

**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE
L'AMENAGEMENT LITTORAL**

**ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE
DES MARAIS DU MES (LOIRE-ATLANTIQUE)
de 1990 à 1994**

par Martial CATHERINE, Françoise DUMONT, Annie PEZERON et Chantal MENANTEAU



R. INT. DEL/95.09/NANTES

**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE
L'AMENAGEMENT LITTORAL**

**ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE
DES MARAIS DU MES (LOIRE-ATLANTIQUE)
de 1990 à 1994**

**par Martial CATHERINE, Françoise DUMONT, Annie PEZERON
et Chantal MENANTEAU**

R.INT.DEL/95.09/NANTES

IFREMER
 Centre de Nantes
 Rue de l'Île d'Yeu
 BP 1105
 44311 NANTES CEDEX 03

AUTEURS Martial CATHERINE, Françoise DUMONT, Annie PEZERON Chantal MENANTEAU		CODE : N° R.INT.DEL/95.09/NANTES
TITRE ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DES MARAIS DU MES (LOIRE-ATLANTIQUE) DE 1990 A 1994		date : juillet 1995 tirage nb : 120 Nb pages : 90 Nb figures : 41 Nb photos :
CONTRAT (intitulé)	du 28 juin 1994 Conseil Général de Loire-Atlantique	DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

Une partie importante des marais salants du Mes produit du sel à Saint-Molf et Assérac. Les marais bordant les traicts de Pen Bé et Mesquer ont été transformés en claires pour l'affinage des huîtres. Des paludiers ont recherché un complément à leur activité salicole dans l'élevage de la palourde. Par ailleurs, plusieurs entreprises ont créé un élevage de palourdes dans les marais, et sur l'estran.

Les marais sont des milieux fragiles très sensibles aux diverses pollutions, notamment bactériennes, qui ont été mises en évidence par la DDASS, et par différentes études. Elles sont essentiellement d'origines urbaine et domestique, et proviennent des rejets ponctuels et permanents d'eaux usées dans les réseaux pluviaux, les fossés et les ruisseaux, qui rejoignent les étiers plus ou moins rapidement en fonction de la pluviométrie.

Les eaux marines remontent librement dans les étiers, qui se vident presque totalement à chaque marée basse, en toute saison. Les mortes-eaux favorisent la décantation des matières en suspension contaminées et leur stockage dans les sédiments vaseux, tandis que les vives-eaux induisent leur remise en suspension et contribuent à la contamination des coquillages.

Malgré une forte hétérogénéité des sous-bassins versants, les niveaux moyens de contamination des palourdes dans les étiers sont relativement voisins (>3 000 C.F./100 ml) du fait du rôle d'homogénéisation du courant de marée. Il semble y avoir un léger gradient de pollution décroissant d'amont en aval.

L'été et l'automne sont généralement les saisons les plus polluées. La pluviométrie et les marées de vives-eaux ont un impact significativement négatif sur les niveaux de pollution qui dépendent de la régularité et de l'importance des apports.

Les étiers des marais du Mes sont tous fréquemment et fortement pollués sur le plan bactériologique au point de correspondre à un classement C pour les bivalves fouisseurs, si ces étiers étaient utilisés comme zone de production. Il convient donc d'exiger des conditions techniques strictes de sélection de l'eau pompée pour l'alimentation des claires. Les résultats obtenus traduisent l'état défectueux de l'assainissement collectif et individuel du secteur, montrent l'extrême sensibilité des coquillages à la pollution microbiologique et la nécessité de supprimer tout rejet direct dans les fossés, les ruisseaux et les étiers.

MOTS-CLES : bassin versant, marais salants, étiers, claires, palourdes, assainissement, pollution, coliformes fécaux, salmonelles, pluviométrie, marée.



SOMMAIRE

	Page
<u>INTRODUCTION</u>	1
1. <u>ENVIRONNEMENT SANITAIRE</u>	3
1.1. BASSIN VERSANT	3
1.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	3
1.1.2. GEOLOGIE – PEDOLOGIE	3
1.1.3. RELIEF – HYDROGRAPHIE – HYDROLOGIE	5
1.1.3.1. Généralités	5
1.1.3.2. Secteur du Frostidié à Pont d'Armes (Assérac)	8
1.1.3.3. Secteur de Quimiac à Kercabellec (Mesquer)	13
1.1.3.4. Secteur de Kervarin (Mesquer) à Boulay (Saint-Molf)	15
1.1.4. VOCATION ET UTILISATION DU MILIEU	19
1.1.5. POPULATION ET URBANISATION	23
1.1.6. ASSAINISSEMENT	24
1.2. TYPES DE POLLUTIONS	28
1.2.1. CONCLUSION	31
2. <u>ETUDES MICROBIOLOGIQUES</u>	33
2.1. MATERIEL ET METHODES	33
2.1.1. NORMES DE SALUBRITE	33
2.1.2. METHODES D'ANALYSE	34
2.1.3. CHOIX DU COQUILLAGE DE REFERENCE	34
2.1.4. AUTRES VARIABLES RECUEILLIES	34
2.2 ETUDE DU SECTEUR DU FROSTIDIE A PONT D'ARMES (ASSERAC)	36
2.2.1. POSITIONNEMENT DES STATIONS ET PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS	36

2.2.2. TRAITEMENT DES DONNEES.....	37
2.2.2.1. Méthodes.....	37
2.2.3. RESULTATS.....	38
2.2.3.1. Contamination bactériologique par station.....	38
2.2.3.2. Contamination bactériologique par saison.....	39
2.2.3.3. Contamination bactériologique par date de prélèvements.....	40
2.2.3.4. Impact de la pluviométrie.....	40
2.2.3.5 Impact de la marée.....	43
2.2.4. DISCUSSION.....	44
2.2.4.1 Périodicité des prélèvements.....	44
2.2.4.2. Répartition spatiale et temporelle de la contamination.....	44
2.2.4.3. Influence de la pluviométrie.....	45
2.2.4.4. Influence de la marée.....	46
2.2.4.5. Survie des bactéries en milieu marin.....	47
2.2.5. CONCLUSION.....	48
2.3. ETUDE DU SECTEUR DE QUIMAC A KERCABELLEC (MESQUER).....	50
2.3.1. POSITIONNEMENT DES STATIONS ET PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.....	50
2.3.2. TRAITEMENT DES DONNEES.....	52
2.3.2.1. Méthodes.....	52
2.3.3. RESULTATS.....	52
2.3.3.1. Contamination bactériologique par station.....	53
2.3.3.2. Contamination bactériologique par saison.....	54
2.3.3.3. Contamination bactériologique par date de prélèvements.....	55
2.3.3.4. Impact de la pluviométrie.....	55
2.3.3.5 Impact de la marée.....	57
2.3.4. DISCUSSION.....	58
2.3.4.1 Périodicité des prélèvements.....	58
2.3.4.2. Répartition spatiale et temporelle de la contamination.....	58
2.3.4.3. Influence de la pluviométrie.....	59
2.3.4.4. Influence de la marée.....	59
2.3.5. CONCLUSION.....	60
2.4. ETUDE DU SECTEUR DE KERVARIN (MESQUER) A BOULAY (SAINT-MOLF).....	61
2.4.1. POSITIONNEMENT DES STATIONS ET PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.....	61
2.4.2. TRAITEMENT DES DONNEES.....	63
2.4.2.1. Méthodes.....	63

2.4.3. RESULTATS	64
2.4.3.1. <i>Contamination bactériologique par station</i>	64
2.4.3.2. <i>Contamination bactériologique par saison</i>	65
2.4.3.3. <i>Contamination bactériologique par date de prélèvements</i>	66
2.4.3.4. <i>Impact de la pluviométrie</i>	66
2.4.3.5 <i>Impact de la marée</i>	69
2.4.4. DISCUSSION	71
2.4.4.1 <i>Périodicité des prélèvements</i>	71
2.4.4.2. <i>Répartition spatiale et temporelle de la contamination</i>	71
2.4.4.3. <i>Influence de la pluviométrie</i>	72
2.4.4.4. <i>Influence de la marée</i>	73
2.4.5. CONCLUSION	74
3. DISCUSSION GENERALE	74
3.1. PROPRIETES PHYSIOLOGIQUES DES MOLLUSQUES BIVALVES ET IMPACT SUR LES DONNEES BACTERIOLOGIQUES	75
3.2. LES GERMES PATHOGENES ET LE RISQUE SANITAIRE	77
3.2.1. <i>LA PRESENCE DE SALMONELLA DANS LES COQUILLAGES</i>	77
3.2.2. <i>LE RISQUE SANITAIRE</i>	79
3.3. LA PROTECTION DU LITTORAL	80
3.4. LA STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ET LE PLAN DE SONDAGE	81
4. CONCLUSION GENERALE	85
5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	87
6. LISTE DES ANNEXES	91

INTRODUCTION

Une partie importante des marais salants du Mes produit encore du sel. Ceux qui bordent les traicts de Pen Bé et Mesquer ont été transformés en claires pour l'affinage des huîtres.

Depuis quelques années, des paludiers ont cherché dans la production de palourdes un complément à leur activité salicole. Une écloserie de palourdes s'est installée au Frostidié, commune d'Assérac (Loire-Atlantique), et dans ce secteur, le SIVOM de La Baule a aménagé de nombreuses claires aquacoles.

Dans ces marais considérés salubres en l'absence de classement sur le plan microbiologique, des études faites par la DDASS et le SRAE ont mis en évidence des contaminations parfois importantes de certains étiers et petits cours d'eaux du bassin versant. Les apports d'eaux douces polluées peuvent contaminer les claires lors des prises d'eau, notamment dans les parties hautes des marais, en raison d'une moindre dilution par les eaux marines.

La palourde, espèce fouisseuse, est particulièrement sensible aux pollutions microbiologiques. L'extension progressive des élevages de palourdes dans des claires des marais du Mes, parfois très éloignées de l'estran, nécessite une étude afin de mieux comprendre les processus de contamination. Les objectifs de cette étude sont :

- de mesurer les niveaux de contamination des marais,
- de décrire la répartition spatiale et temporelle de la contamination,
- d'étudier les relations de cette contamination avec la marée et la pluviométrie,
- de faire des propositions destinées à résoudre les problèmes soulevés par la contamination des coquillages, et de définir des priorités dans l'assainissement de cette zone littorale.

Les résultats obtenus permettront également d'examiner le classement des zones en fonction des normes de salubrité, de donner un avis motivé sur les nouvelles demandes d'exploitation de cultures marines dans ces marais, des conseils sur les techniques de prises d'eau pour l'alimentation des bassins d'élevage et les établissements d'expédition de coquillages.

La première partie du rapport analyse l'environnement sanitaire de l'ensemble des marais du Mes, notamment le réseau hydrographique et le régime des eaux, ainsi que les aspects concernant l'assainissement et les rejets polluants.

La seconde partie, consacrée aux études microbiologiques, traite des données et des résultats, propose des solutions techniques améliorant la salubrité des coquillages élevés dans ces marais, et présente les conclusions générales.

Ces études microbiologiques, retenues dans les orientations du Syndicat Mixte pour le Développement Aquacole en Pays-de-la-Loire (SMIDAP) concernant les zones favorables au développement aquacole, ont été financées à environ 60 % par le Conseil Général de Loire-Atlantique.



Fig. 1 : Bassin versant des marais du Mes (carte Michelin au 1/200 000).

1 – ENVIRONNEMENT SANITAIRE

1.1. Bassin versant des marais du Mes et caractéristiques physiques

Les productions conchylicoles et salicoles sont très sensibles au régime hydraulique des eaux douces et salées et aux pollutions d'origine urbaine, agricole et industrielle, en provenance du bassin versant. Du fait de la présence de ces activités, les marais du Mes ont fait l'objet de nombreuses études visant notamment :

- à définir un schéma d'utilisation et de gestion de ce milieu afin de prévenir les conflits d'usage qui s'annonçaient au début des années 1980 pour des raisons foncières, mais aussi sanitaires, entre des activités difficilement compatibles comme le tourisme, la conchyliculture, la saliculture, l'urbanisme, et l'agriculture ;
- à revaloriser le marais en proposant un programme d'aménagement hydraulique et foncier adapté au développement des diverses activités, tout en préservant le potentiel biologique du milieu naturel ;
- à mesurer la qualité physico-chimique et microbiologique des apports d'eaux douces, puis à rechercher la présence de substances polluantes (flux de matières organiques) et de nutriments (azote et phosphore) ;
- à recenser les sources de pollution, à la suite de mortalités et d'absence de croissance observées sur les huîtres élevées dans les traicts de Mesquer et Pen Bé (Assérac) en 1987 et 1988.

Certains éléments concernant les aspects géographiques et leurs illustrations sont principalement extraits d'une étude intitulée "Evaluation des possibilités de mise en place de filières d'assainissement autonome regroupé" (SCE et CSTB, 1989).

1.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le bassin versant des marais du bassin du Mes (Fig.1) est compris entre la Vilaine au nord, la Grande Brière à l'est, la cité de Guérande au sud, et l'océan atlantique à l'ouest, où se jettent les cours d'eaux par l'intermédiaire des traicts de Pen Bé et Mesquer. Il s'étend essentiellement sur les communes de Mesquer, Saint Molf, Assérac (moitié sud), Guérande (partie nord), Saint Lyphard (moitié ouest), et Herbignac (partie ouest).

