

Direction des Opérations

Laboratoire Environnement littoral et Ressources aquacoles Morbihan-Pays de Loire

ifremer

Pierre-Gildas Fleury

Jean-François Bouget

Aimé Langlade

Joseph Mazurié

Xavier Philippon

Mai 2008 – RST/LER-MPL/08-06

Bilan des études méthodologiques 2007 pour le projet d'analyse des risques de mortalité d'huîtres en baie de Quiberon*



* projet RISCO-QB 2008-2012

Résumé :

L'année 2007, faisant suite à de **fortes mortalités d'huîtres creuses** (*Crassostrea gigas*) en baie de Quiberon (**élevage au sol en eau profonde**), a été l'année de **gestation du projet RISCO-QB** (Risques Conchylicoles en baie de Quiberon). Des discussions avec les différents partenaires potentiels ont eu lieu tout au long de l'année 2007 pour aboutir à la rédaction quasi-définitive du projet début 2008 qui vise 3 objectifs principaux :

- l'estimation de la **capacité trophique** de la baie et l'adaptation de la biomasse en élevage,
- l'impact du **sédiment sur l'élevage au sol** et l'adaptation des pratiques d'élevage,
- l'évaluation de l'impact de ces 2 facteurs (trophique et sédimentaire) sur les entreprises ostréicoles de la baie et de leur conséquence en matière de **gestion des risques de mortalités**.

Parallèlement à la définition du projet, des pré-études, essentiellement méthodologiques, ont été mises en place en baie de Quiberon dès 2007 permettant de cerner les **méthodologies particulières** au contexte d'eau profonde et d'approvisionner en **données de base** l'étude pluriannuelle 2008-2012 du projet RISCO-QB :

- Campagne de prélèvement de sédiment (nov 2007) pour analyse granulométrique et chimie de base (matière organique),
- Suivi physique et phytoplanctonique du milieu, in situ (sondes),
- Apport possible de la télédétection spatiale au suivi du milieu,
- Suivi comparé de la mortalité et de la croissance des huîtres, au sol et en surélevé,
- Recherche d'une méthode spécifique d'échantillonnage des stocks en élevage subtidal,
- Mise en place du co-pilotage du projet.

Abstract :

The year 2007, following **high mortalities of oysters** (*Crassostrea gigas*) in baie de Quiberon (**subtidal on-bottom rearings**), has been the year of **the gestation for the RISCO-QB project** (Risks in shellfish farming, in baie de Quiberon). Discussions with various potential partners have resulted in the project drafting with 3 main objectives :

- estimation of the **trophic capacity** of the bay and adjustment of the rearing biomass,
- impact **of sediment nearness** upon on-bottom technique and adjustment of the rearing practices,
- appraisal of the impact of these 2 factors (trophic capacity and sediment nearness) on the budget of the farming companies and their consequences in the **management of the mortality risk**.

Concurrently with the project writing, pre-studies, mainly methodological, have been conducted in the bay since 2007 in order to investigate the **specific methodologies** required by the subtidal on-bottom rearing technique and to provide **basic data** to the several-years study (2008-2012) of the RISCO-QB project :

- Sampling of sediment (Nov. 2007) for granulometric and chemical (organic matter) analysis,
- Physical and phytoplanktonical monitoring, in situ (probes),
- Potential use of spatal remote detection for the seawater monitoring,
- Comparative monitoring of mortality and growth of on-bottom and off-bottom oysters,
- Investigations for a specific technique of stock sampling for the subtidal culture,
- Setting-up of the project co-management.

Mots-clés :

Ostréiculture, *Crassostrea gigas*, semis, eau profonde, Quiberon, méthodologie.

Keywords :

Oyster farming, *Crassostrea gigas*, seedings, subtidal water, Quiberon, methodology

Sommaire

Résumé / Abstract	p. 3
<u>Avant-propos</u>	p. 5
<u>1. Le contexte de ces pré-études : les mortalités d'huîtres en baie de Quiberon et le programme RISCO-Quiberon</u>	p. 6
1.1. L'ostréiculture en baie de Quiberon	
1.2. L'attente des professionnels, ostréiculteurs en baie de Quiberon	
1.3. Les objectifs du projet RISCO-Quiberon	
1.4. L'architecture du projet RISCO-Quiberon	
<u>2. Premiers éléments d'une cartographie du sédiment</u>	p. 9
2.1. Objectifs	
2.2. Protocole	
2.3. Premiers résultats	
<u>3. Suivi du milieu in situ</u>	p. 14
3.1. Contexte et objectifs	
3.2. Protocole	
3.3. Résultats du suivi 2007	
3.4. Parts de chlorophylle-a et de phéopigments ingérables par les huîtres	
3.5. Conclusions et perspectives méthodologiques	
<u>4. Apport de la télédétection</u>	p. 27
4.1. Répartition spatiale chlorophylle	
4.2. Evolution temporelle	
4.3. Conclusions	
<u>5. Méthodologie et comparaison des performances d'élevage des huîtres au sol et en surélevé</u>	p. 35
5.1. Objectifs	
5.2. Protocole de suivi	
5.3. Problèmes rencontrés sur le plan méthodologique	
5.4. Résultats	
5.5. Corrélation avec l'abondance de phytoplancton	
5.6. Conclusions	
<u>6. Méthodologie d'échantillonnage des stocks en eau profonde</u>	p. 41
6.1. Plongée sous-marine	
6.2. Photos sous-marines	
6.3. Prélèvements à la drague	
6.4. Prélèvements à la benne	
6.5. Conclusions et suites à donner	
<u>7. Gouvernance et Communication</u>	p. 48
<u>8. Conclusions</u>	p. 48
<u>9. Références bibliographiques et documentation utile</u>	p. 49

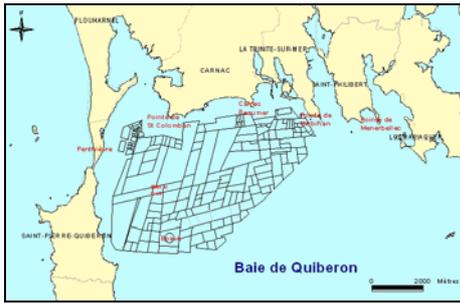
Annexe 1. Protocoles de prélèvements d'eau de mer et d'analyses de chlorophylle.

Annexe 2. Historique des suivis environnementaux en baie de Quiberon.

Annexe 3. Méthodologie d'acquisition de données sur le milieu marin par satellite.

Annexe 4. Essais d'échantillonnage à la drague avec un ponton ostréicole.

Bilan des études 2007 sur l'écosystème conchylicole de la baie de QUIBERON
(pré-études du projet RISCO-QB*)



Avec sa production annuelle de quelque 15 000 tonnes, la baie de Quiberon est l'un des principaux secteurs de la production ostréicole française. Il a régulièrement suscité diverses études scientifiques. Cependant du fait de sa spécificité d'élevage en "eau profonde" (toujours immergé), la baie de Quiberon est restée longtemps assez difficile à étudier. L'écosystème conchylicole de la baie de QUIBERON justifie pourtant à plus d'un titre d'être étudié et modélisé afin de pouvoir appréhender les problèmes de :

- salubrité (chimique, microbiologique, phytoplanctonique, etc...)
- croissance et effort de reproduction (nutrition, capacité trophique)
- mortalité (et facteurs d'affaiblissement des animaux)

Ce projet s'est constitué en 2007 autour de 2 types d'actions :

- une réflexion thématique sur les actions et partenaires à inclure dans le projet ;
- des pré-études sur le terrain, essentiellement méthodologiques, pour alimenter la définition des études du projet, et commencer à répondre à l'urgence du problème de mortalité des huîtres.

Un tel projet est maintenant devenu possible grâce à l'apport de nouveaux outils scientifiques d'investigation et de modélisation du milieu marin, tels que la télédétection, le sonar latéral, les modèles courantologiques 3D (en 3 dimensions), les modèles de production primaire ou de croissance biologique des animaux, etc. C'est le projet RISCO-Quiberon (Risques conchylicoles en baie de Quiberon) à l'étude pour 2008-2012 (\$ 1.3.).

Parallèlement à la définition du projet, compte tenu d'un **contexte de mortalités massives d'huîtres creuses**, il est apparu urgent de mettre en place dès 2007, un certain nombre de pré-études permettant de cerner les **méthodologies particulières** au contexte d'eau profonde (zone conchylicole subtidale) et d'approvisionner en **données de référence** l'étude pluriannuelle 2008-2012 :

- Campagne de prélèvement de sédiment (novembre 2007) pour analyse granulométrique et chimie de base (matière organique), afin d'optimiser le choix des stations d'étude ;
- Suivi physique et phytoplanctonique du milieu, in situ (sondes) ;
- Apport possible de la télédétection spatiale au suivi du milieu ;
- Suivi comparé de la mortalité et de la croissance des huîtres, au sol et en surélevé ;
- Recherche d'une méthode spécifique d'échantillonnage des stocks en élevage subtidal.

Ces pré-études 2007, hors projet et sur fonds propres, font l'objet de ce présent document.

1. Le contexte de ces pré-études : les mortalités d'huîtres en baie de Quiberon et le programme RISCO-Quiberon

1.1. L'ostréiculture en baie de Quiberon

Avec 2643 ha exploités par 81 entreprises ostréicoles la baie de Quiberon est un des principaux bassins de production d'huîtres creuses en France (près de 15 000 t d'huîtres creuses /an). C'est aussi un type d'élevage spécifique, en semis au sol en "eau profonde", c'est-à-dire en zone subtidale (ne découvrant jamais) recouverte de 6 à 12 m d'eau selon les secteurs et selon la hauteur de marée (5 m de marnage en grande marée).

Cette spécificité "eau profonde" ne facilite pas la surveillance des professionnels sur leurs élevages, ni les diverses études scientifiques. C'est pourquoi, malgré son importance économique, la baie de Quiberon reste à ce jour un écosystème conchylicole au fonctionnement assez mal connu.

C'est dans ce contexte que depuis une dizaine d'années sont apparus des épisodes de mortalités massives plus ou moins importants qui ont justifié d'abord la prise en compte de cette zone conchylicole dans des études du programme Ifremer / Morest 2001-2005 (Études des mortalités estivales d'huîtres creuses : Samain et Mac Combie 2007) et plus récemment (mortalité moyenne de 65% en 2006-2007) le montage d'un projet spécifique de recherche, RISCO-Quiberon (Risques Conchylicoles en baie de Quiberon) dont ce rapport constitue les pré-études 2007

1.2. L'attente des professionnels, ostréiculteurs en baie de Quiberon

Le contexte précédemment évoqué a généré l'expression par les professionnels d'un besoin formel de mise en place d'un programme de recherche. Ils entendent y prendre une part active tant dans la définition et l'organisation du programme que dans sa mise en oeuvre. Il s'agit de répondre aux questions suivantes :

- Comment mieux maîtriser les paramètres du milieu et leurs interactions afin de comprendre et d'anticiper les crises à venir ?
- Comment, sur la base des données du milieu, formuler des préconisations à destination des professionnels afin de leur permettre de mieux piloter leurs entreprises en anticipation ou en gestion de crises ?
- Quels outils et/ou instruments à mettre en oeuvre afin de permettre aux entreprises de palier aux conséquences des crises ?

Pour répondre à ces questions, la connaissance amont des interactions entre l'eau, le phytoplancton, le sédiment et les coquillages au sein de l'écosystème conchylicole apparaît comme une priorité.

Compte tenu des travaux déjà réalisés, notamment les apports du programme national MOREST la profession estime que seule une approche intégratrice, pluridisciplinaire et partenariale associant professionnels, scientifiques et économistes, peut permettre d'apporter "rapidement" les éléments nécessaires de compréhension et de modélisation du fonctionnement de l'écosystème conchylicole.

Cette analyse a déjà fait l'objet de nombreux débats en Assemblée Plénière de la Section Régionale Conchylicole (SRC) de Bretagne Sud.

1.3. Les objectifs du projet RISCO-Quiberon

Dans ce contexte de concessions en "eau profonde" (subtidales) et de mortalités d'huîtres récurrentes, l'étude de l'écosystème de la baie de Quiberon a fait l'objet d'une proposition de projet (RISCO-Quiberon) soumise à financement en 2008 pour démarrage en 2009 pour 4 ans (2009-2012). Il est porté conjointement par le laboratoire Ifremer de la Trinité /mer et la SRC Bretagne Sud, auxquels s'associent des laboratoires d'universités bretonnes et des bureaux d'étude. Il vise 3 objectifs principaux :

- l'estimation de la capacité trophique de la baie et l'adaptation de la biomasse en élevage,
- l'impact du sédiment sur l'élevage au sol et l'adaptation des pratiques d'élevage,
- l'évaluation de l'impact de ces 2 facteurs (trophique et sédimentaire) sur les entreprises ostréicoles de la baie et de leur conséquence en matière de gestion des risques de mortalités.

Ces objectifs répondent par ailleurs à une perspective plus globale de Développement Durable de la conchyliculture et de Gestion Intégrée de la Zone Côtière.

1.4. L'architecture du projet RISCO-Quiberon

Le projet est articulé en 5 grandes actions, correspondant aux 3 objectifs définis ci-dessus auxquels s'ajoutent une action d'actualisation des données existantes et une action de gouvernance du projet :

- Action A: Collecte, actualisation et analyse des données de base ;
- Action B: Analyse du facteur trophique : appréhender la capacité trophique à travers la modélisation du fonctionnement dynamique de l'écosystème conchylicole de la baie de Quiberon ;
- Action C: Analyse du facteur sédiment : estimer les relations entre le sédiment et les huîtres élevées à l'interface, sur les plans chimique (cycle de la matière organique), écotoxicologique (agents toxiques éventuels) et microbiologique (action de la microflore du sédiment, pathogènes éventuels) ;
- Action D: Identification et évaluation des risques permettant d'élaborer des propositions de gestion adaptées aux caractéristiques et au fonctionnement des entreprises ;
- Action E: Pilotage et suivi du projet par la mise en place de comités regroupant professionnels et scientifiques (ajustement des protocoles d'études, diffusion et valorisation des résultats).

Ces actions sont elles-mêmes subdivisées en différentes tâches techniques, scientifiques et organisationnelles (*figure 1*).

Le risque de mortalité engendrée par la prolifération de prédateurs (étoiles, perceurs, dorades, ...) n'a pas été pris en compte dans ce projet, si ce n'est une première approche par le biais de l'estimation des stocks sauvages. Ils feront éventuellement l'objet d'études spécifiques ou d'actions complémentaires ultérieures.

Ce projet a été validé dans son principe par la SRC Bretagne Sud et la Direction d'Iframer, et présenté en 2008 au Pôle Mer Bretagne pour recherche de financement. Il devrait pouvoir démarrer véritablement en 2009.

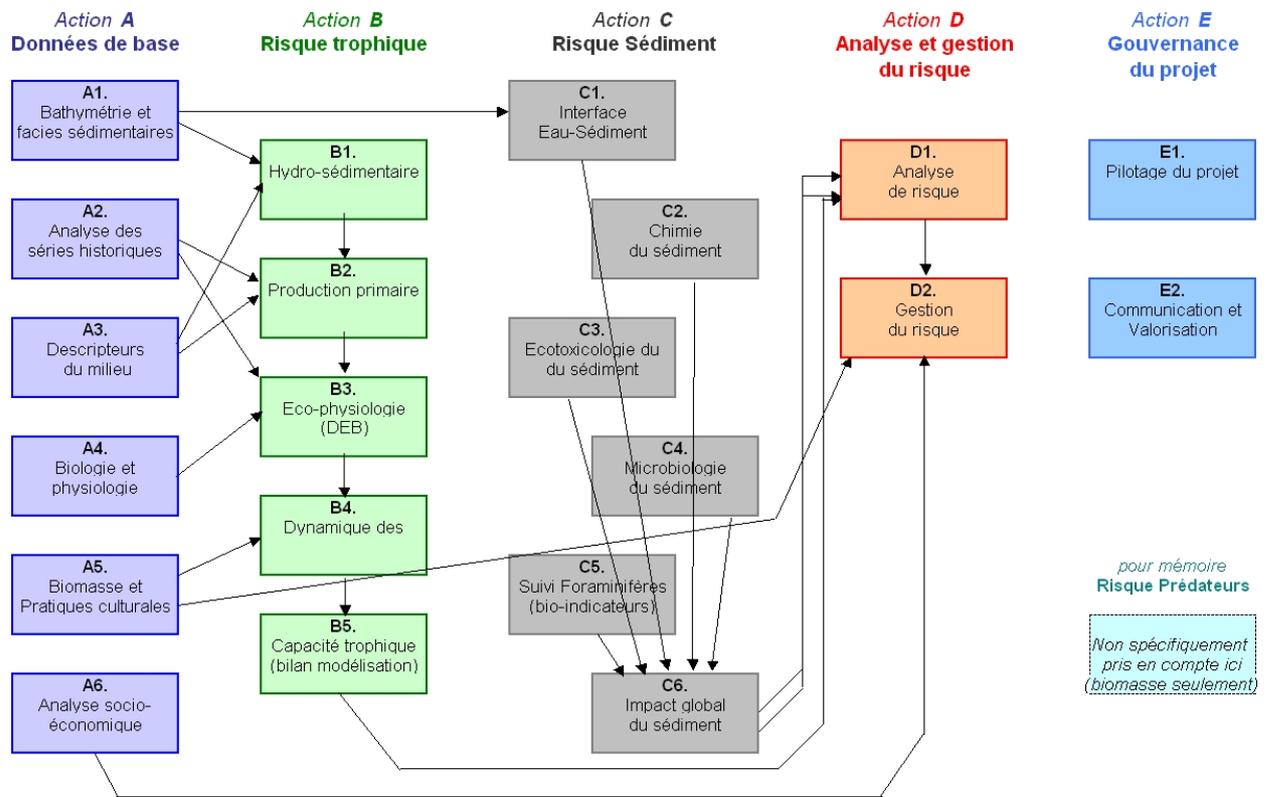


figure 1 - l'Architecture du projet RISCO-Quiberon

2. Premiers éléments d'une cartographie du sédiment

2.1. Objectifs

La connaissance de la bathymétrie fine des fonds et de la couverture sédimentaire sur la zone des concessions ostréicoles en baie de Quiberon est un préalable

- (1) au modèle hydrodynamique qui sera mis en œuvre,
- (2) à la définition des protocoles de suivi mis en place dans le volet "Risque sédiment".

C'est pourquoi le projet RISCO-Quiberon prévoit l'acquisition de ces nouvelles données par une couverture au sonar latéral pour la zone profonde de la baie, et par relevé aérien au laser (Lidar) pour les zones d'estran.

