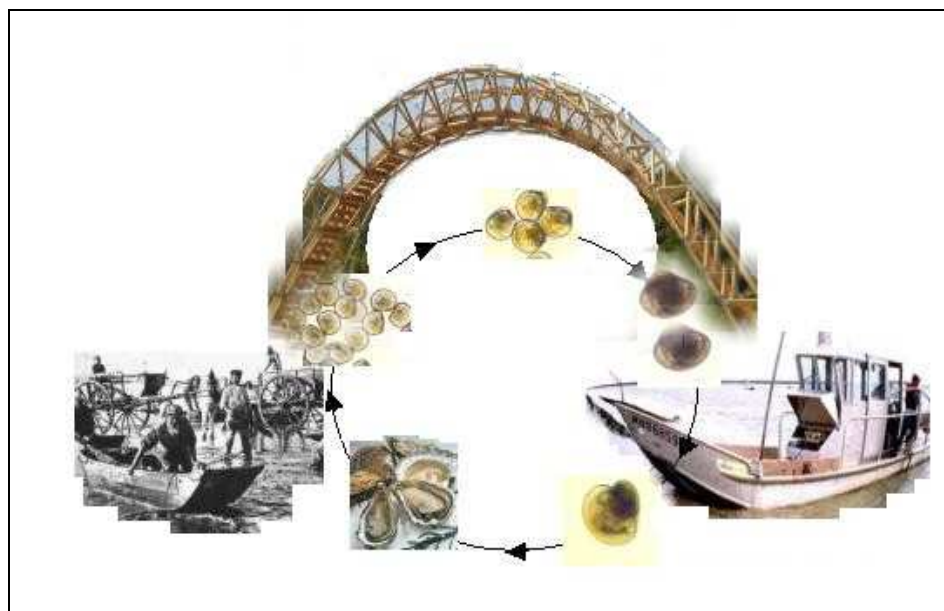


Contrat de Plan Etat - Région 2008 - 2013
DEVELOPPEMENT DURABLE DES PERTUIS CHARENTAIS

LER PC La Tremblade
Patrick Soletchnik



Reproduction de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) dans le Bassin de Marennes Oléron



La pêche expérimentale de larves d'huîtres, indicateurs de
ponte et de recrutement. Analyse spatio-temporelle et
relation avec l'environnement

FEVRIER 2008

**Reproduction de l'huître creuse
(*Crassostrea gigas*) dans le Bassin de
Marennes Oléron**

**La pêche expérimentale de larves d'huîtres,
indicateurs de ponte et de recrutement. Analyse
spatio-temporelle et relation avec
l'environnement**

| | |
|---|-----------|
| RESUME | 4 |
| 1. INTRODUCTION | 6 |
| 2. MATERIEL ET METHODES | 8 |
| 3. RESULTATS | 14 |
| 3.1. Etude descriptive de la saison de ponte de <i>Crassostrea gigas</i> dans le bassin de Marennes – Oléron | 14 |
| 3.1.1. Abondance des larves (0 - 4 jours) au cours de la saison de pêche. Variabilité interannuelle et typologie | 14 |
| 3.1.2. Variabilité spatiale des paramètres de la ponte (PP et DP) | 18 |
| 3.1.3. Variabilité temporelle des paramètres de la ponte (PP et DP) | 19 |
| 3.1.4. Indices d'abondance (IA) et effort de pêche (nS) | 20 |
| 3.1.5. Indice de recrutement (IR) | 23 |
| 3.1.6. Relation entre Indice de ponte (IP) et indice de recrutement (IR) ? | 24 |
| 3.2. Relations entre les paramètres de ponte de <i>Crassostrea gigas</i> et l'environnement | 25 |
| 3.2.1. Preferendum thermique et hyalin de la survie larvaire; Diagrammes T–S (température – salinité) | 25 |
| 3.2.2. Saison de ponte (DP, PP, EP) et environnement climatique | 27 |
| 3.2.3. Saison de ponte (DP, PP, EP) et hydrobiologie | 29 |
| 3.2.4. Indices d'abondance (IP, IR) | 31 |
| 4. DISCUSSION - CONCLUSION | 35 |
| 5. REFERENCES | 38 |
| 6. FIGURES ET TABLEAUX | 39 |

Résumé

Cette étude produite dans les années 2000-2002 traite de la reproduction de l'huître *Crassostrea gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron.

Elle s'appuie sur les données de captures de larves d'huîtres, réalisées depuis son importation dans les pertuis Charentais (fin des années 60, début des années 70). La méthode de pêche de larves au "filet tracté" est restée la même entre 1950 et 1998¹. Quatre sites sont échantillonnés dans le bassin depuis 1970, deux en estuaire de Seudre et deux au centre du bassin; Deux autres sont pris en compte en embouchure de Charente à partir de 1982.

Chaque pêche donne lieu à un comptage de larves d'huîtres en 4 classes de taille; de la jeune larve (1-4 jours) à celle prête à la métamorphose (16-20 jours). Chaque année, 100 à 150 pêches sont effectuées sur l'ensemble des sites de prélèvement, entre juin et septembre. Les pêches de juillet – août représentent 99% des captures.

Les principales variables sont : la fréquence de capture, le début de la saison de ponte (PP), la date d'apparition du premier pic de ponte (PP), l'indice de ponte (IP) et l'indice de recrutement (IR)².

D'un point de vue descriptif, la saison de ponte peut débuter fin juin ou seulement au cours de la première quinzaine d'août. Elle dure 2 à 8 semaines avec 1 à 4 pics majeurs de ponte. Ainsi, la "typologie" de la saison de ponte de *C. gigas* perçue à travers les captures de larves, présente une forte variabilité interannuelle.

Aucune différence n'existe entre les 6 stations pour les paramètres de pontes : début de ponte (DP) et date d'occurrence du principal pic de ponte (PP). Par contre, les indices de ponte (IP = abondance des larves de 1-4 jours) et de recrutement (IR = abondance des larves de 16-20 jours), se regroupent 2 à 2 en 3 secteurs : embouchure de Seudre, de Charente et zone centrale du bassin. La variabilité la plus forte pour ces 4 paramètres est bien celle liée aux années, loin devant la variabilité spatiale.

L'indice d'abondance larvaire peut varier dans un rapport de 1 à 20 selon les années. Il existe une alternance de bonnes et moins bonnes années de recrutement. Ainsi, 1988 est une année à recrutement nul. Les années de bon indice de ponte ne sont pas toujours concordantes avec les années de bon indice de captage, et réciproquement, montrant bien là que la phase larvaire est "critique" pour le captage de *C. gigas*.

¹ dernière année de l'étude présentée ici

² IP et IR étant calculés respectivement comme la somme des jeunes larves (0-4 J) et des larves évoluées (16-20 J) pêchées en un site durant la saison de pêche.

Afin d'essayer de comprendre pourquoi certaines années le captage est très faible, voir nul dans le bassin, une deuxième partie de l'étude tente à mettre en relation les paramètres de la reproduction (DP, PP, IP et IR) avec des paramètres météorologiques et hydrologiques à travers un ensemble d'analyses de corrélations et de modèles de régression multilinéaires.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants : La précocité de la saison de ponte est sous la double influence de la température de fin d'hiver (février mars) et de la qualité d'insolation (ou rayonnement) du mois de mai (analyse des corrélations et modèles de régressions multilinéaires). Un modèle descriptif empirique à 68 % explique la précocité du pic de ponte (PP) entre 1973 et 1998 :

$$PP = 35,246 - 0,2166 \times MT2 + 0,948 \times MT3 - 0,4670 \times MT8 - 0,01588 \times SI5^3$$

Une température estivale faible (inférieure à 19°C) limite considérablement le recrutement (IR).

Les fortes précipitations du mois de mai retardent la ponte (ralentissement de la vitellogenèse), alors que les conditions pluvieuses d'avril améliorent le recrutement probablement en décalant la période de ponte dans un créneau thermique plus favorable.

Cette étude a comme premier mérite de faire une description "typologique" de la reproduction de *C.gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron depuis son importation et sur une 30^{ème} d'année de culture en s'appuyant sur des campagnes annuelles, régulières, de pêches de larves. Elle montre avec évidence combien la variabilité annuelle est importante, faisant émerger des "profils" reproducteurs très variables en terme de nombre d'émissions majeures, de dates de pontes et de d'importance de recrutement.

Dans une deuxième approche, l'analyse des corrélations étudiées entre les paramètres de l'environnement et les descripteurs de la ponte, font ressortir quelques caractéristiques déterministes de la reproduction de *C.gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron; Si certaines corrélations et autres résultats ont besoin d'être explicités et mieux compris, l'étude montre l'importance des conditions thermiques des mois de mars - avril sur l'enclenchement de la vitellogenèse, puis de la période estivale sur le déclenchement des pontes et sur la phase larvaire.

Cette étude demande à être reprise avec d'autres outils statistiques et complétée des dix dernières années manquantes, marquées par une grande variabilité météorologique.

³ "MT2"; "MT3" et "MT8" sont les températures moyennes mensuelles des mois de février, mars et août, et "SI5", la somme de l'insolation du mois de mai.

1. Introduction⁴

Dans les pertuis Charentais, trois espèces d'huîtres : *Ostrea edulis*, *Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas* se sont succédées au cours du temps (Figure 1). Au 19^{ème} siècle, l'espèce endémique est *Ostrea edulis*. L'huître *Crassostrea angulata*, est importée "accidentellement" par le "Morlaisien" dans l'estuaire de la Gironde en 1865. L'huître portugaise fait alors l'objet d'un important commerce et cette nouvelle espèce supprime alors *Ostrea edulis* dans les écosystèmes conchylicoles.

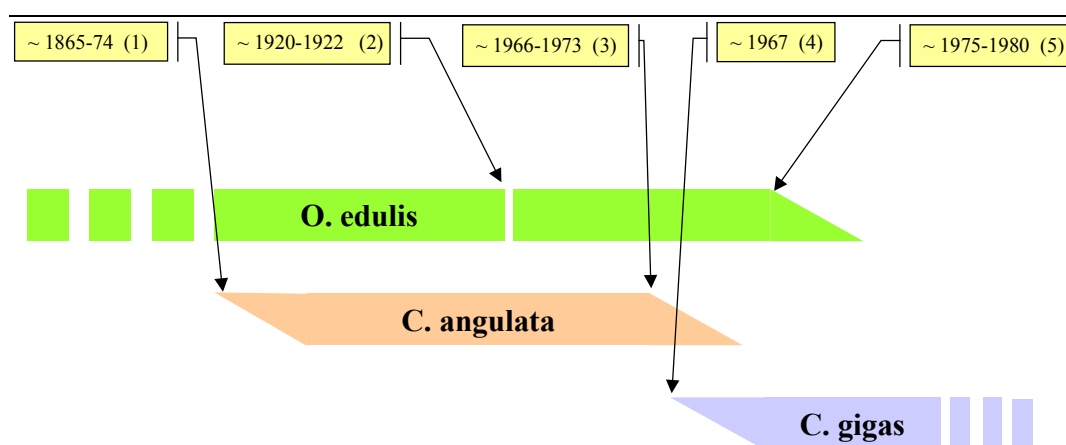


Figure 1. Succession des espèces d'huîtres dans le bassin de Marennes – Oléron (1) 1865 : la cargaison de *Crassostrea angulata* du "Morlaisien" est déversée dans l'estuaire de la Gironde. En 1874 *Crassostrea angulata* atteint le bassin de Marennes – Oléron. (2) 1920-1922 : mortalité massive d'origine inconnue de *Ostrea edulis*. (3) 1966-1973 : la "maladie des branchies" décime progressivement *Crassostrea angulata*. (4) 1967 : début d'importation de *Crassostrea gigas* en provenance du pacifique. (5) 1975-1980 : développement des parasitoses à *Martelia* et *Bonamia* sur *Ostrea edulis*.

Entre 1966 et 1973 la disparition de l'huître portugaise : *Crassostrea angulata* liée à un iridovirus (Grizel, Heral, 1991) constitue une des plus fortes crises ostréicoles de l'histoire du bassin de Marennes – Oléron. Dès 1968-1970, *Crassostrea gigas* est importée du Japon et les responsables ostréicoles implantent des gisements en quatre sites du bassin : deux en Seudre et deux dans le nord du bassin (Gras, et al., 1971).

⁴ Cette étude a été réalisée au Laboratoire Conchylicole de Poitou – Charente (LCPC) en 2001-2002. Elle est présentée ici sous forme de rapport afin d'"actualiser" la connaissance "régionale" dans le cadre d'un projet de recherche financé par la Région Poitou-Charente (CPER 2008-2012)

Le Bassin de Marennes Oléron est le principal bassin "reproducteur" de *Crassostrea gigas* depuis son importation. La grande variabilité du recrutement, et en particulier les années à captage faible ou nul (eg, 1988 et 1998) demandent à être mieux comprises. C'est l'objet principal de cette étude de tenter d'y répondre à travers l'étude des paramètres de la reproduction, en relation avec l'environnement des élevages.