1.1.2. GEOLOGIE – PEDOLOGIE

Le substrat du bassin versant (Fig. 2) est composé principalement :

- d'alluvions récentes correspondant à la zone de marais,
- de schistes et micaschistes de part et d'autre des zones d'effondrement,
- de granites sur les communes de Guérande et Saint Lyphard.

La zone de marais a pour origine la sédimentation fluvio-marine (MANAUD *et al.*, 1992) :

- les espaces littoraux de niveau inférieur à celui des hautes mers de vive-eau sont constitués de terres de bri (argile flamandaise) datant de 6 000 avant J.C. ;

- les estrans (slikke), appelés traicts dans la presqu'île guérandaise comportent des sédiments sablo-vaseux dans les infrastructures côtières abritées, et préparent le substratum des marais végétalisés ou schorre.

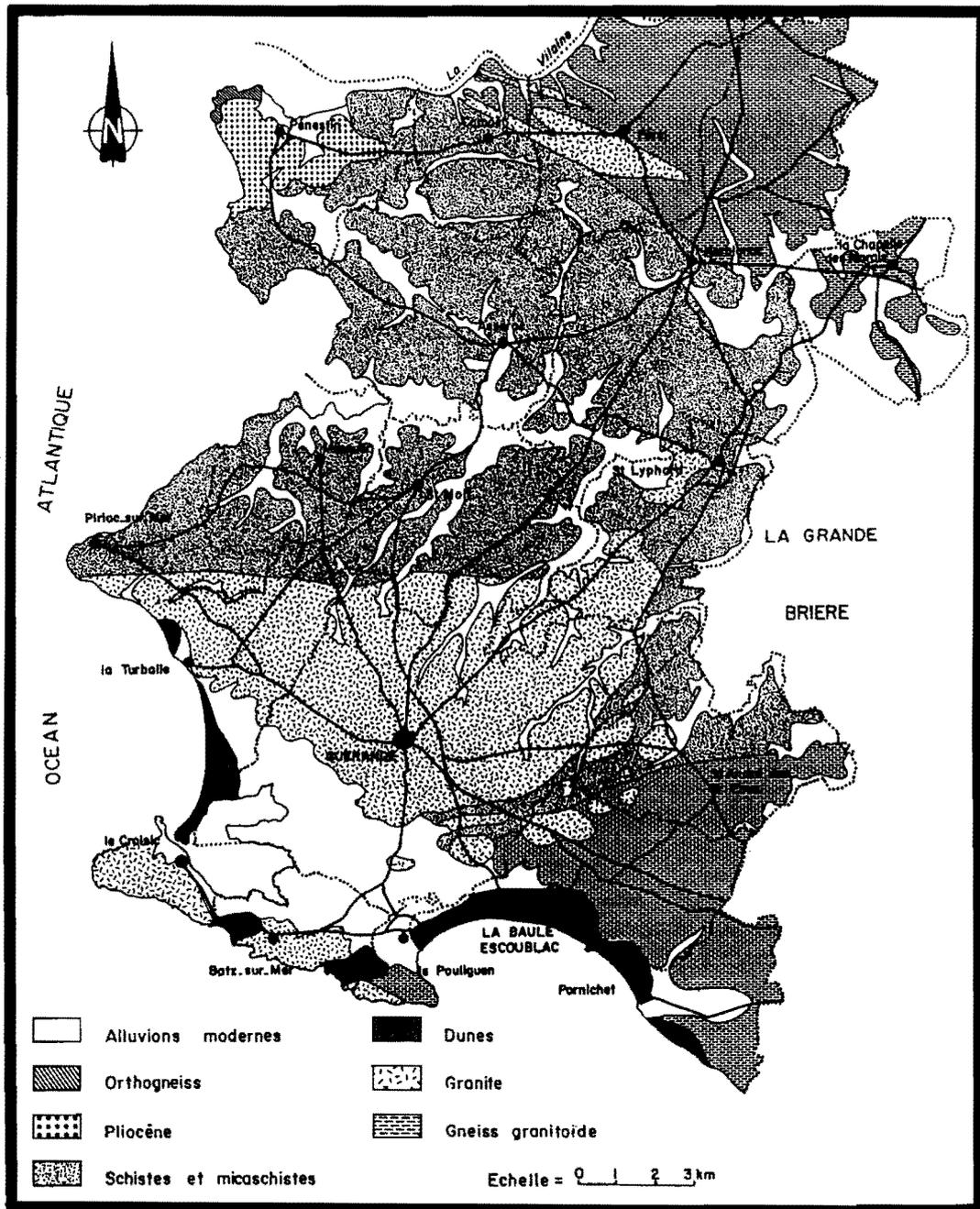


Fig. 2 : Structure géologique du bassin versant (SCE et CSTB, 1989).

De petites nappes phréatiques sont localisées dans les roches granitiques et schisteuses au niveau des fractures et filons de quartz.

Les sols sont le plus souvent hydromorphes et marqués par le lessivage. Lorsqu'ils sont sains, leur épaisseur est en général faible et la roche ou son altération apparaît alors vers 40 à 60 centimètres de profondeur.

Les schistes et les micaschistes sont en général très altérés ; en revanche le granite est souvent compact et non altéré. Il affleure à proximité de Guérande.

1.1.3. RELIEF - HYDROGRAPHIE - HYDROLOGIE

1.1.3.1. Généralités

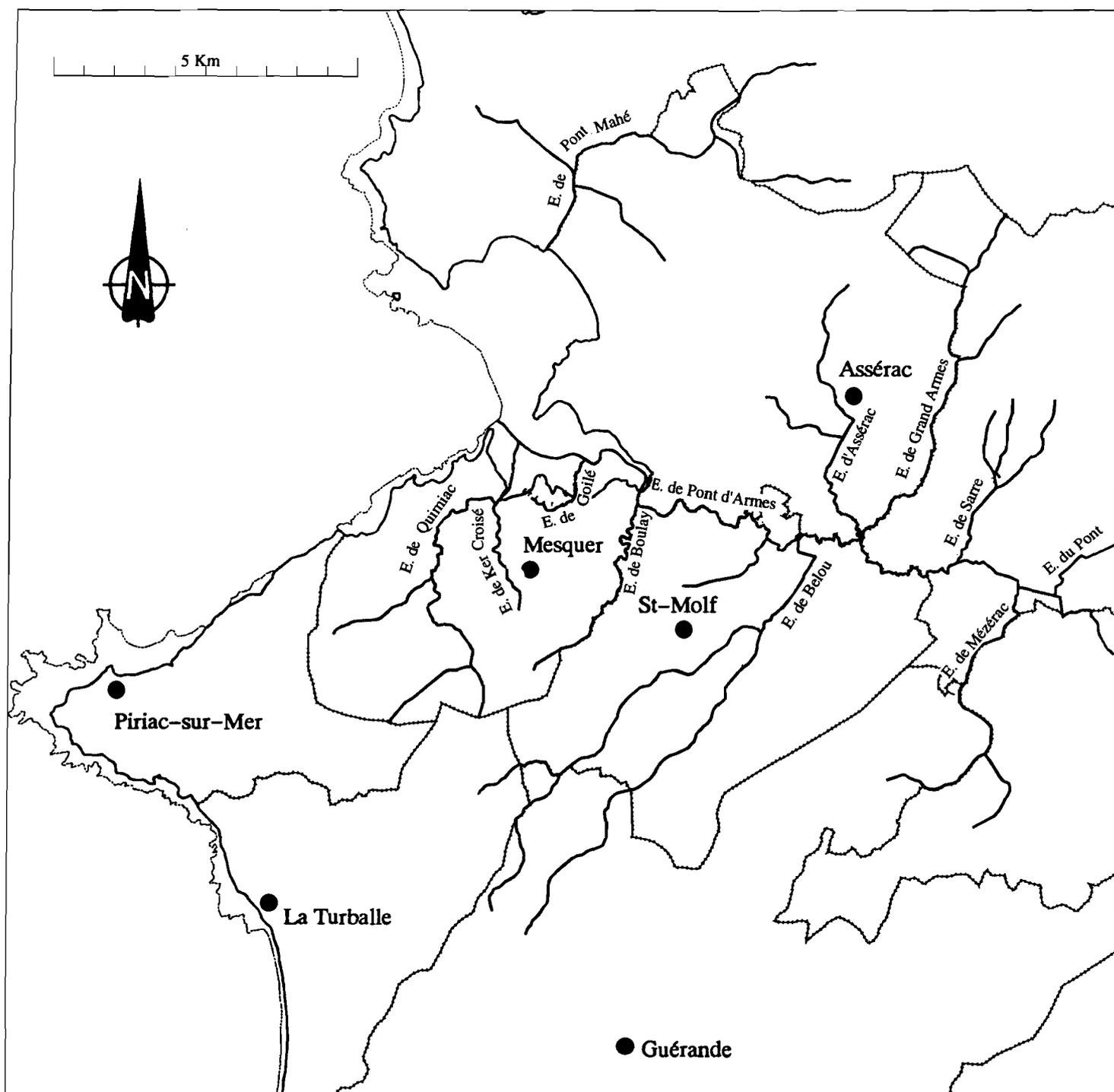


Fig. 3 : L'étier de Pont d'Armes et ses affluents, et l'étier de Pont Mahé.

Le bassin versant du Mes s'apparente à une pénéplaine au relief monotone, comprenant essentiellement la zone dépressionnaire des marais du Mes, nom provenant du principal cours d'eau, dominée au nord par les collines d'Assérac et d'Herbignac et au sud par le plateau granitique de Guérande qui culmine à 61 mètres. Le Mes prend sa source à l'étang de Crémeur en Guérande (MAILLARD, 1975). Il est, généralement, appelé "étier de Pont d'Armes", sa plus grande partie étant soumise à l'influence marine.

Le réseau hydrographique du bassin versant du Mes (Fig. 3) est donc principalement constitué de l'étier de Pont d'Armes, où se jettent de nombreux ruisseaux dont la plupart ne sont réellement alimentés qu'en période hivernale. Le petit étier de Pont-Mahé, situé sur les communes d'Assérac et de Pénestin, a son propre bassin versant et se jette directement dans la baie de Pont Mahé. L'étier de Pont d'Armes est le seul cours d'eau important qui alimente les marais salants du Mes et le secteur conchylicole de Pen Bé.

Le Groupe d'Etude et de Programmation de l'Equipement (1980) distingue 4 secteurs hydrographiques, qui sont de l'amont vers l'aval :

- Le haut bassin : les eaux douces y drainent les terres agricoles. Des sources alimentent des ruisseaux, le long desquels des mares et des étangs sont parfois intercalés.
- La vallée moyenne : zone de prés-marais comportant un réseau de drainage. L'influence des eaux marines est sensible, variant suivant la pluviométrie (à Pompas : salinité de 0,8 à 26 g/litre entre les saisons humide et sèche). En amont de la zone d'influence permanente de l'eau salée qui se situe au niveau de l'Ile de la Butte, en amont de Pont d'Armes, s'étend la zone des marais de Pompas de 685 ha située sur les communes d'Assérac, Saint Molf, Guérande, Saint Lyphard et Herbignac. Ces marais ont une vocation d'élevage agricole.
- La zone des marais : environ 675 ha, en aval de l'Ile de la Butte, elle fut aménagée par l'homme pour la production de sel. Les eaux des étiers circulent entre les digues de protection des marais salants, permettant l'alimentation et l'évacuation des eaux nécessaires aux différentes unités hydrauliques utilisées pour les activités variées : saliculture, conchyliculture, aquaculture nouvelle (palourdes, etc...). L'alimentation en eau de mer des vasières salicoles s'effectue généralement une ou deux fois par mois par des coefficients de marée supérieurs ou égaux à 85. Des sous-cotes de quelques décimètres peuvent être obtenues par vents d'est, limitant alors les possibilités de prise d'eau. Les bassins ostréicoles étant recreusés, leur alimentation en eau de mer se réalise par des coefficients plus faibles (à partir de 70) pendant les marées de vives-eaux. Cette plus grande fréquence d'alimentation mensuelle est d'ailleurs nécessaire car les besoins en eau sont plus importants (de l'ordre de 80 cm/mois). L'élevage extensif des palourdes présente des besoins équivalents à ceux des huîtres. Le niveau moyen des bassins est moins élevé en amont qu'en aval, pour compenser la moindre durée d'alimentation en eau à pleine mer (PAUMIER, 1986).
- Les traicts de Mesquer et Pen Bé : estran en partie très envasé et découvrant largement à marée basse où sont pratiqués différents élevages de coquillages (huîtres, moules, palourdes).

Les traicts de Mesquer et Pen Bé associent les particularités d'une petite baie maritime de type "ria", étroite et profonde, à celles d'un estuaire principalement constitué des marais plus ou moins asséchés de Pompas (MAILLARD, 1975).