Ces informations, complétées par des carottages du sédiment pour analyses granulométriques, pourront être comparées aux relevés antérieurs (Chassé-Glémarec 1976, G. Lemoine, 1989) et permettre d'appréhender l'évolution temporelle et spatiale des caractéristiques des sédiments.

2.2. Protocole

Cette campagne a été réalisée par Ifremer La Trinité /mer les 7 et 8 novembre 2007, et les analyses en novembre 2007 par l'équipe du laboratoire ifremer /Dyneco de Brest. 56 points de prélèvements régulièrement répartis sur toute la zone conchylicole et ses abords ont été échantillonnés. Sur chaque point, une carotte de sédiment a été prélevée en plongée (*photo n°1*) dont on a extrait les 3 cm supérieurs pour analyse ultérieure au laboratoire (*photo n°2*)

Les échantillons d'abord tamisés sur tamis de 2 mm ont été ensuite traités au granulomètre-laser à Brest permettant la production de cartes de granulométrie.

Des analyses chimiques de la matière organique (Carbone, Hydrogène, Azote) sont également prévues sur ces échantillons mais ne seront réalisées qu'en 2008 (résultats donc non disponibles dans ce rapport).

2.3. Résultats de granulométrie

Les premiers résultats traitent donc de la seule granulométrie et permettent d'abord de construire les cartes granulométriques ci-après (*figures 2, 3, & 4*) en fonction du pourcentage de chaque classe de particules dans la composition des sédiments respectivement pour les classes des silts et argiles (< 63 μm), sables fins et moyens (entre 63 et 500 μm) et sables grossiers (> 500 μm). La classification des types granulométriques en différents facies sédimentaires (*figure 5*) permet ensuite de dresser une carte de synthèse (*figure 6*).

La *figure 2* (silts et argiles) montre un gradient du Nord-Ouest (Penthièvre) peu vaseux, vers le large, avec 2 petits secteurs franchement vaseux (>50%) aux marges Sud-Ouest et Nord-Est de la zone conchylicole.



photo n°1 - carottage en plongée



photo n°2 - prélèvement des 3 cm supérieurs

La zone Nord-Ouest est essentiellement constituée de sables fins et moyens (*figure 3*), c'est-à-dire en jonction avec le cordon dunaire de Penthièvre.

La répartition des sables grossiers et débris coquilliers (de petits bivalves et d'huîtres) est plus homogène avec toutefois une bande un peu plus concentrée traversant la zone conchylicole du Nord-Est au Sud-Ouest (*figure 4*).

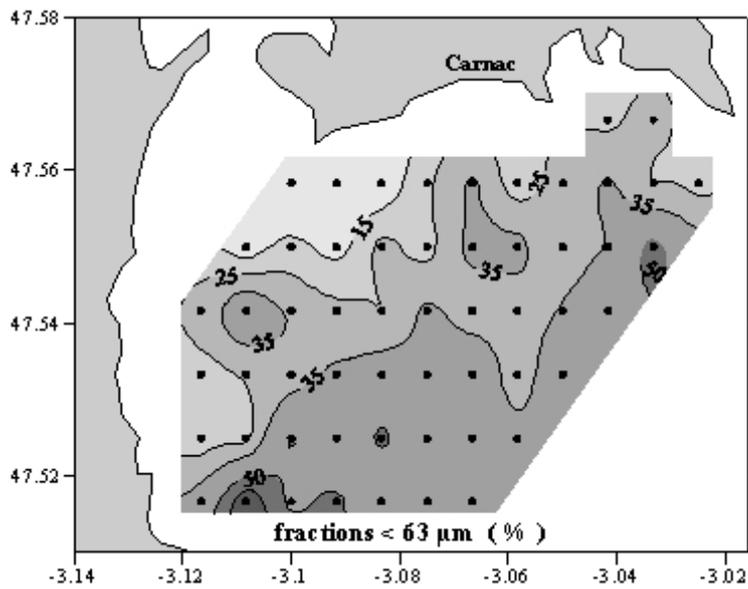


figure 2 - répartition des silts et argiles <math>< 63 \mu\text{m}</math>

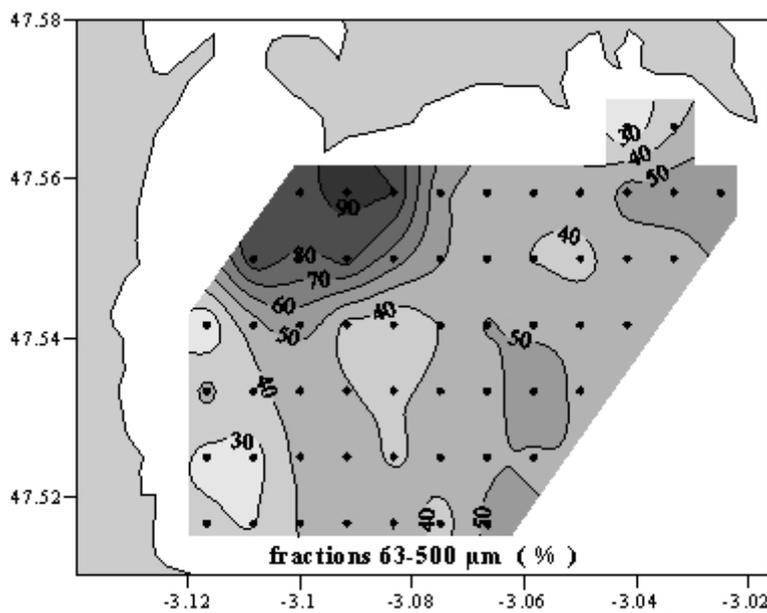


figure 3 - répartition des sables fins et moyens entre 63 et $500 \mu\text{m}$

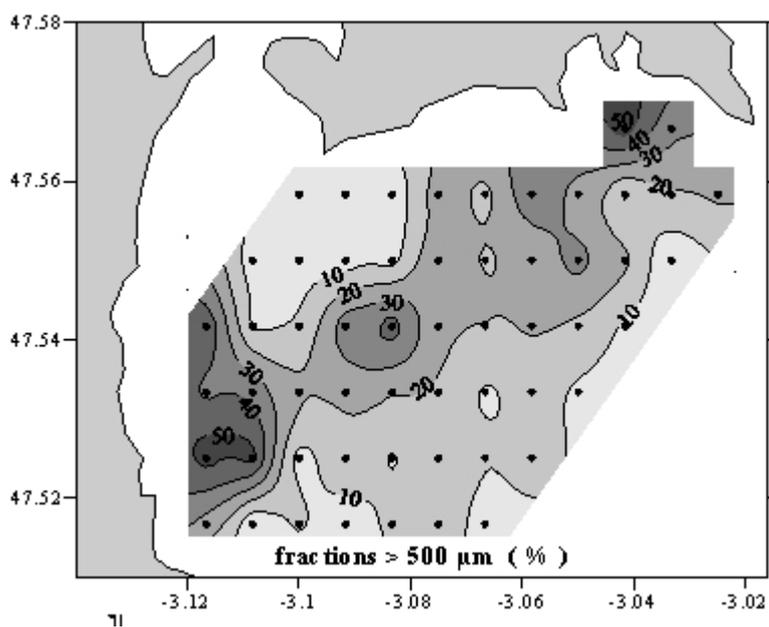


figure 4 - répartition des sables grossiers et débris coailliers $> 500 \mu\text{m}$

L'analyse des histogrammes des classes granulométriques, définies selon Wentworth (1962) permet de distinguer 4 faciès sédimentaires (figure 5).

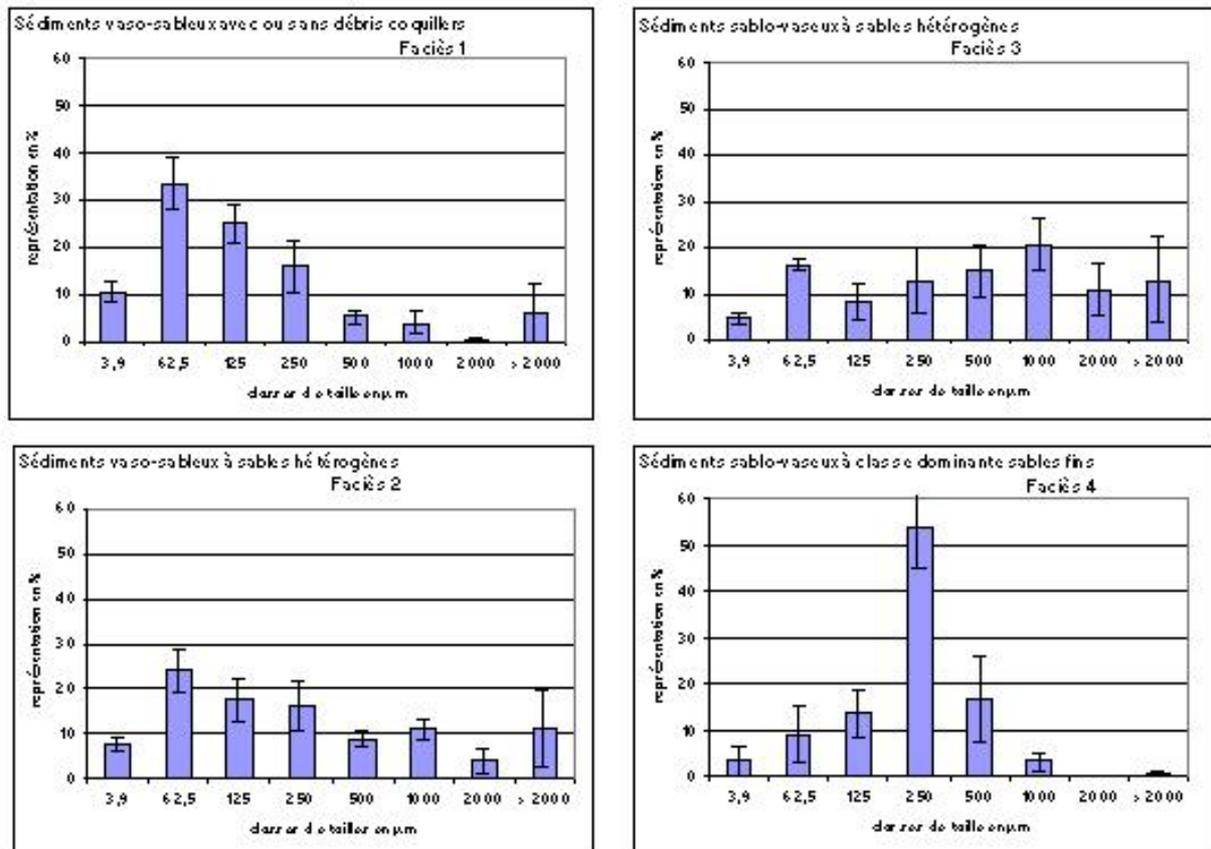


Figure 5 - Histogrammes granulométriques et faciès sédimentaires

Selon la classification de Larssonner (1977), les sédiments prélevés dans la zone d'étude de la baie de Quiberon sont presque tous des **sédiments vaseux** caractérisés par une teneur en vases (argiles + silts) supérieure à 5% (figure 6). La seule exception est le secteur Nord-Ouest en fond de baie qui correspond à des sables fins dominants (250 µm). De part et d'autre de cette zone Nord-Ouest, sur les franges Nord et Ouest, une composante importante en granules (2-4 mm) et graviers (4-64 mm) contraste aussi avec le reste de la baie où la fraction supérieure à 2 mm est essentiellement liée aux débris coquilliers. On notera que la classe granulométrique argileuse (< 3,9 µm) est sous représentée avec un taux moyen de $8 \pm 3\%$.

Les analyses granulométriques caractérisent un gradient décroissant en vases du Sud-Est vers le Nord-Ouest :

- ◆ Dans la partie la plus profonde de la Baie au SE les vases à dominante silteuse (classe 3,9 – 62,5 µm) représentent $43 \pm 3\%$ et donnent aux sédiments son caractère vaseux à dominante silteuse centré sur la classe 62,5 µm (faciès 1).
- ◆ Au nord d'un axe SO-NE qui coupe la baie en son milieu, on note un faciès transitoire proche du faciès précédent mais enrichi en sables hétérogènes 68% contre 56%, caractérisant un sédiment vaseux à sables hétérogènes (faciès 2).

- ◆ Le fond NO de la baie correspond à des sédiments sablo-vaseux à sables fins dominants, centrés sur la classe 250 μm (faciès 4), avec notamment un point classé sable fin en raison de son faible taux de vases (4,6%). Cette zone ne présente pas de fraction supérieure à 2 mm (<0,3%).
- ◆ Deux autres zones remarquables sont la bordure SO et dans une moindre mesure la bordure NE : elles sont enrichies de 80% de sables grossiers hétérogènes, mal triés, caractérisant des sédiments sablo-vaseux à sables hétérogènes (faciès 3).

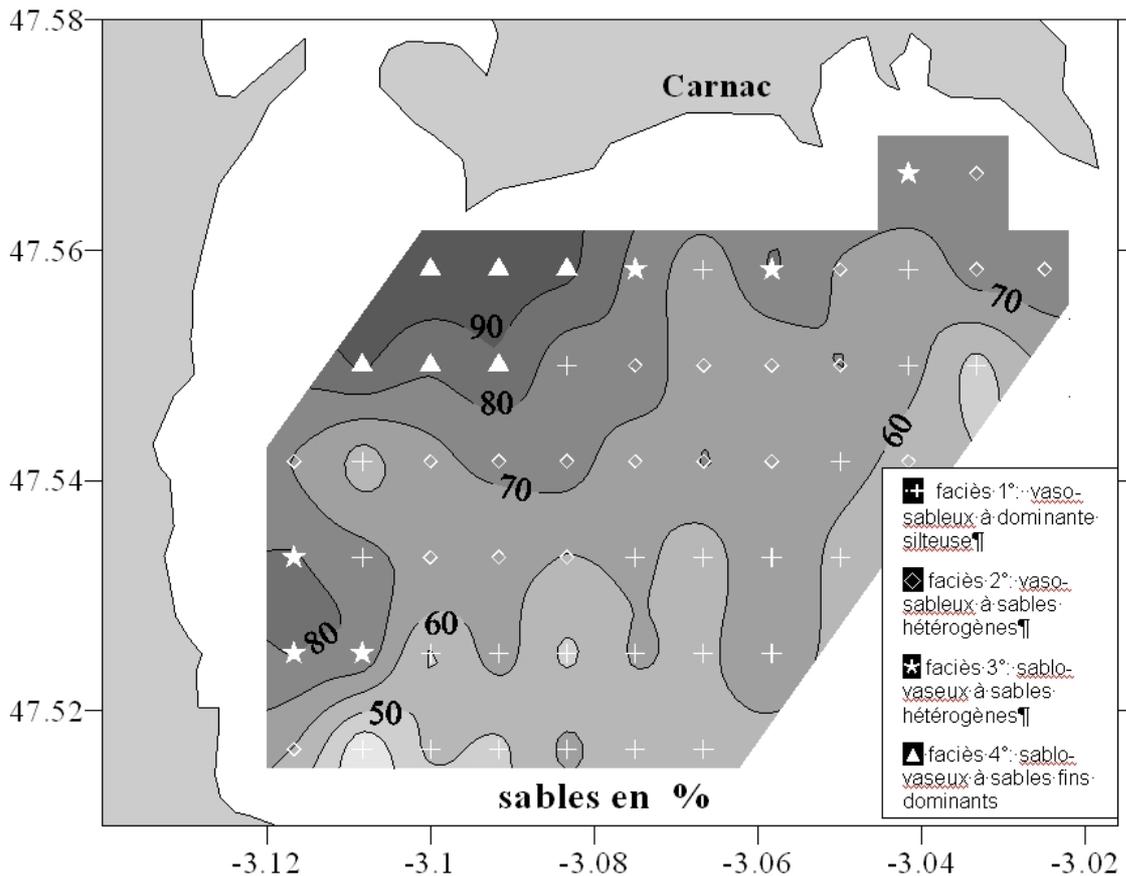


figure 6 - Faciès sédimentaires en baie de Quiberon

Ces résultats sont globalement cohérents avec les données antérieures (Chassé et Glémarec 1976, Lemoine 1989) mais restent des données ponctuelles (échantillonnages tous les 500 m environ) qui ne remplacent pas la cartographie au sonar latéral prévue dans le projet RISCO-Quiberon.

La comparaison fine avec les données antérieures, permettant de retracer une éventuelle évolution dans le temps, reste de ce fait délicate et hasardeuse, d'autant que la structure des données n'est pas la même ce qui ne facilite pas les comparaisons.

3. Suivi du milieu in situ

La baie de Quiberon est une zone conchylicole majeure dont le milieu marin est régulièrement suivi par les scientifiques, dont Ifremer, essentiellement dans le cadre d'une surveillance-prévention des risques sanitaires (microbiologie, efflorescences phytoplanctoniques).

Les variations spatiales à travers la baie, les différences entre surface et fond et les profils temporels à haute fréquence restent cependant peu connus. Les études 2007 ont cherché à mieux appréhender l'importance de ces variations et à affiner les méthodologies à mettre en œuvre pour les étudier et les intégrer dans le projet de modélisation de l'écosystème du projet RISCO-Quiberon.

3.1. Contexte et objectifs

Trois sources principales d'information environnementale sont susceptibles de fournir des éléments explicatifs à la croissance des huîtres en baie de Quiberon :

- le réseau de surveillance du milieu (REPHY), qui fournit depuis 1990 les données de base sur les paramètres physico-chimiques et le phytoplancton, avec une fréquence bimensuelle à Men er Roué au centre de la zone conchylicole ; et très récemment le réseau de suivi de la Directive Cadre de l'Eau (DCE) qui se met en place progressivement sur le même point de suivi en incluant davantage de paramètres physico-chimiques.
- les données en continu (haute fréquence) des sondes multiparamètres placées en baie permettent des séries temporelles continues mais limitées à Men-er-Roué essentiellement.
- les images satellites disponibles sur un serveur Ifremer Nausicaa¹, (et pour partie accessibles au public par le site <http://www.previmer.org/>) fournissent également des données de température, turbidité et concentration en chlorophylle-a. Par rapport à REPHY, le nombre de jours exploitables n'est pas amélioré (passage quotidien des satellites, mais avec une majorité de données non exploitables notamment en zone côtière, du fait de la nébulosité), mais la couverture spatiale est considérablement améliorée (pixels de 1km) par rapport au suivi de terrain. La méthodologie d'exploitation de ces données a été développée en 2007 par le laboratoire Ifremer de La Trinité /mer (voir chapitre 4).

