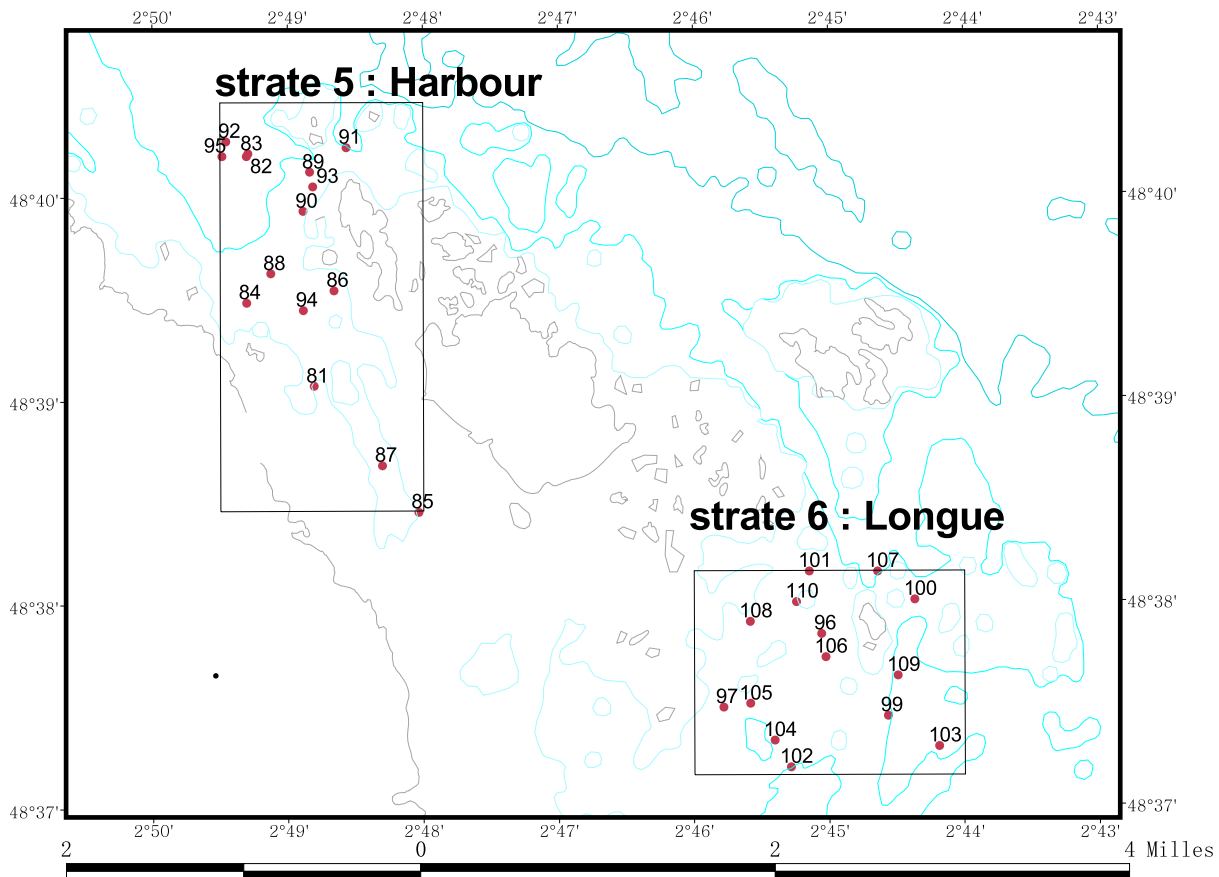
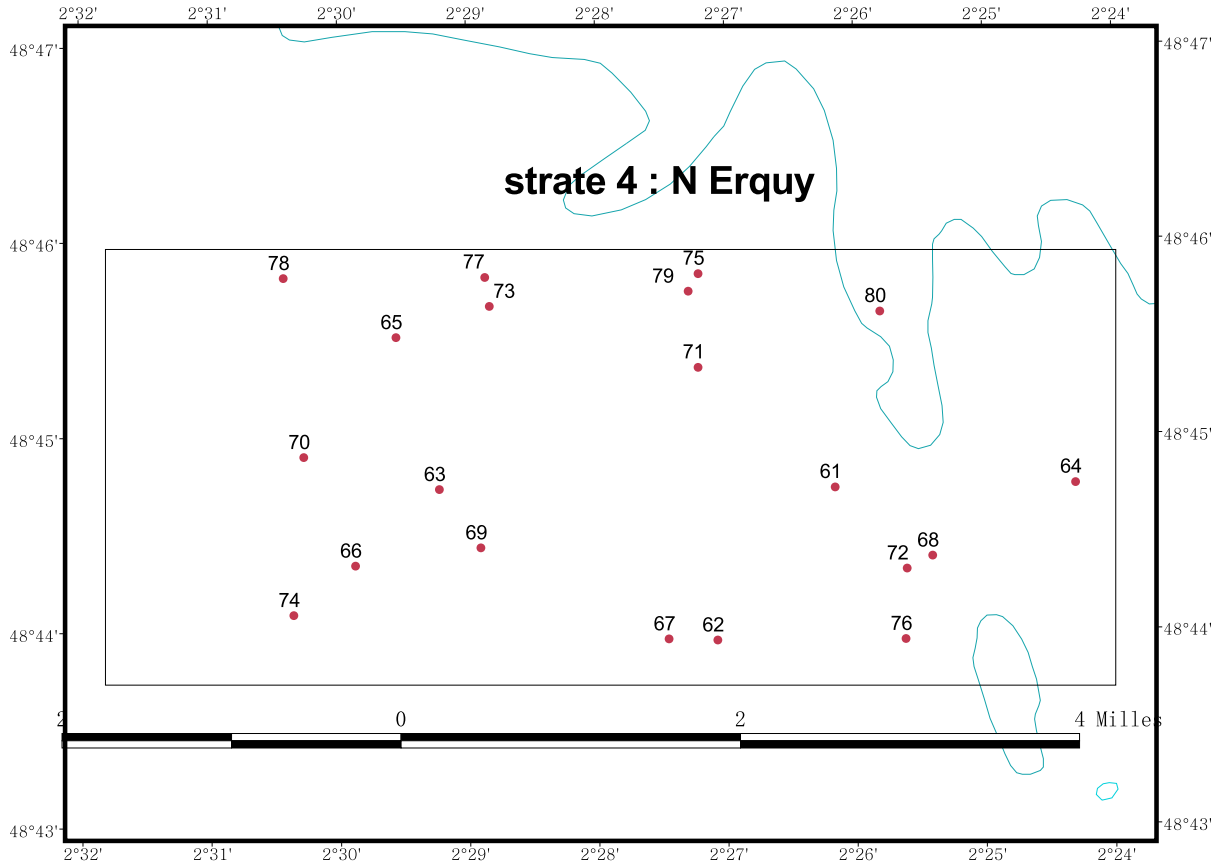
Poids crépidules