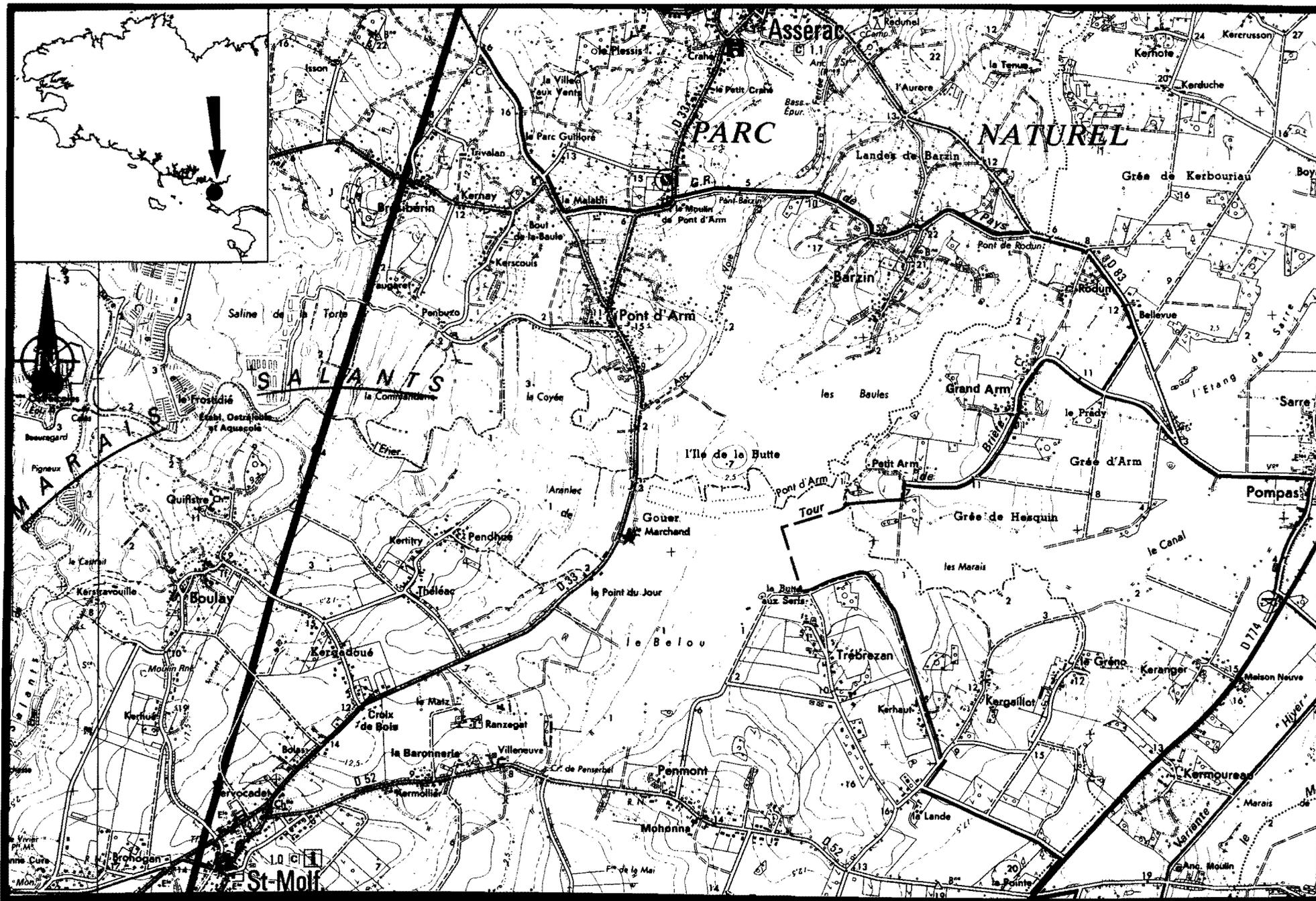


Fig. 4 : Bassin versant des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Asserac (Loire-Atlantique), (Carte IGN au 1/25 000).

La totalité du bassin versant du Mes couvre environ 13 200 ha et se décompose en 8 sous-bassins versants (Tab. 1), disposant généralement d'un ou plusieurs étiers. Les mouvements d'eau dans un étier donné ainsi que la qualité de cette eau sont influencés par la localisation du point de jonction avec le réseau principal. Ce n'est donc plus le bassin versant propre à l'étier qu'il faut considérer seul mais ce qu'on pourrait appeler le bassin versant d'influence directe (CLEMENT, 1991). De ce point de vue, le grand bassin versant E (10 320 ha), ou bassin amont de la rivière Mes et de ses affluents, a une influence essentielle sur la qualité des eaux des traicts de Pen Bé et Mesquer, et de la plupart des petits sous-bassins versants.

N°	Sous-bassins versants	Surface ha	Cours d'eau
A	Quimiac	950	étier de Quimiac
B	Mesquer	250	étier de Ker Croisé
C	Goilé-Rostu	170	étiers de Goilé et Notre Dame
D	Boulay	510	étier du Boulay
E	Pont d'Armes	10320	étier de Pont d'Armes et affluents
F	La Torte Le Frostidié La Commanderie	800	étiers de la Torte et de la Coyée
G	Quifistre	140	pas d'étier
H	Pendhué	100	ruisseau
	TOTAL	13240	

Tab. 1 : Les sous-bassins versants des marais du Mes (PAUMIER, 1986)

Les aspects concernant l'hydrographie et le régime des eaux sont traités par sous-bassins versants correspondant aux 3 secteurs d'étude microbiologique, dans le but de faciliter l'interprétation des résultats.

1.1.3.2. Secteur du Frostidié à Pont d'Armes (Assérac)

L'aire étudiée s'étend du village de Kermalinge à Pendhué, limitée en amont à la route départementale (D33), elle est située sur la commune d'Assérac et de Saint Molf. L'ensemble de la zone de marais salants, y compris ceux bordant l'étier d'Assérac, atteint environ 300 ha.

Le bassin versant de ce secteur (Fig. 4) comprend les sous-bassins de La Torte/Le Frostidié/La Commanderie (800 ha), de Quifistre (140 ha), de Pendhué (100 ha), et de Pont d'Armes (10 320 ha) qui représente à lui seul environ 80% de l'ensemble du bassin du Mes, soit une partie des communes de Guérande, Saint-Lyphard et Herbignac.

Le réseau hydrographique

L'étier de Pont d'Armes est le seul cours d'eau important qui alimente les marais salants du Mes et le secteur conchylicole de Pen Bé. En amont de l'île de la Butte, il reçoit en rive droite l'étier d'Assérac, et les petits affluents de Grand Armes, de Sarre, du marais du Pont, du marais de Saint Lyphard, puis en rive gauche le Mes Ruisseau et le Belou. Ces affluents sont prolongés par des ruisseaux alimentés en période de pluies, et de petits étangs. En aval, dans les marais salants, l'étier de Pont d'Armes reçoit les étiers de La Torte et de la Coyée qui drainent les eaux de ruissellement des terrains marécageux environnants.

L'impact de la pluviométrie sur les apports d'eaux douces du bassin versant du Mes est important. Une pluie de 10 mm environ peut produire au jusant un surdébit de 1,3 m³/seconde d'eau douce à Pont d'Armes sur un débit total de 3,3 m³/seconde (PAUMIER, 1986). Lors de l'étude de ce secteur d'octobre 1990 à septembre 1991, cet événement s'est produit 2 fois par mois en moyenne sur l'année, et de 3 à 5 fois d'octobre 1990 à janvier 1991, avec des pointes de précipitations à 34,2 mm le 25 octobre 1990 et à 51,2 mm le 27 septembre 1991 à la station météorologique de Mesquer (Annexe 1, Tab. A1). Lors de telles précipitations exceptionnelles les apports d'eau douce, calculés par la méthode de Socose pour une pluie d'environ 46 mm en 24 heures, sont sensiblement équivalents à 10 fois ceux mesurés lors d'une pluie de 10 mm.

A l'inverse, l'évaluation des capacités moyennes de transit des eaux de mer dans les étiers (Fig. 5), mesurée pour des marées de 85 pendant les heures de pleine mer, montre que 80 000 m³ d'eau salée remontent au-delà de la route départementale de Pont d'Armes.

Le régime hydraulique

La hauteur maximale théorique des pleines mers se situe autour de 6 mètres CM en baie de Pont-Mahé. A marée basse, les étiers ne conservent qu'un mince filet d'eau (10 à 20 cm), notamment en mortes-eaux. Par contre en vives-eaux, la hauteur d'eau de l'étier de Pont d'Armes est d'environ 50 cm, car les marais retiennent de grands volumes d'eau et se vident très lentement.

La dimension des étiers secondaires (Tab. 2) et des ruisseaux est faible en plafond de radier et ne dépasse généralement pas un mètre dans la partie amont, où la remontée des eaux marines est rendue difficile par des cotes de radier élevées. Les relevés topographiques effectués par PAUMIER (1986) montrent que le lit des étiers est irrégulier tant en largeur qu'en profondeur, et d'autant plus dans le cas des étiers secondaires (Fig. 6).

	Cote radier (C.M.)	Largeur en plafond	Longueur des étiers
Etier de Pont d'Armes			4 050 m*
amont	3.00	4 à 7 m	
aval	2.80	8 à 10 m	
Etier de la Coyée			1 350 m
amont	4.50	< 1 m	
aval	2.70	2.5 m	
La Torte			1 500 m
amont	≈ 2.80	< 1m	
aval	≈ 4.50	2 m	

(*) longueur calculée à partir de l'étier du Boulay au pont de Pont d'Armes (D33).

Tab. 2 : Caractéristiques des étiers de Pont d'Armes, La Coyée, et de la Torte (PAUMIER, 1986).

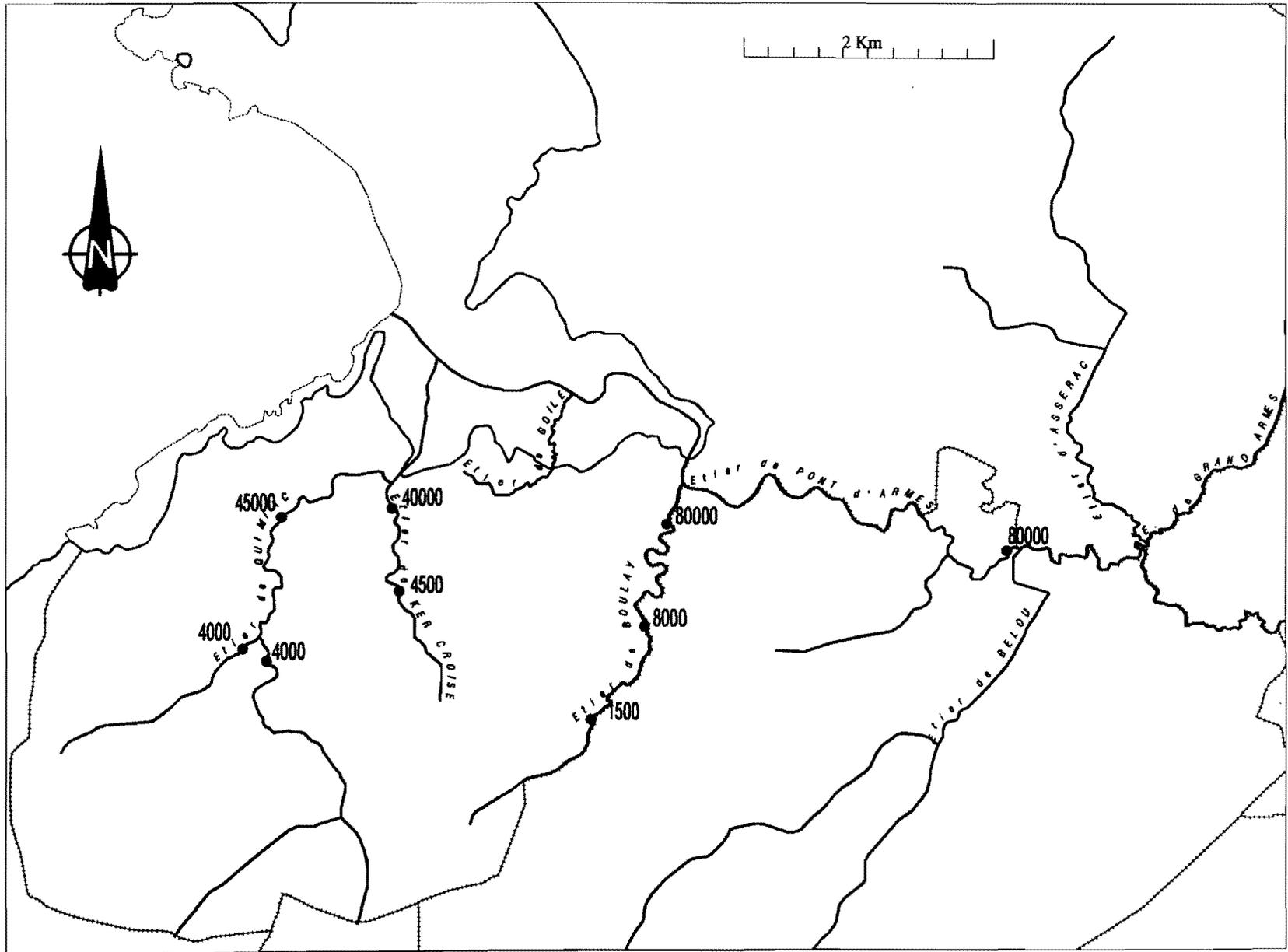


Fig. 5 : Volumes d'eau moyens en m^3 calculés pour une marée de 85 transitant dans les étiers des marais du Mes (PAUMIER, 1986).