Une pré-étude a donc été mise en place en 2007 par le Laboratoire Environnement littoral et Ressources aquacoles du Morbihan et des Pays de Loire (LER-MPL) pour permettre de mieux définir le projet d'étude RISCO-Qb (Risques Conchylicoles) en baie de Quiberon. C'est le cas notamment des suivis environnementaux qui portent sur l'étude de la répartition spatiale et saisonnière des descripteurs physico-chimiques du milieu et de l'évolution (quantitative et qualitative) du phytoplancton, notamment celui correspondant à la part alimentaire de l'huître. Cette pré-étude a porté sur :

¹ <http://www.ifremer.fr/nausicaa/gascogne/private/browser.htm?sm=1>

- ◆ l'évaluation de la mise en place d'un réseau de suivi hydrologique pour l'étude de l'écosystème de la baie de Quiberon. La mesure des variations spatiales et saisonnières des concentrations de chlorophylle dans la baie doit permettre de déterminer les stations d'étude, la fréquence du suivis, etc.
- ◆ l'étude d'un protocole de suivi de la chlorophylle partielle correspondant à la part alimentaire de l'huître :
 - Définir la plage de filtration (3 à 20 ou 41 μ).
 - Choix du filtre de 3 μ (GF/D, nitrocellulose ou polycarbonate).

Une partie de ces données sera utilisée pour **alimenter les modèles physiques et biologiques et permettra l'interprétation des suivis biologiques de croissance et mortalité.**

3.2. Protocole

Ce suivi du milieu a été effectué de manière régulière (tous les 15 jours) à la fois par des mesures basse fréquence (ponctuelles) sur 6 stations (*carte de la figure 7*) et par des mesures haute fréquence (enregistrements en continu) au niveau du fond et de la surface. Les paramètres pris en compte sur les 6 stations "basse fréquence" sont : la température, la salinité, la turbidité et la teneur en chlorophylle.

Ces quatre paramètres sont enregistrés en haute fréquence sur la station Men er Roué au niveau des huîtres à environ 15 cm du sol.

Les sondes de mesures en continu dans la colonne d'eau (température et salinité) permettent d'appréhender la stratification verticale de la masse d'eau et des phénomènes particuliers tels que coups de vent, crues, grandes marées.

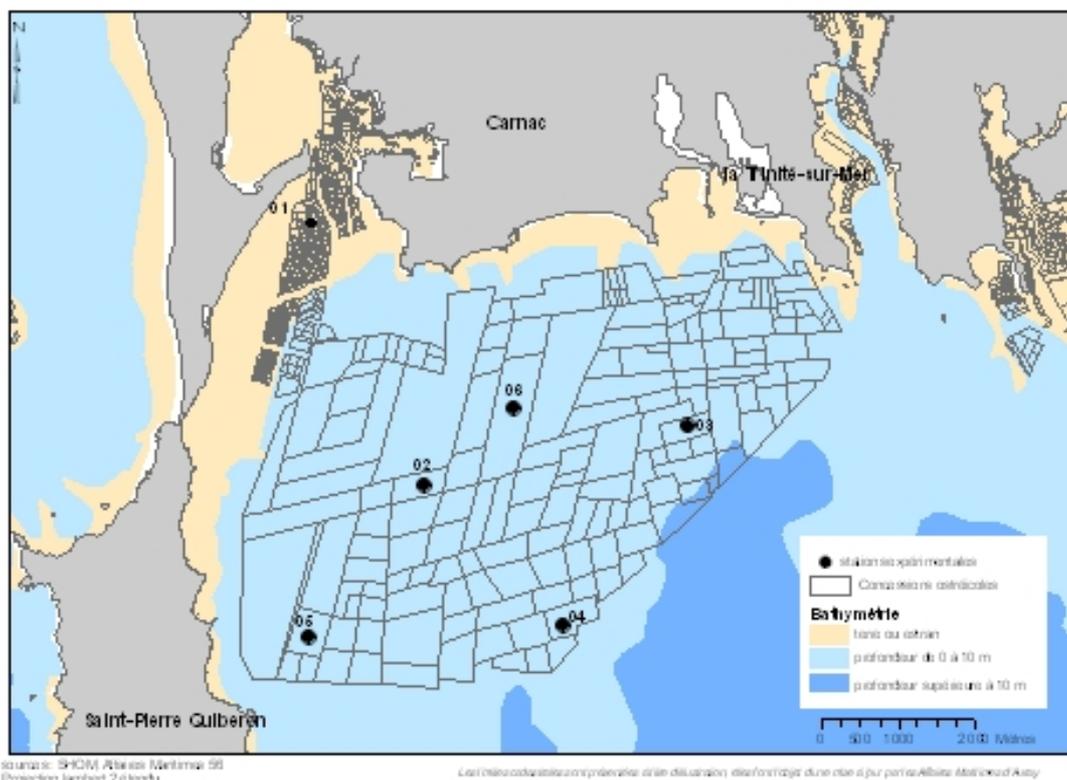


figure 7 - points de suivi du milieu, baie de Quiberon 2007

Protocole de prélèvement d'eau en baie de Quiberon.

Les prélèvements sont effectués à 1 mètre du fond à l'aide d'une bouteille hydrobiologique et à pleine mer +/- 2 heures. Le prélèvement est pré-filtré à 41 μ à bord du bateau Ifremer (Istrec) pour l'analyse de la part de chlorophylle-a et de phéopigment inférieure à 41 μ qui est ingérée par l'huître. Les prélèvements d'eau sont ensuite transvasés dans un flacon noir de 2 litres préalablement rincé (*Annexe 1*).

La fréquence d'échantillonnage est fixée à 1 mois en période hivernale (de novembre à mars) et à 15 jours en période estivale (d'avril à octobre) sous réserve de conditions météorologiques favorables.

◆ *Protocole d'analyse au laboratoire.*

La turbidité des échantillons est mesurée au retour au laboratoire. La turbidité est mesurée par néphélométrie selon la méthode d'Aminot (1983). Elle mesure la propriété optique de l'eau qui traduit la quantité de Matières En Suspension dans l'eau (M.E.S.). L'unité utilisée est le NTU (unité de turbidité néphélométrique). La corrélation approximative avec les MES est la suivante : $NTU \times 1.7 = MES$ (mg/l).

Moins de 12 heures après l'arrivée au laboratoire les échantillons sont filtrés sur différents supports :

- Filtres en fibre de verre Whatman GF/F (0.7 μ) ou GF/D (2.7 μ).
- Filtres en nitrocellulose Millipore de 3 μ .
- Filtres en nylon Millipore de 20 et 41 μ .

Les mesures de turbidité et de chlorophylle-a et phéopigments supérieurs à 0.7 μ sont réalisées sur les points de suivi QB01, QB02 et QB03 (*figure 7*). Les filtres GF/F retiennent les particules à partir de 0.7 μ , y compris le picoplancton.

Les mesures de chlorophylle-a et phéopigments partiels compris entre 2.7 et 41 μ sont réalisées sur les 6 points du suivi.

◆ *Profils verticaux de la colonne d'eau.*

Des profils verticaux de température et de salinité sont réalisés sur les 6 points du suivi à chaque sortie en mer. Ils sont réalisés avec une sonde NKE avec une fréquence de mesures de 2 secondes.

◆ *Suivi continu (haute fréquence) à Men-er-Roué.*

Des mesures Haute Fréquence sont réalisées à Men-er-Roué (QB02) avec 2 types de sondes :

- une sonde NKE (SP2T-10) en place durant toute l'année 2007 mesure la température et la profondeur toutes les 30 minutes.
- une sonde YSI-6600 multiparamètre (température, salinité, turbidité, chlorophylle-a) est mis en place en décembre 2007 avec une fréquence de mesures de 10 à 30 minutes (*photo n°3*).

Ces sondes sont placées sur une structure inox à environ 15 cm du sol.



photo n°3 - sonde multiparamétrique (ici sur estran)

3.3. Résultats du suivi 2007

◆ Température

L'installation d'une sonde à Men-er-Roué a permis de cerner les variations fines de la température du fond (*figure 8*) de novembre 2006 à décembre 2007. On voit que ces variations peuvent atteindre 3°C en quelques jours.

En 2007 la température varie de 8.8 à 19.5°C. D'une manière générale ces valeurs sont conformes aux moyennes des années précédentes durant le premier semestre et sensiblement supérieures sur la période automnale. La température représentant un risque additionnel de mortalité en cas d'été chaud (>19°C), on voit que cette éventualité peut être tout juste atteinte en milieu d'été.

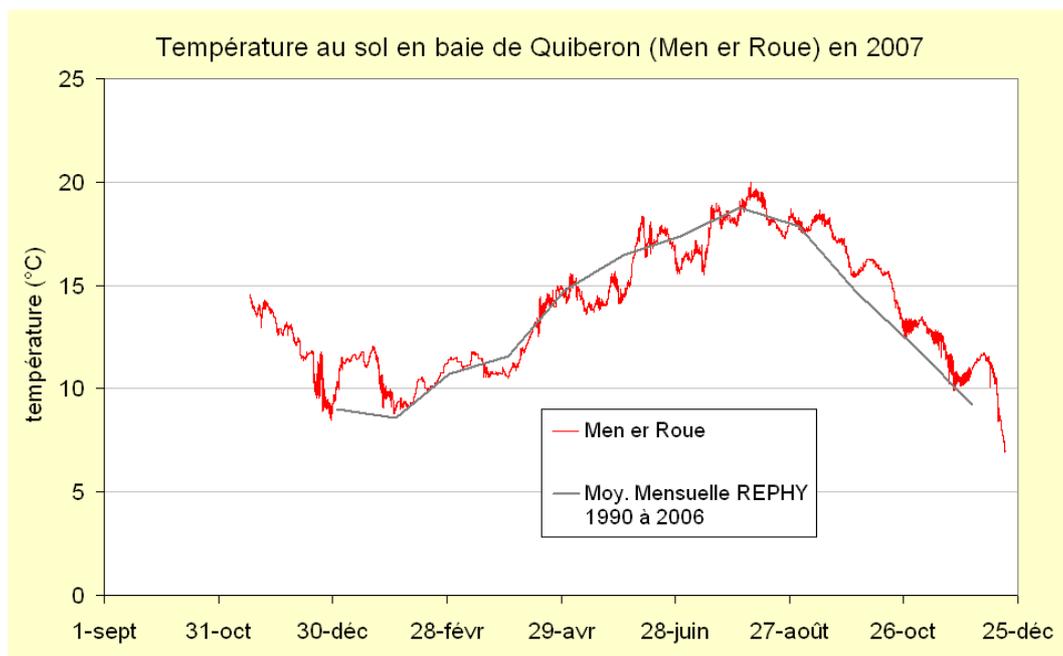


Figure 8 - Mesures de température en continu en baie de Quiberon en 2007

Concernant la répartition spatiale, le suivi des 6 stations (*figure 9*) montre peu de variation spatiale pour la température de surface, mais un gradient croissant d'environ 5 degrés du large (point QB04) vers la côte (point QB01) pour la température du fond.

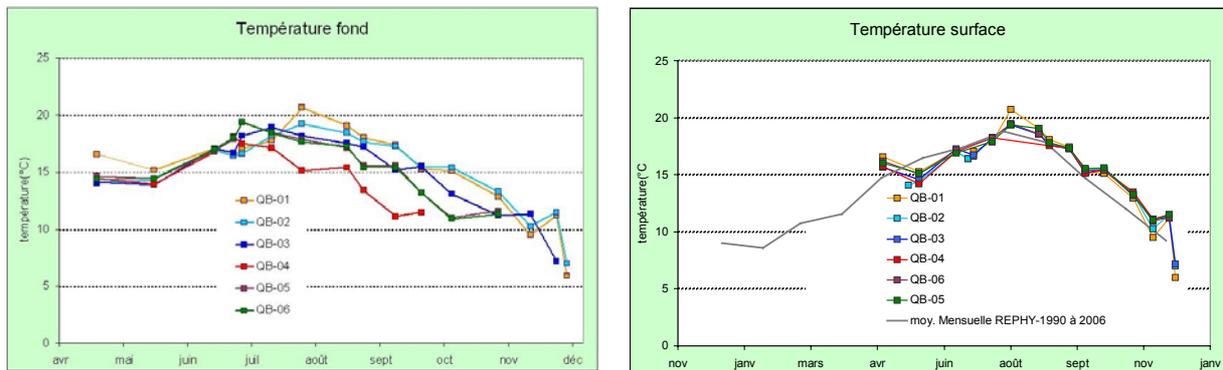


Figure 9 - Mesures de température en baie de Quiberon, au fond et en surface.

Ce gradient peut induire une légère stratification entre le fond et la surface sur les points les plus au large. Mais une telle stratification n'a pas été observée à Men-er-Roué par exemple (*figure 10, paragraphe suivant*)

◆ Salinité

Les valeurs de salinité observées en 2007 de juin à septembre ne descendent pas en-dessous de 30‰ et sont conformes aux moyennes des années précédentes (*figure 10*). Ces valeurs sont caractéristiques d'une zone côtière plutôt qu'estuarienne (malgré l'influence des panaches de la Vilaine et la Loire). Les apports d'eau douce en baie de Quiberon ont été très faibles durant l'automne 2007 (37 mm à Vannes du 1^{er} septembre au 10 novembre), ce qui se traduit par des dessalures hivernales tardives et limitées (en décembre).

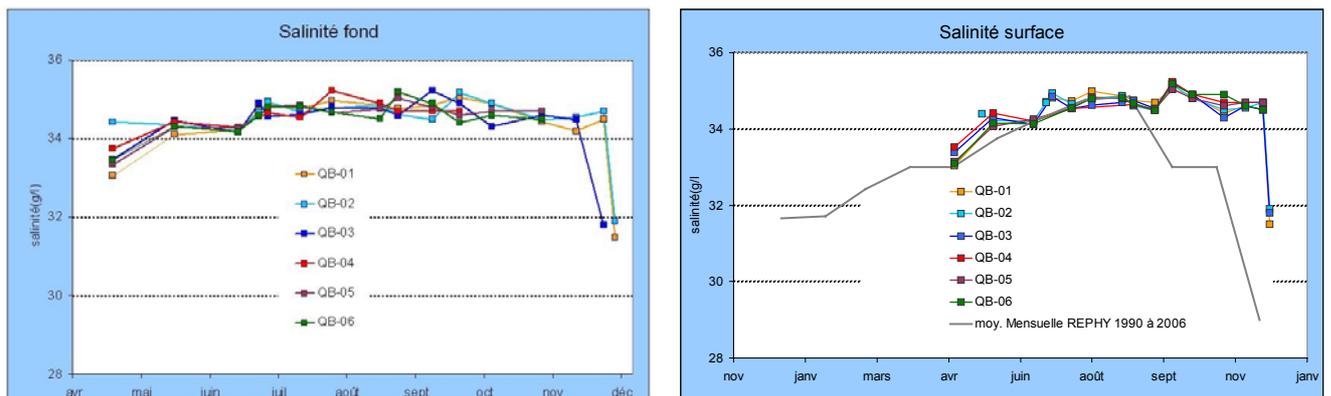


Figure 10 - Mesures de la salinité en baie de Quiberon, au fond et en surface.

La répartition spatiale des mesures montre une salinité homogène sur l'ensemble de la baie tant en surface qu'au fond et une absence de stratification même en période de dessalure (décembre 2007).

◆ Turbidité

La turbidité en baie de Quiberon présente un cycle saisonnier très marqué (*figure 11*) avec de fortes concentrations automnales et hivernales en matières en suspension (5 à 15 NTU), des pics printaniers, et de faibles concentrations estivales (< 3 NTU).

La valeur mensuelle moyenne en baie de Quiberon varie de 1,4 en période estivale à 8 NTU en période hivernale. Les eaux de la baie de Quiberon ont été particulièrement claires en période estivale et automnale en 2007. Les remises en suspension en baie ont eu lieu tardivement en 2007 lors des premières tempêtes de décembre. Les variations spatiales de la turbidité en baie sont relativement faibles.

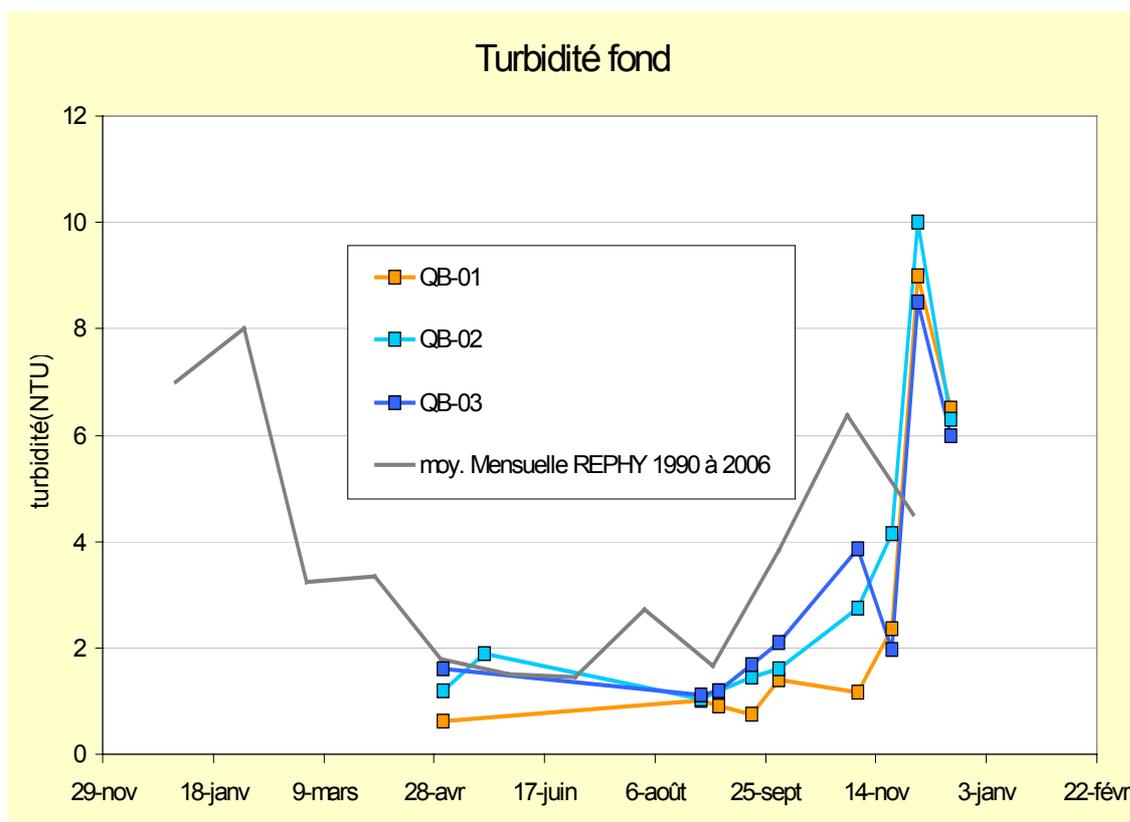


Figure 11 - Mesures de turbidité au sol en baie de Quiberon.