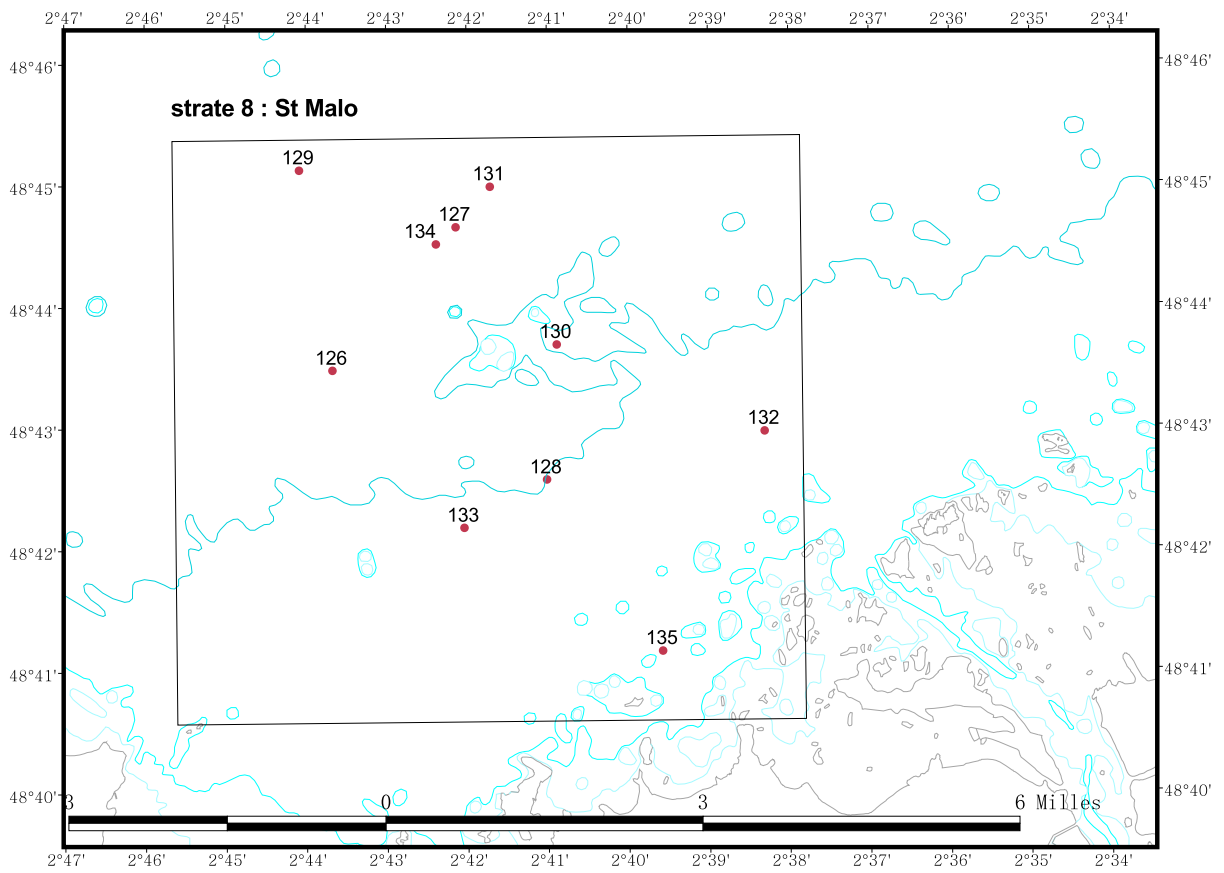
