

## **Estimation du captage de naissains dans le Bassin d'Arcachon en 2008**

**Première approche d'une méthodologie nationale  
dans le cadre du projet Velyger**

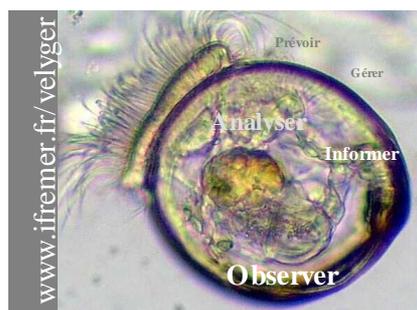




Nous remercions pour leur aide et leur participation à ce travail :

- Christian Cantin, Claire Barbier, Arnaud Latry et Sébastien Dalloyau du LER Ifremer d'Arcachon,
- Romuald Navarro et Bastien Simonnet, agents de la Direction départementale des Affaires Maritimes de la Gironde (quartier d'Arcachon),
- Amélie Geay du Centre Régional Expérimentation Application Aquacole.

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet national 'Velyger' qui vise à étudier la variabilité du recrutement de l'huître creuse sur les côtes françaises. Pour en savoir plus : <http://www.ifremer.fr/velyer>





### Fiche documentaire

<p><b>Numéro d'identification du rapport :</b> RST/LER/AR/09-004.</p> <p><b>Diffusion :</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte: <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/></p> <p><b>Validé par :</b> <i>Stéphane POUVREAU - DCB-PFOM-PI</i></p>	<p><b>Date de publication :</b> <b>Juin 2009</b></p> <p><b>Nombre de pages :</b> 25 + annexes</p> <p><b>Bibliographie:</b> oui</p> <p><b>Illustration(s):</b> oui</p> <p><b>Langue du rapport :</b> Français</p>
<p><b>Titre et sous-titre du rapport :</b></p> <p><b>Estimation du captage de naissains dans le Bassin d'Arcachon en 2008 – Première approche d'une méthodologie nationale dans le cadre du projet Velyger</b></p>	
<p><b>Auteur(s) principal(aux) :</b></p> <p>Danièle Maurer Pauline Defenouillère Isabelle Auby</p>	<p><b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b></p> <p>IFREMER - LER/Arcachon</p>
<p><b>Collaborateur(s) : nom, prénom</b></p> <p>Christian Cantin, Claire Barbier, Arnaud Latry et Sébastien Dalloyau</p> <p>Romuald Navarro et Bastien Simonnet</p> <p>Amélie Geay</p>	<p><b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b></p> <p>IFREMER - LER/Arcachon</p> <p>Direction Départementale des Affaires Maritimes de la Gironde (quartier d'Arcachon)</p> <p>Centre Régional Expérimentation Application Aquacole (CREAA)</p>
<p><b>Cadre de la recherche :</b> Projet : PJ0701 – Observation, analyse et prévisions des performances conchyliques Action A070102C - VELYGER</p>	



# sommaire

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
<b>1. MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Types de collecteurs échantillonnés .....</b>	<b>7</b>
1.1.1. Les tuiles.....	7
1.1.2. Les coupelles .....	8
<b>1.2. Stratégie d'échantillonnage .....</b>	<b>8</b>
1.2.1. Echantillonnage aléatoire simple .....	8
1.2.2. Echantillonnage stratifié .....	10
1.2.3. Echantillonnage à deux degrés .....	11
<b>1.3. Prélèvements.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4. Préparation des supports en vue du dénombrement.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Dénombrements.....</b>	<b>12</b>
1.5.1. Tuiles.....	12
1.5.2. Coupelles .....	13
<b>1.6. Estimation des mortalités.....</b>	<b>13</b>
<b>2. RESULTATS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Nombre de naissains par collecteur et pourcentage de mortalité.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Faces supérieure et inférieure des collecteurs.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. Variabilité géographique du captage.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4. Variance inter et intra-collecteurs, optimisation .....</b>	<b>17</b>
<b>3. DISCUSSION : PROPOSITION D'UNE METHODOLOGIE GENERALE .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Stratégie d'échantillonnage .....</b>	<b>19</b>
3.1.1. Echantillonnage aléatoire simple .....	19
3.1.2. Echantillonnage à deux niveaux .....	19
3.1.3. Echantillonnage stratifié .....	20
<b>3.2. Prélèvements et traitement des collecteurs.....</b>	<b>21</b>
3.2.1. Prélèvements et premier traitement au laboratoire .....	21
3.2.2. Dénombrements .....	21
<b>3.3. Calculs .....</b>	<b>21</b>
<b>4. CONCLUSION.....</b>	<b>23</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE : .....</b>	<b>25</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>27</b>



## Introduction

Durant chaque saison estivale, le laboratoire IFREMER d'Arcachon réalise, dans le cadre d'une convention avec la Section Régionale Conchylicole (SRC) Arcachon-Aquitaine, le suivi de la reproduction des huîtres creuses dans le Bassin d'Arcachon et, à l'issue de la saison de reproduction (septembre ou octobre), l'estimation du recrutement larvaire sur les collecteurs.

Cette estimation a, jusqu'à présent, été effectuée uniquement sur des tuiles, support traditionnel du captage dans le Bassin d'Arcachon. Cette année, grâce à l'obtention de fonds supplémentaires dans le cadre du projet national VELYGER (<http://www.ifremer.fr/velyger>), les comptages ont pu être effectués, non seulement sur une cinquantaine de tuiles comme les années précédentes, mais aussi sur un autre type de collecteur, la coupelle.

L'objectif de ce rapport est de présenter, en complément du rapport annuel sur la reproduction de l'année 2008 (Auby *et al.*, 2008), la méthodologie détaillée employée sur le Bassin d'Arcachon pour l'estimation du captage, une exploitation plus approfondie des résultats obtenus et enfin une première approche d'une méthodologie nationale, applicable aux sites conchylicoles qui seront suivis dans le cadre du programme VELYGER.

## 1. Matériel et méthode

### 1.1. Types de collecteurs échantillonnés

#### 1.1.1. Les tuiles

Les tuiles enduites d'un mélange de chaux et de sable (Photo 1), autrefois placées dans des cages en bois, sont aujourd'hui fixées sur des chantiers métalliques dans des parcs situés en bordure des chenaux. Les tuiles sont disposées 2 par 2, superposées de façon contrariée sur environ 7 rangées, pour former un paquet. Les chantiers, ainsi garnis, forment des allées sur le parc (Photo 2).

Il existe deux types de tuiles, les tuiles traditionnelles en argile et celles en plastique rainuré. Ces dernières sont plus légères et facilitent ainsi la manutention. Les tuiles présentent, selon qu'elles soient de section circulaire ou tronconique, une surface de 1 870 cm<sup>2</sup> ou de 2 000 cm<sup>2</sup>. En 2007, on comptabilisait plus de 2 millions de tuiles posées dans le Bassin d'Arcachon.



Photo 1



Photo 2

### 1.1.2. Les coupelles

Les coupelles sont emboîtées les unes dans les autres pour former ce que l'on appelle une cordée. En général, une cordée regroupe 44 coupelles (Photo 3). Les cordées sont fixées sur les chantiers métalliques grâce à des fils de fer. En 2007, on comptabilisait plus de 16 millions de coupelles posées dans le Bassin d'Arcachon.