Les pêches de larves décidées par les autorités scientifiques (ISTPM, puis IFREMER), sont effectuées dans le bassin depuis 1950. Elles ont lieu de juin à septembre. Le premier objectif était de signaler à la profession la présence des essaims de larves afin de prévoir le captage dans les différents secteurs géographiques.

La première partie de l'étude porte sur une analyse temporelle et spatiale, descriptive de la saison de ponte de *C. gigas*. Le deuxième volet de l'étude tente de mettre en relation les paramètres de la ponte de *Crassostrea gigas* avec l'environnement météorologique et hydrologique du bassin de Marennes – Oléron.

2. Matériel et méthodes

Développement des stations de pêches de larves dans le Bassin de Marennes Oléron

En Charente Maritime, la couverture spatiale d'échantillonnage évolue au cours du temps

Figure 2). Deux sites géographiques de Coux (CO) en Seudre, et de Faux (FA) à son embouchure sont échantillonnés chaque année depuis 1949 (Figure 3). Les sites de Doux (DO) et Mérignac (ME) en milieu de bassin sont échantillonnés à partir de 1962, et la Moulière (MO) et les Palles (PA), en estuaire de la Charente, à partir de 1980. Plus récemment, les suivis sont réalisés par l'Ifremer sous contrat avec la profession (SRC).

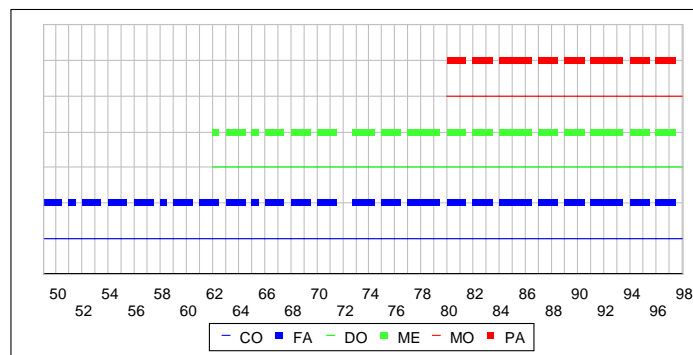


Figure 2. Evolution spatio-temporelle de l'échantillonnage des larves dans le bassin de Marennes - Oléron

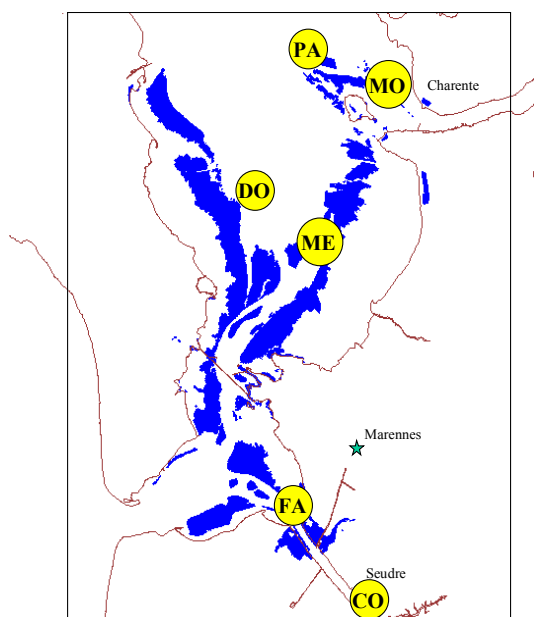


Figure 3. Les stations d'échantillonnage de larves sont, au débouché de la Charente: la Moulière (MO), les Palles (PA), au centre du bassin : les Doux (DO) et Mérignac (ME); en Seudre Coux (CO) et les Faulx (FA).

Méthode de pêche

Deux filets de prélèvement : surface et fond (1 m) sont largués puis tractés pendant cinq minutes à une vitesse constante et approximative de 3 nœuds, échantillonnant ainsi un volume de 15 m³ (Figure 4). La technique de pêche est mise au point par Boury (1928), et adaptée par Trochon (1955) puis Gras (Gras, et al., 1971).

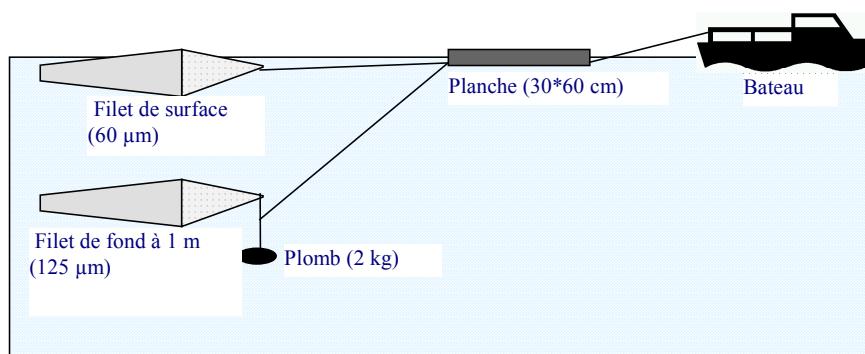


Figure 4. Engin de pêche de larves (*Crassostrea gigas*) à deux hauteurs de la colonne d'eau.

Les larves

Les échantillons de plancton sont formolés au laboratoire et homogénéisés en flacon de 250 ml. Un prélèvement de 1 ml du mélange est effectué à l'aide d'une pipette (pendant l'agitation). L'observation et la détermination des stades larvaires est faite sur cellule de numération de 1 ml de marque Graticules®, au microscope Olympus IMT2. Les larves d'huîtres sont classées en fonction de leur taille (Tableau 1) (Figure 5).

Tableau 1 : classes de larves pêchées

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| PETITES (P) : | < 105 µm ~ 1 – 4 jours* |
| PETITES EVOLUEES (PE) : | ≥ 105 µm ~ 5 – 8 jours* |
| MOYENNES (M) : | ≥ 150 µm ~ 9 – 15 jours* |
| GROSSES (G) : | ≥ 235 µm ~ 16 – 20 jours* |

* L'âge dépend des conditions environnementales de température en particulier....

Après avoir effectué le comptage des larves (pour 1 ml), on mesure le volume total de l'échantillon pour obtenir le nombre de larves par flacon. Le nombre de larves est ensuite calculé par la formule de Boury (1928), et le résultat de numération est ensuite ramené aux 15 m³ échantillonnés lors de la pêche.

Formule de Boury : $N = n \times (15/T)$, avec : N = nombre de larves pour un coup de filet théorique de 15 mn ; n = nombre de larves observées à la loupe binoculaire ; 15 = temps de pêche théorique de 15 mn ; T = temps réel de pêche (ici, $T = 5$ mn).

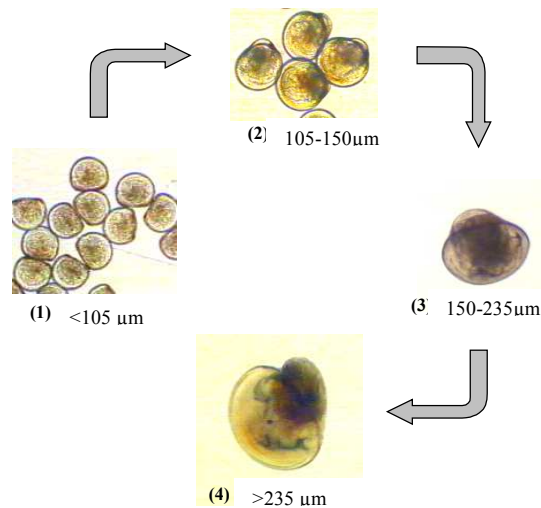


Figure 5. Les stades larvaires identifiés par comptage et mensuration au microscope optique. (1) <105 μm pour des larves de 1 à 4 jours; (2) 105-150 μm pour des larves de 5 à 8 jours; (3) 150-235 μm pour des larves de 9 à 15 jours; (4) > 235 μm pour des larves de 16 à 20 jours.

Les pêches sont bi-hebdomadaire à compter de la dernière semaine de juin, jusqu'à début septembre. Les prélèvements ont lieu dans la plage horaire de 2 heures après la pleine mer, à la mi-marée descendante. 30 à 40 pêches sont effectuées entre juin et septembre pour *Crassostrea gigas*.

Pour chaque point de prélèvement, température et salinité sont mesurées in situ à l'aide d'un thermo-salinomètre de marque WTW n°LF196

Les paramètres de l'étude

les paramètres de la ponte sont (Figure 6),(Tableau 2) :

- la date de première ponte (DP), est un nombre compris entre 1 et 48, correspondant au découpage de l'année en 48 "semaines".
- l'étalement de la ponte (EP) est calculé en nombre "semaines" entre la première et la dernière pêche de larves significative⁵.

⁵ Une pêche de larve est considérée dans l'analyse si elle représente au moins 5% des captures de l'année

- le principal⁶ pic de ponte (PP) est celui qui correspond au plus fort effectif de larves pêchées.
- le nombre de pontes (NP) correspond au nombre de pics de pêches de larve dans la saison (eg figure 6 = 2 pics).
- l'indice de ponte (IP) est un effectif de larve de 0-4 jours (1^{ère} classe) pêchée durant la saison (Tableau 1).
- l'indice de recrutement (IR) est un effectif de larve de 16-20 jours (4^{ème} classe) pêchée durant la saison.

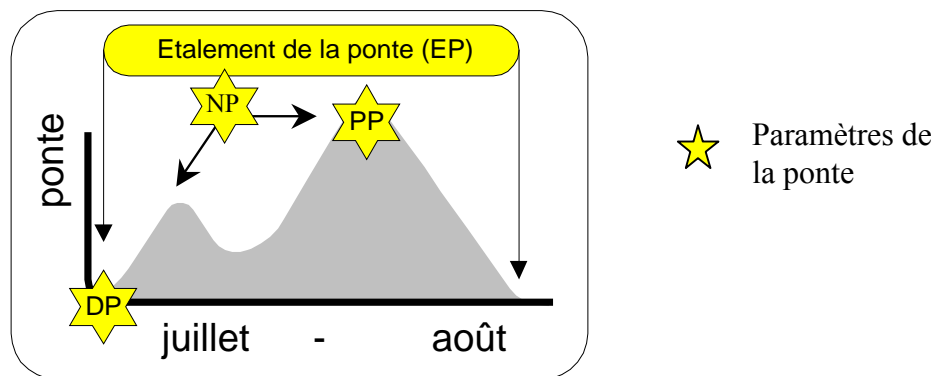


Figure 6. Indice d'abondance larvaire (%) (courbe grisée) et paramètres de la ponte : date de première ponte (DP), étalement de la ponte (EP), principale ponte (PP) et nombre de ponte (NP)

- L'indice d'abondance (IA) est le rapport de IP ou IR par le nombre de sorties (nS) effectuées à l'année.

Les paramètres hydrologiques proviennent de la base de mesure bi mensuelle du bassin de Marennes – Oléron (Soletchnik, et al., 1998). Ces paramètres sont : la température (t), la salinité (s), l'oxygène (o), l'azote ammoniacale (a)...etc (Tableau 2). Température et salinité sont également mesurées lors des pêches de larves.

Les données climatiques proviennent de Météo – France et sont : la pluviométrie (P), le rayonnement (R), l'intensité lumineuse (I) et la température de l'air sous abris (T), de la station météorologique de la Rochelle (Météo – France) (Tableau 2).

⁶ Plus grande fréquence de larves pêchées sur la saison

Tableau 2. les paramètres de l'étude

| | | |
|------------------------------------|----|---|
| Echantillonnage | nS | Nombre total de sorties par an = effort de pêche |
| | IP | indice de ponte = somme des larves <90 µm pêchées entre juin et septembre |
| | IR | indice de recrutement = somme des larves >210 µm pêchées entre juin et septembre |
| | IA | indice d'abondance = IP (ou IR) / nS x 1000 |
| | NP | Nombre de pics de ponte dans la saison de ponte |
| | DP | "début de ponte" = premier jour de captures de larves sur un site |
| | PP | "pic" de ponte = date (référence "semaine" de 1 à 48) de pêche maximale de larves pour un site et pour une année. |
| paramètres biologiques de la ponte | EP | "étalement" de la ponte = période ("semaines") entre la première et dernière pêche significative (<5% des captures) de la saison. |
| | t | température de l'eau |
| | s | salinité |
| | o | oxygène |
| | n | nitrate |
| | a | azote ammoniacale |
| | si | silicates |
| paramètres hydrologiques | ph | phosphates |
| | c | chlorophylle a |
| | p | phéophytines |
| | R | Rayonnement (Joules / cm ²) |
| | T | Température de l'air sous abris (°C) |
| | I | Insolation = nombre d'heure de soleil sur 24 (heures) |
| | P | Pluviométrie = précipitation (en mm) |
| paramètres météorologiques | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Dans les analyses multivariées, IP est l'indice de ponte calculé comme la somme des pêches de larves de 0-4 jours sur 4 stations du bassin de Marennes - Oléron (CO, FA, DO, ME) durant les saisons de ponte entre 1973 et 1999.