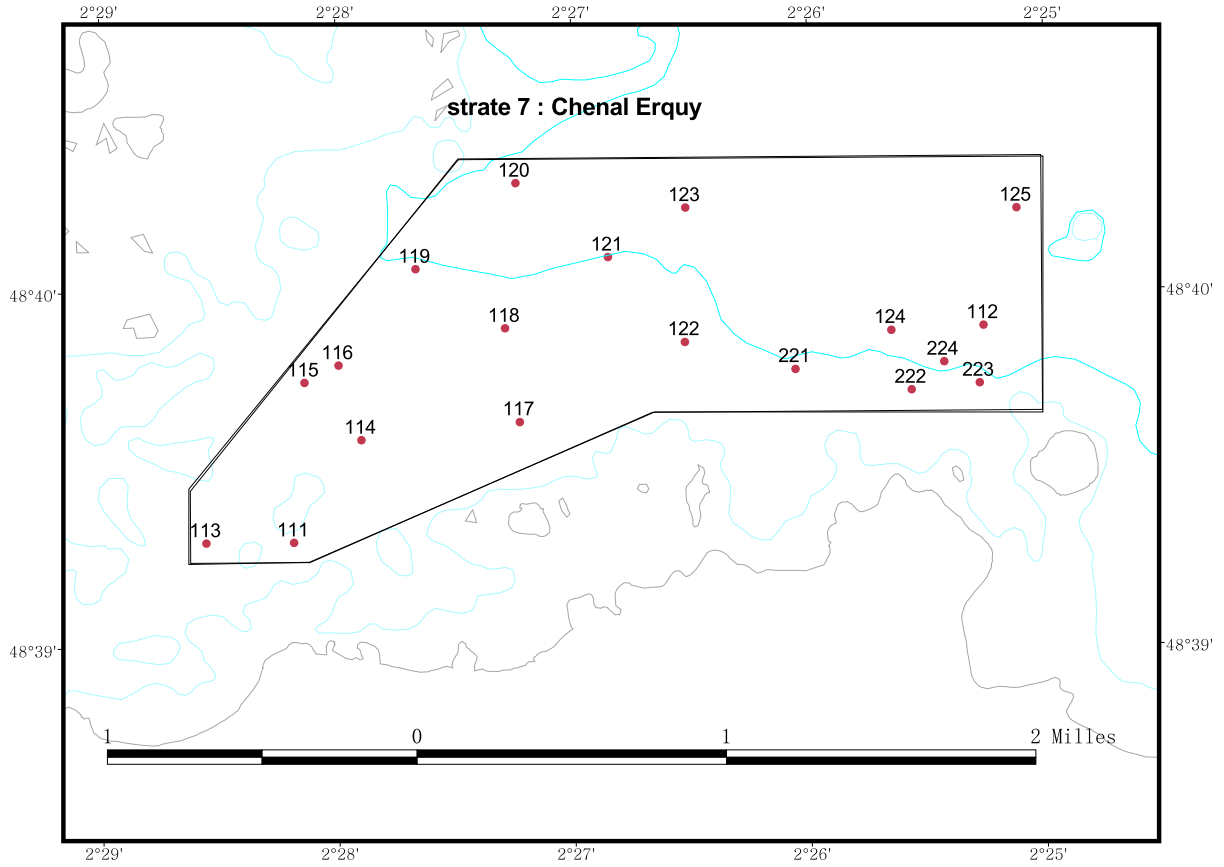
éch : échantillonnage effectué