Les coupelles sont en plastique noir (le plus souvent), blanc, rouge ou marron (Photo 4). Elles offrent une surface de captage de 250 cm<sup>2</sup>, sont rainurées telles les tuiles en plastique. Il existe également des coupelles ajourées formant des grilles. Ces supports ont l'avantage d'être plus légers que les tuiles et donc de faciliter la manutention. Cependant ces capteurs étant constitués de plastique souple, les petites huîtres peuvent se décoller facilement et les risques de perte de naissains sont importants aussi bien en période de mauvais temps que lors de la manipulation des collecteurs.



Photo 3



Photo 4

Il existe d'autres types de collecteurs utilisés sur le Bassin d'Arcachon, tel que les tubes et les plénos (cf Annexes 1 et 2), mais en quantité plus faible, respectivement 570 000 tubes et moins de 10 000 plénos.

## 1.2. Stratégie d'échantillonnage

Afin de mener à bien une estimation du captage, il est nécessaire d'établir un plan d'échantillonnage, adapté aux contraintes de terrain, permettant de constituer un échantillon de collecteurs pris au hasard, aussi représentatif que possible de la population.

### 1.2.1. Echantillonnage aléatoire simple

Il est, en pratique, très difficile de prélever les collecteurs réellement au hasard. Cela impliquerait de connaître le nombre et les emplacements exacts de tous les collecteurs, et de pouvoir les identifier individuellement sur le terrain. Cependant, répartir géographiquement les points et les collecteurs échantillonnés est un bon moyen de s'approcher de l'objectif recherché. Pour cela, il est possible de s'appuyer sur les données disponibles, qui sont de deux sortes :

- données géolocalisées issues du cadastre ostréicole, répertoriant les concessions de captage,
- déclarations de poses de collecteurs, géolocalisées (déposées par les professionnels auprès des Affaires Maritimes).

Sachant que les concessions de captage ne sont pas toujours garnies et, qu'à l'inverse, des collecteurs se trouvent parfois sur des parcs déclarés en élevage, il semble préférable de travailler à partir des

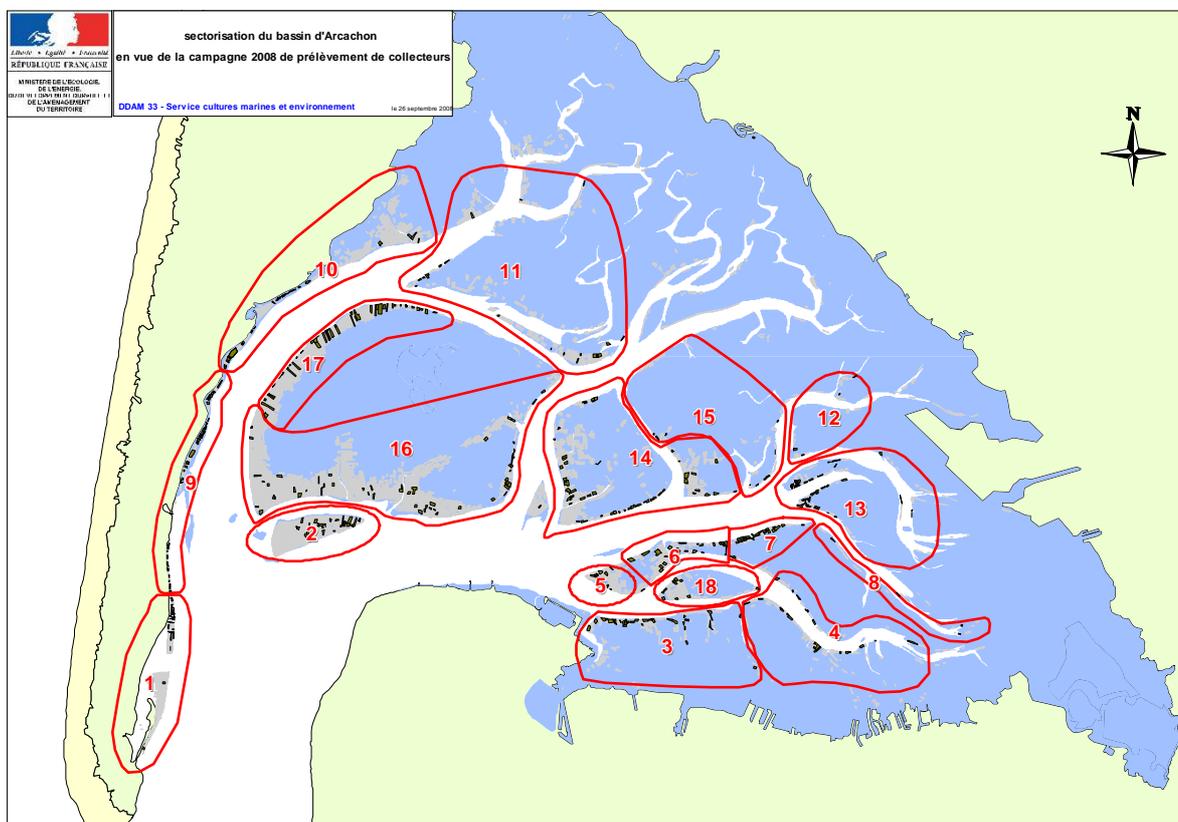
déclarations de pose qui reflètent mieux la réalité du terrain. Ces données n'étant pas toutes recueillies pour l'année en cours, ce sont les déclarations de pose de l'année 2007 qui ont été utilisées.

La stratégie pratique adoptée, permettant de répartir géographiquement les collecteurs prélevés, se décline à plusieurs niveaux.

➤ Tout d'abord, à partir du fichier de déclarations de pose des Affaires Maritimes, le Bassin a été découpé en 18 secteurs (Figure 1 et Tableau 1) et un nombre théorique de collecteurs à prélever par secteur a été déterminé.

Ce nombre est proportionnel au nombre de collecteurs de chaque type déclarés sur chaque zone. Le bilan des déclarations de pose de 2007 ainsi que le nombre de collecteurs à prélever est présenté dans l'annexe 1.

Au total, en 2007, 2 201 142 tuiles et 16 144 138 coupelles ont été posées sur le Bassin d'Arcachon<sup>1</sup>.



**Figure 1** : Secteurs définis à partir des déclarations de poses de 2007 (en rouge) et emplacement des concessions ostréicoles du Bassin d'Arcachon. (en grisé, parcs d'élevage ; en noir, parcs de captage).

<sup>1</sup> Le bilan des déclarations de pose de 2008, maintenant disponible, est présenté en annexe 2.