Traitements et analyses des données

La base météorologique de Météo France La Rochelle permet d'analyser les données à partir des premières collectes de larves de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron en 1973. La base de données hydrologiques du bassin de Marennes – Oléron commence en 1977. A partir de 1980 apparaissent les stations de Charente dans la stratégie d'échantillonnage des larves du bassin de Marennes – Oléron. (Figure 2).

Matrices de corrélation et régressions multi linéaires sont les principaux outils statistiques mis en œuvre dans cette étude (Statgraphic, V5 1).

Les variables non paramétriques tels que le jour de ponte (1...n) sont présentés par des diagrammes "boîtes à moustaches" (médiane et quartiles). Les tests de Kruskal Wallis sont utilisés pour comparer les modalités.

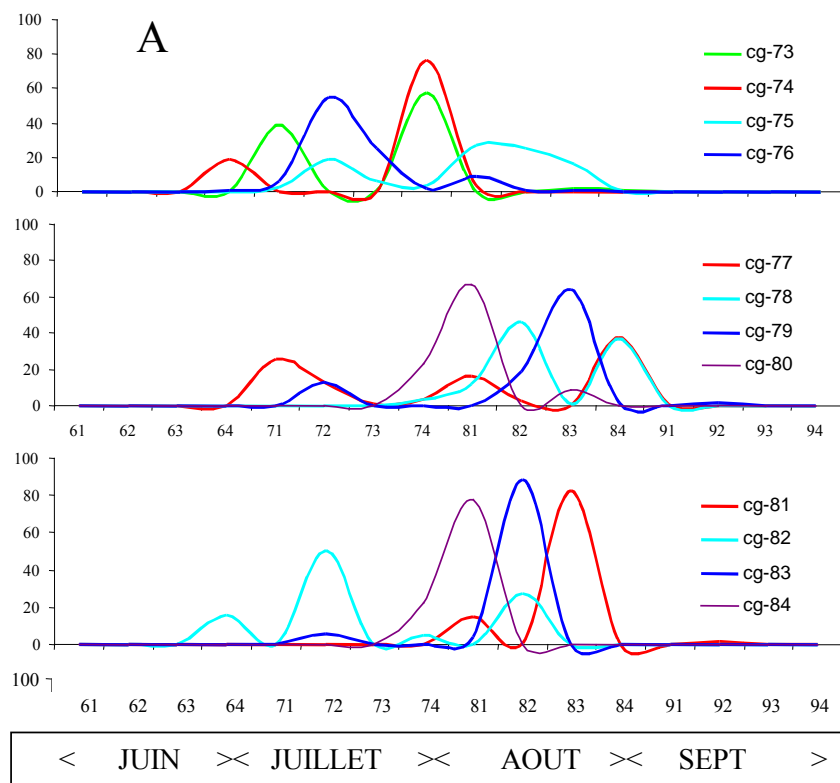
3. Résultats

3.1. Etude descriptive de la saison de ponte de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron

3.1.1. Abondance des larves (0 - 4 jours) au cours de la saison de pêche. Variabilité interannuelle et typologie

Distribution de fréquence des captures des jeunes larves (0-4 jours)

La saison de ponte (juillet - août) est soumise à une forte variabilité interannuelle). Selon les années, le nombre de pics de pontes varie entre 1 et 3. La première ponte peut survenir fin juin (1974, 1982 ...) ou seulement en début août (1980, 1984, 1985) (Figure 7).



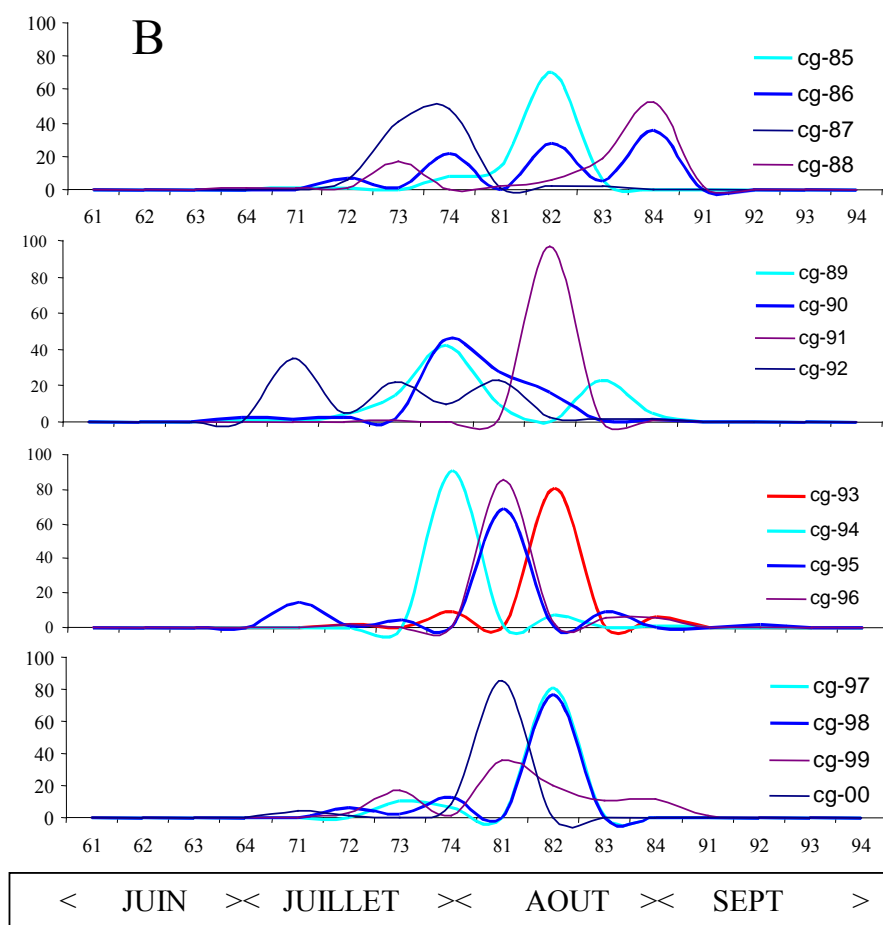


Figure 7 A et B. Distribution de fréquence des larves de 1-4 jours de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron entre 1981 et 1998 (28 années de mesure).

Variabilité interannuelle et "typologie"

Ainsi, sur une base de 28 années de données, le pic maximal de pêche de larves a lieu entre la mi juillet et la fin août (Figure 8A). Le début de saison de ponte s'étend entre la 4^{ème} semaine de juin et la 2^{ème} semaine d'août selon les années , avec une plus grande fréquence autour de la mi-juillet (Figure 8B). La saison de ponte est centrée sur fin juillet début août (Figure 8 C).

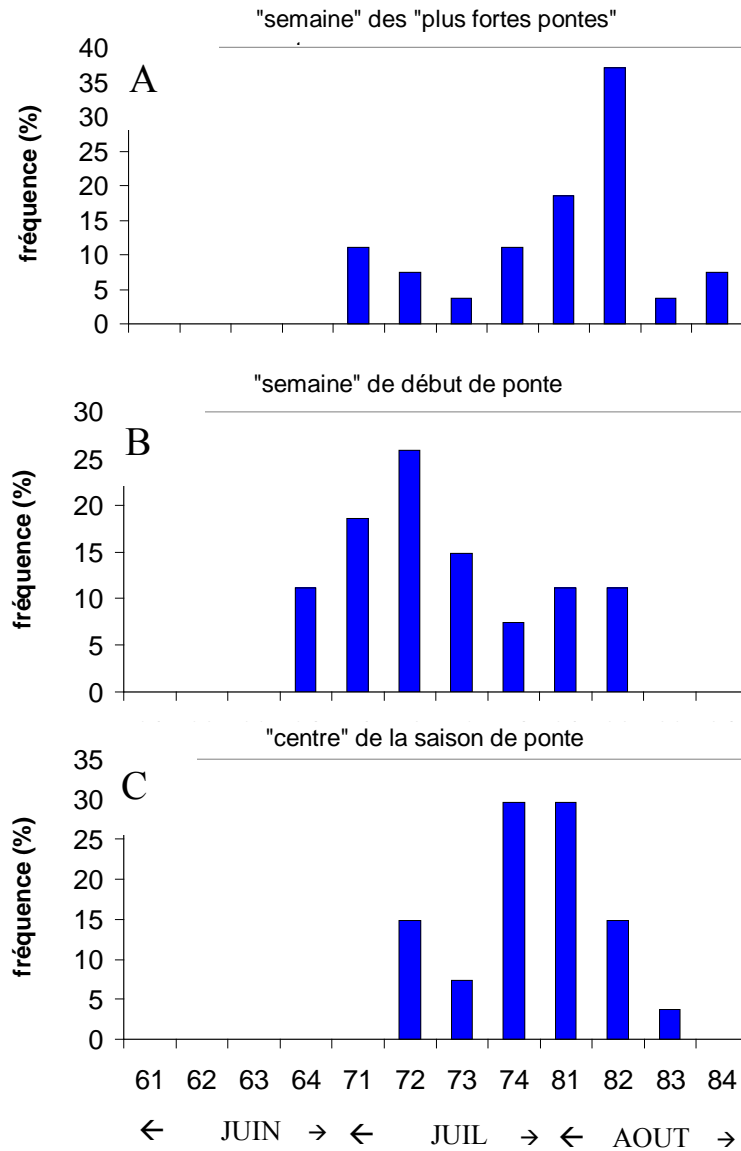


Figure 8. Fréquence (sur 28 années) de la semaine : des plus fortes pontes (A) ; du début de la saison de ponte (B) ; au cours de laquelle l'effectif 50% des captures est atteint ("centre" de la saison de ponte) (C).

De 1 à 4 pics de pontes principaux sont mesurés chaque année, avec une majorité de 2 pics par an (Figure 9).

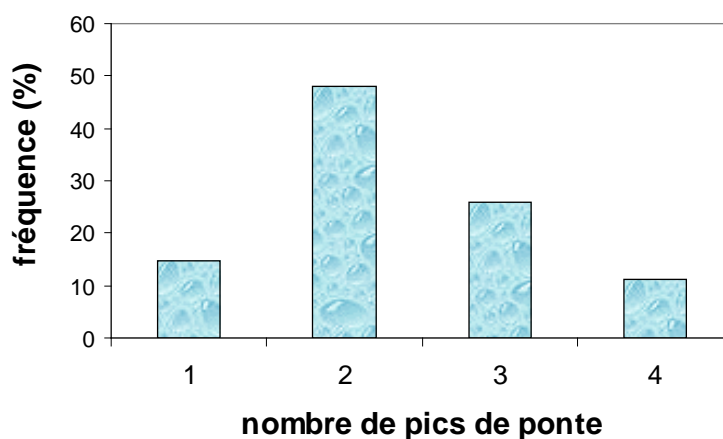


Figure 9. Fréquence (sur 28 années) du nombre de pics de pontes observés au cours d'une année, à partir de l'analyse de la distribution de fréquence des captures de jeunes larves (0-4 jours).

La saison de ponte s'étale sur 2 à 8 semaines selon les années (Figure 10).

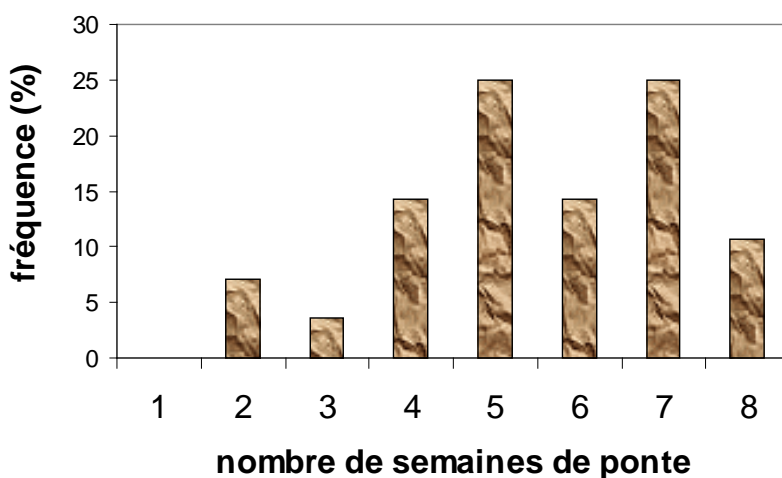


Figure 10. Fréquence (sur 28 années) du nombre de pics de pontes (pêches supérieures à 5% des captures) observés durant la saison.

Ainsi, les caractéristiques de la saison de ponte de *C.gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron varie-t-elle beaucoup d'une année sur l'autre avec :

- Un début de saison de ponte entre fin juin mi - juillet
- Un étalement de la saison compris entre 2 et 8 semaines, comprenant 1 à 4 "pics de ponte principaux.

3.1.2. Variabilité spatiale des paramètres de la ponte (PP et DP)

A partir de 1981, la couverture spatiale d'échantillonnage des pêches de larves comprend 6 stations (Seudre, Charente et zone "centrale" du bassin). Dix huit années de mesures des pics d'abondance de captures de larves montrent que la part la plus importante de la ponte de *Crassostrea gigas* a lieu en fin juillet et surtout au cours de la première quinzaine du mois d'août, sans différences significatives entre les stations (Kruskal – Wallis, $p = 0,800$) (Figure 11).