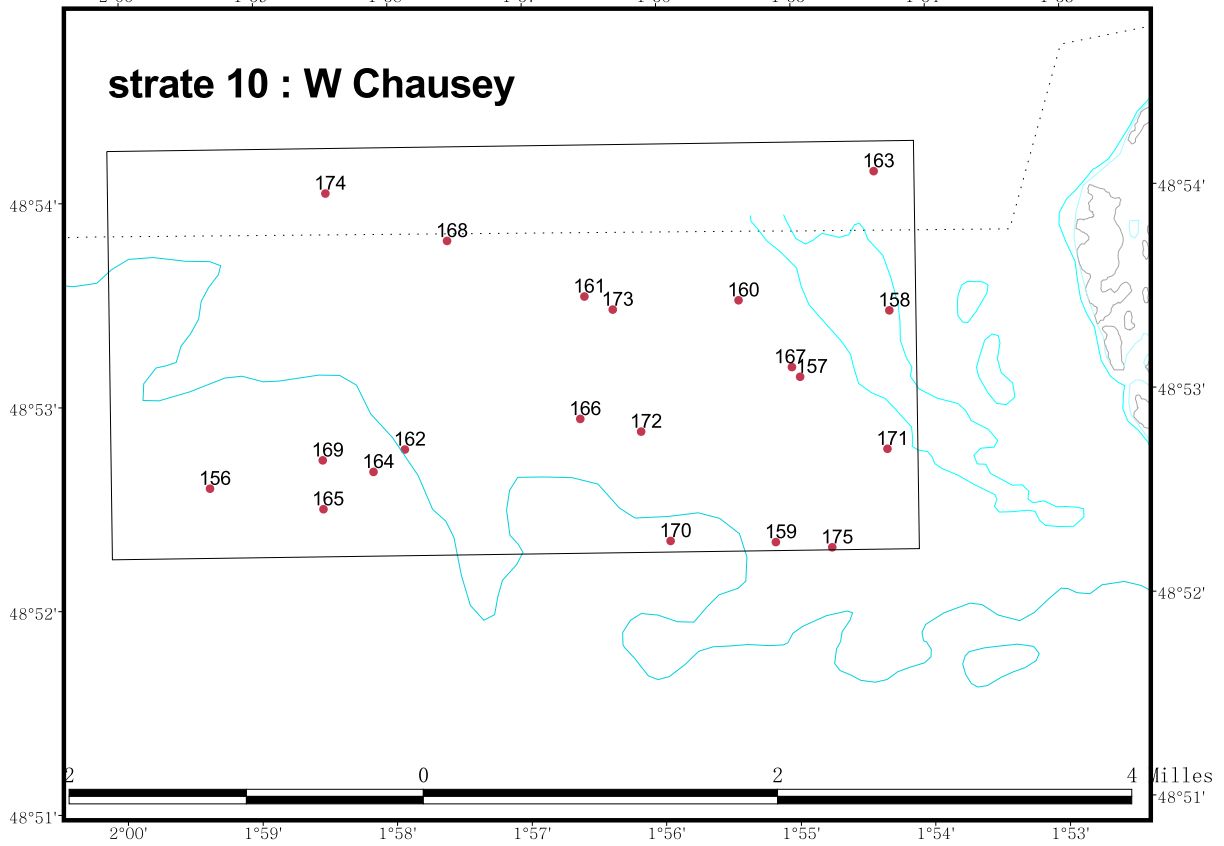
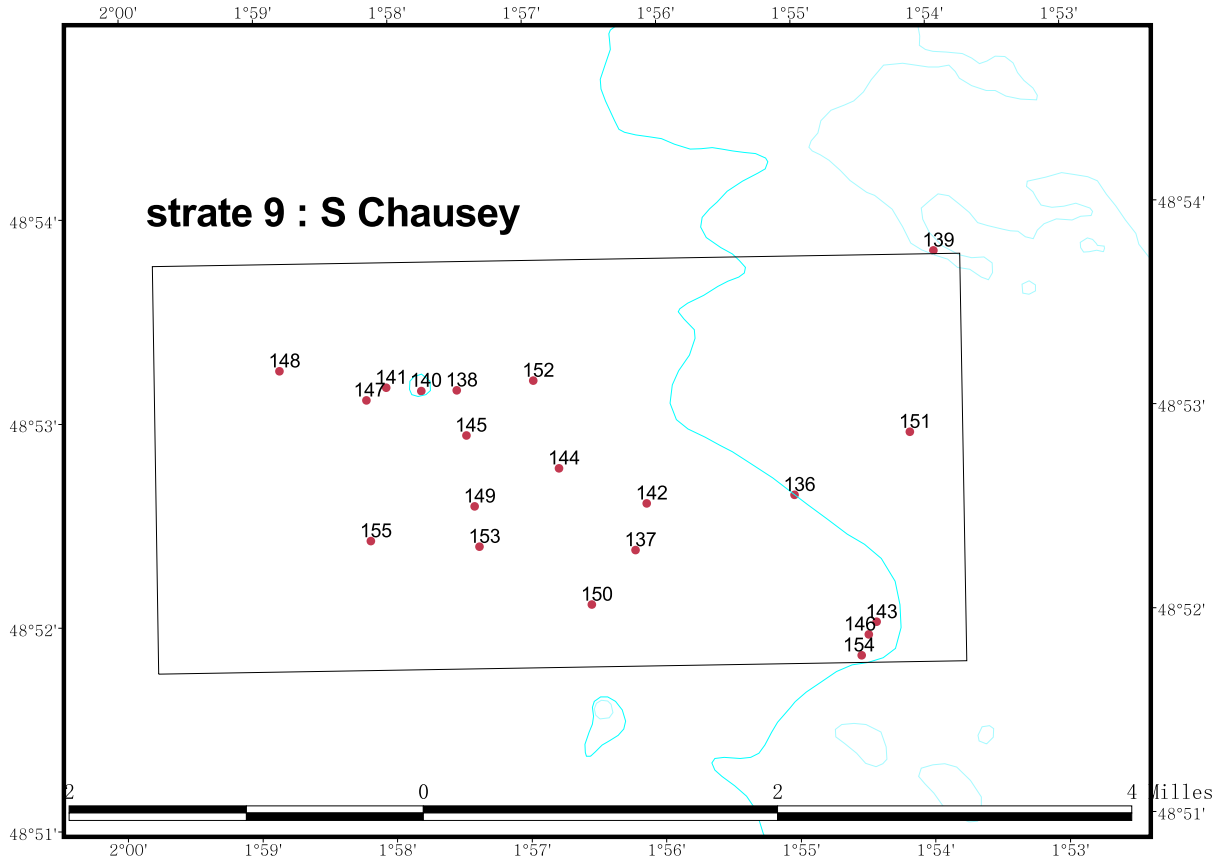
## Annexe 2 : Cartes des stations