**Tableau 1** : Lieux-dits correspondant aux différents secteurs.

Secteurs	Lieu dit	Secteurs	Lieu dit
1	Cap Ferret	10	Le Canon, Piquey, Les Jacquets
2	Grand-Banc	11	Hautebelle, Graouères
3	Arams, Lucarnan, Maouréous	12	Piréou, Puant
4	Chenal de Gujan, Chenal du Teich	13	La Sableyre, Comprian
5	Le Tès	14 15	Mapouchet, Bourrut, Cailloc, Humeyre, Grahudes, Gorp, Loc Blanc, Garrèche, Pointe de Bayle
6	Les Arrouillats	16	Gahignon, Congre, Hosses, Pelourdey, Réousse, Courbey
7	Est des Arrouillats	17	Canelon, Marens, Les Jalles
8	Chenal de Comprian	18	Matelle
9	La Vigne, L'Herbe		

➤ Une fois défini le nombre de collecteurs à prélever dans chaque secteur, les points d'accostage du bateau sont choisis de façon à les répartir au mieux sur le secteur considéré. Les collecteurs de chaque secteur sont prélevés sur des parcs différents, éloignés le plus possible les uns des autres en fonction des contraintes de terrain.

➤ Dans chaque parc, le collecteur est prélevé au milieu de la concession ainsi qu'au milieu des paquets de tuiles ou de cordées lorsqu'elles sont empilées.

Avec cette stratégie d'échantillonnage, la variable "nombre de naissains captés par type de collecteur" est traitée comme issue d'un échantillonnage aléatoire simple (EAS) (Scherrer *in* Frontier, 1983).

L'effort d'échantillonnage total en 2008 a été fixé à 50 tuiles et 50 cordées. Cet effort reste faible au regard de la population totale du Bassin mais il est adapté aux contraintes de temps et suffisant pour appréhender les variations inter-annuelles du captage.

L'estimation du pourcentage moyen de mortalité a été faite sur le même échantillon. Cette variable a été traitée comme la précédente ce qui revient à évaluer le pourcentage moyen de mortalité par collecteur. Si l'on cherchait à déterminer le pourcentage de mortalité sur l'ensemble du naissain capté, le calcul serait différent et devrait être mené comme celui d'une variable quotient.

### 1.2.2. Echantillonnage stratifié

Si nous disposions de données relatives à des différences de captage selon les zones géographiques du Bassin, un échantillonnage stratifié pourrait être mis en place, chaque secteur correspondant à une strate.

En l'absence de ce type de données et compte tenu du faible effort d'échantillonnage, nous nous sommes cantonnés à la mise en œuvre d'un EAS. Cependant, la différence éventuelle entre divers secteurs du Bassin peut être testée, en procédant à une stratification *a posteriori*. Il est en effet possible de le faire à partir d'un EAS. Les calculs sont effectués selon les formules relatives à l'échantillonnage stratifié présentées par Scherrer *in* Frontier (2003)

### 1.2.3. Echantillonnage à deux degrés

Le captage en 2008 étant abondant (> 200 naissains par tuile), le dénombrement des naissains au laboratoire n'a été effectué que sur une partie des collecteurs prélevés : il s'agit alors d'un échantillonnage à deux degrés.

Pour les **tuiles**, les dénombrements ont été opérés sur 6 sous-secteurs de chaque tuile (3 sur la face supérieure et 3 sur la face inférieure).

Pour les **coupelles**, un sous-échantillonnage a été effectué sur chaque cordée (4 coupelles observées/44). Puis, le nombre de naissains captés a été déterminé sur tout (ou partie<sup>2</sup>) des coupelles retenues.

Théoriquement, ce type d'échantillonnage devrait conduire à un calcul de la variance obtenue au 2<sup>ème</sup> degré, c'est-à-dire, de la variance entre les champs de chaque tuile ou entre les coupelles d'une même cordée (variance "intra"). Cette variance se répercute ensuite sur le résultat final, en venant s'ajouter à la variance entre les collecteurs (variance "inter"). Jusqu'à présent, ce calcul n'a pas été fait pour les tuiles. Plusieurs raisons l'expliquent.

- Les champs des tuiles ne sont pas toujours choisis rigoureusement au hasard. L'opérateur sélectionne des champs "représentatifs" de la surface. Ceci permet d'obtenir un meilleur estimateur de la valeur moyenne mais biaise le calcul de variance qui ne peut être réalisé.
- La variance intra-tuile est négligeable par rapport à la variance inter-tuiles, du fait de la faiblesse de l'effort d'échantillonnage des collecteurs par rapport à la population totale de collecteurs (50 tuiles prélevées dans une population de plus de 2 millions).

Cependant, les dénombrements réalisés cette année sur les coupelles, choisies réellement au hasard, va permettre d'effectuer précisément le calcul. De plus, le nombre de coupelles à dénombrer sur chaque cordée, dans le but d'optimiser l'effort d'échantillonnage, va pouvoir aussi être déterminé. Le calcul sera effectué selon Scherrer *in* Frontier (2003), échantillonnage de deuxième degré avec grappes de taille égale. Ici, les grappes sont les cordées (de taille 44 coupelles). Le détail de ce calcul est présenté en discussion.

## 1.3. Prélèvements

Les années passées, les collecteurs étaient prélevés principalement par les agents des Affaires Maritimes. Cette année, la majeure partie des prélèvements a été réalisée par l'équipe d'IFREMER. Des collecteurs ont été également apportés à la station par des professionnels.

Les prélèvements ont été effectués sur une période de 7 semaines (du 26/09/08 au 13/11/08), à marée basse. Généralement, une dizaine de tuiles et environ 5 cordées peuvent être prélevées en une sortie. Ces chiffres varient en fonction des conditions climatiques et des coefficients de marées le jour de la sortie. Douze sorties de 3 personnes ont permis de récolter tous les collecteurs nécessaires à cette étude.

La récupération des collecteurs requiert des précautions particulières afin de minimiser la perte de naissains lors de la manipulation.

Les tuiles prélevées sont remplacées par d'anciennes tuiles afin de ne pas déstabiliser leur arrangement. Les cordées de coupelles n'ont pas été remplacées.

Chaque collecteur rapporté à bord est identifié. Pour les tuiles, un numéro est inscrit au crayon à papier sur un des angles après en avoir gratté la chaux. Une étiquette est accrochée à chaque cordée prélevée. Une feuille de donnée est également embarquée afin d'y noter toutes les informations utiles (lieu de prélèvement, date de prélèvement...). Le matériel à prévoir sur le terrain est listé dans l'annexe 3.

<sup>2</sup> Sur le plan théorique, il s'agit alors d'un échantillonnage à 3 degrés. Cependant, il n'est pas traité comme tel, la variance du 3<sup>ème</sup> degré étant très négligeable devant celles des 2<sup>ème</sup> et surtout 1<sup>er</sup> degrés.

## 1.4. Préparation des supports en vue du dénombrement

A l'arrivée au laboratoire, les **tuiles** sont lavées avec précaution, afin de limiter la perte de naissains, sous un léger jet d'eau douce et à l'aide d'une brosse souple. Ce lavage a pour but d'éliminer la vase et autres salissures gênantes pour le comptage du naissain.

Les **coupelles** sont beaucoup plus sujettes à la perte de naissain lors du lavage. Pendant le nettoyage à la brosse souple et sous l'eau, elles sont placées au dessus d'une bassine afin de pouvoir récupérer les petites huîtres qui se détachent. Le contenu de la bassine est ensuite passé sur tamis de 500 $\mu$ m et le naissain récolté placé dans une boîte de Pétri.