Les mesures multiparamétriques haute fréquence réalisées à Men-er-Roué fin 2007-début 2008 montrent de fortes variations de la turbidité dont il conviendra d'étudier plus finement les causes (*figure 12*).

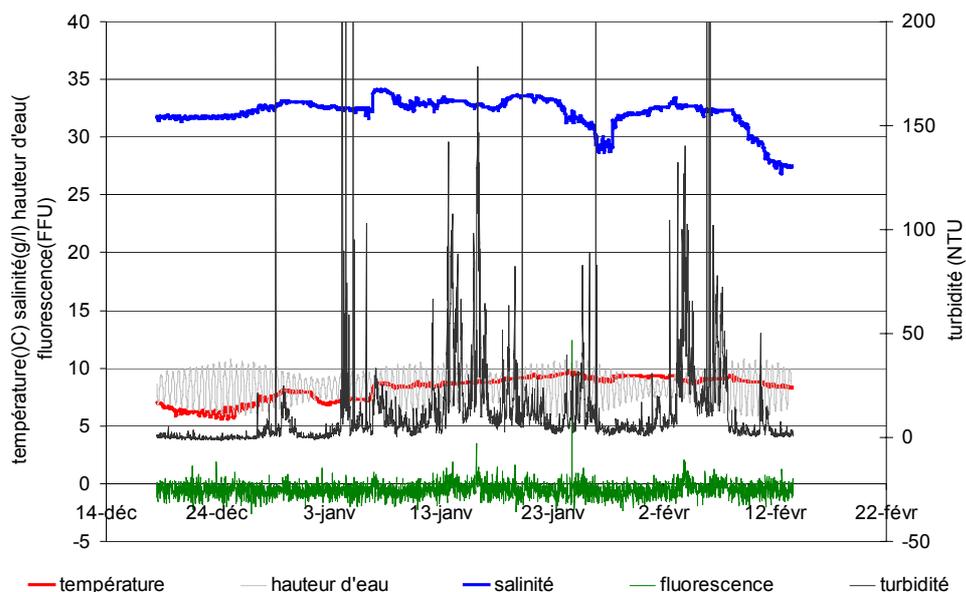


Figure 12 - Mesures Haute Fréquence à Men-er-Roué du 18 décembre 2007 à février 2008

◆ Chlorophylle-a et phéopigments

Les valeurs de **chlorophylle-a**, indicatrices de l'abondance du phytoplancton, sont toujours assez faibles en baie de Quiberon: Sur la période 1993-2006, le réseau REPHY indique des moyennes mensuelles comprises entre 0.6 (en période hivernale) et 3.2 $\mu\text{g/l}$ (en période printanière), avec une moyenne annuelle de 1,5 $\mu\text{g/l}$ et des blooms printaniers dépassant rarement 5 $\mu\text{g/l}$. Ces valeurs faibles reflètent ici encore une **typologie de la baie plus océanique qu'estuarienne**.

Les teneurs mesurées en 2007 sur 3 points de la baie (figure 13) sont supérieures aux moyennes interannuelles durant la période estivale, puis redeviennent conformes à ces moyennes au mois d'octobre.

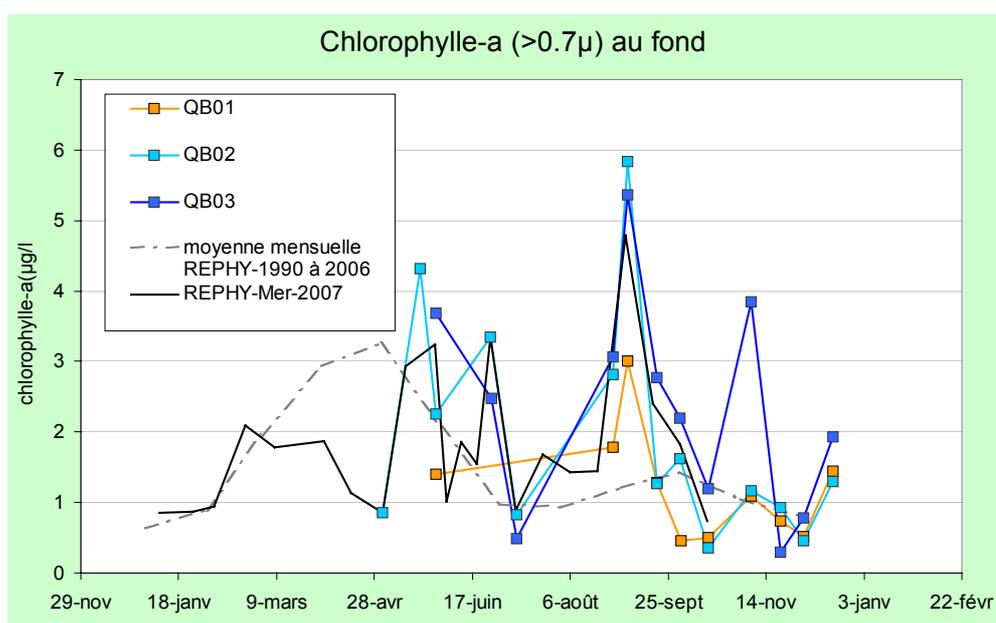


Figure 13 - Mesures de la chlorophylle-a (> 0.7 μ) en baie de Quiberon en 2007.

Les **phéopigments** sont issus de la dégradation des pigments chlorophylliens du phytoplancton (pics printaniers) ou de débris végétaux terrestres (pics hivernaux). La concentration mensuelle moyenne est comprise entre 0.6 et 1.3 $\mu\text{g/l}$ (moyenne : 0.8 $\mu\text{g/l}$).

Les concentrations maximales sont généralement observées au cours de l'hiver, le rapport Chl.a / phéo est alors <1 , indiquant un apport de matériel détritique allochtone océanique ou terrigène et une remise en suspension des détritus benthiques. En période printanière le ratio est généralement >1 , la dégradation de la Chlorophylle-a serait alors relativement limitée à cette période.

Les teneurs de phéopigments mesurées au fond en 2007 (*figure 14*) sont supérieures aux moyennes des années antérieures.

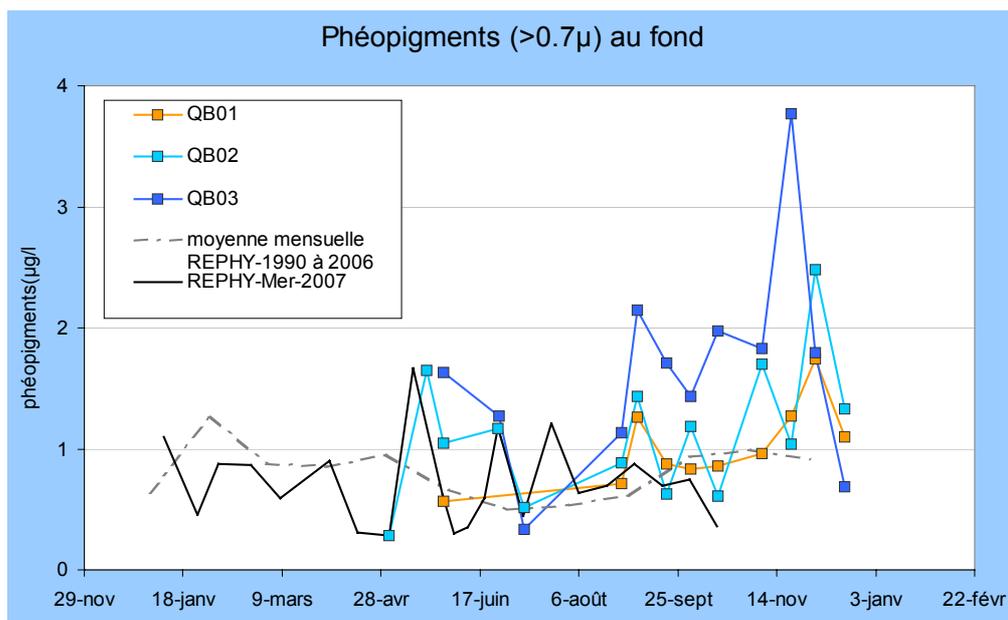


Figure 14 - Mesures de phéopigments ($>0.7\mu$) en baie de Quiberon en 2007

3.4. Parts de chlorophylle-a et de phéopigments ingérables par les huîtres

La chlorophylle et les phéopigments sont des **indicateurs** du potentiel de phytoplancton ingérable par les animaux filtreurs. Mais tout le phytoplancton n'est pas ingérable par les filtreurs, que ce soit pour cause de toxicité, de mucus ou même de taille par rapport à la bouche et aux branchies des animaux.

Aussi, afin de mieux appréhender les parts de chlorophylle-a et de phéopigments réellement ingérables par les huîtres, on a calculé en mai et juin 2007 le pourcentage de chlorophylle-a en fonction de la taille du phytoplancton. Ce calcul a été réalisé à partir de filtrations différentielles, en prenant un seuil moyen de 3 μ comme diamètre minimal des particules retenues par les huîtres et 41 μ comme diamètre moyen des particules trop grosses pour être ingérées.

Les *figures 15 à 17* montrent les variations de ce taux de chlorophylle ingérable par les huîtres en mai-juin 2007 : de 25% à 100% pour la chlorophylle-a (et de 15 à 100% pour les phéopigments, non montrés ici).

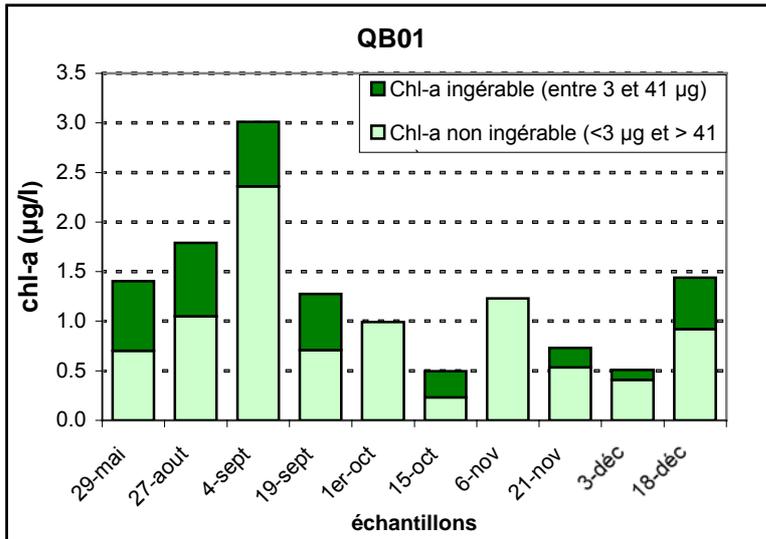


Figure 15 - Part de Chlorophylle-a ingérable par les huîtres à Penthièvre (mai-décembre 2007)

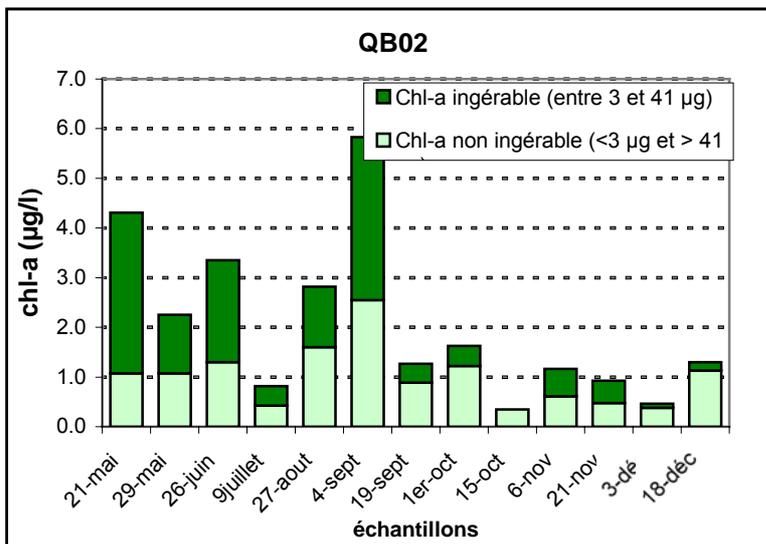


Figure 16 - Part de Chlorophylle-a ingérable par les huîtres à Men-er-Roué (mai-décembre 2007)

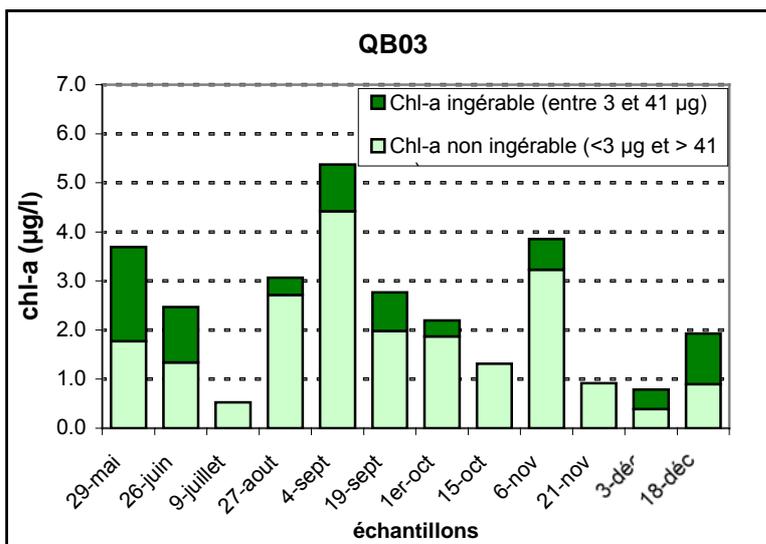


Figure 17 - Part de Chlorophylle-a ingérable par les huîtres à Beaumer-sud (mai-décembre 2007)

Malgré de fortes variations, on pourra retenir que **la part ingérable par les huîtres** (phytoplancton compris entre 3 et 41 μ) en baie de Quiberon **représente globalement les 2/3 environ de la chlorophylle-a totale (du moins au printemps)** (*figure 18*). La part ingérable du phéopigment est sensiblement identique.

Cette proportion doit être réduite à 40-50% pour des huîtres juvéniles incapables d'ingérer des particules de taille supérieure à 20 μ .

Taille du phytoplancton	Part de Chl-a	Assimilation par les huîtres
200 μ	8.7%	NON (trop gros - rejeté)
40 μ	19.2%	Adultes seulement
20 μ	44.5%	Ad + juvéniles
3 μ	27.6%	NON (trop petit - non filtré)
0.7 μ		

Figure 18 - Taux de particules ingérables par les huîtres (mai-juin 2007)

Il sera intéressant en 2008 de vérifier si la prise en compte de cette fraction ingérable de phytoplancton améliore la corrélation avec la croissance des huîtres en baie de Quiberon. Ce résultat doit permettre d'affiner les modèles d'écophysiologie de la croissance (Dynamic Energy Budget).

3.5. Conclusions et perspectives méthodologiques

◆ Conclusions sur le suivi 2007

L'année 2007 est une année météorologique moyenne (*figure 19*), ce qui se traduit par des paramètres hydrologiques qui se situent dans la moyenne inter-annuelle des années antérieures (*annexe 2*)

L'été 2007 est marquée par une production trophique supérieure à la moyenne saisonnière en baie de Quiberon. Le niveau élevé de phytoplancton s'est traduit par une bonne croissance estivale et automnale des huîtres en baie de Quiberon (*professionnels, comm.pers ; réseau REMORA à paraître*).

◆ *Caractérisation hydrologique de la baie de Quiberon*

► La baie de Quiberon apparaît comme un **système relativement homogène pour la température, la salinité et la turbidité**. Les variations inter annuelles de la température sont faibles. On n'observe pas en général de stratification verticale de la température et de la salinité en baie (thermocline au mois de mai : surface 16°C et fond 14.2°C). Par contre il semble exister une stratification verticale de la turbidité notamment lors des périodes à fortes turbidités qu'il est nécessaire d'évaluer par des profils de la colonne d'eau pour développer un modèle de la turbidité en 3D (3 dimensions) ou même seulement 1DV (1 Dimension sur l'axe Vertical).

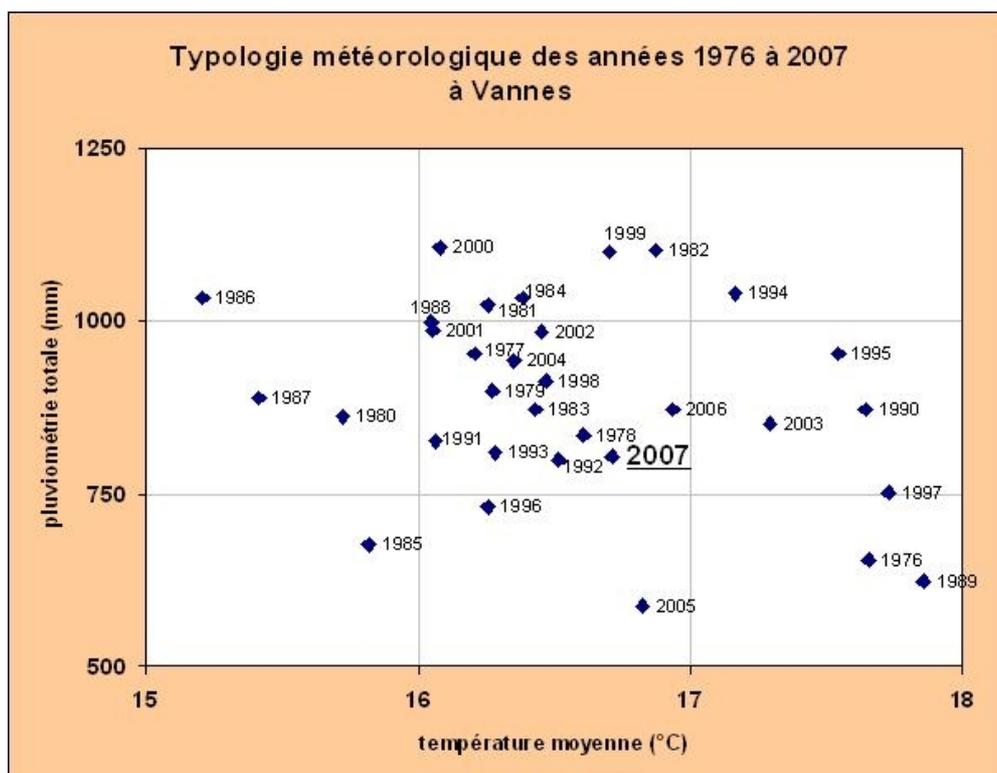


Figure 19 - typologie de la météorologie de l'année 2007 par rapport aux années 1976-2007 à Vannes

► Les variations spatiales de la chlorophylle s'avèrent cependant non négligeables sur la période étudiée. On mesure des différences de plus de 1µg/l de chlorophylle en fonction des stations de suivi. Les valeurs de chlorophylle sont plus élevées à Beaumer sud (QB03) et à Angle sud (QB04). L'observation des images satellite confirme ce **gradient décroissant de chlorophylle d'Est en Ouest** (chapitre 4).