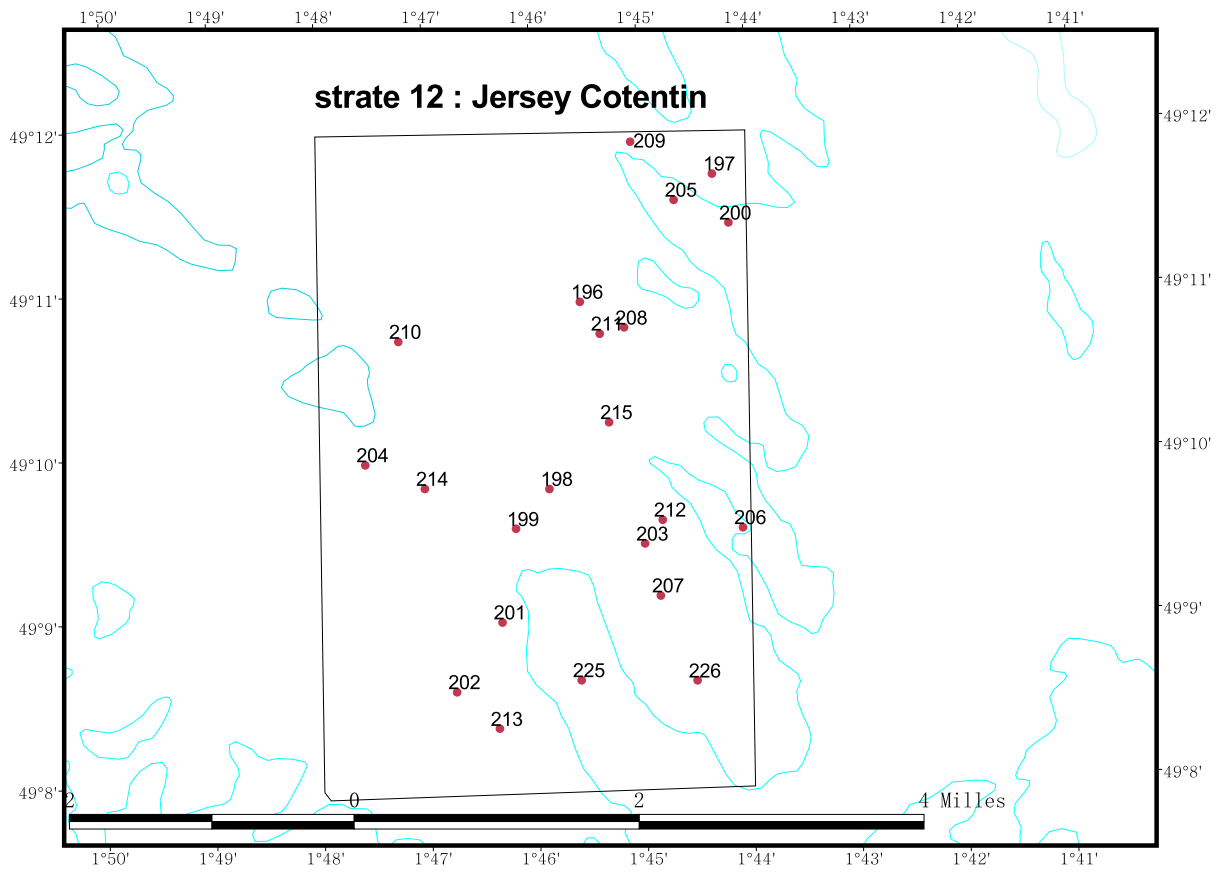