Lors du lavage, il est possible que les collecteurs perdent leur marque d'identification, il est important d'y prendre garde et d'y remédier. Les collecteurs bien identifiés et lavés peuvent alors être observés.

## 1.5. Dénombrements

L'observation des collecteurs est réalisée à l'aide, ou non, d'une loupe binoculaire selon la taille du naissain et l'aptitude visuelle de l'observateur.

### 1.5.1. Tuiles

Le captage en 2008 étant très abondant (> 200 par tuile), les dénombrements ont été effectués sur 6 champs (3 sur la face supérieure et 3 sur la face inférieure de la tuile), choisis par l'opérateur comme "représentatifs" de la surface. Ces champs sont fabriqués dans des feuilles en plastique épais. La surface des champs est adaptée à la densité présente sur le collecteur, de façon à ce que le nombre de naissains par champ soit compris entre 30 et 60. Quatre surfaces de champs ont été utilisées : 10 cm<sup>2</sup>, 25 cm<sup>2</sup>, 50 cm<sup>2</sup> et 100 cm<sup>2</sup> (Photo 5). Toutes les résultats (comptages, surface des champs ...) sont notés sur la feuille de comptage (Annexe 4).



Photo 5

Les calculs d'abondance sont réalisés de la façon suivante.

<b>Dessus : Surface tuile face supérieure : STS</b>		<b>Dessous : Surface tuile face inférieure : STI</b>	
<b>Abondance</b>	<b>Surface</b>	<b>Abondance</b>	<b>Surface</b>
R1	S1	RI	SI
R2	S2	RII	SII
R3	S3	RIII	SIII

$$\text{Abondance totale} = [(R1+R2+R3) * STS / (S1+S2+S3)] + [(RI+RII+RIII) * STI / (SI+SII+SIII)]$$

### 1.5.2. Coupelles

Pour chaque cordée de 44 coupelles, quatre d'entre elles, réparties le long de la cordée, font l'objet d'un comptage.

Selon l'abondance du naissain, le dénombrement se fait sur la totalité du support (dessus/dessous) ou bien sur une demi-surface de chaque côté dans les cas où l'abondance en naissain est supérieure à 200. La délimitation des zones sur une coupelle est facilitée par la présence de rainures. Tous les résultats sont inscrits sur la feuille de comptage (Annexe 4).

Le naissain détaché, et récupéré dans les boîtes de Pétri, est intégralement dénombré. Il s'ajoutera au nombre de naissains fixés sur la coupelle, pour obtenir l'abondance par coupelle. Les dénombrements obtenus sur les quatre coupelles sont ensuite moyennés pour obtenir le résultat final.

En plus du dénombrement des huîtres, d'autres informations peuvent être recueillies, comme la taille du naissain, une présence importante d'algues, d'ascidies, de balanes, d'éponges, et notées sur la feuille de comptage.

### 1.6. Estimation des mortalités

Au cours de cette campagne, la mortalité des naissains fixés sur les collecteurs a été prise en compte.

Lors du dénombrement, chaque huître est examinée en la manipulant à l'aide d'une pince fine, afin de déterminer si elle est vivante ou morte. En effet, s'il s'avère que les valves s'ouvrent facilement et laissent apparaître une coquille vide, envasée, ou un mollusque desséché, le naissain est alors compté comme mort. Si les valves ne se détachent pas facilement et/ou que le mollusque est visible par transparence, l'animal est recensé comme vivant.



## 2. Résultats

Les résultats sont présentés dans le rapport annuel sur la reproduction (Auby *et al.*, 2008). Ici, ne seront repris que ceux conduisant à une exploitation plus approfondie.

### 2.1. Nombre de naissains par collecteur et pourcentage de mortalité

**Tableau 2 :** Nombre moyen de naissains capturés par type de collecteur et pourcentage de mortalité.

	Tuiles (50)		Coupelles (200) (50 cordées)	
	Nombre	Ecart-type	Nombre	Ecart-type
<b>Nombre moyen total de naissains</b>	2 751	1 420	256	195
Minimum	550		34	
Maximum	7 636		1 183	
<b>Pourcentage moyen de mortalité</b>	18,7 %	10,5	19,6 %	9,3
Minimum	4 %		1 %	
Maximum	46 %		39 %	

Le nombre de naissains capturés sur les tuiles (2 751) est environ 10 fois plus important que celui des naissains capturés sur les coupelles (256) (Tableau 2). Ce facteur est du même ordre de grandeur que le rapport des surfaces des deux types de collecteurs (tuile/coupelle = 8). De même, la mortalité observée sur les tuiles et les coupelles est similaire, s'élevant en moyenne à environ 19 % (Tableau 2). Ces différences ne sont pas significatives (test de comparaison de moyennes).

### 2.2. Faces supérieure et inférieure des collecteurs

Le nombre de naissains moyen capturés sur le dessus des tuiles est de 1 878 contre 873 sur le dessous (Tableau 3). Cette différence a été testée à l'aide d'un test de comparaison de moyennes non paramétrique (les distributions n'étant pas normales) de Kruskal-Wallis et s'est avérée très hautement significative ( $p < 0,001$ ). La différence est importante puisque 2/3 du captage semble s'effectuer sur le dessus des tuiles.

**Tableau 3 :** Nombre moyen de naissains fixés sur les faces supérieure et inférieure des tuiles.

	Tuiles (50)	
	Nombre	Ecart-type
<b>Nombre moyen total de naissains</b>		
Dessus de la tuile	1 878	1 242
Dessous de la tuile	873	533

Le nombre de naissains moyen capturés sur le dessus des coupelles est de 137 contre 119 sur le dessous (Tableau 4). Cette différence a été testée à l'aide d'un test de comparaison de moyennes non paramétrique (les distributions n'étant pas normales) de Kruskal-Wallis et s'est avérée significative au seuil de 95 % ( $p = 0,004$ ). Cette différence est cependant peu importante.

**Tableau 4 :** Nombre moyen de naissains fixés sur les faces supérieures et inférieures des coupelles.

Nombre moyen total de naissains	Coupelles (200)	
	Nombre	Ecart-type
Dessus de la coupelle	137	99
Dessous de la coupelle	119	101