► Les premières dessalures, liées aux apports d'eau douce, surviennent tardivement en décembre 2007 contrairement aux années précédentes. Les apports d'eau douce sont une source de sels nutritifs pour le développement de phytoplancton. Les petits bassins versants de la rivière de Crac'h, ou du golfe du Morbihan paraissent avoir une influence limitée sur l'écosystème de la baie de Quiberon, alors que la Loire et la Vilaine peuvent influencer sur tout le Mor-Braz.

► Les données de production primaire en baie doivent permettre d'affiner les modèles d'écophysiologie de la croissance des huîtres (Pouvreau, 2007) selon la théorie du DEB (Dynamic Energy Budget) proposée par Koijmann (2000). Ce modèle générique servira de base pour mieux définir le rôle trophique et les compétitions inter-spécifiques des huîtres et

des principales espèces de filtreurs (crépidules...) présentes dans la baie. Il pourra également être intégré à un modèle de production primaire (Cugier, 2007).

La baie de Quiberon se caractérise comme une zone côtière à influence océanique plus qu'estuarienne, avec des **eaux claires (faible turbidité) et des concentrations faibles en chlorophylle**.

◆ *Perspectives méthodologiques*

Longtemps les données milieu ont été des mesures discontinues collectées ponctuellement en fonction des besoins des études. Depuis une vingtaine d'années le réseau REPHY (et bientôt la Directive Cadre sur l'Eau) apporte des séries de données régulières mais toujours ponctuelles dans l'espace (1 seule station en baie de Quiberon) et dans le temps).

Depuis les années 1992-1995, le concept des stations MAREL (Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement et le Littoral) a été validé à l'Ifremer (T.S.I.) puis décliné selon différentes familles de produits (Répécaud, 2006) adaptés aux contraintes environnementales ainsi qu'aux demandes des utilisateurs (*photo n°4*). Une large gamme de paramètres est maintenant mesurée sur des sites très variés, la stabilité des mesures dans le temps étant assurée par la chloration des capteurs.

Une station MAREL a été déployée notamment en rivière d'Auray sur une zone ostréicole (Fort-Espagnol) en 2005 et 2006 (*photo n°4*) dans le cadre du projet national MOREST (Mortalité Estivale de l'Huître creuse) et présentée à l'occasion du 22ème salon de l'ostréiculture et des cultures marines à Vannes en 2006 (Bouget, 2006). Le maintien de ces installations en bon état de fonctionnement a permis aux équipes concernées d'acquérir une solide expérience en maintenance opérationnelle.



Photo n°4 - Station MAREL-estran en rivière d'Auray (Fort-Espagnol) en 2005.

D'autre part, la multiplication des stations MAREL en France métropolitaine, regroupées en réseaux locaux a conduit à mettre en place une structure chargée d'organiser ces différents réseaux : le projet ROSLIT. La métrologie, sous assurance qualité, représente un des aspects les plus importants de cette organisation.

Les stations MAREL proposent une gestion centralisée des données ce qui constitue un véritable avantage que ce soit sur le plan de l'archivage ou de celui de l'accès aux données sur internet (homogénéité des procédures et des formats pour les différents sites de déploiement du système).

Il est important également de faciliter l'accès à l'ensemble des mesures Hautes Fréquences réalisées en baie de Quiberon (Men-er-Roue). Des procédures communes de validation et de qualification des mesures devront être développées avec les laboratoires de métrologie de l'Ifremer (Bouget, 2007). La base de données MAREL (Données haute fréquence) et son Outil de Contrôle Qualité doivent permettre la mise à disposition plus efficace des mesures Hautes Fréquences réalisées dans le cadre du programme RISCO et également celles réalisées depuis une dizaine d'années en baie de Quiberon.

Dans le cadre du développement des systèmes de surveillance en continu de l'environnement et compte tenu de l'importance de l'activité ostréicole en baie de Quiberon il paraît indispensable de prévoir l'implantation d'une station MAREL sur le fond en baie. Le projet RISCO-Quiberon vise à mettre en place un tel suivi haute fréquence en baie, afin d'apporter les compléments de données nécessaire à la modélisation de la production primaire et hydro-sédimentaire de la baie de Quiberon.

L'ensemble de ces données devra être intégré à terme à un Système d'Information Géographique (S.I.G.).

4. Apport de la télédétection

Le stage d' A.Gastine (UBS, 2007), a été l'occasion d'analyser les données de chlorophylle issues d'images satellite, sur la zone d'étude correspondant à la masse d'eau de la baie de Quiberon, sur la période 1998-2006. Cette utilisation a été rendue possible par les améliorations méthodologiques apportées par Gohin (*Gohin et al., 2002, 2003, 2005*) au traitement d'images satellitaires de couleur de l'eau en zone côtière. (*Annexe 4*). L'avantage de ces images, comparativement aux analyses basées sur des prélèvements de terrain, est leur large répartition spatiale (pixels de 1 km de côté). Cependant, malgré le passage quotidien des satellites, le nombre d'images exploitables ne dépasse pas une trentaine par an (les jours de trop forte nébulosité sont exclus).

La figure 20 met en évidence une assez bonne concordance entre les valeurs de chlorophylle issues des prélèvements de terrain et des images satellitaires.

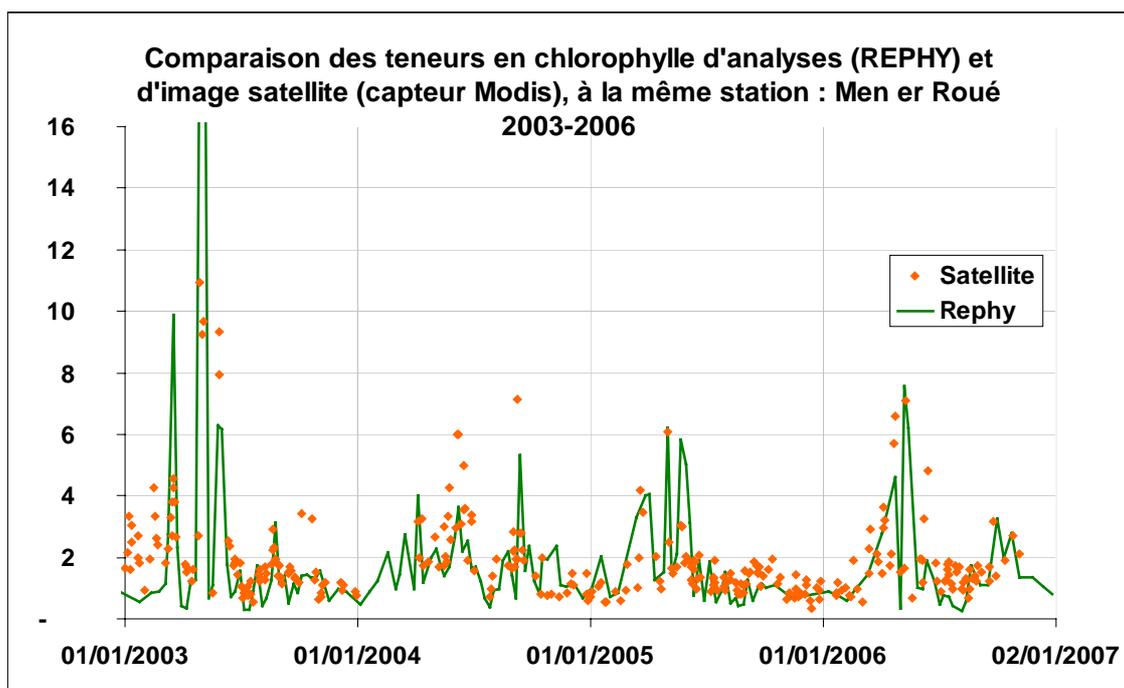


Figure 20 : confrontation des teneurs en chlorophylle obtenues par 2 méthodes : prélèvements et analyse (Rephy) ; image satellite (Modis).

4.1. Répartition spatiale chlorophylle

Les résultats sont présentés selon 3 formats :

- ◆ une carte brute, telle que disponible sur le site Nausicaa (pour une date particulière),
- ◆ un format élaboré sous ArcView, présentant le trait de côte, le cadastre conchylicole et les valeurs de chlorophylle A moyennées par mois, par an, ou sur plusieurs années.
- ◆ un format sommaire, sous Excel, utilisé notamment pour retracer les évolutions

La carte du 2 mai 2005 (*figure 21*) illustre l'échelle à laquelle surviennent les efflorescences phytoplanctoniques : sous l'influence notamment des apports de la Loire et de la Vilaine, le secteur du Mor-Bras apparaît comme l'un des plus productifs, au plan national.

La carte suivante (*figure 22*), qui synthétise l'ensemble des données disponibles, représente la répartition moyenne de chlorophylle : celle-ci montre un gradient décroissant, selon un axe nord-à sud-ouest. Cette diminution qui semble correspondre au sens des courants résiduels les plus fréquents (à confirmer par analyse des modèles de courants), est probablement attribuable à la filtration du phytoplancton par le stock d'huîtres en place. Si l'hypothèse est valide, cette distribution démontre la compétition pour la nourriture et les limites de capacité trophique rencontrées en zone conchylicole.

La carte suivante (*figure 23*) montre que des gradients différents peuvent être observés occasionnellement : on note ainsi au mois de mai 2006 une concentration de chlorophylle qui décroît depuis les lignes à la mer (Sud-est) vers le nord-ouest.

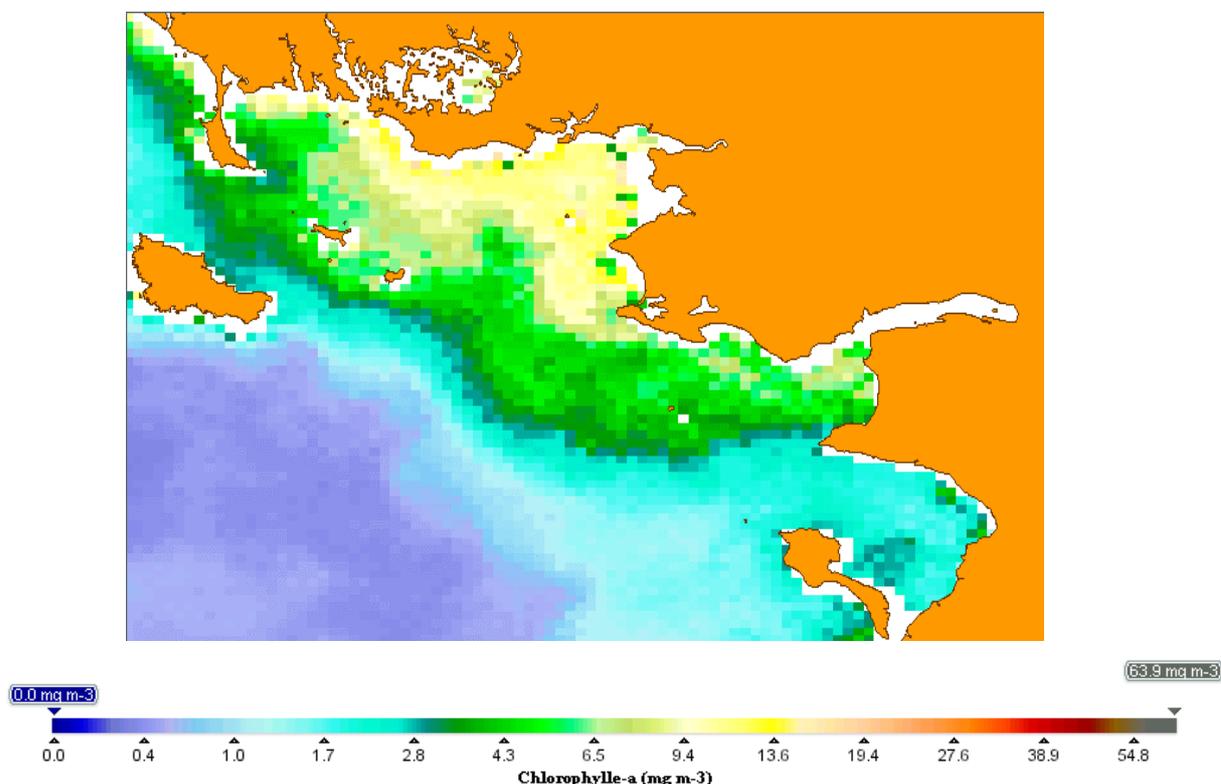


Figure 21 - Image extraite du site Nausicaa en date du 2 mai 2005

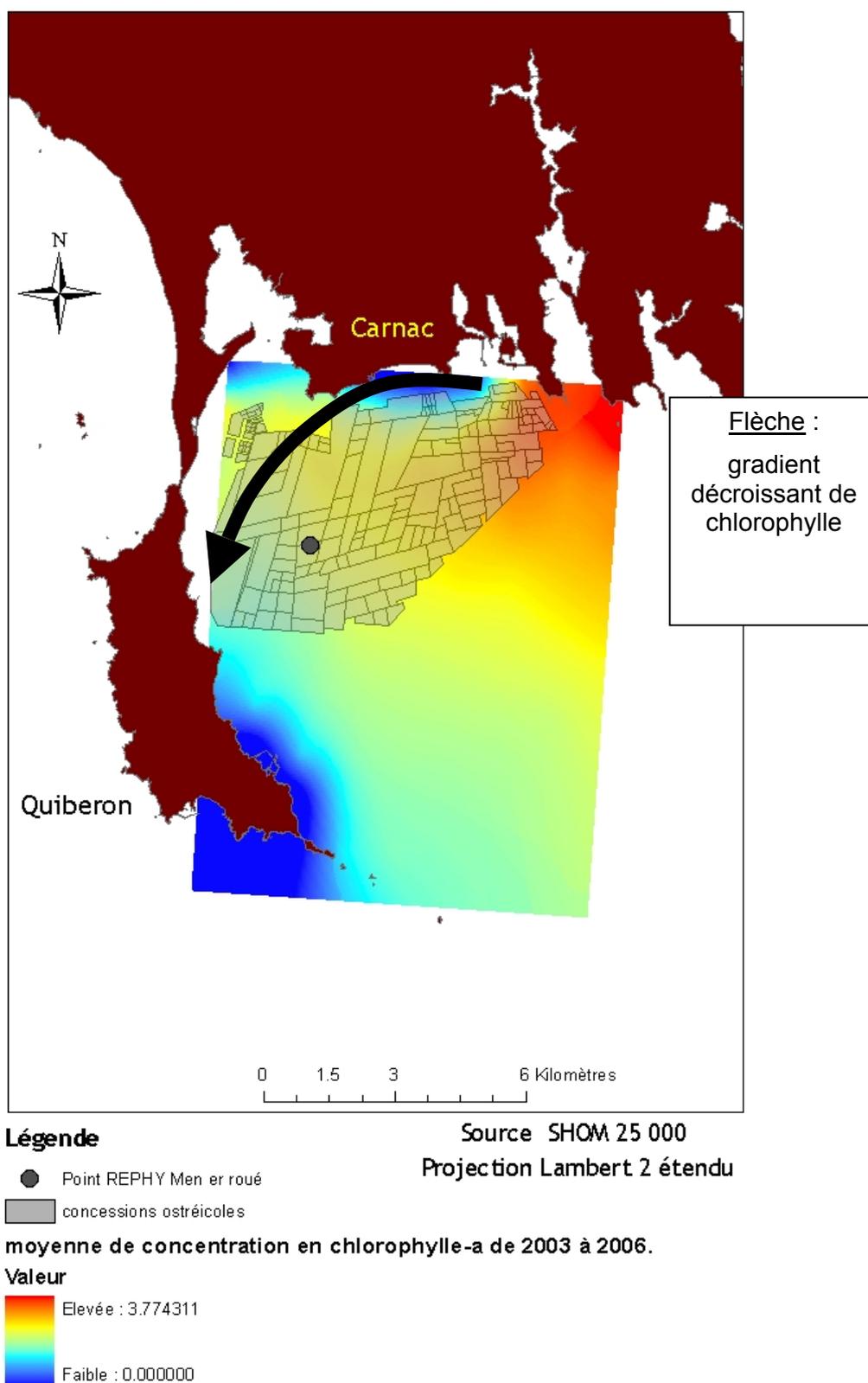
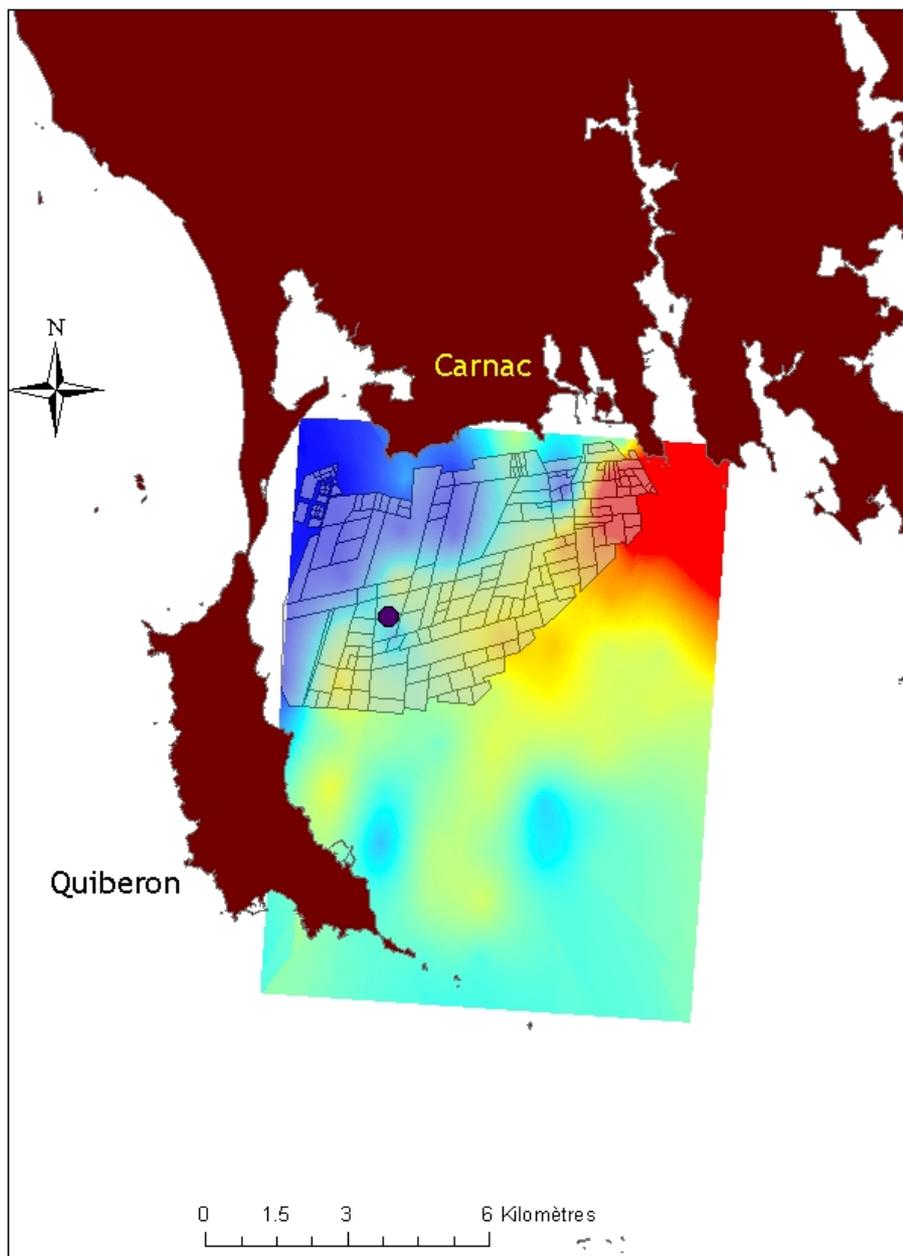


Figure 22 - Concentration moyenne 1998-2006 de chlorophylle en baie de Quiberon



Source SHOM 25 000

Légende

- Point REPHY Men er roué
- concessions ostréicoles

Valeur



Projection Lambert 2 étendu

Figure 23 - Concentration en chlorophylle-a en baie de Quiberon en mai 2006.