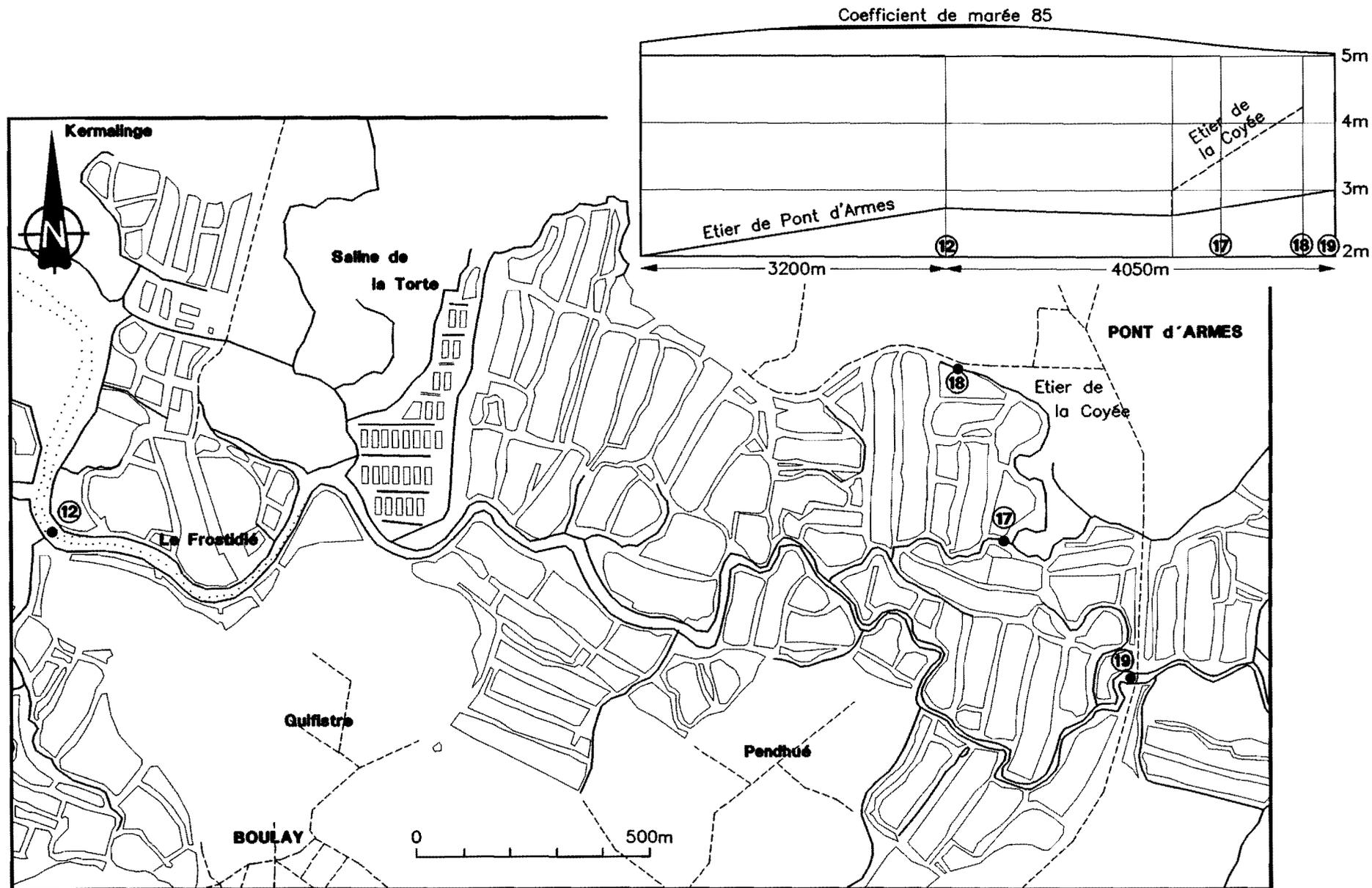


Fig. 6 : Profil des étiers de la Coyée et de Pont d'Armes à Assérac (Loire-Atlantique) et localisation des stations de mesure de niveau (d'après PAUMIER, 1986).

Les eaux marines remontent librement dans les petits cours d'eau amont. Les faibles dénivelés de la majeure partie du réseau hydrographique et les fortes variations saisonnières du ruissellement, conditionnent un régime hydrologique de type estuarien. Ce régime varie fortement dans le temps, en fonction du cycle des marées et des saisons, et dans l'espace, du fait de l'ampleur du système marécageux amont. En saison sèche, les fluctuations de niveau dans les étiers sont en corrélation avec celles de la marée. Mais dans les secteurs les plus éloignés de l'estran, les variations de niveau sont davantage rythmées par l'alternance mortes-eaux/vives-eaux que par le cycle biquotidien (MAILLARD, 1975).

Les masses d'eau présentes dans les étiers sont constamment en mouvement. Il n'y a jamais d'étale, et le courant faiblit et change de sens en quelques minutes. Parfois les courants et les niveaux peuvent sembler en complète opposition. Par exemple, en période de crues et de vives-eaux, le niveau des eaux continue de monter dans les ruisseaux en amont alors que le courant est devenu descendant. Sur certaines portions, certains cycles de marée interviennent sans faire varier le sens du courant. En un lieu donné, le courant de marée est très inégal en vitesse, débit et durée en fonction de ses coefficients.

Ce régime des eaux a ensuite été modifié par la pose d'un ouvrage hydraulique en limite de zone d'influence permanente des eaux marines, à environ 300 mètres en amont de Pont d'Armes, face à l'île de la Butte. Cet ouvrage en béton, composé de 4 portes à axe horizontal, destiné initialement à limiter la remontée des eaux salées, a réduit la largeur de l'étier, qui était de 6 à 7 mètres environ à cet endroit, à celle de 2 portes, soit 3,40 mètres au total. Les deux portes supérieures, créant un frein à l'évacuation des eaux douces, ont été supprimées. PAUMIER (1986) signale, dans une étude réalisée en 1984-1986, que les deux portes inférieures étant délabrées, l'ouvrage n'avait plus guère d'incidence sur les écoulements. En 1988, la pose de poutres de bois sur toute la hauteur des deux vannes superposées de droite a réduit les possibilités d'écoulement à la largeur de la vanne gauche inférieure, soit à 1,70 mètre. Le clapet de cette vanne, plus ou moins détérioré et laissant remonter en partie les eaux marines, n'a été remis en état que début juin 1991. Le franchissement par surverse de cette vanne n'est possible que pour une hauteur d'eau de 5,50 mètres, soit pour des marées de coefficient supérieur à 95 environ. La réalisation de ces travaux à partir de 1988, a détourné une partie du courant de flot très puissant vers l'étier secondaire du moulin Marchand, jouxtant le pont sur la D33, provoquant la chute d'un petit pont de pierre suite à l'érosion importante des berges des marais salants contigus. Peu à peu, la majeure partie du courant de flot rejoignait librement les marais amont par cet étier, comme avant la pose des vannes sur l'étier principal (DROSNET, Com. pers.). L'étude de salubrité a été réalisée dans des conditions hydrauliques qui sont donc très proches de celles décrites par MAILLARD (1975).

Dès l'automne 1991, des travaux ont été entrepris pour consolider le pont sur la D33 à Pont d'Armes. Le radier a été surélevé au minimum de 0,50 mètre sur environ 6,50 mètres de largeur, empêchant ainsi les remontées d'eaux douces pendant les premiers instants du flot. La pose d'un batardeau percé d'une buse de 0,70 mètre sur l'étier du Moulin Marchand en mars 1993, a réduit considérablement les possibilités de remontée des eaux douces. Les conséquences immédiates sont, outre une érosion des berges de l'étier aux abords aval du pont sur la D33, des difficultés de prises d'eau marine pour l'alimentation des claires et des marais et une sédimentation importante en amont des ouvrages. Le recalibrage des ruisseaux et drains, effectué sur la commune d'Assérac à la suite du remembrement des terres dans la même période, a par ailleurs accéléré l'évacuation des eaux douces vers les marais et l'étier de Pont d'Armes, aggravant immédiatement les conditions d'alimentation en eau marine dans sa partie amont, et les difficultés d'évacuation des eaux douces par l'ouvrage hydraulique.

1.1.3.3. Secteur de Quimiac à Kercabellec (Mesquer)

Le bassin versant de l'aire étudiée est situé en quasi-totalité dans les limites de la commune (Fig. 7), et comprend les sous-bassins de Quimiac (950 ha) et de Kercabellec (250 ha).

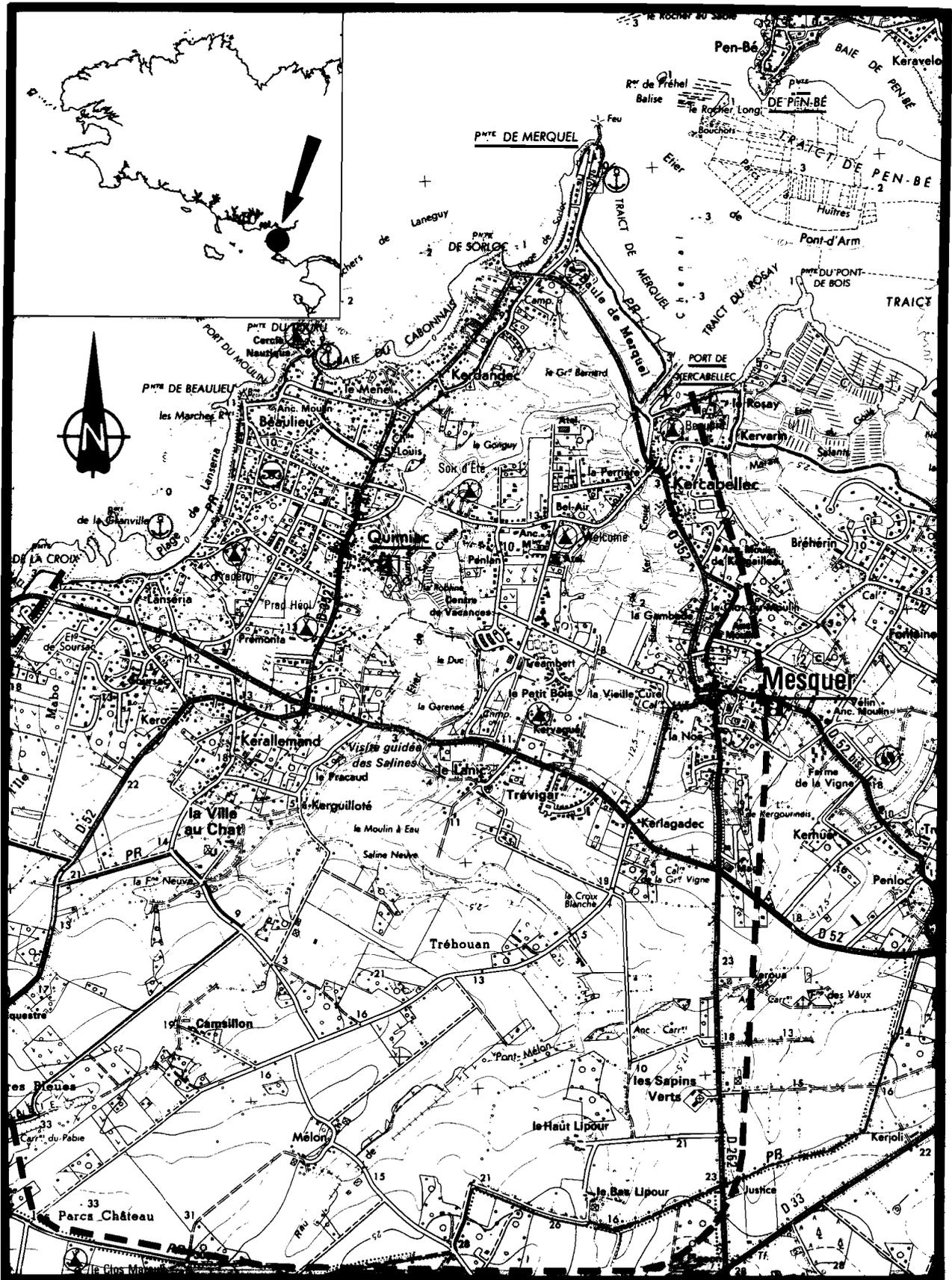


Fig. 7 : Bassin versant des marais de Kercabellec et Quimiac à Mesquer (Loire-Atlantique)
(carte IGN au 1/25 000).