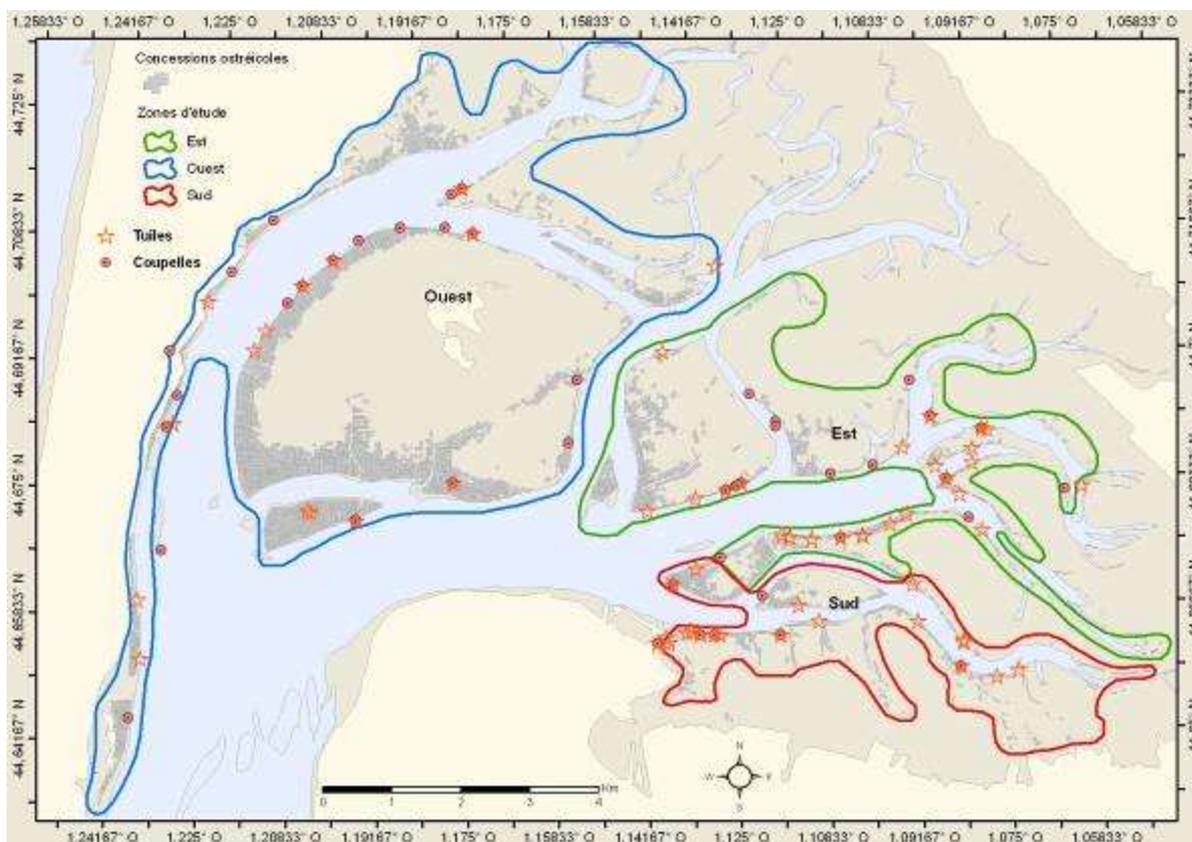
### 2.3. Variabilité géographique du captage

Afin d'étudier la répartition géographique du captage, le Bassin d'Arcachon a été divisé en 3 strates (Figure 2) :

- strate Sud (regroupement des secteurs : 3, 4, 5 et 18),
- strate Est (regroupement des secteurs : 6, 7, 8, 12, 13, 14 et 15),
- strate Ouest (regroupement des secteurs : 1, 2, 9, 10, 11, 16 et 17).

Les strates ont été définies de façon à ce que les nombres de tuiles prélevées dans ces zones soit à peu près équivalents.

Pour cette comparaison géographique, les résultats des comptages sur un total de 63 tuiles et de 50 cordées ont été pris en compte (la répartition des points de prélèvements est présentée Figure 2).

**Figure 2 :** Contours des strates géographiques et répartition des points de prélèvement.

Les moyennes par secteur varient de 2 534 naissains par tuile dans le secteur Ouest à 2 933 naissains par tuile dans le secteur Est (Tableau 5). Les différences obtenues entre les trois strates ont été testées à l'aide d'un test de comparaison de moyennes non paramétrique (les distributions n'étant pas normales) de Kruskal-Wallis et se sont avérées non significatives ( $p = 0,199$ ). Cela signifie que la variabilité à l'intérieur de chaque zone est très importante par rapport à la variabilité entre les secteurs. Notons que ces différences apparaissent très peu élevées au regard des variations inter-annuelles du captage.

**Tableau 5:** Nombre moyen (écart-type) de naissains captés par secteur géographique.

	<b>OUEST</b>	<b>EST</b>	<b>SUD</b>
<b>Nombre de tuiles prélevées</b>	17	26	20
<b>Nombre moyen de naissains par tuile (écart-type)</b>	2 534 (1 632)	2 933 (1 255)	2 821 (1 702)
<b>Nombre de coupelles prélevées</b>	24	19	7
<b>Nombre moyen de naissains par coupelle (écart-type)</b>	325 (145)	176 (113)	237 (234)

Pour les coupelles, les moyennes de naissains captés s'élèvent à 237 pour la strate Sud, 176 pour la strate Est et 325 pour la strate Ouest (Tableau 5). Les distributions étant normales, les moyennes ont été comparées à l'aide d'une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Cette analyse permet de mettre en évidence une différence significative entre les strates Ouest et Est uniquement ( $p=0,034$ ). Lorsque les strates Sud et Est sont réunies, le secteur Ouest reste significativement différent de la grande strate Sud-Est ( $p = 0,015$ ).

Les résultats obtenus sont difficilement interprétables dans la mesure où les différences géographiques entre les tuiles sont inverses à celles entre les coupelles : intensité du captage plus élevée dans le secteur Est pour les tuiles et dans le secteur Ouest pour les coupelles. Il est possible que cette différence soit due à des calendriers de pose différents entre les deux types de collecteurs pour chacun des secteurs géographiques.

## 2.4. Variances inter et intra-collecteurs, optimisation

L'échantillonnage réalisé cette année sur les coupelles permet de calculer les variances intra et inter-cordées, du nombre moyen de naissains par coupelle (Tableau 6). Ce calcul montre que la variance intra-cordée est nettement plus faible que la variance inter-cordées (environ 10 fois) et qu'elle peut donc être considérée comme négligeable. Il est possible que selon l'intensité du captage, et en particulier lors d'un captage de très faible intensité, la variance intra-cordée soit plus forte. Mais on peut penser qu'elle restera négligeable devant la variance inter-cordées. Ceci devra cependant être vérifié chaque année.

**Tableau 6 :** Variances intra et inter-cordées du nombre moyen de naissains par coupelle (calculées sur 200 coupelles et 50 cordées).

	Variance du nombre moyen de naissains par coupelle
A l'intérieur d'une cordée (intra)	3 698
Entre les cordées (inter)	38 189

Par ailleurs, le calcul de ces deux variances permet de déterminer le nombre optimal de coupelles à examiner par cordée. La formule est la suivante (Scherrer *in* Frontier, 1983) :

$$m \text{ opt} = s_2 / \sqrt{(s_1^2 - s_2^2/m)} * \sqrt{(c_1/c_2)}$$

où  $m$  est le nombre de coupelles examinées (ici 4),  $s_1$  et  $s_2$  sont respectivement les variances inter et intra-cordées, et  $c_1$  et  $c_2$  les coûts d'accès et de traitement attachés respectivement à la cordée et à la coupelle.