4.2. Evolution temporelle : mensuelle (toutes années confondues, puis annuelle (tous mois confondus)).

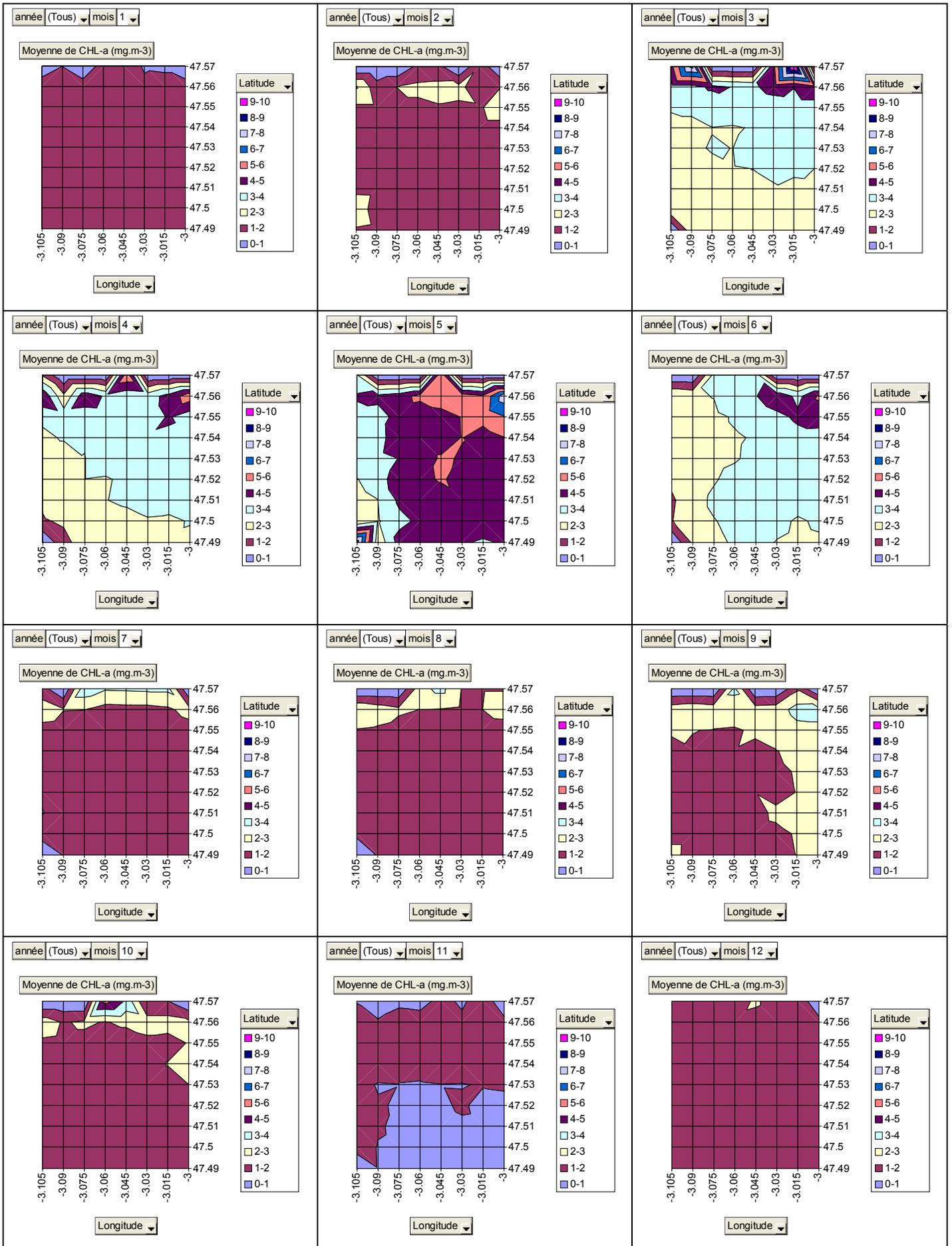
La planche suivante de 12 vues (*figure 24*) présente la répartition moyenne de chlorophylle mois par mois (moyennes mensuelles des données 1998-2006) : on retrouve les concentrations les plus importantes de mars à juin, et en particulier en mai. Le gradient décroissant du Nord est au sud ouest y apparaît nettement.

La planche suivante (9 cartes, *figure 25*) présente ensuite les moyennes annuelles de chlorophylle, et illustre une **nette évolution décroissante**, avec de 1998 à 2001, des teneurs moyennes de 3-4 $\mu\text{g/l}$, de 2002 à 2004, des teneurs de l'ordre de 2-3 $\mu\text{g/l}$, et en 2005-2006 des teneurs de 1-3 $\mu\text{g/l}$. Cette évolution, dont la cause reste inconnue (météorologique ou plus structurelle ?) a sans aucun doute contribué aux difficultés rencontrées en baie l'année 2006. L'année 2007, non représentée ici, a été marquée par un retour à des valeurs plus élevées.

Ces images renseignent utilement sur l'évolution spatio-temporelle de la teneur en chlorophylle, assez bon indicateur de l'abondance du phytoplancton, mais elles ne permettent en aucun cas de déterminer la capacité trophique de la baie, c'est à dire le stock de coquillage filtreurs qui peuvent être mis en élevage. Cet objectif nécessite le recours à des modèles de calcul de la production primaire et de sa consommation.

*Figure 24 - Variations mensuelles de la chlorophylle moyenne en baie de Quiberon :
1 carte par mois*

(page suivante)



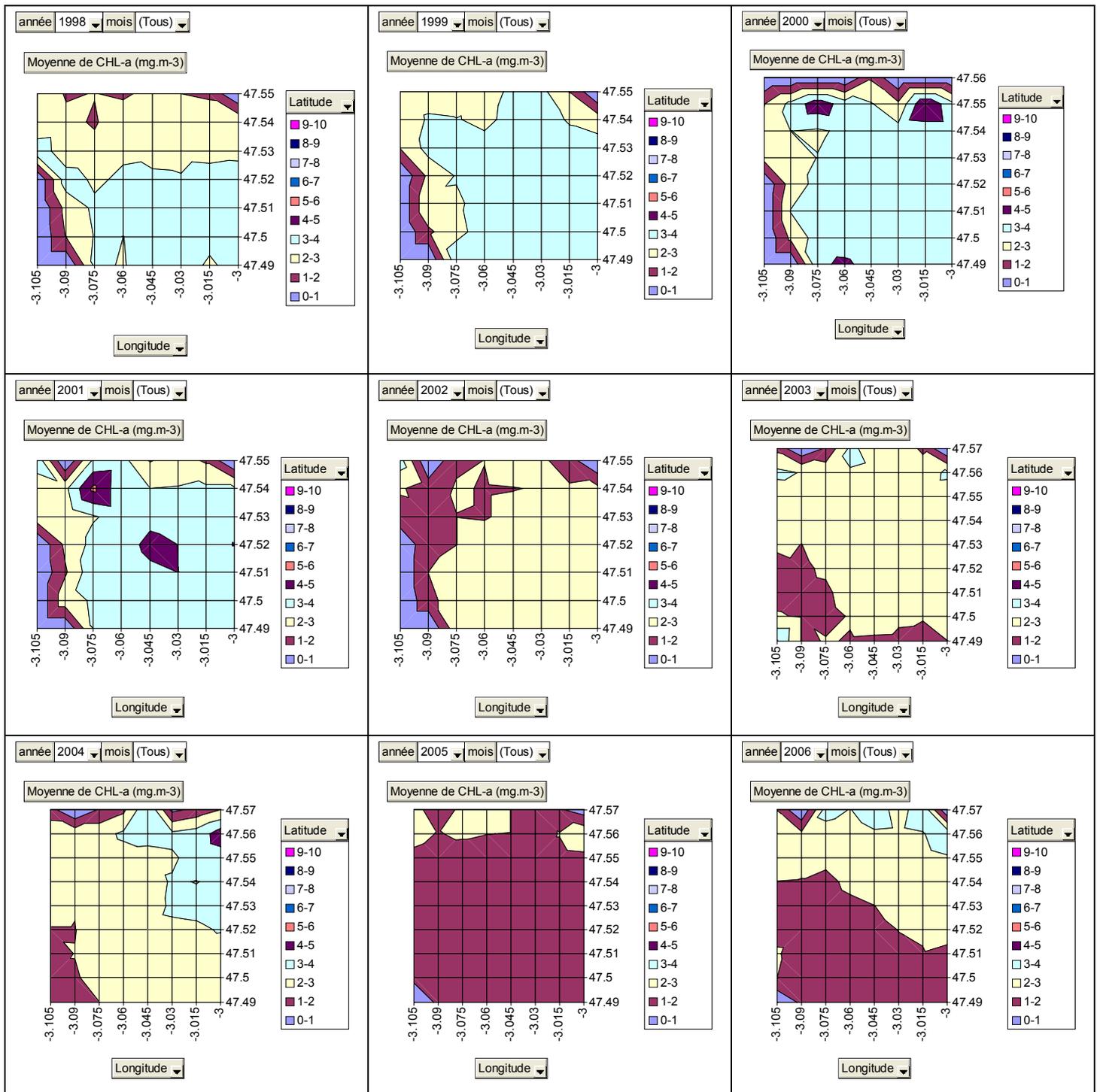


Figure 25 - Variations annuelles de la chlorophylle moyenne en baie de Quiberon :
1 carte par an de 1998 à 2006

4.3. Conclusions

Les techniques nouvelles d'imagerie satellitaire ont été acquises récemment par le laboratoire côtier d'Ifremer La Trinité /mer et pourront apporter à **l'analyse quantitative du phytoplancton** en baie de Quiberon, la vision spatiale qui fait défaut dans les prélèvements ponctuels.

Toutefois le biais entre ces images de surface et la chlorophylle réellement utile aux huîtres sur le fond devra être appréhendé par le projet RISCO-Quiberon.

On notera aussi que les aspects qualitatifs échappent à cette technique qui contribue donc à l'apport de données phytoplanctoniques mais ne peut y suffire.

5. Méthodologie et comparaison des performances d'élevage des huîtres au sol et en surélevé

5.1. Objectifs

Parallèlement au suivi du milieu, la tâche "Suivi biologique des huîtres" du programme RISCO-Quiberon visera à connaître la variabilité spatiale et saisonnière des descripteurs biologiques de performances des huîtres : croissance, physiologie (vitalité, reproduction) et taux de survie afin d'élargir à l'ensemble de la baie les données acquises jusqu'ici sur le seul point de Men-er-Roué (Mazurié *et al* 2000), ainsi que de faire une comparaison entre animaux élevés au sol et animaux en surélevé.

Le contexte "Eau profonde" implique aussi de **tester une méthodologie de suivi adaptée**.

5.2. Protocole de suivi

Aussi la pré-étude 2007 a-t-elle consisté à suivre pendant un an (mars 2007-février 2008) divers semis professionnels d'**animaux de 18 mois** comparés avec des animaux issus de ces semis mais mis en poches surélevées sur les sites de semis.

Les points de suivi sont les mêmes que pour le suivi du milieu, avec un point sur estran (Penthièvre) et les autres points répartis sur la zone des concessions en eau profonde, à l'exception du point QB05 (devant St-Pierre-Quiberon) pour lequel aucun semis de 18-mois n'a pu être trouvé auprès des professionnels (*figure 26*)



figure 26 - Points de suivi des huîtres, baie de Quiberon 2007

Des comptages pour estimation de la mortalité et des prélèvements pour biométrie ont été réalisés tous les mois environ. La biométrie a porté sur le poids entier, le poids de coquille, le poids de chair fraîche et le poids de chair sèche. En outre l'état de maturation des gonades a été apprécié qualitativement en 3 classes : Maigre (M), Gras (G) et Très Gras (TG) permettant de calculer un indice sommaire de maturation (ISM) :

$$\text{ISM} = \%TG + 0,5\%G$$

Les chairs sèches des échantillons ont été conservés afin de pouvoir être traitées en analyses isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ permettant de caractériser les différentes sources alimentaires des huîtres (Malet 2007, Riera 2007) et donc ici leurs variations spatiales (facteur sédiment) et temporelles (saisons). Ces analyses réalisées en sous-traitance ont été conservés en attente d'un début de financement du projet RISCO-Quiberon.

5.3. Problèmes rencontrés sur le plan méthodologique

Sur le plan méthodologique, cette pré-étude a permis de pointer un certain nombre de difficultés liées essentiellement à l'eau profonde, à l'élevage au sol et à l'élevage professionnel à grande échelle :

- 1 point de suivi Huîtres prévu devant St-Pierre-Quiberon (n°5) n'a pas pu être mis en place, faute de semis professionnel de 18-mois dans ce secteur.
- 1 cage a été perdue en juillet au point 6 (devant Karreg Bernard)
- Les semis étaient difficiles à localiser précisément (malgré les points GPS ...), les cages ayant souvent été posées sur le bord, voire à l'extérieur du semis pour ne pas entraver la gestion professionnelle du semis.
- Les poids initiaux étaient mal connus (poids au mille ou au kg), ou inconnus de l'ostréiculteur (ces suivi n'ayant pas été prévus au moment des semis professionnels de l'automne ou de l'hiver).
- Certains semis ont été placés sur des zones incomplètement nettoyées ou en mélange avec un autre semis ; d'où des difficultés de trier le seul 18-mois et d'en apprécier la survie et la croissance.
- Une difficulté majeure a été aussi de faire la part entre les mortes récentes (du mois en cours) et les mortes plus anciennes (les critères "blancheur des valves" ou "valves restées attachées" restant valables au-delà de chaque visite de comptage) entraînant un risque certain de surestimer la mortalité au sol.

Afin de pallier ces problèmes dans le projet RISCO-Quiberon, on proposera de suivre les huîtres d'un même lot initial, semé en divers endroits de la baie et de suivre plus particulièrement un nombre défini d'animaux placés dans un carré balisé (1 ou 2 m²) ou collés sur une filière posée sur le fond.

Les prélèvements pour biométrie ont été réalisés dans le semis principal réalisé à l'entour.

5.4. Résultats

Les comptages d'animaux montrent une **différence de survie très nette entre les poches** (lots xP) qui avoisinent 90% **et les semis** (xS) entre 40 et 90% (*figure 27*) avec **des mortalités qui apparaissent en juin-juillet et durent jusqu'en octobre.**

Les croissances (poids entier ou poids de chair *figures 28 et 29*) sont par contre globalement comparables entre poches et semis, avec un **gradient surtout géographique, du bord des concessions** (sud-est : point 4) **vers l'estran** (nord-ouest : point 6).

Enfin la chute des poids secs (figure 29) et de l'indice de maturation (figure 30) indiquent une **ponte générale fin août ou début septembre**, même si elle est plus ou moins marquée selon les lots.