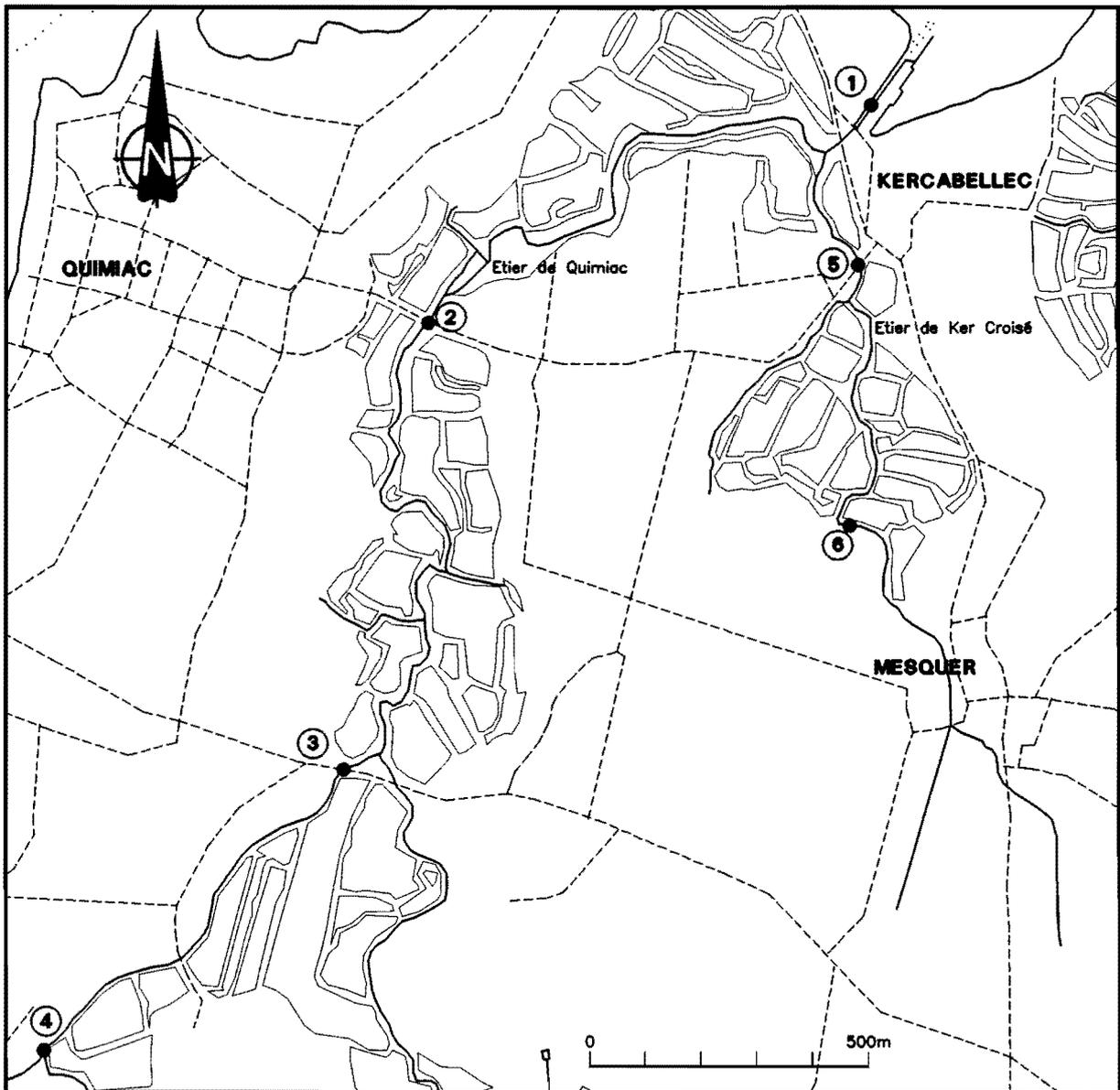
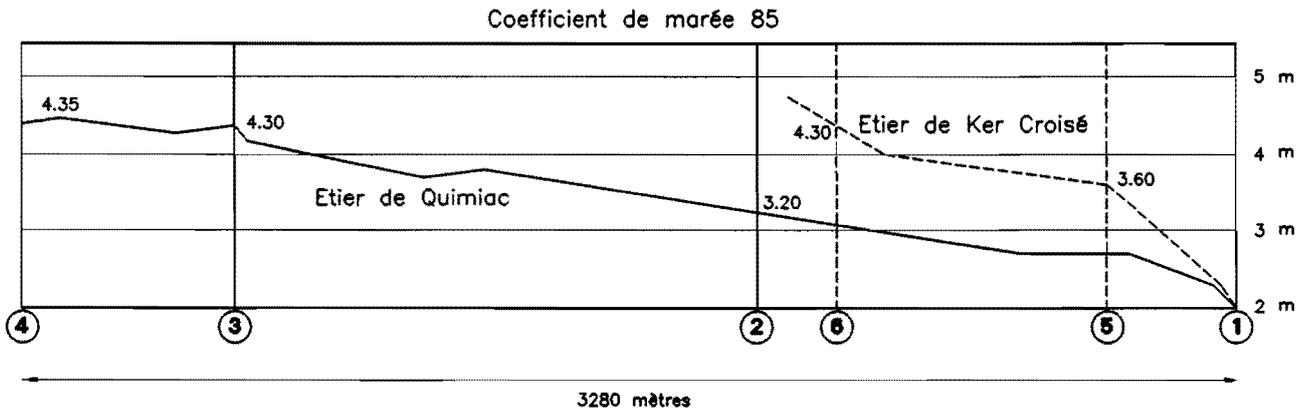


Fig. 8 : Profil des étiers de Quimiac et de Ker Croisé à Mesquer (Loire-Atlantique) et localisation des stations de mesures de niveau (d'après PAUMIER, 1986).

L'altitude dépasse rarement 15 mètres. La zone de marais (Quimiac, Kercabellec, Rostu) occupe plus de 10 % de la surface communale, soit environ 170 ha.

Le réseau hydrographique

Il comprend les étiers de Quimiac et de Ker Croisé, qui se prolongent par des ruisseaux le long desquels des mares ou de petits étangs sont intercalés. Les ruisseaux ne sont réellement alimentés qu'en période de pluies, durant l'automne et l'hiver.

Une pluie de 10 mm peut entraîner des apports d'eau douce de 100 litres/seconde dans l'étier de Quimiac (PAUMIER, 1986). Le bassin versant de l'étier de Ker Croisé étant près de quatre fois moins important que celui de Quimiac, on peut supposer des apports d'eau douce proches de cette proportion. Lors de l'étude de ce secteur, de mars 1992 à mars 1993, cet événement s'est produit près de 2 fois par mois en moyenne sur l'année, et de 3 à 5 fois d'août à décembre à la station météorologique de Mesquer (Annexe 1, Tab. A3).

Des pointes de précipitation ont atteint 31,7 mm le 3 décembre 1992, 37,7 mm le 10 janvier 1993 et 31,5 mm le 11 janvier 1993. De telles précipitations provoquent des apports d'eau douce relativement importants compte tenu de la dimension réduite des étiers : 2 à 3 mètres de large dans la moitié amont. En effet, le volume d'eau calculé par la méthode de Socose pour une pluie d'environ 46 mm en 24 heures est équivalent à 10 fois celui mesuré lors d'une pluie de 10 mm. Dans ces conditions, les apports d'eau douce dans le cours supérieur des étiers peuvent être de plusieurs fois supérieurs aux apports d'eaux marines. Ceci explique les dessalures très importantes observées, y compris à marée haute, sur l'ensemble de la longueur des étiers, et particulièrement dans les parties amont.

Le régime hydraulique

Les eaux marines remontent librement dans les étiers où les fluctuations de niveau suivent le rythme des marées, y compris l'hiver car les apports des ruisseaux sont peu importants. A marée basse, les étiers se vident presque totalement. Ils sont largement dimensionnés dans leurs parties aval, environ 6 mètres en plafond de radier, mais ils atteignent seulement 1 à 2 mètres dans les parties amont où la remontée des eaux de mer est rendue difficile par des cotes de radier élevées (Tab. 3). Les relevés topographiques effectués par PAUMIER (1986) montrent que le lit des étiers est irrégulier tant en largeur qu'en profondeur (Fig. 8).

	Cote radier (C.M.)	Largeur en plafond	Longueur des étiers
Etier de Quimiac			3 280 m
amont	4.35 m	1 à 2 m	
aval	3.20 m	6 m	
Etier de Kercabellec			1 180 m
amont	4.30 m	1 à 2 m	
aval	3.60 m	6 m	

Tab. 3 : Caractéristiques des étiers de Quimiac et de Ker Croisé (PAUMIER, 1986).

1.1.3.4. Secteur de Kervarin (Mesquer) à Boulay (Saint Molf)

Le bassin versant de l'aire étudiée est situé pour l'essentiel entre les bourgs de Saint Molf et Mesquer (Fig. 9), et comprend les sous-bassins de Goilé/Rostu (170 ha) et du Boulay (510 ha). L'altitude ne dépasse pas 17,5 mètres. La zone de marais salants occupe environ 170 ha.

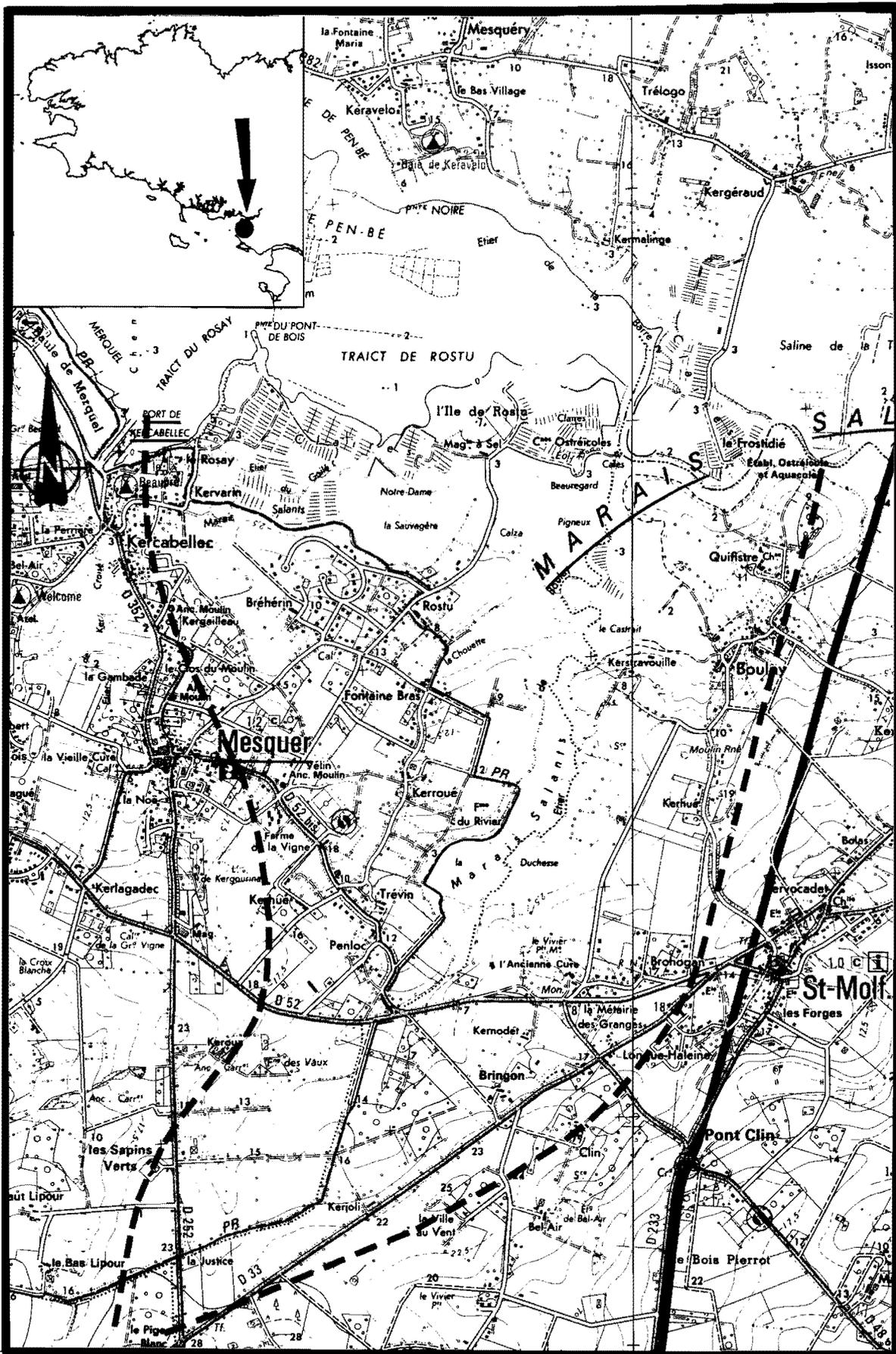


Fig. 9 : Bassin versant des marais de Kervarin, Mesquer, à Boulay, Saint Molf (Loire-Atlantique)
(carte IGN au 1/25 000).

Le réseau hydrographique

Il comprend les petits étiers de Goilé et de Notre-Dame qui se rejoignent au point de rejet dans le Traict de Rostu, et l'étier du Boulay qui se jette dans l'étier de Pont d'Armes à l'embouchure du Traict de Rostu. Ces étiers sont alimentés en eau douce, en période de pluie, par l'intermédiaire des fossés bordant les routes et drainant les villages alentours. Seul l'étier du Boulay est prolongé par un ruisseau alimenté par un étang.

Une pluie de 10 mm peut entraîner des apports de 180 litres/seconde dans l'étier de Goilé et de 120 litres/secondes dans l'étier du Boulay (PAUMIER, 1986). Lors de l'étude de ce secteur, de mars 1993 à mars 1994, cet événement s'est produit 27 fois, soit plus de 2 fois par mois en moyenne sur l'année, et de 5 à 6 fois en juin et octobre, à la station météorologique de Mesquer (Annexe 1, Tab. A5).