Si l'on ne prend pas en compte les coûts, ce qui revient à choisir  $c_1/c_2 = 1$ , le calcul conduit à un nombre optimal de coupelles,  $m$ , de 0,3. Si l'on choisit un rapport  $c_1/c_2$  de 10, ce qui signifie qu'il faut 10 fois plus de temps pour prélever une cordée que pour traiter une coupelle, le calcul conduit à un  $m$  optimal de 1. Il faut un rapport  $c_1/c_2$  égal à 100 pour que le  $m$  optimal atteigne la valeur de 3 (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Calcul du nombre optimal ( $m$  opt) de coupelles à dénombrer par cordée selon différents rapports des coûts de temps de travail attachés à la cordée ( $c_1$ ) et à la coupelle ( $c_2$ ).

Rapport des coûts de temps	$m$ opt
$c_1/c_2 = 1$	0,3
$c_1/c_2 = 10$	1
$c_1/c_2 = 100$	3

Cela signifie que le comptage d'une coupelle par cordée aurait été suffisant à Arcachon en 2008. Cependant, ce résultat devra être confirmé, ou non, selon l'intensité du captage. Pour les années à venir, il est préconisé de compter 2 ou 3 coupelles par cordée de façon à pouvoir effectuer le calcul d'optimisation.

### 3. Discussion : proposition d'une méthodologie générale

Un des objectifs du programme national VELYGER est de pouvoir comparer l'intensité des fixations à l'issue de la saison de reproduction dans les différents bassins conchylicoles ainsi que d'une année à l'autre. Pour cela, une méthodologie nationale unique doit être mise en place, concernant un même type de collecteur, utilisé dans tous les bassins. La coupelle semble pouvoir être retenue car c'est un support relativement moderne, amplement employé aussi bien dans les anciennes que dans les nouvelles zones de captage. Cependant, à Arcachon, il faudrait maintenir parallèlement le comptage sur tuiles, support toujours largement utilisé et s'inscrivant dans une série historique de données.

#### 3.1. Stratégie d'échantillonnage

Il existe un grand nombre de plans d'échantillonnage dont la plupart résultent de la combinaison de quelques plans élémentaires. Dans le cas qui nous intéresse, la stratégie sera basée sur un échantillonnage aléatoire simple combiné à un échantillonnage à deux degrés, qui pourra, ou non, être stratifié.

##### 3.1.1. Echantillonnage aléatoire simple

Tous les plans d'échantillonnage reposent sur les mêmes concepts statistiques dont les principaux sont les suivants (Scherrer *in* Frontier, 1983).

- "L'élément ou unité d'échantillonnage<sup>3</sup> est une entité concrète sur laquelle on mesure ou observe la variable étudiée."
- "L'échantillon est une collection d'éléments prélevés dans la population statistique selon un processus aléatoire (ou une méthode dite à choix raisonné)."
- "Un échantillon est qualifié d'**aléatoire** ou, ce qui revient au même, de représentatif de la population statistique, lorsque chaque élément de la population a une probabilité connue et différente de zéro d'appartenir à l'échantillon. Le cas particulier le plus connu est celui où l'on accorde à chaque unité de la population la même probabilité d'appartenir à l'échantillon."
- "Un plan d'échantillonnage est un protocole de sélection des éléments de la population statistique en vue d'obtenir un échantillon aléatoire (ou représentatif)."

Nous avons vu (cf 1.2.1) qu'il est, en pratique, très difficile de prélever les coupelles réellement au hasard. Compte tenu de l'empilement des coupelles sur des cordées, le prélèvement ne peut se faire qu'en deux temps : tout d'abord celui des cordées, puis celui des coupelles sur chacune des cordées. Il s'agit là d'un échantillonnage à deux degrés qui nécessite de réaliser un échantillonnage aléatoire à chacun des deux niveaux.

##### 3.1.2. Echantillonnage à deux niveaux

Pour le premier niveau (cordée), la répartition géographique des points échantillonnés est un bon moyen de s'approcher de l'objectif de prélèvement au hasard. Il est possible de s'appuyer sur les données disponibles, que ce soit le fichier des concessions ostréicoles, le fichier des déclarations de pose ou toutes autres informations (par exemple photos aériennes) permettant d'aider à constituer un échantillon le plus représentatif possible de la population. La façon de procéder à Arcachon, présentée ci-dessus, pourra être adaptée à chaque bassin conchylicole (cf 1.2.1).

<sup>3</sup> Dans notre cas, le collecteur sur lequel on dénombre les naissains captés.

L'effort d'échantillonnage devra être fixé pour chaque bassin. Cet effort sera sans doute faible au regard de la population totale mais devra être adapté aux contraintes de temps et suffisant pour acquérir les données nécessaires à une première analyse de la variabilité des résultats et à un calcul d'optimisation.

Pour le deuxième niveau (coupelle), le tirage aléatoire des coupelles qui seront dénombrées ne pose pas de problème. Ce peut être le tirage d'un numéro entre 1 et le nombre de coupelles sur la cordée ou bien une répartition plus ou moins régulière des coupelles retenues le long de la cordée.

A la lumière des premiers résultats arcachonnais, on peut déjà préconiser de commencer par compter 3 coupelles par cordée, ce qui permettra de limiter l'effort tout en permettant les calculs de variance. Cependant, pour les années de captage de faible intensité, il serait souhaitable de compter un nombre plus important de coupelles: ce nombre pourrait être tel que la totalité des naissains comptés atteigne au moins une centaine. Par exemple, pour une dizaine de naissains par coupelle, il faudrait compter 10 coupelles de la cordée et pour 1 à 2 naissains par coupelle, ce sont toutes les coupelles de la cordée qui seraient dénombrées.

Les calculs de variance (cf 2.4 et 3.3) devront être effectués chaque année et pour chaque bassin ce qui permettra une optimisation de la stratégie et de l'effort d'échantillonnage. Ces calculs pourront déjà être réalisés pour Marennes-Oléron à partir des données récoltées les années antérieures par le CREAA (Geay et Mille, 2007 ; 2008).

### 3.1.3. Echantillonnage stratifié

L'échantillonnage stratifié est une technique qui consiste à subdiviser une population hétérogène en sous-populations ou "strates" plus homogènes, mutuellement exclusives et collectivement exhaustives (Scherrer *in* Frontier, 1983).

Dans notre cas, la stratification serait donc basée sur une connaissance, avérée ou intuitive, de différences de captage selon certains critères. Le critère géographique semble le plus évident. A Arcachon, nous n'avons aucun élément indiquant la pertinence d'une stratification de ce type, la comparaison des résultats de trois secteurs, délimités ultérieurement à l'échantillonnage, confirmant qu'il n'y a pas de différence significative interprétable entre les zones.

En revanche, à Marennes-Oléron, des différences importantes selon les secteurs sont rapportées chaque année (Geay et Mille, 2007, 2008). La mise en œuvre, ou non, d'une stratification de ce type dépendra donc des caractéristiques propres à chaque bassin.

Cependant, un tel plan suppose la connaissance de la taille de chacune des strates considérées. En effet, si l'on veut estimer le nombre moyen de naissains par coupelle sur l'ensemble d'un bassin, il faut pondérer chaque résultat dans une strate par le poids de la strate. Lors des estimations réalisées à Marennes-Oléron, les résultats sont présentés uniquement par secteur. Pour faire un calcul sur l'ensemble du Bassin, il faudrait délimiter précisément chaque secteur et en connaître la taille (nombre de concessions, surface des parcs ou nombre de collecteurs déclarés ...).