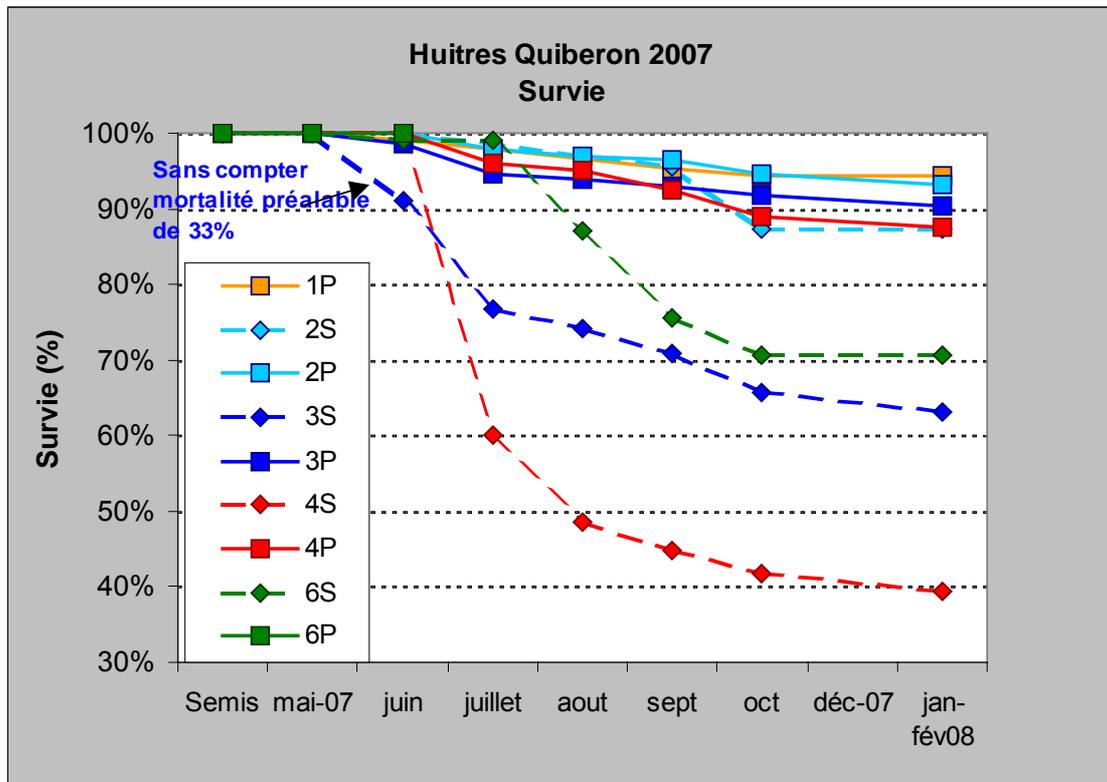


Figure 27 - Survie des huîtres en baie de Quiberon en 2007 (lots P = en poches surélevées du fond ; lots S = semis)

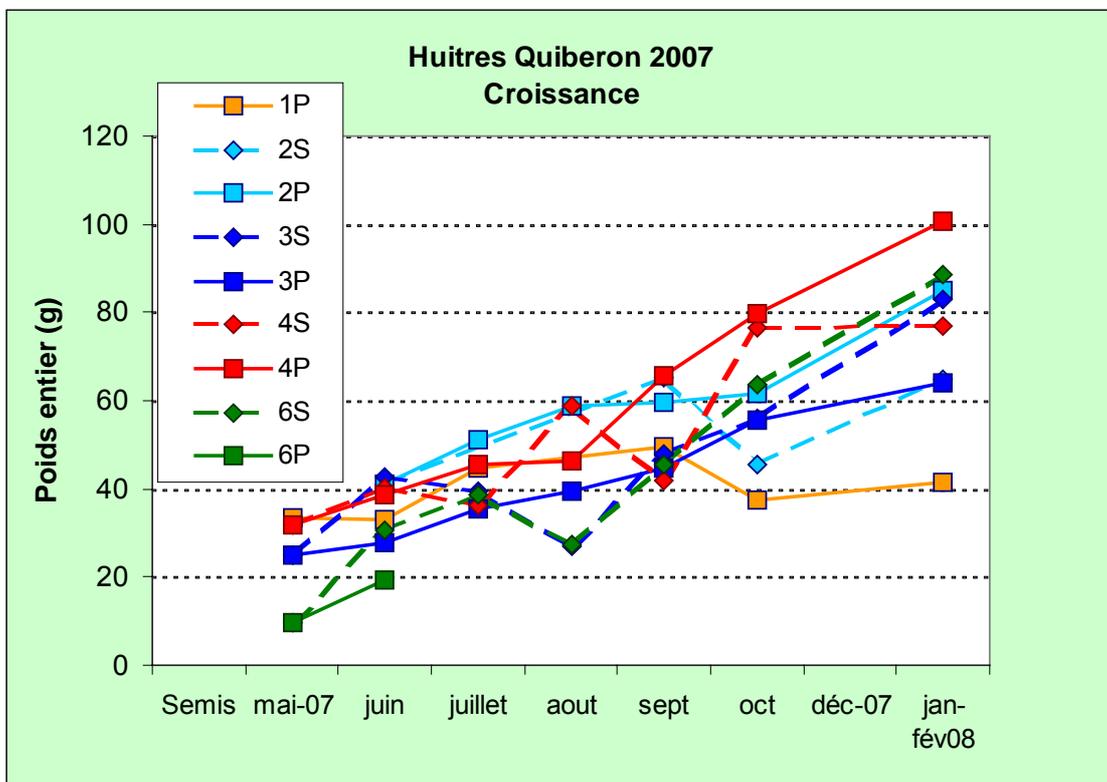


Figure 28 - Croissance (poids entiers) des huîtres en baie de Quiberon en 2007

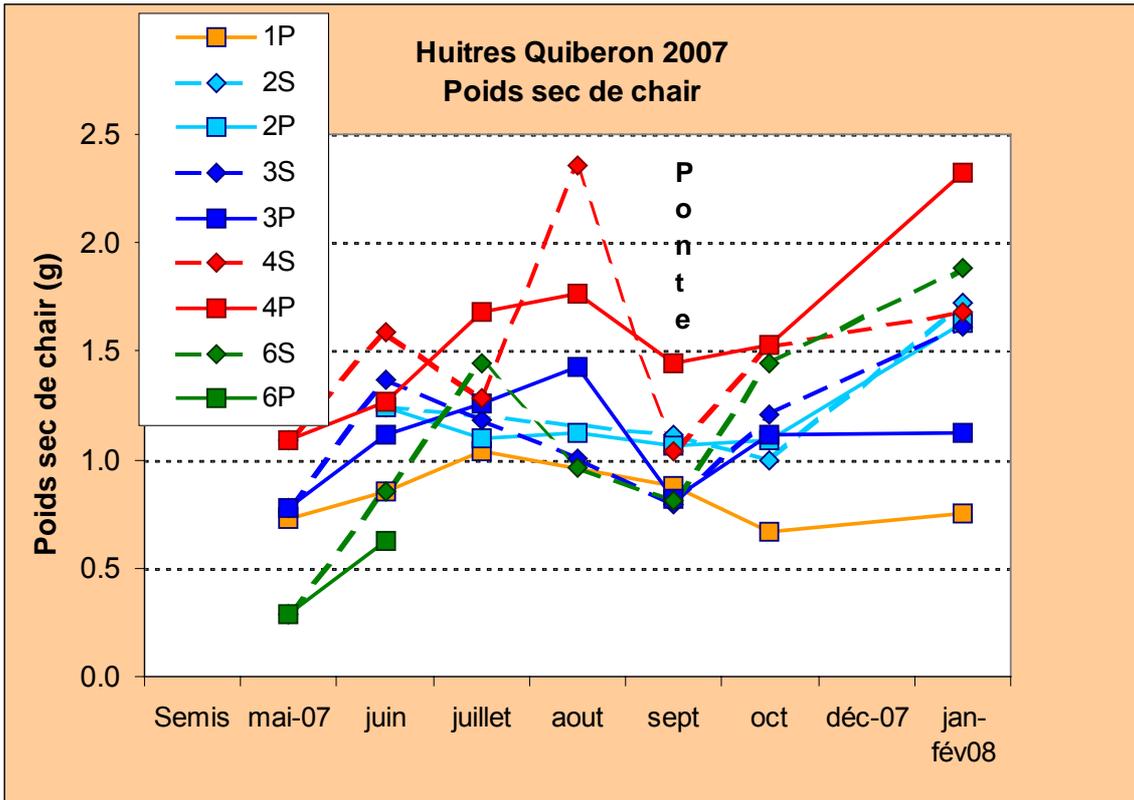


Figure 29 - Croissance (poids secs de chair) des huîtres en baie de Quiberon en 2007

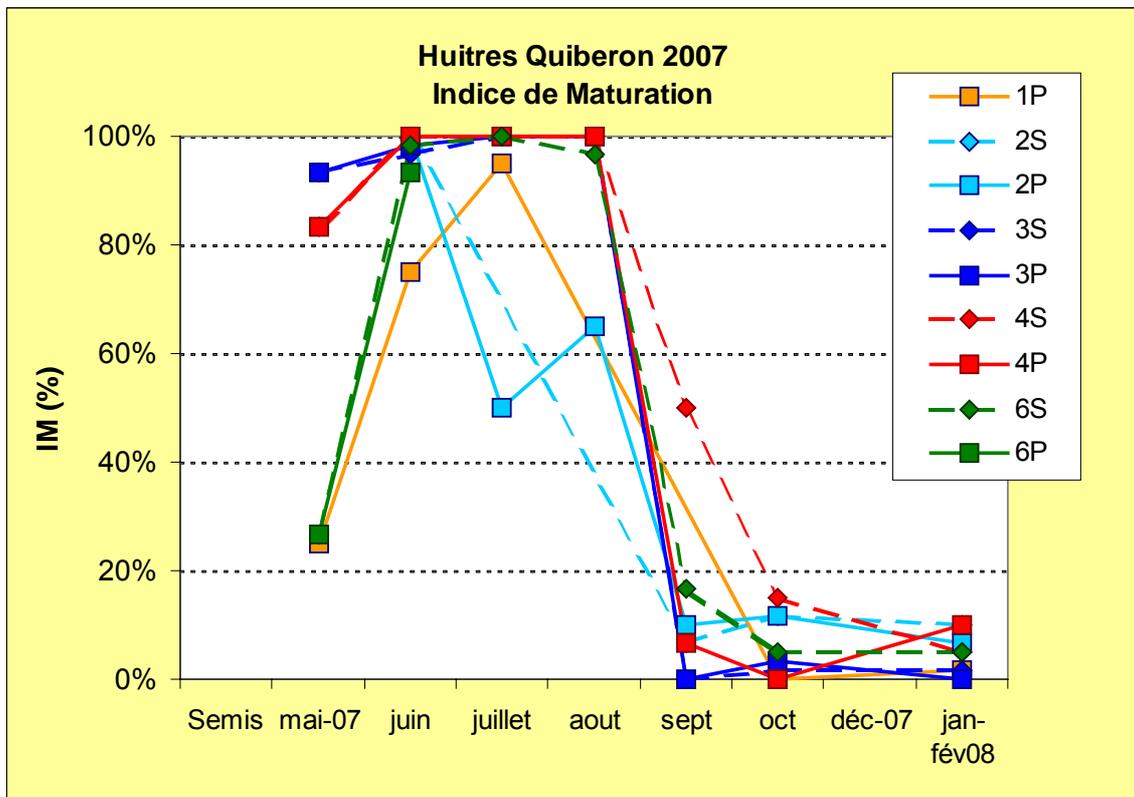


Figure 30 - Indice de maturation sexuelle des huîtres en baie de Quiberon en 2007

5.5. Corrélation avec l'abondance de phytoplancton

Afin de commencer à cerner les paramètres les plus utiles pour une modélisation ultérieure de la croissance des huîtres en baie de Quiberon (projet RISCO-Quiberon, volet B : risque trophique), quelques essais de corrélations simples ont été réalisées entre la croissance des huîtres en poches (poids entiers et poids secs) et l'abondance de phytoplancton mesurée par la concentration de l'eau de mer du fond en chlorophylle-a : chlorophylle-a totale (tout phytoplancton confondu) et chlorophylle-a des cellules filtrées entre 3 et 40 μm (phytoplancton d'une taille plus à même d'être ingérées par les huîtres).

Dans cette première approche, on observe une **corrélation forte entre la chlorophylle totale et le gain de poids entier ($r^2 = 0.86$) ou de poids sec ($r^2 = 0.87$ - figure 31)**. La corrélation est par contre moins forte avec la chlorophylle filtrée ($r^2 = 0.33$ et 0.29 - figure 32).

Cependant ces résultats restent des essais préliminaires, notamment parce qu'on a du utiliser la croissance des huîtres en poche (celle des semis étant restée assez imprécise; voir § 5.4).

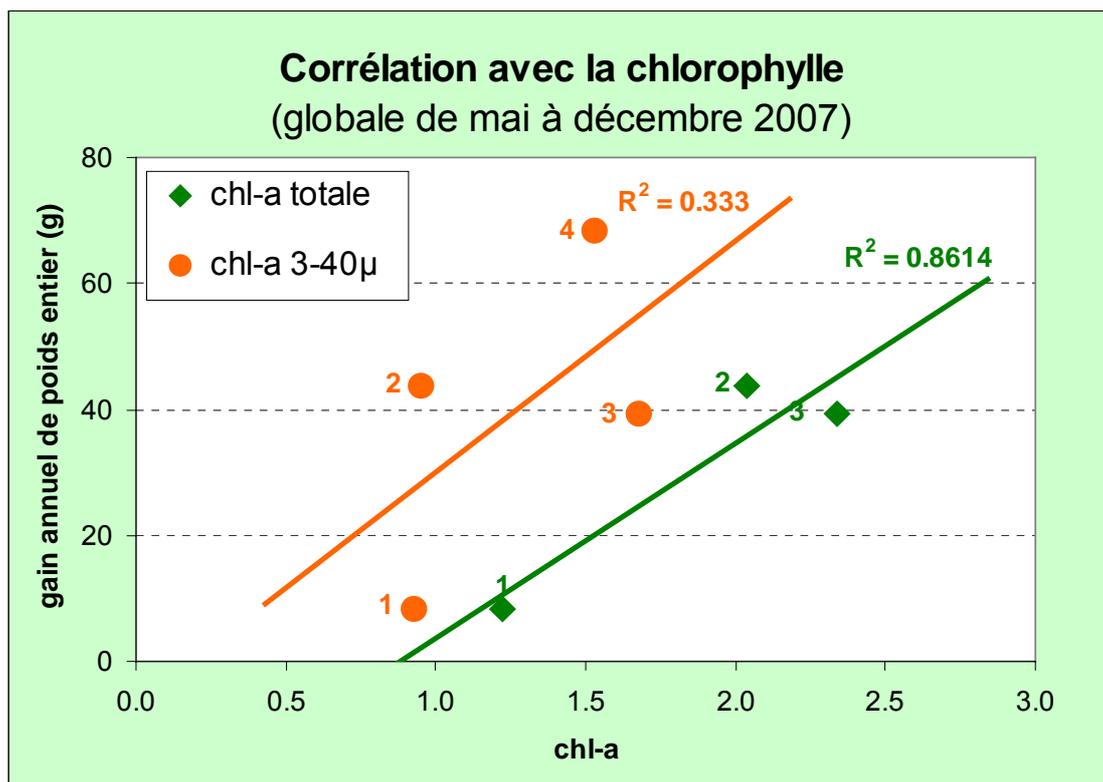


Figure 31 - Croissance pondérale des huîtres en poches en fonction de la chlorophylle totale près du fond

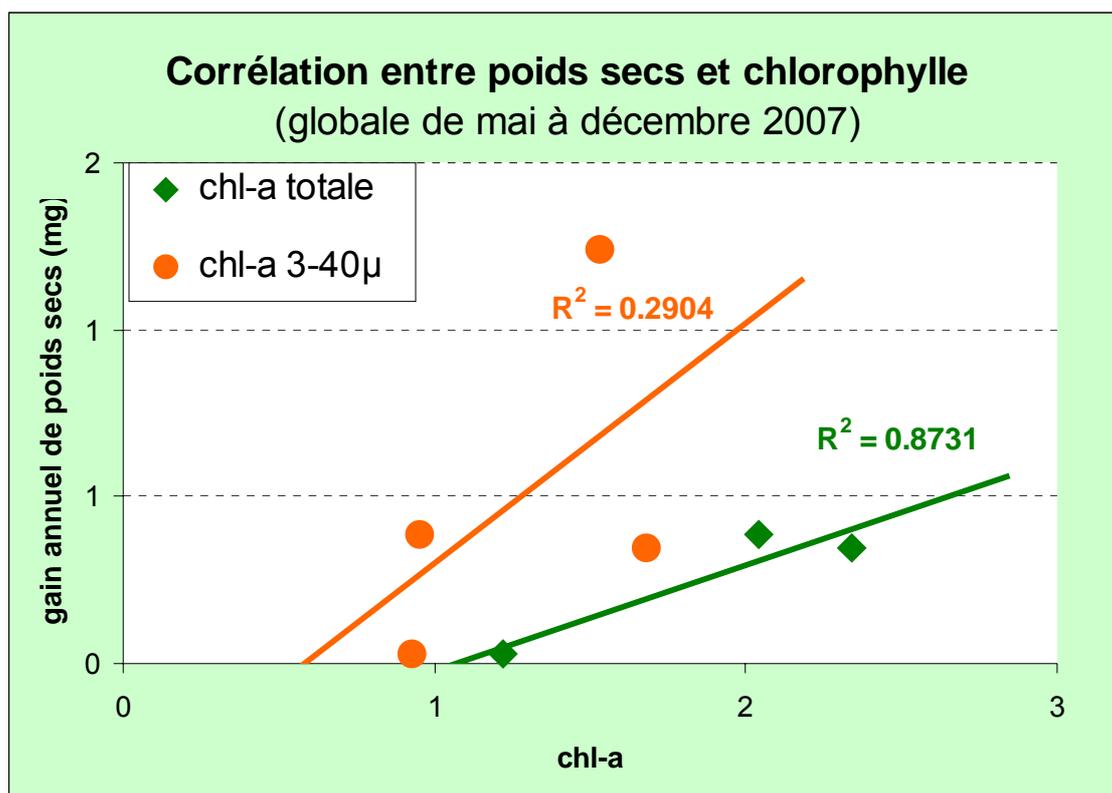


Figure 32 - Gain annuel de poids secs des huîtres en poche en fonction de la chlorophylle totale près du fond

5.6. Conclusions

Les différences de performance entre élevage à plat et au sol sont assez clairement confirmées.

Il convient maintenant d'appréhender davantage les variations spatiales des mortalités et des croissances, qu'elles soient dues à des différences d'abondance de phytoplancton ou de nature des sédiments (volets B et C du projet RISCO-Qb).

Cependant ces suivis rencontrent des problèmes méthodologiques d'appréciation fine des mortalités au sol et en eau profonde qui restent encore mal résolus.

L'ajout d'analyses de vitalité des huîtres devraient permettre de mieux cerner les périodes de fragilisation des animaux. Mais ces types d'analyses restent encore peu validés et difficiles à mettre en oeuvre à l'échelle des nombreux prélèvements requis par le suivi régulier des animaux en plusieurs points de la baie.

6. Méthodologie d'échantillonnage des stocks en eau profonde

Une étude des stocks cultivés et sauvages est indispensable dans le projet RISCO-Quiberon, car ils sont un facteur direct de variation du phytoplancton (via la filtration) et d'accumulation de matière organique dans le sédiment (via les biodépôts). Or, actuellement aucune estimation de la biomasse en élevage n'existe pour la baie de Quiberon.

Le projet RISCO-Quiberon prévoit donc de réaliser une étude des stocks cultivés et sauvages, avec 2 volets complémentaires :

- l'essentiel des données des biomasses en élevage sera recueilli par enquête auprès des professionnels (tâche A5). Cette enquête portera sur un état des stocks en baie, ainsi que sur leur dynamique : pratiques et stratégies d'élevage (dates des semis et relevages).
- Une campagne de prospection sur les concessions qui permettra de valider les données de l'enquête ainsi que d'évaluer l'importance de la flore et de la faune benthiques sauvages, consommatrices également des sels nutritifs et de phytoplancton (compétiteurs) ou des huîtres elles-mêmes (prédateurs).

La spécificité, au sol et en eau profonde, des élevages de la baie de Quiberon **implique la mise au point préalable d'une méthode spécifique de prélèvements** (rapportés à des surfaces bien quantifiées) pour cette évaluation de terrain. Les pré-essais 2007 ont donc porté sur différentes méthodes d'échantillonnage en eau profonde. Plusieurs méthodes ont été envisagées :

- Plongée sous-marine
- Photos sous-marines
- Prélèvements à la Drague
- Prélèvements à la Benne

6.1. Plongée sous-marine

La méthode de prélèvement d'échantillons en plongée sous-marine (*photo n°5*) est une méthode bien connue, régulièrement pratiquée en baie de Quiberon par Ifremer et certains professionnels. **La faible profondeur de la baie (6 à 12 m) se prête en effet à des prélèvements par plongée**, du moins par temps calme ou protégé des vents de secteur sud ou est, permettant une visibilité suffisante pour le ramassage exhaustif des unités de surfaces choisies (carrés de 1 m² par exemple).