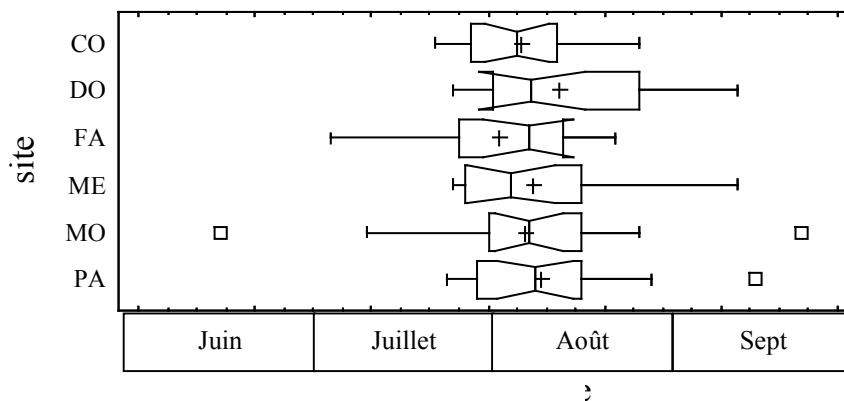


Figure 11. Principal pic d'abondance des jeunes larves (0-4 jours) (PP) de *Crassostrea gigas* en différentes stations du bassin de Marennes - Oléron.

Comme pour l'analyse du pic de ponte, aucune différence significative n'apparaît entre les stations sur la comparaison de la date d'apparition des premières larves ("début" de saison de ponte). La probabilité $p = 0,751$ (test de rang de Kruskal – Wallis) (Figure 12)

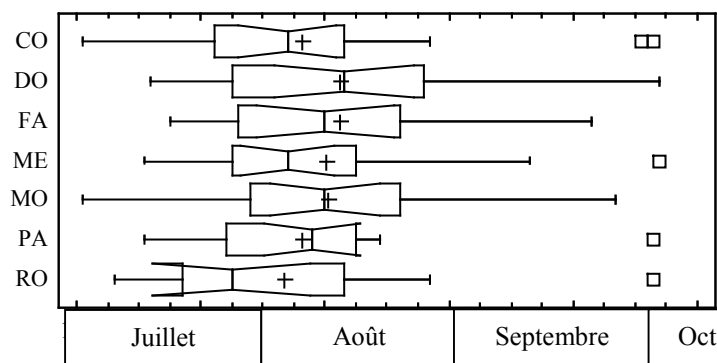


Figure 12. Date de première apparition des larves (DP) sur les stations du bassin au cours des 18 années de mesure.

IL n'apparaît de différences significatives, ni dans la saisonnalité d'apparition du principale "pic" de ponte (PP), ni dans la date de début de ponte (DP) entre les 6 stations échantillonnées au cours de 18 années de mesures (pas d'effet spatial à l'échelle du bassin).

3.1.3. Variabilité temporelle des paramètres de la ponte (PP et DP)

Les différences inter annuelle des pics de ponte sont significatives au seuil de 1 % ($p = 0,000$, test de rang de Kruskal – Wallis) (Figure 13). Les pontes "principales" peuvent survenir durant la 2ème quinzaine de juillet (eg. 1987), ou fin août (e.g. 1981). La ponte peut survenir sur une période courte en différents sites du bassin (e.g 1982-85; 1992-94) ou s'étaler sur plusieurs semaines (e.g 1981, 1989, 1995).

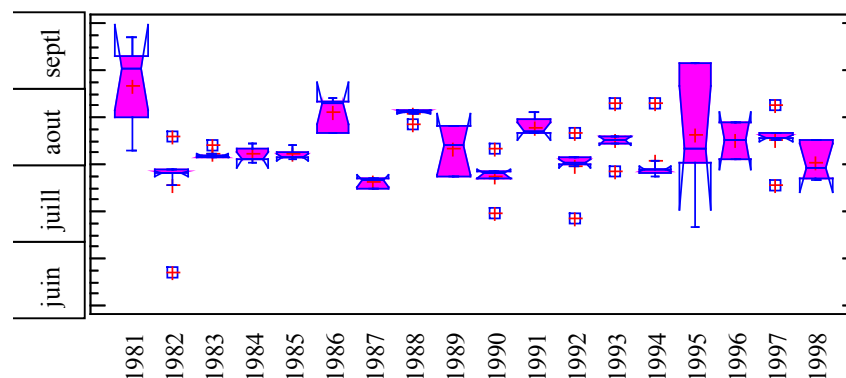


Figure 13. Date d'apparition du "pic" d'abondance (PP) des larves de 1-4 jours de *C.gigas* entre 1981 et 1998.

Comme pour l'analyse du pic de ponte, une différence significative apparaît entre les années dans la comparaison de la date d'apparition des première larves ("début" de saison de ponte). La probabilité $p = 0,000$ (test de rang de Kruskal – Wallis) (Figure 14). Les années 92 –93 (qui ont par ailleurs été des années à fortes mortalités printanières de cheptels) présentent une très grande variabilité au regard de ce paramètre. Existe-t-il une corrélation entre cette forte variabilité inter sites ces deux années, et la situation physiologiques des cheptels ?

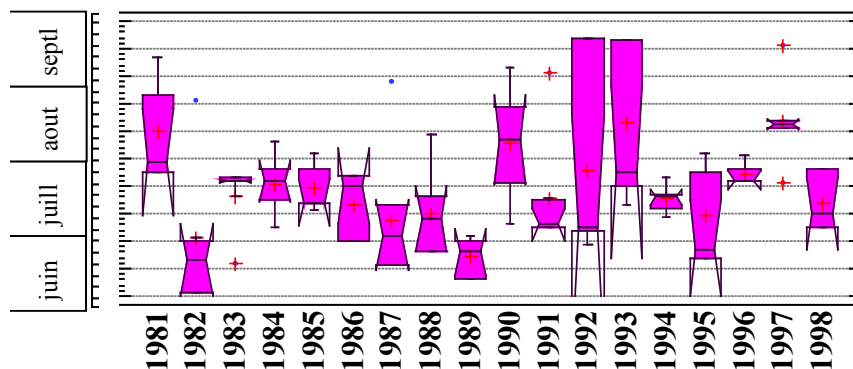


Figure 14. Date de première apparition des larves (DP) de *Crassostrea gigas* entre 1981 et 1998.

Il existe une différence significative interannuelle d'apparition du principale "pic" de ponte (PP) et de la date de début de ponte (DP) au cours de 18 années de mesures (effet temporel indiscutable sur ces deux paramètres).

Ainsi, à l'échelle du bassin, il n'existe pas de différences entre la Seudre (FAux et COux), la zone centrale du bassin (DOux et MERignac) et l'embouchure de la Charente (les PAles et la MOuclière) (Figure 3). Par contre, la variabilité inter annuelle est hautement significative sur les paramètres de la ponte.

3.1.4. Indices d'abondance (IA) et effort de pêche (nS)

L'effort de pêche moyen (nombre de sorties par an = En) développé durant les 2 mois d'été : juillet et août représente plus de 75 % de l'effort de pêche de la saison (Tableau 3). L'échantillonnage effectué en juin et septembre est variable selon les années. Au cours de ces 2 mois, les larves sont moins abondantes. La prise en compte de juin et septembre dans le calcul de l'indice d'abondance (Tableau 2) conduit à sous estimer l'abondance en larves les années ou l'effort de pêche est plus important en juin et septembre. L'effort de pêche (IA) utilisé dans cette étude, est donc calculé sur la base des mois de juillet et août.

Tableau 3. Effort de pêche de larves (nombre de sorties sur la saison). 4 mois : juin - septembre; 2 mois : juillet – août.

| année | 4 mois | 2 mois |
|-------|--------|--------|
| 1981 | 132 | 73 |
| 1982 | 105 | 70 |
| 1983 | 89 | 65 |
| 1984 | 79 | 72 |
| 1985 | 110 | 77 |
| 1986 | 157 | 102 |
| 1987 | 127 | 102 |
| 1988 | 95 | 71 |
| 1989 | 129 | 90 |
| 1990 | 103 | 86 |
| 1991 | 121 | 95 |
| 1992 | 113 | 92 |
| 1993 | 128 | 91 |
| 1994 | 122 | 102 |
| 1995 | 87 | 72 |
| 1996 | 68 | 68 |
| 1997 | 128 | 98 |
| 1998 | 132 | 108 |

Ainsi, si l'effort de pêche développé au cours des mois de juin et septembre, représente 25% de l'effort de pêche total en jeunes larves, les captures, quand à elles ne représentent que 0,7% de l'ensemble des larves capturées sur la saison de ponte (Tableau 4). Ainsi, 25 % de l'effort de pêche saisonnier est développé pour moins de 1 % de captures.

Tableau 4. Effort de pêche et "rendement" comparé au cours de l'année (bilan sur la période 1981 – 1998)

| | juin septembre | - | juillet – août |
|-----------------------------|-------------------|---|----------------|
| nombre de sorties (n) | 2025 | | 1534 |
| nombre de larves (millions) | 26,64 | | 26,46 |

L'indice d'abondance met en évidence des années "exceptionnelles" en terme d'effort de ponte, comme les années 83, 87 et 91, et des années moins fastes telles que 1981, 82, 86, 92 et 98) (Figure 15).

L'indice d'abondance larvaire peut varier dans un rapport de 1 à 20 selon les années.

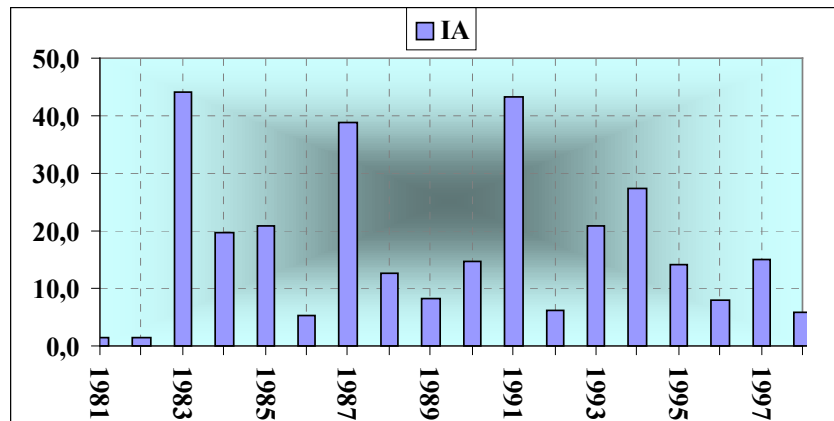


Figure 15. Indices d'abondance larvaire de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron entre 1981 et 1998 (6 stations).

Entre 1973 et 1998, l'étude spatio-temporelle des deux paramètres de la ponte (PP et DP) montre que la variabilité inter station est négligeable face à la variabilité inter annuelle (première partie de cette étude descriptive). Ce résultat permet d'orienter l'analyse en considérant les séries chronologiques longues, plutôt que de privilégier la dispersion spatiale... d'où le choix d'analyser la série 1973-1998...

Comme par ailleurs, les captures effectuées sur les 2 stations de Seudre (CO et FA), représentent à elles seules plus de 80% des captures de larves, certaines analyses porteront uniquement sur ces 2 stations.

Ainsi, l'indice d'abondance larvaire est calculé sur les 2 stations de Seudre (Figure 16). Les années 1983, 1987 et 1991 apparaissent bien comme trois "bonnes" années en terme de captures de jeunes larves de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron. Les années de 1973 et 1981 présentent un indice d'abondance inférieur à 20, faible par rapport à ceux rencontrés par la suite dans le bassin de Marennes – Oléron.

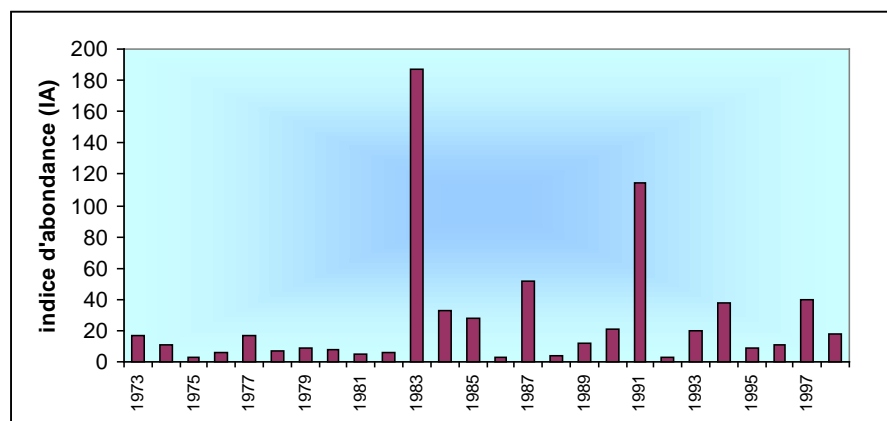


Figure 16. Indices d'abondance larvaire de *Crassostrea gigas* en Seudre (et estuaire) entre 1973 à 1998 (2 stations).