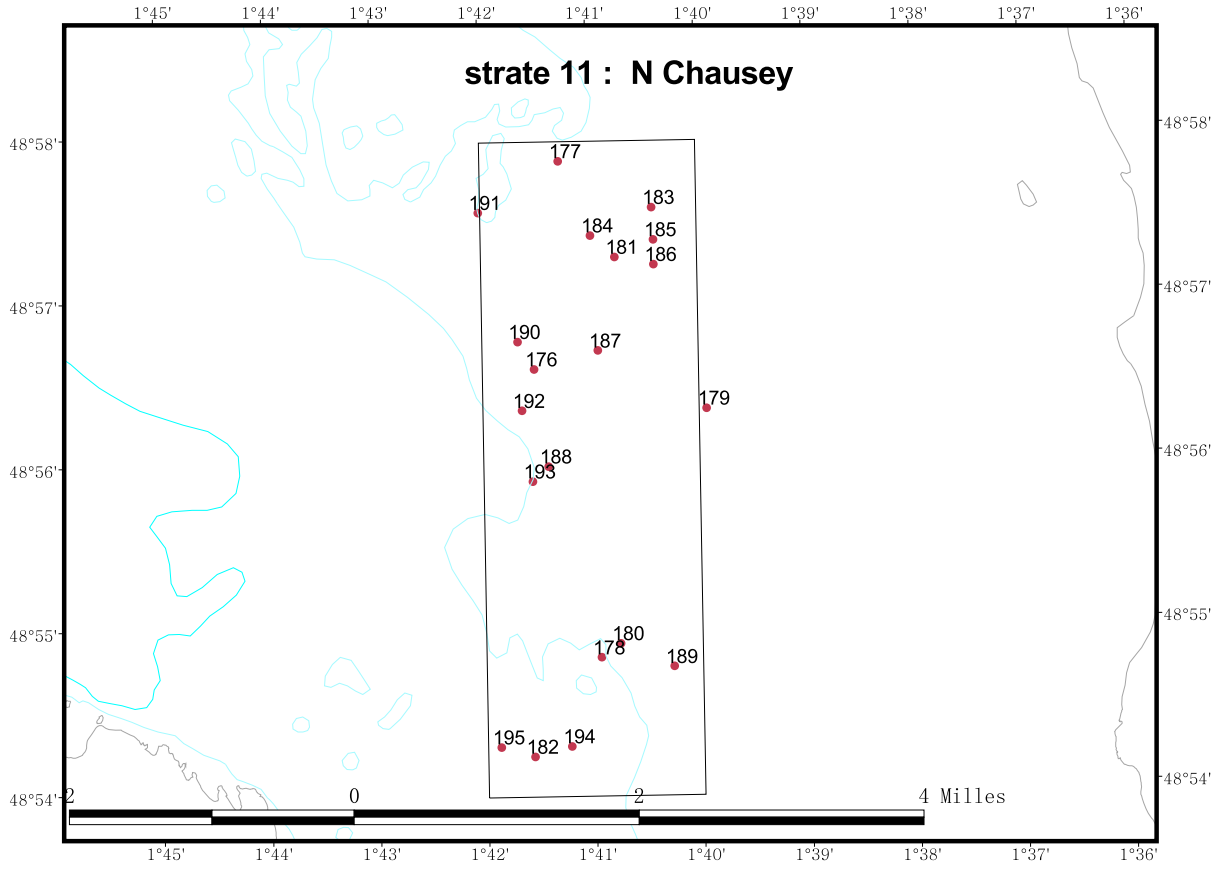