Cependant, dans le cadre d'une étude de stocks demandant une centaine de points de prélèvements, **la plongée est une méthode très lourde** nécessitant la mobilisation d'une forte équipe de plongeurs. On cherchera donc à ne l'utiliser qu'en dernier recours ou en complément de méthodes plus rapides.



Photo n°5 - Echantillonnage en plongée sous-marine

6.2. Photos sous-marines

Un essai de photos sous-marines géo-référencées a été réalisé en novembre 2007 en coopération gracieuse avec la société Mesuris basée à Saint-Philibert en face de La Trinité /mer et leur partenaire islandais, propriétaire d'un A.U.V. (Autonome Underwater Vehicule)



Photo n°6 - Vue sous-marne d'un semis d'huîtres

Les conditions météo ont été excellentes, avec une visibilité au fond de l'ordre de 5 m tout à fait suffisante. 3 séries de photos ont été réalisées en baie de Quiberon sur un tapis d'huîtres de la concession Cadoret (*photo n°6*). L'A.U.V. était positionné à 2 m ou à 1m50 du fond selon les séries. Sa vitesse était de 3 à 4 noeuds.

Résultats et perspectives :

On distingue assez bien les huîtres, certaines même très bien (nettes et blanches), d'autres un peu plus floues et grisées. Mais il est cependant difficile de dire qu'on les distingue toutes et qu'on pourrait les compter.

La couche d'huîtres n'étant pas une surface plane, il semble que la mise au point se fasse sur les huîtres du dessus et soit plus floue pour le tapis d'huîtres au sol.

Il serait cependant intéressant de réaliser un nouvel essai sur des semis moins denses (huîtres bien posées au niveau du fond) et **avec une profondeur de champ plus grande**.

Il faut noter toutefois que cette technique reste **extrêmement onéreuse** et ne peut être envisagée que faute de technique plus simple et moins coûteuse.

Une alternative moins onéreuse à l'A.U.V. (autonome) est l'usage d'un R.O.V. (remorqué) qui pourrait être testé en 2008 avec le Lycée Agricole de Fouesnant.

6.3. Prélèvements à la drague

La drague (*photo n°7*), manipulée par un ponton, est l'outil de récolte type en baie de Quiberon. Il en existe une grande variété de modèles et de tailles, adaptés à la nature du fond ou à la puissance des bateaux. Suivant les modèles elles devront être utilisées à diverses vitesses de traict et avec diverses longueurs de câbles pour capturer un maximum d'huîtres.



Photo n°7 - Drague à huîtres

Toutefois l'essentiel n'est pas tant de capturer un nombre exhaustif d'huîtres que d'en draguer un pourcentage régulier : **taux d'efficacité constant**, calculable par une plongée de contrôle des animaux restant sur le fond. La réalisation d'échantillonnages à la drague demande donc une standardisation complexe aux contraintes multiples : modèle de drague, vitesse de traict, longueur de câble, etc.

Un autre paramètre délicat à mesurer est la **surface échantillonnée**, qui nécessite l'estimation précise de la distance parcourue sur le fond, ce qui implique un positionnement précis (mais avec un biais entre la surface et le fond) et surtout de draguer de grandes surfaces permettant de minimiser les incertitudes sur la surface totale.

Des essais à la drague ont été réalisés en octobre 2007, accompagnés de plongées de vérification. On a cherché essentiellement à :

- **calculer l'efficacité de la drague** : taux d'animaux récolté par rapport à la population initiale sur le fond (estimée en plongée sur une partie de la trace du traict),
- et à **estimer le biais sur la distance parcourue** entre le calcul du GPS et la mesure de la trace du traict bien visible en plongée.

On a d'abord utilisé une petite drague (drague hollandaise de 170 kg) permettant des prélèvements relativement restreints, mais elle s'est avérée disproportionnée au ponton. Une nouvelle sortie en mer a donc ensuite testé une drague ostréicole classique de 310 kg/

Voir le détail des essais en annexe 2

Dans tous les cas on a constaté deux importantes causes d'incertitude sur les données :

- Erreur d'échantillonnage : 10 à 30% sur la longueur du traict (donc la surface) avec la drague hollandaise ; trace peu nette avec la drague classique
- Efficacité de la drague : environ 50 % ce qui est trop faible pour des mesures fiables. Mais surtout l'observation de la trace de la drague en plongée montre une efficacité très irrégulière d'un endroit à l'autre : nettoyage total par endroits, puis amas d'huîtres, etc.

En conclusion :

Que la drague soit grosse ou petite, il s'avère impossible

- de draguer les animaux de façon exhaustive en un seul passage : efficacité d'environ 50% seulement dans tous les cas ;
- de mesurer cette efficacité de la drague de façon suffisamment précise ;
- de mesurer la distance parcourue, et donc la surface échantillonnée, de façon suffisamment précise également (au moins 10 à 30% d'erreur)

La technique d'échantillonnage à la drague doit donc être abandonnée.

6.4. Prélèvements à la benne

- ◆ La benne (type dite "benne Hamon", *photo n°8*) est classiquement utilisée pour les prélèvements de coquillages sur 1/4 ou 1/2 m² de sédiment dans les études de stocks des petits bivalves fouisseurs (coques, palourdes, etc.)

La question se posait de savoir si cet outil pouvait être aussi adéquat pour des semis d'animaux en dehors du sédiment tels que les huîtres, pétoncles, crépidules et autres animaux benthiques de la baie de Quiberon.



Photo n°8 - Benne à prélèvement de sédiment

La société Mesuris s'est proposée de réaliser de tels essais à la benne (automne 2007). Il lui est rapidement apparu que :

- en se refermant, la benne creuse le sédiment au lieu de seulement racler les huîtres sur le fond ;
 - les animaux, n'étant pas dans le sédiment mais sur celui-ci, se retrouvaient fréquemment coincés entre les deux mâchoires de la benne et entravaient donc sa fermeture, provoquant des pertes d'animaux lors de la remontée ;
 - la mise en œuvre est très lourde et nécessiterait l'usage d'une grosse embarcation, voire d'un ponton ostréicole.
- ◆ Cependant d'autres modèles de bennes peuvent être envisagés, notamment des modèles à grille, tels que les "**pinces à huîtres**" ("oyster tongs" - le mot anglais "tong" désignant une pince à sucre) **utilisés pour draguer les huîtres** à Chesapeake bay sur la côte Est (atlantique) des Etats-Unis (*photo n°9*).



Photo n°9 - "Pince à huîtres" de Cheasapeake bay (côte Est des Etats-Unis)

Les américains semblent très satisfaits de cet outil qu'il semblerait donc intéressant d'expérimenter en baie de Quiberon, que ce soit pour usage scientifique (échantillonnage précis) que voire même pour usage professionnel (récolte ou prélèvements divers).

Mais la difficulté est venue de trouver un artisan capable de réaliser cette "pince" dont nous n'avons pu trouver des photos mais aucun plan. De plus le système de fermeture est hydraulique permettant une fermeture des deux griffes par glissement sur le sédiment au lieu d'une rotation axiale qui les ferait s'enfoncer dans le sol à leur fermeture.

Finalement un projet a été mis en place avec le service TSI /DM d'Ifremer Brest. (service Développements Mécaniques au sein du département de Technologie des Systèmes Instrumentaux). Celui-ci propose de réaliser d'abord (en 2008) une maquette au demi ; puis un prototype grandeur nature fin 2008-début 2009 avec l'aide d'un stagiaire.

Ifremer La Trinité réaliserait ensuite les essais à la mer début 2009, avec le concours indispensable de Sobaie (syndicat ostréicole de la baie de Quiberon) pour mise à disposition d'un ponton. Le stagiaire d'Ifremer Brest s'appuierait sur ces essais pour sa soutenance en mai-juin 2009.

En cas de résultats probants, la griffe serait utilisée à l'été 2009 pour l'étude du stock ostréicole (en eau profonde) initialement prévue en 2008 (mais à reporter d'un an de toute façon, compte tenu de délais techniques, aucune méthode n'ayant encore fait ses preuves) et financiers (financement sans doute limité du projet RISCO-Quiberon en 2008).

6.5. Conclusions et suites à donner

A la fin 2007, la réflexion sur les outils adéquats d'échantillonnages en eau profonde n'est donc pas achevée et divers essais restent à faire ou à perfectionner (*figure 33*).

Méthode	Fiabilité / précision	Mise en oeuvre	Perfectionnement possible
Plongée sous-marine	Ok	Lourde (nombreux plongeurs)	Aucun
Photos sous-marines	Encore très moyenne	AUV Mesuris : Cher Possibilité ROV à étudier	Probable avec profondeur de champ plus grande
Pince à huîtres	OK aux Etats-Unis	Prototype à réaliser à Ifremer Brest Mise en œuvre simple (ponton ostréicole)	A tester en baie de Quiberon

Figure 33 : conclusions actuelles sur les méthodes d'échantillonnage en eau profonde

Il est possible aussi d'envisager une certaine complémentarité d'utilisation entre ces 3 méthodes.

Pour finir, on ne peut espérer des conclusions finales sur ces tests avant le printemps 2009, et il apparaît donc que quelle que soit la méthode qui sera retenue, **l'étude des stocks de la baie de Quiberon ne pourra pas être réalisée avant l'été 2009** (et non en 2008 comme initialement prévu dans le projet RISCO-Quiberon).

7. Gouvernance et Communication

L'année 2007, faisant suite à de fortes mortalités d'huîtres en baie de Quiberon, a donc été **l'année de gestation et de montage du projet RISCO-QB** (Risques Conchylicoles en baie de Quiberon).

Ce projet co-piloté par la Recherche (Ifremer LER-MPL) et la Profession (SRC Bretagne sud) a été présenté à la profession (Assemblée plénière de la SRC Bretagne sud) et en interne Ifremer à la DPS (Direction des Programmes et de la Stratégie) et au CCO (Comité de Coordination Opérationnel). Début 2008, il a été présenté au Pôle Mer Bretagne pour recherche de financement.

Un **comité de Suivi** a été mis en place fin 2007 dont la première réunion a eu lieu le 16 janvier 2008.

Concernant la communication, **des exposés sur les résultats en cours** des pré-études 2007 ont été présentés aux réunions de la SRC Bretagne sud et au syndicat ostréicole de la baie (SOBAIE).

Enfin, les professionnels impliqués dans le suivi biologique des huîtres ont été informés par mail de la mise en place, de l'avancement et des résultats de ce suivi.

8. Conclusions

Ces pré-études ont été conduites parallèlement au montage du dossier RISCO-Quiberon lui-même, c'est-à-dire :

- 1) en même temps que la définition des tâches à entreprendre : il a donc fallu anticiper sur les méthodes.
- 2) avant tout début de financement, donc avec du temps-agent et des crédits très limités.

En accord avec les professionnels de la baie, 9 pré-études ou analyses d'importances diverses avaient été retenues pour 2007. Toutes n'ont pas pu être réalisées, notamment faute de budget, la bathymétrie-sédimentologie au sonar latéral et les analyses isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ permettant de caractériser les différentes sources alimentaires des huîtres (mais les prélèvements ont été réalisés).

Pour autant, les pré-études 2007 ont permis de progresser utilement dans le choix des méthodologies à mettre en œuvre dans le projet RISCO-Qb.

9. Références bibliographiques et documentation utile

- Allenou J.P., Bédier E., Chauvin J., Rétho M. et Gabellec R., 2007. Résultats de la surveillance de la qualité du milieu marin littoral – Edition 2007. *RST/LER/MPL07-03*.
- Aminot A., 1983. Mesure de la turbidité par néphélométrie. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEOX.159-167.
- Aminot A., Kérouel R. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, OLT-NI 2041, 336 p.
- Bédier E., Knoery J.R., Fleury P.G., Quiniou F., Langlade A. & Cozic A., 2006. Impact du sédiment sur les mortalités estivales de naissain d'huîtres creuses *Crassostrea gigas* en baie de Quiberon. *Rapport Ifremer LER-MPL 2006-20*. 40 p.
- Bouget J.F., 2007. Suivis hydrologiques en Vilaine (Tréhiguier) en 2007. Etalonnage et calibrage. Mode opératoire. *Rapport de laboratoire - Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, La Trinité-sur-Mer*, 35 p.
- Bouget J.F., 2006. Marel-estran 2006. Note d'information. *22ème salon de l'ostréiculture et des cultures marines de Vannes. Septembre 2006*. 12 p.
- Cargouët G., 1995. Caractéristiques environnementales de la baie de Quiberon et du Golfe du Morbihan. *Rapport de stage Ifremer - Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, La Trinité-sur-Mer*, 30 p.
- Chassé C. & Glémarec M., 1976. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne : cartes bio-sédimentaires. *Univ. de Bretagne Occidentale*. 8 p.+ 6 cartes.
- Cugier P., Struski C., Blanchard M., Mazurié J. et Pouvreau S., 2007. Rôle des principaux filtreurs dans le contrôle de la production phytoplanctonique en baie du Mont Saint Michel. *Colloque PNEC, Agrocampus Rennes 23-24 Mai 2007*.
- Fleury P.G., Le Ber E., Claude S., Cornette F., d'Amico F., Guilpain P., Palvadeau H., Robert S., Le Gall P., Ropert M., Simonne C. & Vercelli C., 2003. Comparison of Pacific oyster (*Cr. gigas*) rearing results (survival, growth, quality) in French farming areas : a 10-years monitoring (1993-2002) by the IFREMER /REMORA Network. *95th Annual meeting of the National Shellfisheries Association, New-Orleans (U.S.A.), 13-17 Avril 2003. Journal of Shellfish Research 22-1: 330*.
- Gaudey A.L., 1994. Les macroalgues d'eaux profondes de la baie de Quiberon. *Mémoire de fin d'étude de l'ENSA – Rennes*. 113 p.
- Gohin F., Loyer S., Lunven M., Labry C., Froidefond J.M., Delmas D., Huret M., Herbland A., 2005, Satellite-derived parameters for biological modelling in coastal waters : Illustration over the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 95-1, pp 29-46.
- Gohin, F., Lampert, L., Guillaud, J.F., Herbland, A., & Nézan, E. , 2003. Satellite and in situ observations of a late winter phytoplankton bloom in the northern Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 23, 1117-1141.
- Gohin, F., Druon, J.N., & Lampert, L. , 2002. A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 1639-1661.
- Larsonneur, C., 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français : méthode de mise au point et utilisée en Manche. *J. Rech. Océanogr.*, II(2) : 33-39.
- Le Moullac G., Fleury P.G., Le Coz J.R., Moal J & Samain J.F., 2007. Effect of sediment nearness on the metabolic enzyme activity and energy state of the oyster *Crassostrea gigas*. *Aquat. Living Resour.* 20-3 pp. 279-286.

- Lemoine G., 1990. Influence du sédiment sur les rendements conchylicoles. *Rapport interne Ifremer RIDRV 90-59*. 41 p..
- Lemoine G., 1989. Etude sédimentaire de la baie de Quiberon : la zone ostréicole en eau profonde et ses abords. *Rapport interne Ifremer (Archimer n°2210)*. 102 p.
- Loyer S.L., P; Menesguen A.; Lampert. L; Druon J.N., 2001. Primary production model of the bay of Biscay. *Actes du 7eme colloque international d'océanographie du golfe de Gascogne, Biarritz, 4-6 avril 2000*. 31. pp. 105-112.
- Malet N; Sauriau P-G; Faury N; Soletchnik P & Guillou G, 2007. Effect of seasonal variation in trophic conditions and the gametogenic cycle on delta super(13)C and delta super(15)N levels of diploid and triploid Pacific oysters *Crassostrea gigas*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 346, pp. 203-217
- Mazurié J., Langlade A., Fleury P.G., Bouget J.F., Claude S., Foucart M. & Bédier E., 2003. Pratiques culturales et mortalités d'huîtres creuses *Crassostrea gigas* en baie de Quiberon. Bilan des enquêtes, plongées et prélèvements sur 18 semis en 2001-2002. *Rapport interne DRV/RA/LCB-2003-05*. 25 p. + annexes
- Mazurié J., Foucart M., Langlade A., Bouget J.F., Fleury P.G. & Martin A.G., 2002. Analyse des pratiques, contraintes et performances d'élevage de l'huître creuse *Crassostrea gigas*, en 2001, sur les différentes concessions en eau profonde de la baie de Quiberon. *IFREMER /DRV /RA /RST /02-08*. 62 p.
- Mazurié J., Fleury P.G., Bouget J.F., Claude S., Hirata, T. Langlade A., Martin A.G. & North B., 2000. Comparaison des performances d'élevage et de la vitalité de naissain d'huîtres creuses *Crassostrea gigas*, en 3 sites du Morbihan (rivière d'Auray et baie de Quiberon), de mai 1999 à mars 2000. *IFREMER DRV /RA /RST /00-14*. 47 p.
- Pouvreau S., Thomas Y, Blanchard M., Bourles Y. et Mazurié J., 2007. Ecophysiologie des principaux filtreurs de la Baie (Moules, Huîtres et Crépidules) : de la mesure expérimentale à la modélisation in situ de leur croissance. *Colloque PNEC, Agrocampus Rennes 23-24 Mai 2007*.
- Répécaud M., 2006. Le réseau ROSLIT et les produits MAREL. *Atelier Expérimentation et Instrumentation (A.E.I.), Brest 31 janvier-1^{er} février 2006*.
- Riera P., 2007. Trophic subsidies of *Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis* and *Crepidula fornicata* in the Bay of Mont Saint Michel (France): A d13C and d15N investigation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72 (2007) 33-41.
- Robert M., Raufflet F., Soletchnik Patrick, Geairon P., Bédier E., Bouget J.F., 2004. Le risque thermique : caractérisation des environnements thermiques des 3 sites ateliers de MOREST en lien avec les mortalités observées sur le terrain. *Séminaire MOREST, Caen, 14-26 novembre 2004*
- Soletchnik P., Robert M., Mazurié J., Fleury P.G. & Le Coz F., 2007. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from monitoring networks along the coasts of France. *Aquaculture* 271,1-4: 384-400
- Tessier C., 2006. Caractérisation et dynamique des turbidités en zone côtière : l'exemple de la région marine Bretagne Sud. *Thèse de doctorat, Université de Bordeaux* 1. 386 p.
- Videau C., 1993. Phytoplancton de la baie de Quiberon et facteurs nutritifs limitant de la production primaire. *Contrat universitaire Cise Ouest-UBO*, 92 p.
- Wentworth, C.K., 1962. Grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.*, 30 : 327-392.

Site internet du laboratoire Ifremer Environnement et Ressources de la Trinité /mer :

<http://www.ifremer.fr/francais/implant/latrinite.htm>