3.1.5. Indice de recrutement (IR)

Les indices calculés sur des stations issues d'une zone géographique identique (Figure 3) (Seudre, centre bassin ou Charente) sont bien corrélés entre eux (Figure 17). Ce résultat montre que l'échantillonnage pourrait sans doute être ramené de 6 à 3 points sans perte majeure d'information.

Entre deux zones géographiques distinctes (Seudre et Centre bassin), les indices de recrutement sont parfois identiques (e.g. 1985, 87, 90...) ou parfois nettement différents comme en 1987 ou 1992 (Figure 18). Comme pour les indices de ponte, les variations inter annuelles sont importantes, et le recrutement peut être nul (1988), proche de 0 (1974, 81, 84, 86) ou "faibles" (<1000) (1978, 91, 93, 95 et 96). Ces "mauvaises" années alternent avec d'autres plus "fastes" (e.g., 73, 76, 80, 83, 90, 94).

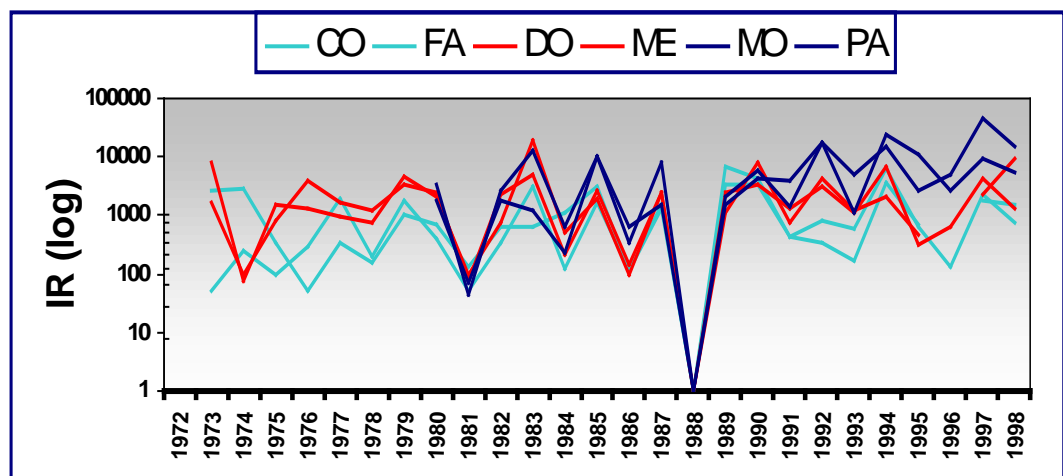


Figure 17. Indice de recrutement (IR) de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron depuis 1973. (IR = somme des larves > 210 μm)

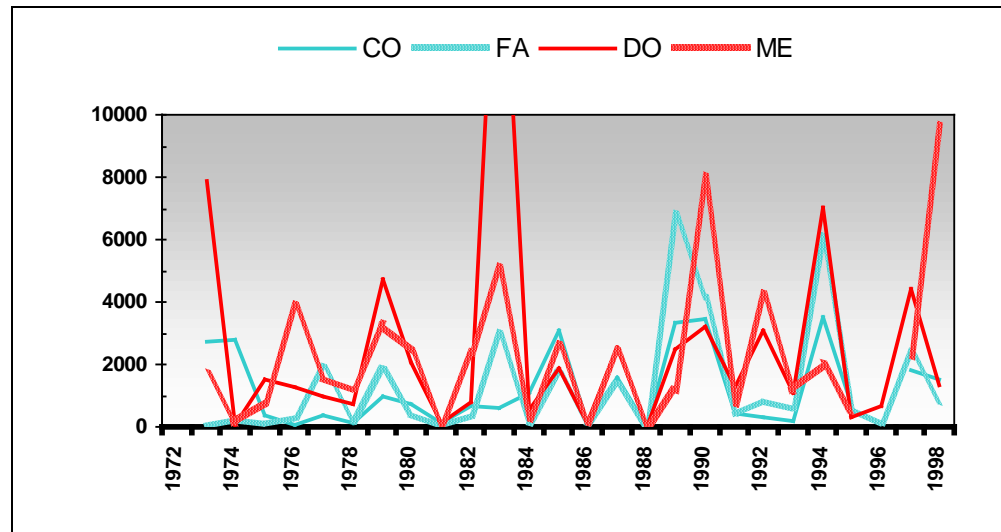


Figure 18. Indice de recrutement (IR) de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron depuis 1973. (IR = somme des larves > 210 μm)

Il existe une alternance de bonnes et moins bonnes années en terme de captures de larves âgées (indice de recrutement). 1988 est une année marquée par l'absence complète de recrutement (analogie avec 1997 sur Arcachon).

3.1.6. Relation entre Indice de ponte (IP) et indice de recrutement (IR)

"Les années à bon indice de ponte ne sont pas toujours corrélées avec les années de bon indice de captage... et réciproquement"... (Figure 19) (Figure 20).

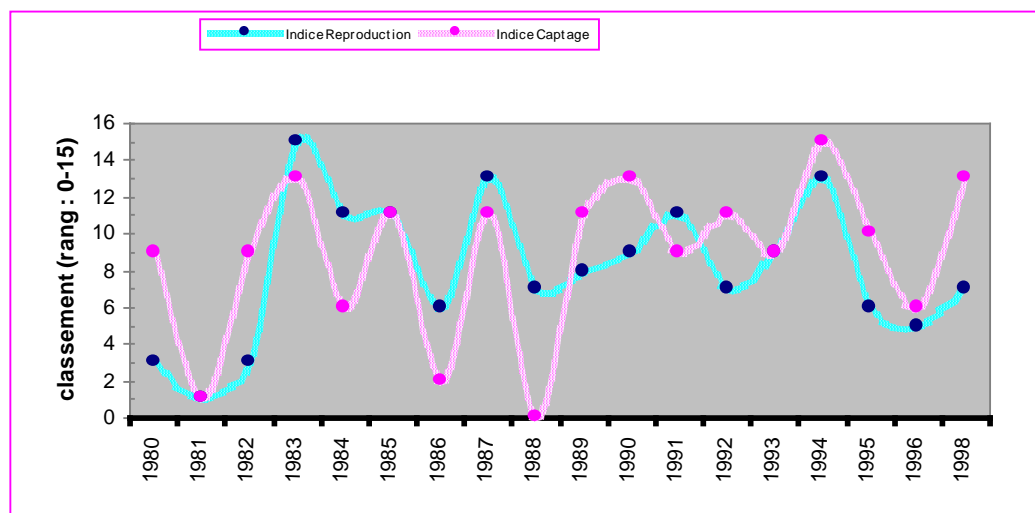


Figure 19. Classement par rang (0-15) du captage et du recrutement entre 1980 et 1998.

1983 et 1991 se caractérisent comme 2 années à indice de ponte élevé et indice de recrutement faible; 1989 et 1990 comme 2 années à indice de recrutement fort et indice de ponte faible; 1994 comme une année à fort indice de ponte et de recrutement (Figure 20).

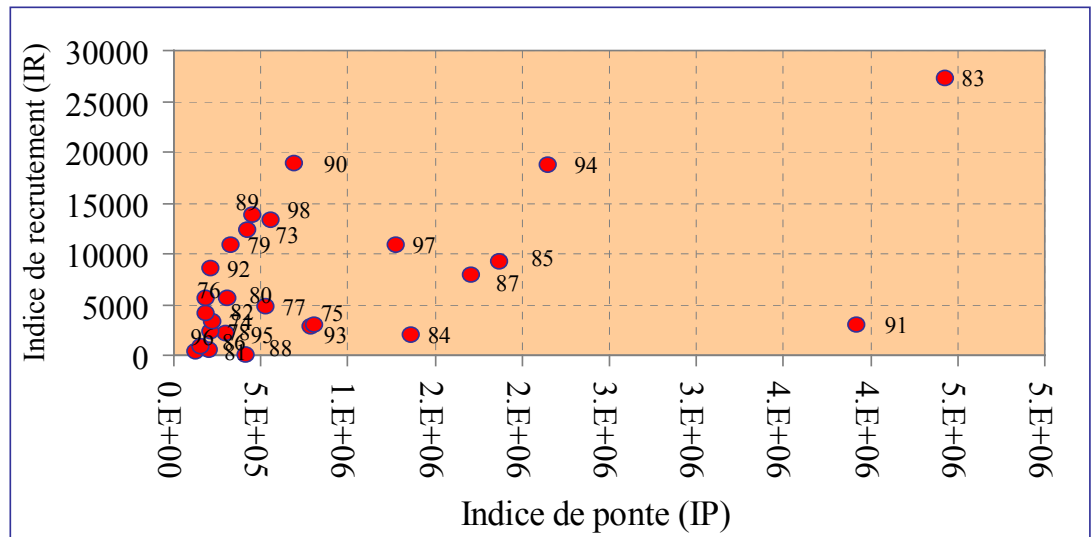


Figure 20. Relation entre l'indice de ponte et l'indice de recrutement de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron entre 1973 et 1998 pour les 4 stations de Seudre (CO, FA) et du centre bassin (DO, ME).

Les années de bon indice de ponte ne sont pas toujours concordantes avec les années de bon indice de captage... et réciproquement. Deux hypothèses explicatives sont avancées : (1) Les facteurs environnementaux interviennent sur la survie larvaire pendant la phase pélagique, et (ou ?) (2) la qualité des jeunes larves (et donc probablement des gamètes) ne permet pas une survie suffisante au moment du captage.

3.2. Relations entre les paramètres de ponte de *Crassostrea gigas* et l'environnement

3.2.1. Preferendum thermique et hyalin de la survie larvaire; Diagrammes T–S (température – salinité)

Ces deux paramètres sont souvent étudiés conjointement, car leur "couverture" permet de définir les zones de tolérance biologique (preferendum) de la survie larvaire. De même certaines valeurs de ces paramètres peuvent conduire à émettre

des hypothèses restrictives concernant la survie larvaire. Dans le cadre de cette étude, les diagrammes T-S sont présentés pour les 3 mois (juin, juillet et août) en Seudre (CO) et estuaire de Seudre (FA) (Figure 21)⁷.

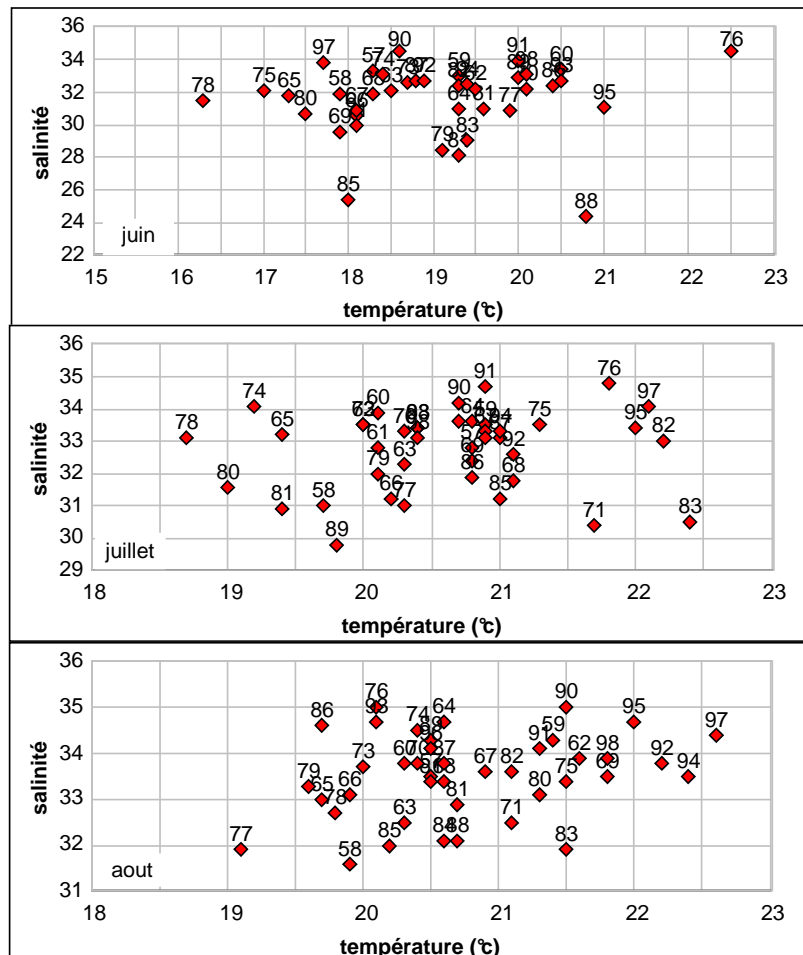


Figure 21. Digramme T-S en estuaire de Seudre (FA) de 1958 à 1998 durant les mois de juin (haut), juillet (milieu) et août (bas).