Une pointe de précipitation cumulée les 29 et 30 juin 1993 a atteint 45,5 mm. Une telle précipitation provoque des apports d'eau douce relativement importants compte tenu de la dimension réduite des étiers : environ 2 mètres de large dans la moitié amont. Le volume d'eau calculé par la méthode de Socose pour une pluie d'environ 46 mm en 24 heures correspond à 0,5 m³/seconde pour l'étier du Goilé et à 1,5 m³/seconde pour l'étier du Boulay. Dans ce cas les apports d'eau douce dans le cours supérieur de l'étier du Boulay peuvent atteindre 5 400 m³/heure alors que le volume d'eau moyen transitant par une marée de 85 n'atteint que 1 500 m³. Ceci explique les dessalures très importantes observées, y compris à marée haute, sur l'ensemble de la longueur des étiers, et particulièrement dans les parties amont.

Le régime hydraulique

Les eaux marines remontent librement dans les étiers du Goilé, de Notre-Dame et du Boulay, et les fluctuations de niveau suivent en permanence le rythme des marées. A marée basse, la hauteur d'eau dans ces étiers est inférieure à 20 cm. Au point de rejet dans le Traict de Rostu la largeur des étiers en plafond est de 5 à 7 m, mais ne dépasse pas 1 m dans leur cour supérieur, où la remontée des eaux de mer est rendue difficile par des cotes de radier élevées (Tab. 4). Les relevés topographiques (PAUMIER, 1986) montrent que le lit des étiers est irrégulier tant en largeur qu'en profondeur (Fig. 10).

	Cote radier (C.M.)	Largeur en plafond	Longueur des étiers
Etier de Goilé			1 350 m
amont	4.90	1 à 2 m	
aval	3.70	3 à 5 m	
Etier de Notre-Dame			800 m
amont	4.70	1 m	
aval	3.70	2 à 3 m	
Etier du Boulay			3 200 m
amont	4.65	1.2 à 3 m	
aval	2.80	4 à 7 m	

Tab. 4 : Caractéristiques des étiers de Goilé, de Notre Dame, et du Boulay (PAUMIER, 1986).

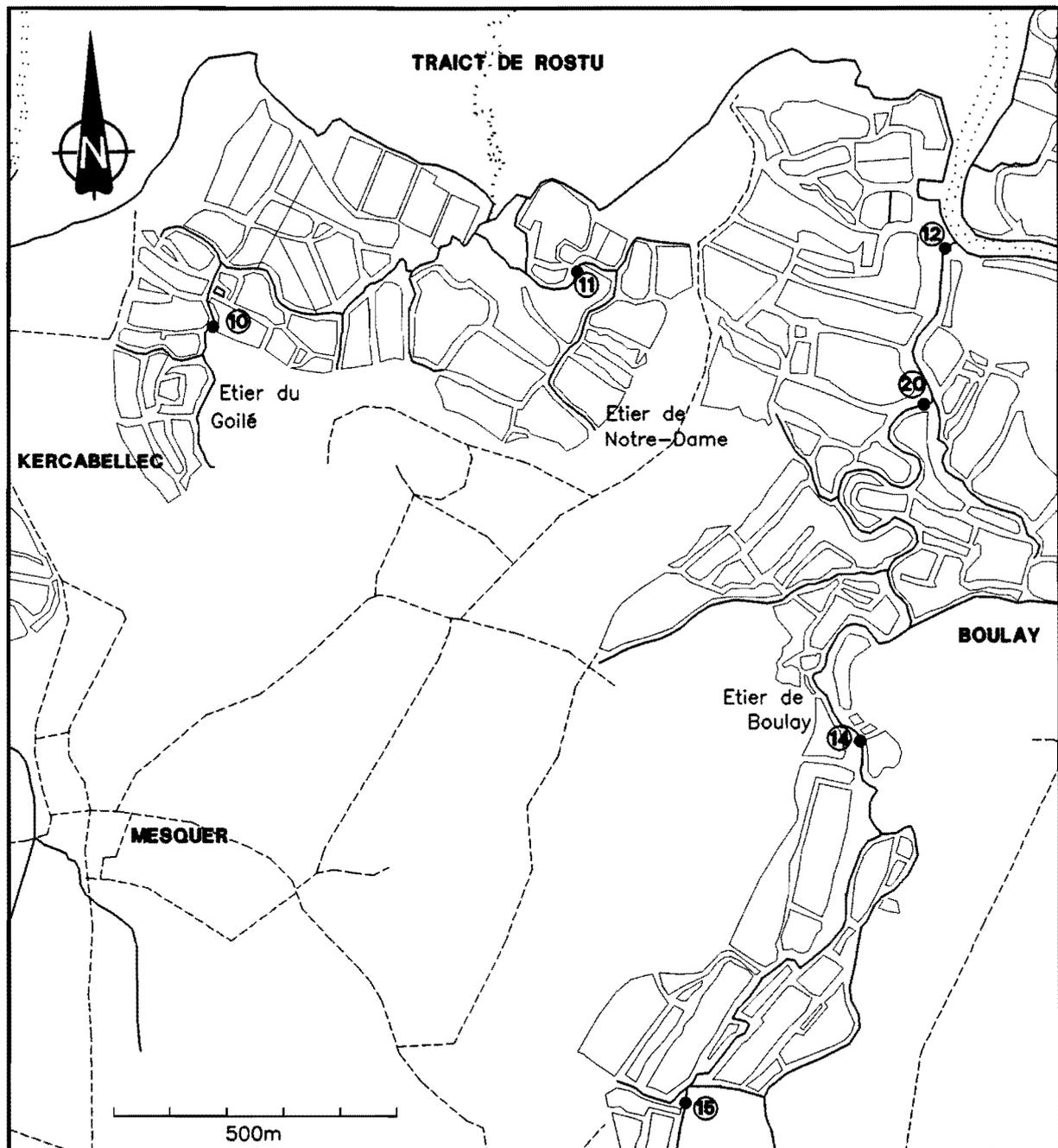
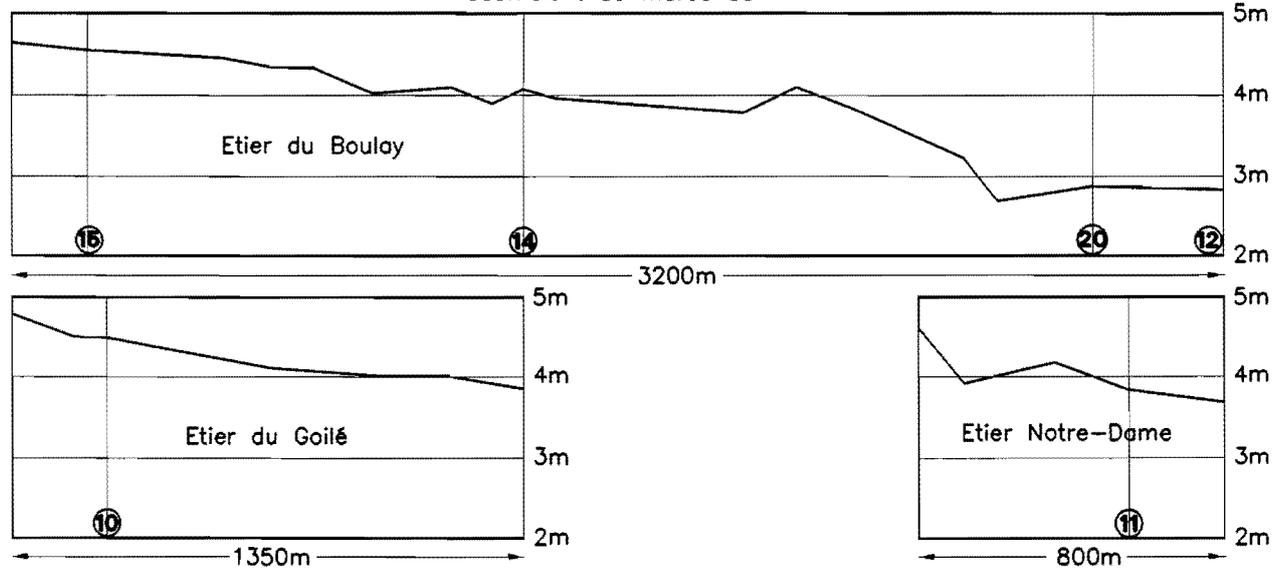


Fig. 10 : Profil des étiers du Goilé, de Notre-Dame (Mesquer), de Boulay Saint Molf (Loire-Atlantique) et localisation des stations de mesures de niveau (d'après PAUMIER, 1986)

1.1.4. VOCATION ET UTILISATION DU MILIEU

Les milieux récepteurs du bassin versant, dont les activités sont liées à la mer, sont très sensibles à la qualité des eaux qui les alimentent. Il s'agit :

- des marais salants du Mes qui s'étendent sur les communes d'Assérac, Saint Molf et Mesquer,
- des zones conchylicoles de Pen Bé/Mesquer et de Pont Mahé,
- de plages et de gisements naturels de coquillages sur les communes de Mesquer et d'Assérac,
- de zones écologiques riches dans les marais d'eau douce de Saint Lyphard, dans les marais salants, et à un moindre degré le long de l'étier de Pont Mahé.

Les industries, l'artisanat, le commerce

Le tissu industriel est faible et consiste en quelques industries agricoles et alimentaires, ou concernant l'énergie. Seules 2 entreprises dépassent 49 salariés (Tab. 5).

	Assérac	Guérande	Herbignac	Mesquer	St-Lyphard	St-Molf	Total	dont >49 salariés
Industries agricoles et alimentaires	1	9	4	2	2	1	19	2
Autres industries dont énergie	1	2	1	6	0	1	11	0
Biens interméd., équipements, consom.	0	46	11	0	12	0	69	4
Batiment, génie civil et agricole	12	104	38	16	27	11	208	3
Commerce	9	144	35	18	15	6	227	2
Transport, Télécom. autres services	31	356	103	62	64	36	652	0

Tab. 5 : Etablissements hors agriculture au 01.01.90 – SIRENE (INSEE, 1991).

L'artisanat (bâtiment, génie civil et agricole) et les entreprises de biens d'équipement sont plus développés : sept entreprises dépassent 49 salariés.

Le commerce et les services (879 unités) concentrent une part essentielle de l'activité, chaque établissement employant un petit nombre de salariés, ou pas du tout.

L'activité touristique

L'activité touristique a un impact économique important. Environ 10 % des actifs du secteur travaillent directement pour le tourisme. Mais la fréquentation touristique très dense et réduite dans le temps ne manque pas de poser de nombreux problèmes d'aménagement (assainissement, ordures ménagères, infrastructures, sécurité, occupation de l'espace...). L'intensité de la fréquentation touristique mesurée par quinzaine (Fig. 11) est généralement forte en juillet et août pour l'ensemble des communes, et très forte en août pour Guérande, cité médiévale, et Mesquer, communes à très forte densité de résidences secondaires.

Communes	Assérac	Guérande	Herbignac	Mesquer	St-Lyphard	St-Molf
Mois						
Janvier						
Février						
Mars				+		
Avril	+	+	+	++	+	+
	+	+		++	+	+
Mai	+	++		+	+	+
	+	++		+	+	+
Juin	++	++	+	+	+	+
	++	++		++	+	+
Juillet	+++	+++	++	+++	++	+++
	+++	++++	+++	++++	++	+++
Août	+++	++++	+++	++++	+++	+++
	++	++++	++	+++	+++	+++
Septembre	++	+++	+		++	+
	+	++			++	+
Octobre		+				
		+				
Novembre						
Décembre						

Légende : nulle, faible +, moyenne ++, forte +++, très forte ++++

Fig. 11 : Intensité de la fréquentation touristique par quinzaine.
Inventaire communal 1988 (INSEE, 1991).

L'agriculture

L'agriculture (pâturages, maïs, céréales) est orientée vers l'élevage bovin et la production laitière. Une industrie laitière s'est développée à Herbignac. Les fourrages, les prés, les céréales représentent respectivement 7 429 ha, 2 989 ha et 2 386 ha, soit la quasi totalité de la SAU (surface agricole utilisée) (Tab. 6). L'élevage, peu important par rapport aux surfaces disponibles, est essentiellement bovin (15 219 animaux dont 5 984 vaches laitières), puis ovins (3 100 animaux). Les élevages de porcs et de volailles sont insignifiants. Les effectifs d'animaux indiqués dans le tableau sont ceux présents le jour de l'enquête sur les exploitations, dont le siège est dans la commune.

Ce secteur d'activité subit une très forte pression liée au tourisme et à l'urbanisation à proximité du littoral et des grands axes routiers : ceci se traduit par la destruction des exploitations agricoles et le gel des terres.

Communes	Assérac	Guérande	Herbignac	Mesquer	St-Lyphard	St-Molf	Total
Utilisation du sol (ha)							
Céréales	456	847	449	222	158	254	2 386
Cultures industrielles	-	42	34	-	25	-	101
Légumes secs, protéagineux	-	6	53	-	10	-	69
Fourrage en culture principale	1 156	2 024	2 485	335	612	857	7 429
Superficie toujours en herbe	504	407	1 144	64	544	326	2 989
Légumes frais, pomme de terre	12	90	13	0	10	1	126
Jachères, jardins familiaux	18	86	20	38	15	5	182
Autres cultures	23	19	26	39	-	15	122
SAU	2 129	3 521	4 224	698	1 374	1 458	13 404
Cheptel animal							
Bovins (dont vaches laitières)	2 836 (1 005)	3 574 (1 554)	5 346 (2 175)	604 (210)	1 361 (424)	1 498 (616)	15 219 (5 984)
Equidés	16	90	54	32	91	115	398
Caprins	10	95	29	-	8	12	154
Ovins	588	254	933	545	636	144	3 100
Porcs	210	46	74	506	15	24	875
Volailles (millier)	22	8	6	11	1	5	53

Tab. 6 : Utilisation du sol et cheptel animal. Recensement général de l'agriculture 1988 (INSEE, 1991).