L'échantillonnage stratifié permet aussi de faire un calcul d'optimisation de l'effort d'échantillonnage entre les différentes strates<sup>4</sup>, dont les résultats peuvent être appliqués l'année suivante.

---

<sup>4</sup> Dépendant des variances intra et inter strates.

## 3.2. Prélèvements et traitement des collecteurs

### 3.2.1. Prélèvements et premier traitement au laboratoire

Les prélèvements des coupelles peuvent s'effectuer courant octobre sur 2 ou au maximum 3 malines. Cette époque fait suite à la saison de reproduction et précède la période d'un éventuel détroquage précoce des coupelles.

Le nombre de collecteurs à échantillonner dépend essentiellement du bassin étudié (nombre de coupelles posées, surface des bassins...) et de l'effort d'échantillonnage alloué à une telle étude. Dans un premier temps, l'échantillonnage d'une trentaine de cordées (pour les plus petits bassins) ou d'une cinquantaine de cordées (au minimum pour les plus grands bassins) peut être retenu. Le nombre de coupelles à examiner par cordée dépend de l'intensité du captage. Pour un captage normal, il peut être fixé à 3 en première approche. Une estimation du temps nécessaire à la réalisation des différentes étapes de ce travail est présentée en annexe 5.

Il convient de ne pas oublier que la récolte des collecteurs requiert des précautions particulières afin de minimiser la perte de naissains lors de la manipulation. La manière de procéder à Arcachon sur le terrain et au laboratoire est décrite ci-dessus (cf 1.3 et 1.4).

### 3.2.2. Dénombrements

Suivant le nombre de naissains présents sur la coupelle, deux stratégies peuvent être adoptées (cf 1.5.2) :

- si le nombre de naissains est faible, ceux-ci sont dénombrés sur la totalité de la coupelle (dessus et dessous),
- si le nombre de naissains est important (> 200), ceux-ci sont comptés sur la moitié, ou moins, de chaque face de la coupelle ; la délimitation des zones sur une coupelle est facilitée par la présence de rainures.

La mortalité affectant les naissains fixés sur les collecteurs peut aussi être évaluée (cf 1.6). Cependant, ce travail s'avère coûteux en temps.

## 3.3. Calculs

Le plan d'échantillonnage doit être clairement défini avant le travail de terrain et l'analyse des collecteurs échantillonnés. Il conditionne la qualité des résultats et la bonne exploitation qui pourra en être faite.

Tous les calculs pour les traitements statistiques des données recueillies lors de telles études sont exposés par Scherrer *in* Frontier (2003). Il sera en effet nécessaire de présenter des résultats complets comprenant non seulement les valeurs moyennes mais aussi les écart-types associés, de façon à pouvoir comparer statistiquement les secteurs et les années.

Pour le calcul, on utilise les formules présentées par Scherrer *in* Frontier (1983) pour l'échantillonnage du deuxième degré, avec pour unité primaire la cordée et pour unité secondaire la coupelle. On fait l'hypothèse que la taille, notée  $M$ , des unités primaires est constante (généralement une cordée regroupe 44 coupelles), on parle donc d'échantillonnage du deuxième degré avec grappe de taille égale.

Ainsi, en prenant comme notation :

$y_{ij}$  = nombre de naissain sur la coupelle  $j$  de la cordée  $i$

$m$  = nombre de coupelles analysées par cordée

$n$  = nombre de cordées analysées

$f = n/N$  ( $N$  nombre total de cordées par bassin), fraction d'échantillonnage sur le site

$f_2 = m/M$  ( $M$  nombre total de coupelles par cordée, i.e. 44), fraction d'échantillonnage sur la cordée

Le nombre moyen de naissain par coupelle est :

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n} \quad \text{avec} \quad \bar{y}_j = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij}}{m}$$

La variance associée à cette moyenne est :

$$V(\bar{y}) = \frac{1-f}{n} S_1^2 + \frac{f(1-f_2)}{mn} S_2^2$$

$$\text{avec } S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad \text{et} \quad S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n(m-1)}, \text{ les variances inter et intra-cordées.}$$

Signalons que la variance présentée n'est pas celle concernant l'échantillon (fréquemment utilisée) mais celle se rapportant à la population (Scherrer *in* Frontier, 1983).

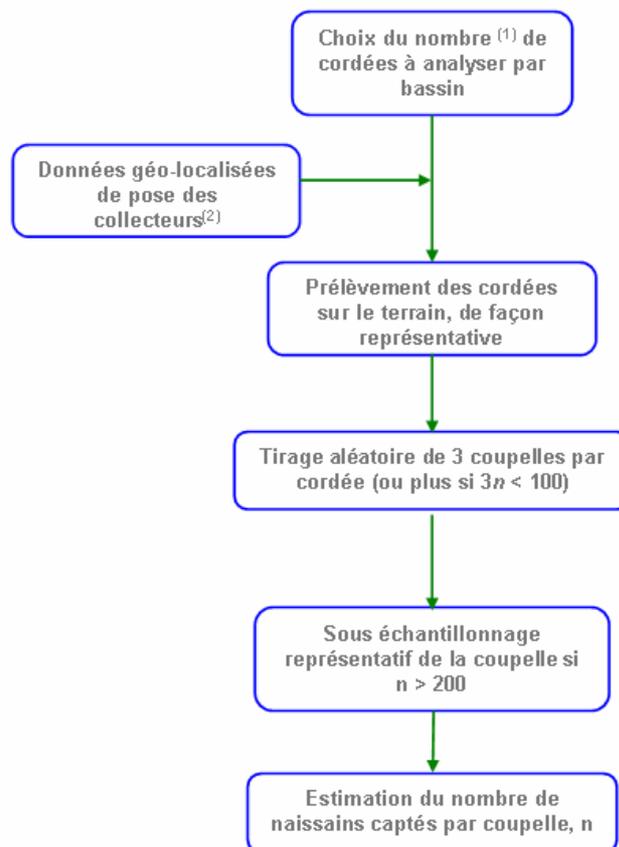
Notons que le nombre optimal de coupelles à analyser par cordée se calcule de la manière suivante :

$$\hat{m}_{opt} = \frac{S_2}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2/m}} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

avec  $C_1$  et  $C_2$  les coûts d'accès et de traitement attachés respectivement à la cordée et à la coupelle.

## 4. Conclusion

A l'issue de ce travail, un protocole permettant d'estimer le captage sur un bassin ostréicole a été proposé. Le collecteur commun à l'ensemble des bassins pratiquant le captage est la coupelle, généralement groupée en cordées (une cordée contient ~ 44 coupelles). Le protocole, résumé sur la figure 3, permet donc d'estimer le nombre moyen de naissain par coupelle, noté  $n$ , et son écart type. Il est basé sur un échantillonnage à deux niveaux (cordée puis coupelle) avec, le cas échéant, un sous échantillonnage de la coupelle quand le naissain est très abondant ( $n > 200$ ).



**Figure 3 :** Proposition d'une stratégie d'échantillonnage pour estimer le captage dans chaque bassin ostréicole, avec comme collecteur de référence la coupelle.