Parmi les années à recrutement faible (Figure 18) ; l'année 1976 est marquée par un mois de juin exceptionnellement chaud et sec. L'année 1988 qui sera "catastrophique" sur le plan mortalité connaît une salinité très basse (< 24 ppm) au mois de juin (Figure 21 - haut). Le diagramme T-S d'août ne discrimine aucune des années à faible captage (1974,76,78,81,84,86,88) (Figure 21 - bas). Par contre, un mois de juillet froid ($T < 20^{\circ}\text{C}$) caractérise 3 années de faible captage: 1974, 1978 et 1981 (Figure 21 - milieu).

⁷ Les pêches de larves dans ce secteur représentant 80% des captures totales, l'estuaire de la Seudre peut donc être considéré comme site de référence.

Ainsi, une température de juillet faible est certainement un facteur défavorable (partiellement "explicatif") d'un mauvais recrutement en huîtres.

3.2.2. Saison de ponte (DP, PP, EP) et environnement climatique

Matrices de corrélations

Une première étude est effectuée à partir de la série chronologique de 1980 à 1998 (18 ans), les données météorologiques [insolation (I), rayonnement (R), température (T), pluviométrie (P)], et l'ensemble des données hydro biologiques disponibles [température (t), salinité (s), oxygène (o), sels nutritifs (n, a, si, ph) et chlorophylle a (c) et phéophytines (p)].

Les résultats de l'analyse spatio temporelle de la pêche de larves montrent que la variabilité inter annuelle prévaut largement devant la variabilité inter sites, tant en terme d'abondance (PP) que de précocité d'apparition des larves (DP). Ainsi sont regroupées les résultats de pêche de larves et d'hydrologie sur l'ensemble du bassin.

Parmi les 3 paramètres de la ponte, le "début de ponte" DP est corrélé avec l'étalement de la ponte EP ($R^2 = -0,86$) (Tableau 5). Ces deux paramètres ne sont pas indépendants. Seuls DP (début de ponte) et PP (pic de ponte) sont pris en compte dans la suite de l'analyse.

Une température trop faible en février retarde le début de la ponte chez *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron (Tableau 5). De même, une pluviométrie trop forte au mois de mai ou un rayonnement (ou insolation) trop faible, conduisent au même résultat.

L'occurrence d'une ponte massive principale (PP) dépend des conditions d'insolation et de rayonnement du mois de mai (comme pour le début de la ponte), mais également des conditions thermiques des mois de juillet et août.

La température de février et de mars agit de façon contraire sur les 2 paramètres de la ponte; la première avec un effet positif sur le début de ponte (en février) et la température de mars avec un effet inverse, retardant le pic de ponte si la température est trop forte !... Une forte insolation en mai avance tout à la fois la saison de ponte et le pic de ponte. Une forte température estivale (août) avance également le pic de ponte de *C.gigas*.

Tableau 5. Matrice de corrélation entre les paramètres de la ponte (début de ponte DP; pic de ponte PP; étalement de la ponte EP) et les données météorologiques (température T; pluviométrie P; insolation I et rayonnement R) de janvier (1) à août (8) entre 1973 et 1998 (n=26). Le coefficient de corrélation est significatif au seuil de 5 % quand $r^2 > 0,38$.

| n = 26 | DP | PP |
|--------|-------|-------|
| DP | 1 | |
| PP | 0.36 | 1 |
| EP | -0.86 | -0.03 |
| T1 | 0.01 | 0.22 |
| T2 | -0.39 | -0.22 |
| T3 | 0.17 | 0.38 |
| T4 | 0.28 | -0.19 |
| T5 | -0.17 | -0.05 |
| T6 | -0.03 | -0.25 |
| T7 | -0.07 | -0.34 |
| T8 | 0.07 | -0.38 |
| P1 | -0.03 | 0.33 |
| P2 | -0.21 | 0.32 |
| P3 | -0.09 | 0.14 |
| P4 | 0.17 | 0.27 |
| P5 | 0.38 | 0.27 |
| P6 | 0.09 | 0.14 |
| P7 | -0.05 | 0.05 |
| P8 | 0.10 | -0.26 |
| I1 | 0.16 | 0.36 |
| I2 | 0.23 | 0.01 |
| I3 | -0.09 | -0.18 |
| I4 | -0.19 | -0.29 |
| I5 | -0.38 | -0.45 |
| I6 | -0.09 | -0.17 |
| I7 | -0.11 | -0.04 |
| I8 | -0.01 | 0.04 |

Ainsi, les 2 paramètres de la ponte (DP et PP), sont corrélés avec les températures des mois de février - mars (enclenchement de la vitellogénèse) et l'insolation et le rayonnement du mois de mai (mois des blooms phytoplanctoniques).

Modèles de régressions multilinéaires

Des modèles de régressions multilinéaires sont établis entre les paramètres de la saison de ponte : DP , PP et les paramètres météorologiques.

Ainsi, a partir de la série chronologique de 26 ans (1973-1998) et des 4 paramètres météo (température, pluviométrie, insolation et rayonnement), le modèle le plus "explicatif" ($R^2 = 67,8 \%$) implique : (1) la température des mois "d'initiation" et "début" de vitellogénèse (février – avril), le rayonnement (ou insolation) du mois de mai, (3) à la température et (ou ?) le rayonnement du mois d'août, principal mois de ponte de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes – Oléron.

Le modèle est le suivant :

$$PP = 35,246 - 0,2166 \times MT2 + 0,948 \times MT3 - 0,4670 \times MT8 - 0,01588 \times SI5$$

où "MT2"; "MT3" et "MT8" sont les températures moyennes mensuelles des mois de février, mars et août, et "SI5", la somme de l'insolation du mois de mai.

Un modèle descriptif empirique à 68 % explique la précocité du pic de ponte entre 1973 et 1998. Le meilleur niveau explicatif est fourni par les données météorologiques, mieux que par les conditions hydrologiques mesurées.

Ce modèle ne fait pas appel à la pluviométrie, mais aux conditions thermiques de début de vitellogénèse (février – avril), de la saison de ponte (août) et aux conditions d'insolation (ou rayonnement) du mois de mai.

3.2.3. Saison de ponte (DP, PP, EP) et hydrobiologie

Les corrélations significatives entre le début de ponte (DP) et les paramètres hydrologiques sont peu nombreuses (Tableau 6). L'une apparaît avec la teneur en oxygène du mois de février, et l'autre avec la teneur en nitrates du mois d'août!... Pour DP, la relation avec l'environnement météorologique est plus forte qu'avec les paramètres hydrologiques.

Les analyses avec les paramètres hydrologiques confirme la corrélation positive entre le pic de ponte (PP) et la température des mois de juillet et août. La température agirait directement sur la précocité de la ponte. Si la pluie du mois de mai, entraîne des apports en sel nutritif, elle est aussi responsable d'une forte turbidité qui réduit considérablement la production primaire dans le Bassin de Marennes Oléron. Le mois de mai est habituellement le mois le plus productif en phytoplancton. Ainsi, la pluie, agissant négativement sur la productivité du bassin, retarderait les pontes "massives" des huîtres. L'effet est probablement le même

durant les mois de juin et juillet, avec les mêmes conséquences sur le retard de la ponte.

Le pic de ponte (PP) n'est pas corrélé aux indicateurs de ressource trophique (chlorophylle a ou phéophytine). Ces paramètres sont-ils suffisamment représentatifs de la ressource alimentaire de l'huître ? La qualité de la mesure hydrobiologique ne doit – elle pas être améliorée ?

Tableau 6. Matrice de corrélation entre les paramètres de la ponte (début de ponte DP, pic de ponte PP) et les données hydrologiques de février (chiffre 2) à août (chiffre 8) entre 1977 et 1998 (22 années). Le coefficient de corrélation est au moins significatif au seuil de 5% quand $R^2 > 0,43$

| n =22 | DP | PP | | DP | PP | | DP | PP |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| temp2 | -0,38 | 0,06 | chla2 | -0,01 | 0,37 | nitra2 | 0,12 | 0,33 |
| temp3 | -0,19 | 0,22 | chla3 | 0,09 | 0,45 | nitra3 | -0,19 | 0,03 |
| temp4 | 0,30 | 0,31 | chla4 | 0,03 | 0,05 | nitra4 | -0,22 | 0,20 |
| temp5 | -0,34 | -0,03 | chla5 | 0,06 | 0,12 | nitra5 | 0,36 | 0,46 |
| temp6 | -0,03 | -0,03 | chla6 | 0,27 | 0,08 | nitra6 | 0,26 | 0,38 |
| temp7 | -0,24 | -0,48 | chla7 | 0,32 | 0,24 | nitra7 | 0,13 | 0,28 |
| temp8 | -0,09 | -0,51 | chla8 | 0,29 | 0,18 | nitra8 | 0,51 | 0,29 |
| sal2 | 0,05 | -0,38 | pheo2 | 0,00 | 0,28 | sil2 | -0,29 | 0,24 |
| sal3 | 0,14 | -0,05 | pheo3 | -0,07 | 0,38 | sil3 | -0,28 | -0,06 |
| sal4 | -0,03 | -0,20 | pheo4 | 0,09 | 0,20 | sil4 | -0,12 | 0,23 |
| sal5 | 0,01 | -0,44 | pheo5 | 0,19 | 0,24 | sil5 | 0,00 | 0,43 |
| sal6 | 0,05 | -0,48 | pheo6 | 0,20 | 0,06 | sil6 | 0,11 | 0,38 |
| sal7 | 0,15 | -0,45 | pheo7 | 0,34 | 0,16 | sil7 | -0,02 | 0,32 |
| sal8 | -0,04 | -0,36 | pheo8 | 0,38 | 0,20 | sil8 | 0,24 | 0,45 |
| oxy2 | 0,55 | 0,11 | ammo2 | 0,17 | 0,46 | | | |
| oxy3 | 0,23 | -0,03 | ammo3 | 0,10 | 0,52 | | | |
| oxy4 | -0,01 | -0,17 | ammo4 | 0,21 | 0,09 | | | |
| oxy5 | -0,12 | 0,16 | ammo5 | 0,05 | 0,07 | | | |
| oxy6 | 0,09 | 0,13 | ammo6 | 0,25 | -0,01 | | | |
| oxy7 | 0,02 | 0,31 | ammo7 | 0,01 | -0,09 | | | |
| oxy8 | -0,12 | -0,17 | ammo8 | 0,16 | 0,16 | | | |

Avril semble constituer un mois "charnière" dans l'équilibre de l'écosystème bassin de Marennes – Oléron. C'est un mois au cours duquel la dynamique de photosynthèse est forte (chute des silicates et nitrates et de biosynthèse de la chlorophylle a) (Soletchnik, et al., 1998). C'est donc un mois important d'un point de vue météorologique. Des corrélations significatives apparaissent entre les mois de mai, juin, juillet et août pour les 3 paramètres, salinité, chlorophylle a et phéophytine traduisant ainsi comment les conditions environnementales de mai "orientent" celles des mois d'été. Cette "fragilité" perdue durant le printemps et le début de l'été (mai - juillet), retardant d'autant le pic de ponte si la dessalure

(turbidité) a été trop importante ou si l'énergie lumineuse ou (?) la ressource trophique n'a pas été assez abondante !....

Les paramètres hydrologiques "expliquent" mieux le pic de ponte (PP) que le début de saison de ponte (DP).

La température d'été agit positivement sur la précocité du pic de ponte. Le mois de mai est un mois charnière pour l'écosystème. Trop de pluie à cette période retarde l'avènement du pic de ponte.

3.2.4. Indices d'abondance (IP, IR)

Relation avec les paramètres météorologiques

Les fortes températures du mois de juillet sont corrélées à des indices de ponte et de recrutement élevés (Tableau 7). Quel effet peut bien avoir la pluviométrie du mois d'août sur l'indice de recrutement ? L'insolation de mai favoriserait un bon recrutement. Comment ? Effet contradictoire dans la relation entre le mois de mars et d'avril?

Tableau 7. Matrice de corrélation entre les paramètres de ponte (IP et IR) et les paramètres météorologiques

| météo | IP | IR |
|--------------------|-------|-------|
| temp-février | -0.28 | 0.21 |
| temp-mars | 0.06 | 0.25 |
| temp-avril | 0.07 | -0.16 |
| temp-mai | -0.24 | 0.34 |
| temp-juin | -0.23 | 0.09 |
| temp-juillet | 0.41 | 0.51 |
| temp-août | 0.23 | 0.26 |
| pluie-février | -0.17 | 0.06 |
| pluie-mars | -0.07 | -0.39 |
| pluie-avril | 0.13 | 0.39 |
| pluie-mai | 0.25 | 0.12 |
| pluie-juin | 0.15 | -0.01 |
| pluie-juillet | 0.20 | 0.14 |
| pluie-août | 0.47 | 0.30 |
| insolation-février | -0.05 | -0.09 |
| insolation-mars | -0.15 | 0.21 |
| insolation-avril | -0.05 | -0.25 |
| insolation-mai | 0.03 | 0.41 |
| insolation-juin | -0.20 | 0.06 |
| insolation-juillet | 0.04 | -0.01 |
| insolation-août | -0.21 | -0.34 |

Relation avec les paramètres hydrologiques

Très peu de corrélations significatives apparaissent entre les paramètres quantitatifs de la ponte et les paramètres hydrologiques (Tableau 8). La corrélation est significative entre les nitrates du mois d'août et l'indice de recrutement. La corrélation est également significative entre les 2 paramètres quantitatifs de la ponte et l'oxygène du mois d'avril.