La saliculture

Elle aurait débuté dans le bassin du Mes peu après le 9^{ème} siècle, et a connu son extension maximale au début du 19^{ème} siècle avec environ 8 000 oeilletts (subdivisions ou unités de production de la saline). En 1984, le bassin salicole ne compte plus que 3 360 oeilletts dont 901 seulement, soit 27%, sont exploités (PAUMIER, 1986). L'ensemble du bassin se décompose en 5 grandes zones bien distinctes, correspondant à des sous-bassins hydrographiques alimentés chacun par un étier principal :

- le bassin de Pont d'Armes : 242 ha (620 oeilletts)
- le bassin de Boulay : 93 ha (193 oeilletts)
- le bassin de Quimiac : 77 ha (48 oeilletts)
- le bassin de Rostu : 50 ha (40 oeilletts)
- le bassin de Kercabellec : 18 ha (0 oeilletts).

La saliculture, est encore très active dans la partie amont (Saint Molf et Assérac) et en voie d'abandon sur Mesquer.

La conchyliculture

Elle concerne 77 concessionnaires, 17 établissements d'expédition dont la moitié s'est installée depuis environ 15 ans. L'activité d'expédition, englobant la production, concerne environ 42 emplois à

temps plein, dont 15 salariés et 8 aides familiaux, 28 emplois saisonniers pendant 4 à 8 mois. Les expéditeurs sont principalement installés à Assérac : 8 à Pen Bé et 4 au Frostidié, puis 5 à Kercabellec.

La production globale est évaluée environ à 400 tonnes d'huîtres, 600 tonnes de moules, et 30 tonnes de palourdes. Les élevages sont situés dans trois secteurs bien individualisés (AFFAIRES MARITIMES, 1992) :

- la baie de Pont Mahé, ouverte sur l'océan, est réservée essentiellement à l'élevage des moules sur bouchots qui comprend 40 concessions d'une superficie totale de 111,29 hectares (bouchots : 58,20 ha, et 25 586 mètres correspondant à 45,67 ha, huîtres : 7,42 ha).
- les traicts de Pen Bé et Mesquer, formant une baie fermée entre les pointes de Merquel et de Pen Bé, comportent 201 concessions d'une superficie totale de 96,61 hectares (huîtres creuses : 74,07 ha, moules : 15,12 ha, palourdes : 7,42 ha).
- les filières à moules, à proximité de l'île Dumet, s'étendent sur 30,5 hectares (3 concessions).

L'affinage des huîtres en claires est pratiquée dans la partie aval des marais salants, immédiatement en bordure de la baie de Pen Bé (Fig. 13). Elle a débuté à l'initiative de deux pionniers d'origine archachonnaise et charentaise, au cours des années 1930 sur la commune d'Assérac (9 ha), puis à partir de 1945 sur la commune de Mesquer (30 ha). Cette activité a beaucoup régressé depuis une dizaine d'années, le prix de l'huître affinée en claire ne suivant pas l'évolution des coûts de production. Seul le verdissement, qui reste aléatoire, permet une plus-value à la vente. Les claires ne sont donc pratiquement plus entretenues, et se dégradent de plus en plus, tout comme les chenaux d'alimentation.

	Huîtres	Palourdes	Coquillages divers	TOTAL (ha)
Assérac	20,78	4,36	-	25,14
St-Molf	3,15	2,38	0,71	6,24
St-Mesquer	17,76	2,61	-	20,37
TOTAL	41,69	9,35	0,71	51,75

Tab. 7 : Surfaces (ha) des claires à usage conchylicole des marais du Mes (AFFAIRES MARITIMES, 1992).

Par contre l'élevage de la palourde s'est développé (Tab. 7), le prégrossissement ayant réellement démarré dans les années 1980. Toutefois le schéma d'aménagement aquacole proposé par Paumier (1986) correspondant à la mise en valeur des secteurs les plus aptes en vue de l'exploitation de 109 hectares de marais n'a guère abouti. Une proposition complémentaire, considérée comme une perspective envisageable à plus ou moins court terme, portait le potentiel de production à 145 hectares. Une ferme aquacole s'est créée, au Frostidié (Assérac), autour d'une activité diversifiée : éclosion, nurserie, pré-élevage, puis élevage et expédition pour des raisons de rentabilité. En effet la maladie dite de l'anneau brun a conduit à la baisse des commandes de naissain de palourdes, et est en partie responsable avec la faiblesse du marché due à une importante chute des prix à la production, de l'arrêt du développement de cette activité. Par ailleurs, un vénériculteur s'est installé à Quimiac (Mesquer), et à Pen Bé (Assérac), une entreprise s'est développée à Pendhué (Saint Molf), sous forme de GAEC, et quelques paludiers font des essais d'élevage de palourdes.

A Mesquer, la conchyliculture est exercée par 6 producteurs et expéditeurs de coquillages installés à Kercabellec, ainsi que par un vénériculteur. Trois professionnels se sont installés au cours des 5 dernières années.

1.1.5. POPULATION - URBANISATION

Commune	Surface ha	Habitants/km ²	Population municipale (1)	Capacité d'accueil (2)	Total (1) + (2)
Assérac	3 291	38	1 239	4 130	5 369
Guérande	8 144	143	11 659	6 520	18 179
Herbignac	7 143	58	4 175	1 510	5 685
Mesquer	1 672	82	1 372	9 840	11 212
St-Lyphard	2 463	117	2 889	1 380	4 269
St-Molf	2 282	51	1 154	690	1 844
TOTAL	24 995	90	22 488	24 070	46 558

Tab. 8 : Population des communes du bassins versant. Inventaire communal 1988 (INSEE, 1991).

La population des 7 communes du bassin versant (Tab. 8), environ 22 500 habitants, est relativement faible, mais les capacités d'accueil permettent le doublement de la population en période estivale. Cependant, selon ces bases, la population de la commune d'Assérac peut être multipliée par quatre en juillet et août, et celle de Mesquer par huit, ce qui est considérable.

Les capacités d'accueil (Tab. 9) des communes sont mesurées selon les critères de l'INSEE : une personne par lit, deux par chambre, trois par emplacement de camping et cinq par résidence secondaire.

L'habitat est essentiellement regroupé autour des bourgs des communes. Sur le littoral, il est à la fois plus dense et plus diffus, puis dispersé en hameaux et fermes partout ailleurs. A Mesquer, l'habitat est essentiellement regroupé autour des marais du secteur de Quimiac et de Kercabellec, puis dans des hameaux proches des marais de Rostu et de Boulay.

Communes	Assérac	Guérande	Mesquer	Herbignac	St-Lyphard	St-Molf
Hôtels divers						
- nombre	2	8	2	2	1	1
- chambres	93	72	35	30	7	8
Chambres d'hôtes						
- loueurs	-	21	1	1	-	6
- chambres	-	41	2	1	-	25
Gîtes ruraux/meublés						
- nombre	41	78	86	8	25	1
- chambres	82	221	175	16	52	3
Résidences secondaires	450	494	1 330	202	153	123
Villages vacances						
- nombre	-	1	1	-	-	-
- lits	-	100	600	-	-	-
Campings divers						
- nombre	14	14	9	6	2	-
- emplacements	511	934	623	120	150	-
Colonies de vacances						
- nombre	1	2	4	1	-	-
- lits	80	475	295	30	-	-
Gîtes d'étapes, autres						
- nombre	-	-	-	1	2	-
- lits	-	-	-	19	48	-

Tab. 9 : Capacités d'accueil des communes du bassin versant. Inventaire communal 1988 (INSEE, 1991).

1.1.6. ASSAINISSEMENT

L'assainissement collectif public (Tab. 10) est très développé dans les communes côtières au sud du bassin du Mes et peu étendu à l'intérieur où il ne concerne en général que le centre bourg des communes (Fig. 12). L'assainissement du reste des habitations semble laissé à l'initiative individuelle, et obéit généralement peu aux règles en la matière.

Communes	Procédé d'épuration	Capacité éq./habitant
Assérac	Lagunage aéré	1000
Guérande	Physico chimique (Livery)	218000
Herbignac	Boues activées (bourg)	1500
	Boues activées (Marlais)	450
Mesquer	Station de Guérande (Livery)	-
St-Lyphard	Lagunage aéré (bourg)	1600
	Boues activées (Kerhinet)	200
St-Molf	Pas de station	-

Tab. 10 : Procédé d'épuration des communes du bassin versant (SATESE, 1991).

SCE Ingénieurs Conseils et CSTB (1989) ont identifié la nature des besoins d'assainissement de la presqu'île guérandaise en fonction de l'existant et de la situation géographique des communes :

- pour les communes côtières (Mesquer, Guérande, ...) desservies par la station d'épuration de Livery, les besoins se traduisent par l'amélioration du taux de raccordement et par l'extension du réseau existant.
- pour les communes restantes (Assérac, Herbignac, St Lyphard, St Molf), les besoins concernent les zones d'habitat diffus et se traduisent par des actions de réhabilitation de l'assainissement visant à résorber les nuisances actuelles liées aux défaillances des installations sanitaires individuelles, voire même à leur absence.

L'assainissement collectif peut être mal adapté économiquement, voire même sur le plan hydraulique, à certaines situations : écarts nécessitant de grands linéaires de réseau pour peu d'habitants raccordés, variations saisonnières, absence de relief, présence de nappe phréatique, etc. SCE Ingénieurs Conseils et CSTB (1989) proposent une alternative qui se caractérise par l'évacuation et le traitement des effluents domestiques d'un groupe d'habitations à proximité de leur lieu de production. Il s'agit de l'assainissement autonome regroupé qui apparaît comme une solution intermédiaire entre l'assainissement collectif et l'assainissement individuel, et semble adapté au cas des hameaux éloignés des centres bourgs. Des recherches ont été menées afin de mettre au point une technique dérivée de la filtration sur sable utilisée en assainissement individuel.

L'importance des besoins en assainissement regroupé et individuel a été chiffrée après enquête (Tab. 12), puis les actions prioritaires ont été définies par les élus des communes (Tab. 11). Aux problèmes d'assainissement (écoulements d'eaux brutes dans les fossés, mauvaises odeurs, plaintes de la part des habitants), sont venus s'ajouter des critères économiques (urbanisation future des zones NA, développement du tourisme).

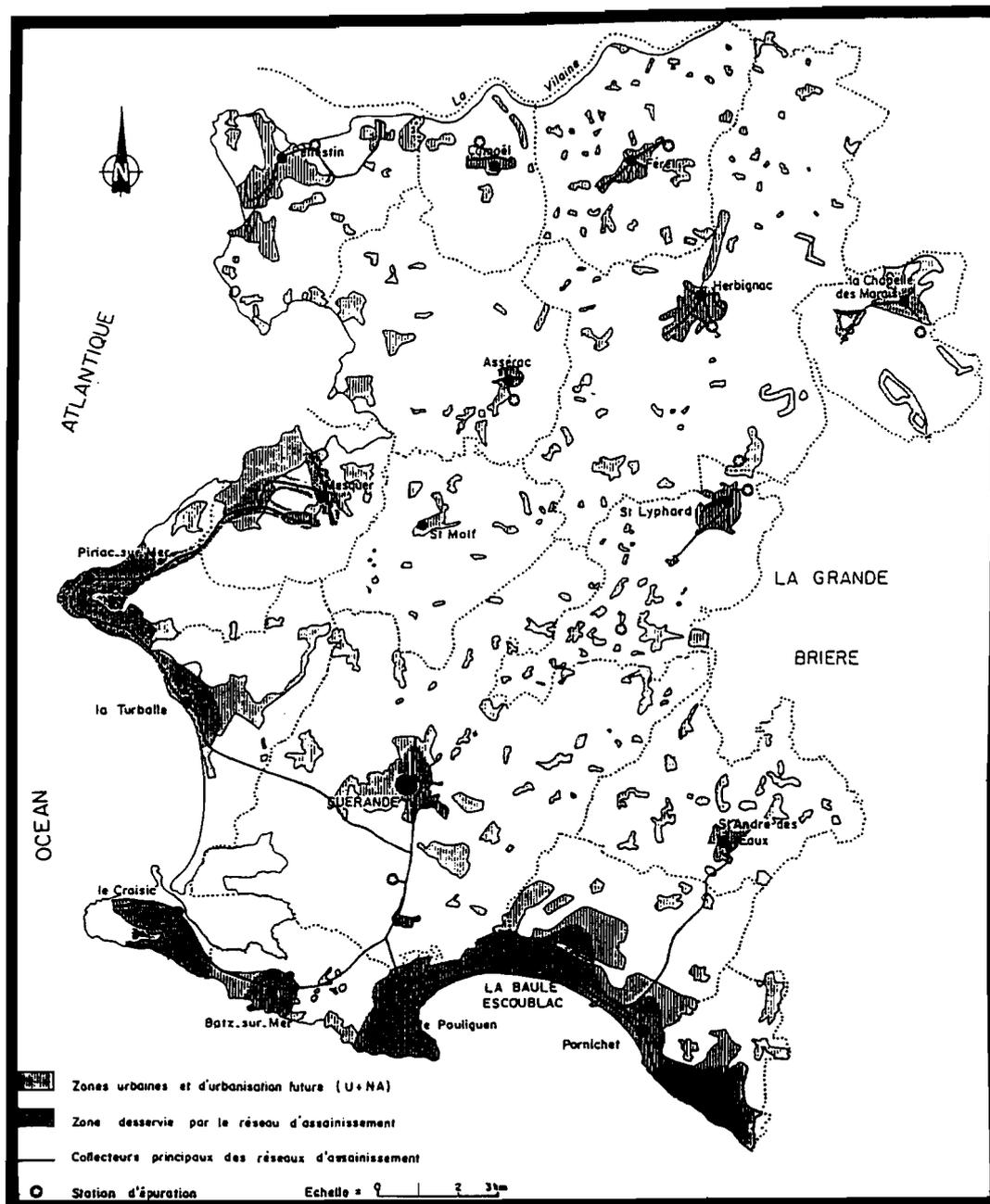


Fig. 12 : P.O.S. et réseau d'assainissement collectif public (SCE et CSTB, 1989).