(1) Ce nombre tient compte des contraintes de temps et de moyens humains qu'il est possible de consacrer chaque année à l'échantillonnage.

(2) Il s'agit des déclarations réalisées chaque année par les ostréiculteurs auprès des Affaires Maritimes, mais il peut aussi s'agir de photographies aériennes ou de connaissances *a priori* des caractéristiques du captage selon les secteurs géographiques de chaque bassin.

Selon les caractéristiques propres de chaque bassin conchylicole, l'échantillonnage à deux niveaux pourra, ou non, être couplé à un échantillonnage stratifié.



## BIBLIOGRAPHIE

**AUBY I, MAURER D**, 2004. Etude de la reproduction de l'huître creuse dans le Bassin d'Arcachon- Rapport final. *Rapport Ifremer R.INT.DEL/AR/04.05*, 203 p. + Annexes.

**AUBY I, MAURER D, CASSAM-CHENAI Y, NEAUD MASSON N, RUMEBE M, CANTIN C**, 2005. Reproduction de l'huître creuse dans le Bassin d'Arcachon, Année 2005. *Rapport Ifremer. RST/LER/AR*, 75 p.

**AUBY I, MAURER D, CASSAM-CHENAI Y, TOURNAIRE M-P, NEAUD MASSON N, RUMEBE M, CANTIN C**, 2006. Reproduction de l'huître creuse dans le Bassin d'Arcachon, Année 2006. *Rapport Ifremer. RST/LER/AR*, 75 p.

**AUBY I, MAURER D, DEFENOUILLE P, TOURNAIRE M-P, LATRY A, NEAUD-MASSON N, CANTIN C**, 2008. Reproduction de l'huître creuse dans le Bassin d'Arcachon, Année 2008. *Rapport Ifremer. RST/LER/AR*, 43 p

**FRONTIER S**, 1983. Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed Masson. 494 p.

**GEAY A, MILLE D**, 2007. Suivi de la reproduction de l'huître creuse *Crassostrea gigas* en Charente Maritime, saison 2007 ; CREAA. 46 p. + Annexes.

**GEAY A, MILLE D**, 2008. Evaluation précoce du captage de l'huître creuse en Charente-Maritime en 2008. CREAA, novembre 2008 : 4 p.

**MAURER D, BOREL M**, 1990. Estimation du captage d'huîtres *Crassostrea gigas* dans le Bassin d'Arcachon de 1985 à 1989. *Rapport Ifremer DRV-90.38-RA/ARACACHON*, 26 p.

**MAURER D, AUBY I, VIGNON A, TOURNAIRE MP, RUMEBE M, NEAUD MASSON N, CANTIN C**, 2007. Reproduction de l'huître creuse dans le Bassin d'Arcachon, Année 2007. *Rapport Ifremer. RST/LER/AR*, 79 p.



## ANNEXES

**Annexe 1** : Tableau de synthèse - Nombre de collecteurs à prélever d'après les déclarations de pose de 2007 dans les différents secteurs.

Secteur	Lieu dit	Nb conces. captage	Nb parcs	Nb Tuiles	Nb coupelles	Nb tuiles à prélever	Nb cordées à prélever
1	Cap Ferret	20	183	69 200	288 000	2	1
2	Grand-Banc	26	337	59 400	878 000	2	3
3	Arams-Lucarnan Maouréous	34	131	431 600	711 650	8	3
4	Chenal de Gujan Chenal du Teich	22	118	179 380	360 000	5	1
5	Le Tès	12	180	22 600	360 000	1	1
6	Les Arrouillats	24	102	198 000	268 600	5	1
7	Est Arrouillats Matelotte	24	59	286 000	315 000	5	1
8	Chenal deComprian	4	23	15 000	160 000	1	1
9	La Vigne L'Herbe	64	132	114 650	1 938 990	2	6
10	Le Canon-Piquey Les Jacquets	35	255	11 100	852 780	1	2
11	Hautebelle Graouères Lahillon	21	232	66 000	637 000	2	2
12	Piréou Puant	5	35	5 000	110 500	1	1
13	La Sableyre Comprian	53	131	236 454	1 523 848	4	4
14	Mapouchet Bourrut Cailoc Humeyre Grahudes Gorp Loc Blanc Garrèche	55	359	275 700	3 276 000	5	8
15	Pointe de Bayle	9	0	19 410	92 000	1	3
16	GahignonCongre Hosses Pelourdey Réousse Courbey	55	45	80 088	1 992 720	2	5
17	Canelon-Marens Les Jalles	52	305	86 840	1 751 050	2	5
18	Matelle	10	81	44 720	628 000	1	2
<b>Total</b>				<b>2 201142</b>	<b>16 144 138</b>	<b>50</b>	<b>50</b>

**Annexe 2 : Bilan des déclarations de poses de 2008 en fonction des secteurs.**

Secteurs	Coupelles	Tubes	Tuiles	Plénos
1	300 000	0	50 970	635
2	1 432 000	26 760	47 600	1 068
3	483 640	38 000	277 200	0
4	215 000	0	103 400	0
5	290 800	5 000	24 450	700
6	69 000	12 000	75 950	0
7	320 000	0	255 100	0
8	115 000	5 000	0	0
9	2 206 000	22 900	98 700	1 320
10	1 677 210	184 500	11 756	2 580
11	554 900	2 000	58 000	145
12	98 000	6 000	2 000	330
13	1 470 278	2 000	219 092	0
14	3 852 300	92 180	250 920	500
15	117 000	10 000	9 460	1 000
16	2 299 790	114 500	85 824	648
17	2 178 200	41 600	87 160	410
18	677 500	5 000	29 180	200
<b>TOTAL</b>	16 886 340	567 440	1 686 762	9 536

**Annexe 3 : Liste du matériel à embarquer lors des prélèvements.**

Prélèvements	Identification
Anciennes tuiles	Etiquettes
Couteaux	Crayon à papier
Ficelle	Fiche de renseignement
Gants	
Fiche terrain	

**Annexe 4** : Feuille vierge pour dénombrement.

Fiche vierge : Comptage des coupelles

Coupelle	Petites		Grosses		Détachées		Total		RQS
	V	M	V	M	V	M	V	M	
<b>Dessus</b>									
<b>Dessous</b>									
<b>Total</b>									

Fiche vierge : Comptage des tuiles

Tuile	Répliquat	Surface	Nombre	Mortalité	RQS
<b>Dessus</b>	1				
	2				
	3				
<b>Dessous</b>	1				
	2				
	3				

**Annexe 5** : Temps nécessaire pour le prélèvement et l'analyse de 150 coupelles réparties sur 50 cordées.

Étapes		Temps pour 1 agent	Nombre d'agents	Total	
Temps nécessaire pour 1 sortie (10 cordées)	Prélèvements	Transit	60 min	3	180 min
		Terrain	100 min	3	300 min
	Séparation des coupelles		150 min	1	150 min
	Choix des 3 coupelles		30 min	1	30 min
	Lavage (30 coupelles)		300 min	1	300 min
	Dénombrements	Total	240 min	1	240 min
		Morts	360 min	1	360 min
	Total minutes				1 560 min
	Total heures				26 h
	Total 5 sorties (50 cordées)				130 h