Tableau 8. Matrice de corrélation entre les paramètres de la ponte (indice de ponte IP, indice de recrutement IR) et les données hydrologiques de février (2) à août (8) entre 1977 et 1998 (22 années). Le coefficient de corrélation est au moins significatif au seuil de 5% quand $R^2 > 0,41$

| Hydro | IP | IR | Hydro | IP | IR | Hydro | IP | IR |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| temp2 | -0.16 | 0.19 | chla2 | -0.31 | -0.13 | nitra2 | -0.07 | -0.34 |
| temp3 | -0.13 | 0.17 | chla3 | -0.28 | -0.21 | nitra3 | 0.04 | -0.02 |
| temp4 | -0.12 | -0.26 | chla4 | -0.25 | -0.09 | nitra4 | -0.03 | -0.07 |
| temp5 | -0.28 | 0.16 | chla5 | -0.06 | 0.04 | nitra5 | 0.31 | 0.01 |
| temp6 | -0.21 | 0.07 | chla6 | -0.08 | -0.12 | nitra6 | -0.11 | -0.13 |
| temp7 | 0.20 | 0.30 | chla7 | -0.13 | -0.23 | nitra7 | 0.29 | 0.16 |
| temp8 | 0.01 | 0.08 | chla8 | 0.00 | -0.01 | nitra8 | 0.42 | -0.10 |
| sal2 | 0.16 | 0.39 | pheo2 | -0.23 | -0.33 | sil2 | -0.05 | -0.31 |
| sal3 | -0.01 | 0.21 | pheo3 | -0.21 | -0.33 | sil3 | 0.09 | -0.04 |
| sal4 | 0.06 | 0.12 | pheo4 | 0.06 | -0.14 | sil4 | 0.05 | -0.06 |
| sal5 | -0.22 | -0.21 | pheo5 | 0.21 | 0.13 | sil5 | 0.16 | 0.08 |
| sal6 | 0.12 | 0.14 | pheo6 | 0.12 | -0.12 | sil6 | -0.23 | -0.24 |
| sal7 | 0.08 | 0.15 | pheo7 | 0.18 | -0.11 | sil7 | 0.25 | 0.24 |
| sal8 | -0.17 | 0.04 | pheo8 | 0.37 | -0.05 | sil8 | 0.24 | 0.29 |
| oxy2 | 0.03 | -0.28 | ammo2 | -0.23 | -0.28 | | | |
| oxy3 | 0.16 | 0.16 | ammo3 | -0.18 | -0.17 | | | |
| oxy4 | 0.47 | 0.47 | ammo4 | 0.00 | -0.06 | | | |
| oxy5 | 0.02 | 0.02 | ammo5 | -0.03 | -0.01 | | | |
| oxy6 | 0.16 | 0.04 | ammo6 | 0.16 | 0.21 | | | |
| oxy7 | -0.12 | -0.28 | ammo7 | 0.13 | 0.38 | | | |
| oxy8 | 0.27 | 0.00 | ammo8 | 0.10 | 0.38 | | | |

Relation entre l'indice de recrutement et la température de l'eau de mer sur les sites d'échantillonnage.

L'indice de recrutement (IR) est corrélé à la température de l'eau de mer durant la période estivale (période larvaire) (Figure 22). Le coefficient de corrélation est égal à 0,403 ($p = 0,041$). Ce résultat confirme l'importance de la température sur le captage, et en particulier l' "effet seuil" des basses températures ($< 19^{\circ}\text{C}$), comme dans le cas des années 1974, 1978 et 1981 (Heral, et al., 1986).

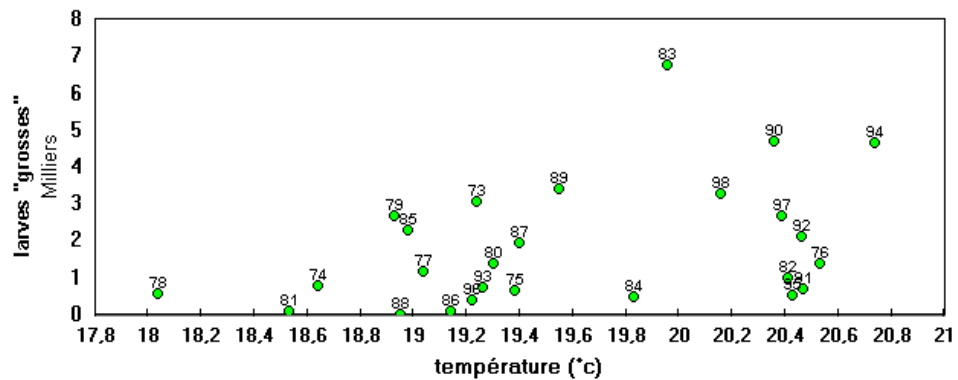


Figure 22. Relation entre l'indice de recrutement (IR) et la température moyenne de l'eau de mer durant la saison de ponte de *C. gigas* (juillet – août), entre 1973 et 1998.

Modèles de régressions multilinéaires

Cette analyse présente les paramètres significatifs ($p < 0,05$) des modèles de régressions multiples (Stagraphics V5) (Tableau 9). L'influence thermique de la fin d'hiver – début de printemps sur PP et DP est confirmé. Les relations entre l'ensemble des descripteurs de ponte et les sels nutritifs ou l'oxygène sont à expliciter.

Tableau 9. Paramètres environnementaux significatifs dans les modèles de régressions multiples, explicatifs des paramètres de la ponte (début de ponte –DP, pic de ponte – PP, Indice de ponte –IP et Indice de reproduction –IR)

| Hydro | DP | PP | IP | IR | Hydro | DP | PP | IP | IR | Météo | DP | PP | IP | IR |
|-------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|
| oxy2 | ■ | | | | nitra2 | | | | | Mtemp2 | ■ | ■ | | |
| oxy3 | | | | | nitra3 | | | | | Mtemp3 | | | | |
| oxy4 | | | ■ | ■ | nitra4 | | | | | Mtemp4 | ■ | ■ | | |
| oxy5 | ■ | | | | nitra5 | | ■ | | | Mtemp5 | | | | |
| oxy6 | | | | | nitra6 | | | | | Mtemp6 | | | | |
| oxy7 | | | ■ | ■ | nitra7 | | | | | Mtemp7 | | | | ■ |
| oxy8 | | | | | nitra8 | ■ | | ■ | | Mtemp8 | | ■ | | |
| chla2 | | | | | sil2 | ■ | | | | Spluie2 | | | | |
| chla3 | | ■ | | | sil3 | | | | | Spluie3 | | | | |
| chla4 | | | | | sil4 | | | | | Spluie4 | | | | ■ |
| chla5 | | | | | sil5 | | | | | Spluie5 | | | | |
| chla6 | | | | | sil6 | | ■ | | | Spluie6 | | | | |
| chla7 | | | | | sil7 | | | | | Spluie7 | | | | |
| chla8 | | | | | sil8 | | | | | Spluie8 | | | ■ | |
| ammo2 | | | | | | | | | | Sinsol2 | | | ■ | |
| ammo3 | | ■ | | | | | | | | Sinsol3 | | | | |
| ammo4 | | | | | | | | | | Sinsol4 | ■ | | | |
| ammo5 | | | | | | | | | | Sinsol5 | ■ | ■ | | |
| ammo6 | | | | | | | | | | Sinsol6 | | | | |
| ammo7 | | | | | | | | | | Sinsol7 | | | | |
| ammo8 | | | | | | | | | | Sinsol8 | | | | |

Ainsi, le début de ponte (DP) est plus influencé par les conditions météo que par la qualité de l'eau; le pic de ponte (PP) et l'indice de recrutement (IR), autant par la météo que par la qualité de l'eau. Par contre, l'indice de ponte (IP) mesuré par la capture des jeunes larves de 1-4 jours est fortement influencé par la "qualité" de l'eau.

4. Discussion - conclusion

Les paramètres de la ponte (DP et PP), présentent un dénominateur commun de relation avec 6 facteurs météorologiques entre février et mai. Les températures de février et mars ont un effet inverse sur la saisonnalité de ponte de *Crassostrea gigas*. En février, une température de l'air plus chaude, associée à une teneur en oxygène de l'eau plus faible avance la saison de ponte. La température minimale "active" permettant le déroulement de la gamétogénèse est de 10,55°C (Mann, 1979). Lubet (1991) pour sa part considère qu'en situation de température décroissante, à partir de 15°C, la vitellogénèse est considérablement ralentie (Lubet, 1991).

La forte insolation (et faible pluviométrie) du mois de mai avance la saison de ponte (PP) sans doute par "effet trophique" des bloom phytoplanctoniques qui se développent alors⁸.

Le début de ponte est soumis à l'influence des mois de février à mai. Seule une relation avec les sels nutritifs apparaît en août durant la saison de ponte. Explication ? Cette relation positive avec les sel nutritifs se retrouve également avec le paramètre "PP" en août et également en mai – juin... Pour le paramètre pic de ponte, tout laisse à penser que de fortes pluies au mois de mai, produisent une forte turbidité qui gêne les développements phytoplanctoniques printaniers, retardant ainsi les premiers pics de ponte (PP).

Les indicateurs de ponte (IP) et de recrutement (IR) présentent également un dénominateur commun de relations avec 7 facteurs; entre mars et août. L'importance des relations avec les conditions météorologiques diminue, en particulier pour le paramètre "IP". Pour ce dernier, des températures chaudes en juillet et des précipitations en août, sont plutôt des facteurs favorables à un bon effort de ponte (ou une bonne survie larvaire "précoce"). Les bonnes valeurs d'indice de ponte et de recrutement (IP et IR) semblent associées à la "qualité de l'eau" (teneur en oxygène) à partir de mars, et directement à la ressource trophique présente dans cette eau en avril et mai. En 1981 le faible recrutement de juvéniles de *C. gigas* est corrélé à l'absence de blooms phytoplanctoniques dans le bassin de Marennes-Oléron (Héral, 1989). Comme les cortèges phytoplanctoniques se succèdent rapidement au cours des saisons printanières et estivales (analyse du réseau REPHY) les teneurs en oxygène plus élevées en mars traduiraient en fait la présence de phytoplancton mal "estimé" par la seule mesure de chlorophylle (a).

L'effet "direct" de la teneur en oxygène de mars- mai sur la qualité des pontes pourrait être "compris" comme indicateur physiologique; Les conditions trophiques favorables (tant en alimentation qu'en respiration), permettent tout à la fois une plus grande abondance et une meilleurs survie larvaire. En aquaculture

⁸ Insolation et pluviométrie sont souvent corrélés, comme le sont également température et oxygène

intensive, la relation entre la qualité des pontes et l'alimentation des géniteurs est bien connue. Sans doute est – ce le cas également chez les bivalves dans le milieu naturel. Ainsi une relation directe de "cause à effet" est-elle démontrée entre la ressource trophique appréciée par l'indicateur chlorophylle (a) et la qualité des pontes.

A l'inverse des descripteurs qualitatifs de la ponte (DP et PP), les paramètres météorologiques semblent avoir peu d'incidence sur l'importance de la ponte (IP). Toutefois, une bonne pluviométrie en avril, retarde le début de la ponte (DP) et augmente également significativement la survie larvaire (IR). Une des hypothèse est que ce décalage du début de ponte, déplacerait la période de développement larvaire dans une fenêtre plus favorable à sa survie. En effet, si la température est plus élevée, la phase larvaire est plus courte et la survie a toutes les chances d'être meilleurs.

Cette étude, réalisée en 2000-2002 constitue donc une première étude visant à mettre en relation la ponte de *C. gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron avec les paramètres environnementaux. Elle a été rendue possible grâce aux bases de données historiques sur la capture des larves (depuis 1948) et grâce aux bases hydrologiques mise en place dans le Bassin de Marennes Oléron depuis l'importation l'huître japonaise au début des années 70 (base RAZLEC).

La variabilité spatiale des descripteurs larvaires (estimateurs quantitatifs) est logiquement faible à l'échelle du bassin du fait son hydrodynamisme fort et de son volume oscillant représentant 75% de son volume total (Stanisière, Le Moine – com. Pers). Toutefois, la qualité des bases de données et l'analyse effectuée sur 28 années de mesures à un pas de temps mensuel, permet de mettre en évidence certaine clefs du déterminisme de la maturation , de la ponte et du recrutement de *C. gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron (Figure 23).