### Annexe 3 : Echantillonnage stratifié à deux niveaux

#### Evaluation directe des mollusques bivalves

Spyros Fifas, DRV/RH Brest

L'échantillonnage est stratifié et comporte deux niveaux ; les strates sont spatiales ; unités primaires et secondaires sont de taille constante.

#### Taux d'échantillonnage.

*Unités primaires* : les unités primaires correspondent au point. Pour une strate h donnée, le taux d'échantillonnage à ce niveau, désigné par  $f_{1h}$ , est :

$$f_{1h} = \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h} \quad (1)$$

avec :

$n_h$  = nombre de points dans la strate.

$S_h$  = surface totale de la strate.

$R$  = rayon d'activité du bateau océanographique autour des coordonnées du point moyen demandé ("point théorique"). On suppose, en fait, que le navire travaille dans un cercle autour d'un point. Ce rayon doit être fonction croissante de la longueur du bateau et de la fiabilité des moyens de navigation mis en oeuvre (GPS, SYLEDIS, etc.) ; le rôle du patron (aptitude de navigation, adaptation aux appareils, etc.) doit également intervenir, mais il est difficile à quantifier. En l'absence d'éléments précis, la valeur de ce rayon est fixée arbitrairement.

*Unités secondaires* : les unités secondaires correspondent au coup de benne par point. Dans la strate h, le taux d'échantillonnage à ce niveau, désigné par  $f_2$ , est égal à :

$$f_2 = \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad (2)$$

avec :

$k$  = nombre de coups de benne par point.

*Note* : Ce taux d'échantillonnage n'est pas indicé selon la strate h comme celui du premier niveau. On considère, en fait, par simplification, que la taille de l'échantillon unitaire ( coup de benne : 0,25 m<sup>2</sup>), le rayon d'activité du bateau autour du "point standard" et le nombre de coups de benne par point sont constants.

#### Nombre d'échantillons par niveau.

*Premier niveau* : soit  $N_h$  le nombre total de points réalisables dans la strate. On doit avoir :

$$f_{1h} = \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h} = \frac{n_h}{N_h} \quad (3)$$

$$\text{Donc : } N_h = \frac{S_h}{\pi \cdot R^2}.$$

$N_h$  devait, en théorie, être égal à  $4 \cdot S_h$ . Cette situation serait observée si la réalisation des prélèvements n'excluait pas l'existence d'intersection entre les points. On est néanmoins obligé de considérer que la probabilité de tirer un point sur l'ensemble de la surface d'une strate est affectée

par le fait qu'un deuxième niveau subsiste. La réalité doit être plus complexe (possibilités d'intersection), mais cela ajouterait dans les calculs des termes de covariance difficiles à manipuler.