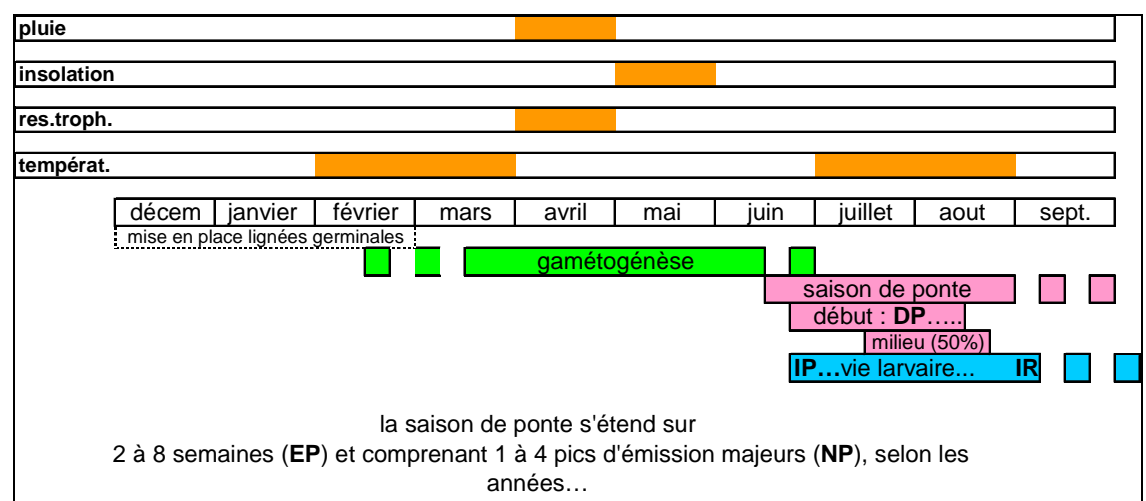


Figure 23. Caractéristiques de la ponte de *C. gigas* dans le Bassin de Marennes Oléron. Influences de l'environnement (zones orangée) sur la reproduction de l'huître.

Les mois de février - mars sont des mois qui caractérisent le début de la remontée thermique de l'eau de mer dans le Bassin de Marennes Oléron (Figure 24 A). C'est autour de cette période, que la température de l'eau de mer va passer au delà des 10-11°C; température qui permet l'enclenchement de la gamétogenèse des huîtres (Mann, 1979). La température, à cette période, est déterminante du début de la saison de ponte.

Le mois de mai reste le mois des efflorescences phytoplanctoniques maximales dans le Bassin de Marennes Oléron (Figure 24 B). Pour cette raison, une bonne insolation (et une pluviométrie faible) sont également corrélés à un début de ponte précoce, traduisant dans ce cas la bonne vitesse de maturation des produit sexuels sous l'effet d'une ressource trophique abondante.

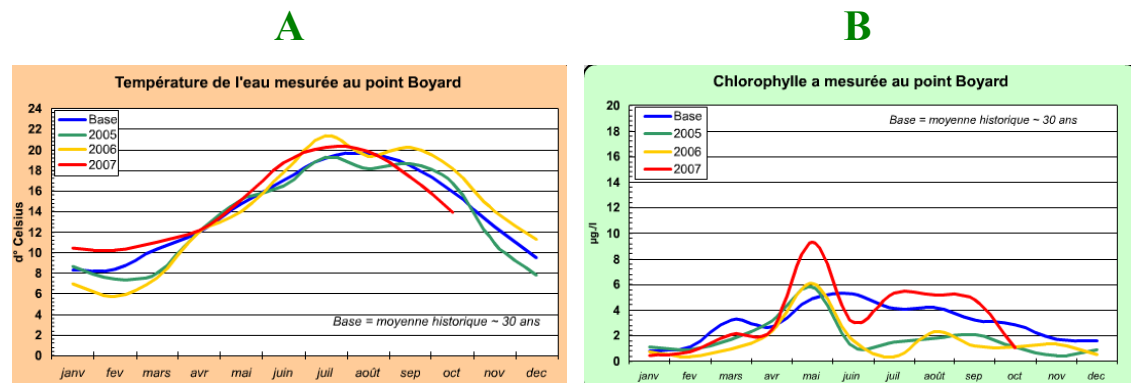


Figure 24. Température (A) et Chlorophylle a (B) dans le Bassin de Marennes Oléron ; la courbe bleue correspond à une moyenne sur une trentaine d'année (base Razlec) (http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/hydro/resul_hydro.htm).

Le pic principale de ponte est également associé à l'intensité lumineuse du mois de mai (raison vu ci dessus), mais également aux conditions thermiques du mois de juillet et août, sans doute à cause des conditions environnementales de déclenchement d'une ponte massive.

Concernant l'indice de recrutement, une faible température en juillet - août, en particulier si elle est inférieure à 19°C, est corrélée à un faible recrutement. D'un point de vu physiologique, une faible température ralentit la croissance des larves et augmente leur séjour pélagique à "haut risque" dans le bassin (risque de prédation par filtration "involontaire" des 100 000 tonnes d'huîtres constituant le stock du bassin).

5. Références

- Boury, M., 1928. Etude sur la reproduction des huîtres. Revue des travaux de l'office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes I, 2, 1-87.
- Gras, P., Comps, M., Davis, A., Baron, G., 1971. Preliminary observations on the oyster reproduction in the Basin of Marennes-Oleron during 1971. Sci. Peche Bull. Inst. Tech. Peches Marit 207, 1-16.
- Grizel, H., Heral, M., 1991. Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*). J. Cons. Ciém. 47, 399-403.
- Héral, M., Deslous-Paoli, J.M., Prou, J., 1986. Influence of climate on recruitment and production of cultivated oysters *Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas* in the Marennes-Oleron Bay (France). ICES, Copenhag Denmark.
- Héral, M., 1989. L'ostréiculture traditionnelle. In: Aquaculture. Barnabé (Ed.). Lavoisier Press Paris. 348-397.
- Lubet, P., 1991. Bases biologiques de la culture des mollusques. In: Bases biologiques et Ecologiques de l'Aquaculture, Lavoisier (Ed.), Tech. & Doc, 500p.
- Mann, R., 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 59, 95-110.
- Soletchnik, P., Faury, N., Razet, D., Gouilletquer, P., 1998. Hydrobiology of the Marennes-Oleron Bay. Seasonal indices and analysis of trends from 1978 to 1995. Hydrobiologia 386, 131-146.
- Trochon, P., 1955. Observations sur la répartition en profondeur des larves de *Gryphaea angulata* (Lmk) dans les eaux de la région de Marennes. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes 19: 363-378.

6. figures et tableaux

Figures

- Figure 1. Succession des espèces d'huîtres dans le bassin de Marennes – Oléron (1) 1865 : la cargaison de *Crassostrea angulata* du "Morlaisien" est déversée dans l'estuaire de la Gironde. En 1874 *Crassostrea angulata* atteint le bassin de Marennes – Oléron. (2) 1920-1922 : mortalité massive d'origine inconnue de *Ostrea edulis*. (3) 1966-1973 : la "maladie des branchies" décime progressivement *Crassostrea angulata*. (4) 1967 : début d'importation de *Crassostrea gigas* en provenance du pacifique. (5) 1975-1980 : développement des parasitoses à *Martelia* et *Bonamia* sur *Ostrea edulis*. 6
- Figure 2. Evolution spatio-temporelle de l'échantillonnage des larves dans le bassin de Marennes - Oléron..... 8
- Figure 3. Les stations d'échantillonnage de larves sont, au débouché de la Charente: la Moulière (MO), les Palles (PA), au centre du bassin : les Doux (DO) et Mérignac (ME); en Seudre Coux (CO) et les Faulx (FA). 8
- Figure 4. Engin de pêche de larves (*Crassostrea gigas*) à deux hauteurs de la colonne d'eau..... 9
- Figure 5. Les stades larvaires identifiés par comptage et mensuration au microscope optique. (1) <105 µm pour des larves de 1 à 4 jours; (2) 105-150 µm pour des larves de 5 à 8 jours; (3) 150-235 µm pour des larves de 9 à 15 jours; (4) > 235 µm pour des larves de 16 à 20 jours. 10
- Figure 6. Indice d'abondance larvaire (%) (courbe grisée) et paramètres de la ponte : date de première ponte (DP), étalement de la ponte (EP), principale ponte (PP) et nombre de ponte (NP) 11
- Figure 7 A et B. Distribution de fréquence des larves de 1-4 jours de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron entre 1981 et 1998 (28 années de mesure)... 15
- Figure 8. Fréquence (sur 28 années) de la semaine : des plus fortes pontes (A) ; du début de la saison de ponte (B) ; au cours de laquelle l'effectif 50% des captures est atteint ("centre" de la saison de ponte) (C)..... 16
- Figure 9. Fréquence (sur 28 années) du nombre de pics de pontes observés au cours d'une année, à partir de l'analyse de la distribution de fréquence des captures de jeunes larves (0-4 jours). 17
- Figure 10. Fréquence (sur 28 années) du nombre de pics de pontes (pêches supérieures à 5% des captures) observés durant la saison. 17
- Figure 11. Principal pic d'abondance des jeunes larves (0-4 jours) (PP) de *Crassostrea gigas* en différentes stations du bassin de Marennes - Oléron. 18
- Figure 12. Date de première apparition des larves (DP) sur les stations du bassin au cours des 18 années de mesure..... 18
- Figure 13. Date d'apparition du "pic" d'abondance (PP) des larves de 1-4 jours de *C.gigas* entre 1981 et 1998..... 19

| | |
|---|----|
| Figure 14. Date de première apparition des larves (DP) de <i>Crassostrea gigas</i> entre 1981 et 1998..... | 20 |
| Figure 15. Indices d'abondance larvaire de <i>Crassostrea gigas</i> dans le bassin de Marennes-Oléron entre 1981 et 1998 (6 stations)..... | 22 |
| Figure 16. Indices d'abondance larvaire de <i>Crassostrea gigas</i> en Seudre (et estuaire) entre 1973 à 1998 (2 stations)..... | 23 |
| Figure 17. Indice de recrutement (IR) de <i>Crassostrea gigas</i> dans le bassin de Marennes – Oléron depuis 1973. (IR = somme des larves > 210 µm)..... | 23 |
| Figure 18. Indice de recrutement (IR) de <i>Crassostrea gigas</i> dans le bassin de Marennes – Oléron depuis 1973. (IR = somme des larves > 210 µm)..... | 24 |
| Figure 19. Classement par rang (0-15) du captage et du recrutement entre 1980 et 1998. | 24 |
| Figure 20. Relation entre l'indice de ponte et l'indice de recrutement de <i>Crassostrea gigas</i> dans le bassin de Marennes – Oléron entre 1973 et 1998 pour les 4 stations de Seudre (CO, FA) et du centre bassin (DO, ME)..... | 25 |
| Figure 21. Digramme T-S en estuaire de Seudre (FA) de 1958 à 1998 durant les mois de juin (haut), juillet (milieu) et août (bas)..... | 26 |
| Figure 22. Relation entre l'indice de recrutement (IR) et la température moyenne de l'eau de mer durant la saison de ponte de <i>C. gigas</i> (juillet – août), entre 1973 et 1998..... | 33 |
| Figure 23. Caractéristiques de la ponte de <i>C.gigas</i> dans le Bassin de Marennes Oléron (Influences environnementales (zones orangée) sur la reproduction de <i>C. gigas</i> dans le Bassin de Marennes Oléron..... | 36 |
| Figure 24. Température (A) et Chlorophylle a (B) dans le Bassin de Marennes Oléron ; la courbe bleue correspond à une moyenne sur une trentaine d'année (base Razlec) (http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/hydro/resul_hydro.htm). | 37 |

Tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : classes de larves pêchées..... | 9 |
| Tableau 2. les paramètres de l'étude..... | 12 |
| Tableau 3. Effort de pêche de larves (nombre de sorties sur la saison). 4 mois : juin - septembre; 2 mois : juillet – août..... | 21 |
| Tableau 4. Effort de pêche et "rendement" comparé au cours de l'année (bilan sur la période 1981 – 1998) | 21 |
| Tableau 5. Matrice de corrélation entre les paramètres de la ponte (début de ponte DP; pic de ponte PP; étalement de la ponte EP) et les données météorologiques (température T; pluviométrie P; insolation I et rayonnement R) de janvier (1) à août (8) entre 1973 et 1998 (n=26). Le coefficient de corrélation est significatif au seuil de 5 % quand $r_2 > 0,38$). | 28 |
| Tableau 6. Matrice de corrélation entre les paramètres de la ponte (début de ponte DP, pic de ponte PP) et les données hydrologiques de février (chiffre 2) à août (chiffre 8) entre 1977 et 1998 (22 années). Le coefficient de corrélation est au moins significatif au seuil de 5% quand $R_2 > 0,43$ | 30 |
| Tableau 7. Matrice de corrélation entre les paramètres de ponte (IP et IR) et les paramètres météorologiques..... | 31 |
| Tableau 8. Matrice de corrélation entre les paramètres de la ponte (indice de ponte IP, indice de recrutement IR) et les données hydrologiques de février (2) à août (8) entre 1977 et 1998 (22 années). Le coefficient de corrélation est au moins significatif au seuil de 5% quand $R^2 > 0,41$ | 32 |
| Tableau 9. Paramètres environnementaux significatifs dans les modèles de régressions multiples, explicatifs des paramètres de la ponte (début de ponte –DP, pic de ponte – PP, Indice de ponte –IP et Indice de reproduction –IR)..... | 33 |