*Deuxième niveau* : le nombre potentiel d'échantillons réalisables à ce niveau est :  $4.\pi.R^2$ .

### Estimateurs.

Pour une strate h donnée, l'estimateur effectif moyen sur 0,25 m<sup>2</sup>, représenté par  $\bar{x}_h$ , est :

$$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{nh} x_{ih}}{n_h} = \frac{\sum_{i=1}^{nh} \sum_{j=1}^k x_{ijh}}{k.n_h} \quad (4)$$

$x_{ijh}$  est l'effectif capturé par coup de benne j, réalisé sur le point i de la strate h.

Pour le calcul d'une estimation de la variance associée, on fera appel aux notions d'espérance et de variance conditionnelles. La formulation générale du problème donne (E désigne l'espérance mathématique et V la variance) :

$$V(\Theta) = V_1[E_2(\Theta)] + E_1[V_2(\Theta)] \quad (5)$$

Pour la variance, il est essentiel de noter l'existence de deux composantes. La première est relative à la variance entre les unités primaires (variance inter-unités), la seconde se réfère aux unités secondaires au sein des unités primaires (variance intra-unités).

Dans la présente étude, le premier terme à droite de l'équation (5),  $V_1[E_2(\Theta)]$ , est :

$$V_1 \left[ E_2(\bar{x}_h) \right] = \left( 1 - \frac{n_h . \pi . R^2}{S_h} \right) \cdot \frac{s_{1h}^2}{n_h} \quad (6)$$

En considérant que l'échantillonnage au deuxième niveau est aléatoire simple, on obtient :

$$V_2(\bar{x}_h) = \left( 1 - \frac{k}{4 . \pi . R^2} \right) \cdot \frac{1}{n_h^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{nh} s_{2ih}^2}{k} \quad (7)$$

$E_1$  de l'équation (5) se présente comme suit :

$$E_1 \left[ \frac{\sum_{i=1}^{nh} s_{2ih}^2}{n_h} \right] = \frac{\sum_{i=1}^{Nh} s_{2ih}^2}{N_h} = s_{2h}^2 \quad (8)$$

donc :

$$E_1 \left[ V_2(\bar{x}_h) \right] = \left( 1 - \frac{k}{4 . \pi . R^2} \right) \cdot \frac{s_{2h}^2}{k . n_h} \quad (9)$$

Finalement, la variance de l'estimateur,  $V(\bar{x}_h)$ , est égale à :

$$V(\bar{x}_h) = \left(1 - \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h}\right) \cdot \frac{s_{1h}^2}{n_h} + \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^2}\right) \cdot \frac{s_{2h}^2}{k \cdot n_h} \quad (10)$$

Pour estimer cette variance à partir de l'échantillon existant, il est nécessaire de disposer d'une estimation non biaisée de  $s_{1h}^2$  et  $s_{2h}^2$ . On peut démontrer qu'un estimateur non biaisé de  $s_{1h}^2$  est donné par :

$$s_{1h}^2 = \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^2}\right) \cdot \frac{s_{2h}^2}{k} \quad (11)$$

Finalement, l'expression de la variance de l'estimateur,  $V(\bar{x}_h)$ , s'écrit :

$$V(\bar{x}_h) = \left(1 - \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h}\right) \cdot \frac{s_{1h}^2}{n_h} + \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h} \cdot \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^2}\right) \cdot \frac{s_{2h}^2}{k \cdot n_h} \quad (12)$$

avec :

$$s_{1h}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1} \quad (13)$$

$$s_{2h}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^k (x_{ijh} - \bar{x}_{ih})^2}{n_h \cdot (k-1)} \quad (14)$$

L'estimateur "effectif (ou biomasse) totale sur la strate h", désigné par  $T_h$ , est donné par :

$$T_h = 4 \cdot S_h \cdot \bar{x}_h \quad (15)$$

La variance correspondante,  $V(T)$ , est égale à :

$$V(T_h) = 16 \cdot S_h^2 \cdot V(\bar{x}_h) \quad (16)$$

Dans le cadre plus général du calcul des estimateurs de l'abondance et de la biomasse de toutes les espèces de bivalves confondues, la formulation doit tenir compte des termes de covariance entre les espèces ; on s'attend à avoir plutôt des termes négatifs de covariance car, à l'échelle des microstructures spatiales, les agrégats d'une espèce donnée doivent conditionner ceux des autres.