Communes	Population permanente	Population relevant de l'A.A.R.	Population relevant de l'A.A.I
Assérac	2 000	1 200 60 %	500 25 %
Guérande	11 500	1 500 13 %	500 4 %
Herbignac	3 700	910 25 %	1 000 27 %
Mesquer	1 200	300 25 %	100 8 %
St-Lyphard	3 000	1 300 43 %	/ /
St-Molf	1 200	450 37 %	? ?
TOTAL	22 600	5 660 25 %	2 100

Tab. 11 : Importance des besoins en assainissement autonome regroupé (A.A.R.) et en assainissement autonome individuel (A.A.I.) (SCE et CSTB, 1989).

Communes	Hameaux	Habitants	Milieu récepteur
Assérac	Pen Bé	350	Bassin du Mes
	Pont d'Armes	150	
Guérande	Brézan	200	Bassin du Mes
	La Madeleine	300	
	Bouzaire	80	
Herbignac	Pompas	200	Bassin du Mes
Mesquer	Rostu	200	Bassin du Mes
	Penloc	100	
St-Lyphard	La Madeleine	80	Bassin du Mes
	Kertrait, Kerdogan et	150	
	Mézérac		
St-Molf	Boulay	100	Bassin du Mes

Tab. 12 : Actions prioritaires d'assainissement autonome regroupé (SCE et CSTB, 1989).

Différents projets récents d'assainissement, à Saint-Molf et Guérande, décrivent les travaux réalisés, les projets en cours et les problèmes soulevés.

Commune d'Assérac

Seul le bourg est équipé d'un réseau de collecte et d'assainissement d'eaux usées de type séparatif et d'une station d'épuration (prétraitement – lagunage aéré – bassins de décantation – lagunage de finition), reçoit un volume équivalent à 20 % de l'eau potable distribué (BROSSAULT, 1988). La station d'épuration rejette les effluents traités dans l'étier du petit Arm en amont de Pont Barzin. A l'exception de la zone dunaire de Pont Mahé, le sous-sol n'est pas favorable à l'infiltration des eaux, et dans ce cas les eaux usées rejoignent le réseau superficiel.

Le calcul en équivalent-habitant, basé sur la période estivale, des secteurs concernés par le bassin versant des marais salants donne : bourg d'Assérac (320), Pont d'Armes (109), Pen Bé Mesquery (1 423), Kercouis et Brésibérin (100), soit 1 952 équivalent-habitants pour une capacité d'accueil de l'ordre de 3 354 personnes. A échéance d'une dizaine d'années, les rejets estimés sur ces bases concernerait environ 3 300 équivalent-habitants, soit une augmentation de 69 %. L'avant projet général d'assainissement de la commune d'Assérac (bourg et principaux villages ci-dessus, ainsi que le secteur de Pont Mahé et Caire) présenté par la cellule assainissement de la DDAF de Loire-Atlantique, et qui prend en compte la protection de l'activité conchylicole, propose un réseau séparatif avec lagunage naturel de 60 jours sur 6 ha pour 6 000 équivalent-habitants.

Commune de Saint Molf

La commune de Saint Molf ne possède aucune infrastructure collective et l'assainissement des eaux usées relève de l'initiative individuelle : fosse étanche, fosse septique seule ou avec bac dégraisseur, filtres bactériens, épandage qui ne respectent généralement pas les dispositions fixées par l'arrêté du 3 mars 1982. Par ailleurs les eaux usées, pré-traitées ou non, sont le plus souvent évacuées vers les fossés, lesquels sont busés au niveau des habitations ou des groupements d'habitations. Seules

la salle polyvalente (capacité de 40 équivalent-habitants – mise en service en mai 1989) et la seconde tranche du lotissement du Petit Clin (capacité de 90 équivalent-habitants – mise en service juillet 1990) sont équipées d'une unité d'assainissement autonome regroupé fonctionnant par filtre à sable vertical souterrain (SCE, 1990).

Le réseau de collecte et d'évacuation des eaux pluviales du bourg de Saint Molf qui reçoit les eaux usées domestiques est utilisé comme réseau unitaire. Il évacue l'ensemble des eaux recueillies vers le talweg de Kervocadet, à environ 2 kilomètres de l'étier de Pont d'Armes, par l'étier de Belou qui reçoit la quasi totalité des eaux du bassin versant de la commune.

Les nuisances constatées par ailleurs concernent tous les villages de la commune. Les exutoires des réseaux, placés dans les fossés existants, sont le siège d'écoulements ou de stagnations d'eaux usées dont les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques sont voisines d'un effluent sommairement pré-traité. La pollution générée par les résidents rejoint directement les marais ou l'étier de Pont d'Armes, par un busage de fossé à faible profondeur évacuant également les eaux pluviales. Si la période estivale est favorable à la résorption partielle de la pollution émise dans les fossés, en automne et en hiver cette même pollution transite directement et plus ou moins rapidement, en fonction de la pluviométrie, vers l'étier de Pont d'Armes.

Dans le schéma directeur d'assainissement de la commune de Saint Molf, SCE Ingénieurs Conseils (1990) propose l'assainissement du centre bourg à l'aide d'un réseau séparatif ainsi que des options intégrant les villages proches du secteur de Brohogand et de la Croix de Bois ainsi que les zones urbanisables incluses dans ce périmètre. Le système de traitement des effluents envisagé comporte un dégrillage et dégraissage automatique, un lagunage naturel avec un temps de séjour en phase finale de plus de 70 jours, un traitement de finition par bassin d'infiltration-percolation (SCE, 1993). Ces travaux d'assainissement ont commencé en 1994.

L'assainissement préconisé pour les villages les plus importants, Boulay (128 eq./h.), Théléac/Pendhué (175 eq./h.), Penmont/Mohonna (55 eq./h.), est du type autonome regroupé. Les eaux usées de chaque village sont collectées par un réseau séparatif et traitées sur place à l'aide d'une filière d'assainissement par filtre à sable vertical. Cette filière comprend un dégrillage automatique, un prétraitement des effluents par fosse septique toutes eaux, une bache de reprise pour l'alimentation du filtre à sable vertical compact.

L'assainissement autonome individuel proposé pour les zones d'habitat diffus, consiste en une fosse septique toutes eaux complétée par un dispositif d'épandage sur sol reconstitué (ou avec terre filtrant), et par un drainage de ceinture du champ d'épandage. Ces équipements sont rendus nécessaires du fait de sols généralement très engorgés et de faible épaisseur.

Commune de Mesquer

Le réseau collectif d'assainissement a fait l'objet d'extensions ces dernières années et couvre l'essentiel de la zone urbanisée et des villages de la commune. En mars 1994, ce réseau a été prolongé jusqu'aux villages de Kervarin et de Rosay, jouxtant les marais salants. Seul le secteur de Rostu, en bordure des marais salants, qui comprend tous les villages de Bréhérin à Penloc, est dépourvu d'assainissement collectif. Les rejets traités (individuellement ou non) rejoignent les fossés puis les étiers des marais salants environnants. De tels rejets s'effectuent également dans le secteur de Quimiac et de Kercabellec en bordure des marais bien que le réseau collectif passe à proximité des habitations. Le taux de raccordement calculé en fonction des volumes facturés (assainissement/eau potable) ne dépasse pas 65% pour l'ensemble de la commune (BROSSAULT, 1992).

La cellule assainissement de la DDAF signale quelques défauts de fonctionnement du réseau d'assainissement du SIVOM de la Côte du Pays Blanc, qui regroupe les communes de Mesquer, La Turballe et Piriac-sur-Mer. Hors période estivale, il y a une concordance entre la pluviométrie et le débit total transité, et en cas de très fortes pluies (janvier et février 1988) le réseau principal est saturé. Le réseau étant dimensionné pour des débits de pointe estivale, en l'absence de pluies, les temps de séjour de l'effluent dans les canalisations de refoulement deviennent trop importants. Dans ces conditions l'effluent devient septique, produit de l'hydrogène sulfureux (H_2S). Celui-ci se transforme en acide sulfurique puis attaque les canalisations en ciment, ce qui a provoqué leur effondrement sur deux tronçons à Piriac et Mesquer. Le tronçon proche de la station de Livery appartenant au SIVOM de la Région Bauloise, qui reçoit les eaux usées du SIVOM de la Côte du Pays Blanc et en provenance de Guérande, est saturé aux heures de pointe.

Communes de Saint Lyphard et de Guérande

Un programme d'assainissement concerne trois villages importants : Bouzaire (Guérande), Kerbourg (Saint Lyphard), La Madeleine (Guérande et Saint Lyphard), dont la population totale estimée est d'environ 630 habitants. Le village de La Madeleine possède plusieurs écoles réunissant 32 élèves (SCE, 1992). Les eaux usées, prétraitées (assainissement individuel) ou non, rejoignent le réseau d'évacuation des eaux pluviales (canalisations et fossés), puis l'étier de Mézérac et les marais du Mes, contribuant ainsi à la dégradation de la qualité du réseau hydrographique. Des travaux d'assainissement envisagés sur 5 ans, prennent en compte la population future estimée en l'an 2 000 à environ 800 habitants.

La filière de traitement proposée par SCE Ingénieurs Conseils (1992), qui doit être compatible avec les moyens financiers d'une petite collectivité et les objectifs de qualité des eaux conchylicoles en baie de Pen Bé, comprend un dégrillage/dégraissage, un lagunage aéré, un bassin de décantation, un bassin d'infiltration-percolation. Le rejet s'effectue dans un ruisseau intermittent, où un débit instantané de 5 l/s a été mesuré en février 1992, et qui rejoint l'étier de Mézérac. Le projet de construction de la station d'épuration (800 éq./h.) a été examiné au conseil départemental d'hygiène à Nantes en janvier 1994, et la demande d'autorisation de rejet a reçu un avis favorable.

D'autres rejets polluants peuvent provenir de très nombreux villages dispersés en amont de ces trois villages qui représentent cependant la plus forte concentration de population du bassin versant des deux principaux ruisseaux se jetant dans l'étier de Mézérac.

1.2. TYPES DE POLLUTION

Dans une étude réalisée sur 10 stations de mesure du 26 juin au 11 septembre 1985, la DDASS de Loire-Atlantique (1988) met en évidence des contaminations bactériennes importantes dans la partie aval de l'étier de Pont d'Armes, et très élevées dans sa partie amont à partir du confluent avec l'étier de Sarre et au-delà des marais de Pompas. Les valeurs trouvées, 10^4 à 10^6 coliformes fécaux/100 ml d'eau, sont proches de celles couramment admises dans les eaux usées brutes. Cette médiocre qualité des eaux semble avoir pour origine les rejets en provenance de la laiterie d'Herbignac, dont le système d'assainissement est défectueux, auxquels viennent s'ajouter les rejets des villages situés de part et d'autre de l'étier principal et de ses affluents.

L'étude de la pollution des eaux du bassin versant des marais du Mes a fait l'objet de plusieurs travaux de la part du Service Régional de l'Aménagement des Eaux des Pays de la Loire (SRAE) :

- évolution longitudinale de la qualité des eaux de l'étier de Pont d'Armes en 1984, 1985 et 1988.
- bilan de la pollution de la station d'épuration de la laiterie de la Presqu'île en 1988.
- étude de la qualité des eaux du bassin versant en aval de Pont d'Armes et réactualisation des données en 1988, lors d'un suivi effectué sur 8 mois.

Parmi certains paramètres, physico-chimiques et hydrobiologiques, mesurés sur 29 stations de prélèvements figurent les paramètres bactériologiques (coliformes fécaux et streptocoques fécaux).

Les études effectuées par le SRAE montrent que :

- le rejet de la laiterie de la Presqu'île, seul établissement industriel important présent dans le secteur dont la production est orientée vers le lait en poudre et la caséine, représente un flux de pollution en matières organiques largement prédominant sur le bassin versant ;
- la pollution bactériologique est essentiellement d'origine urbaine et domestique et provient des rejets ponctuels ou permanents d'eaux usées dans les fossés et ruisseaux et dans les réseaux pluviaux ;
- les rejets d'origine agricole sont représentés principalement par des apports diffus (lessivage des sols) et les rejets ponctuels des bâtiments d'élevage.

Les contaminations bactériologiques d'origine agricole, peu recensées, semblent faibles. Mais elles peuvent être parfois importantes, notamment quand les ruissellements en provenance des étables ou des champs d'épandage sont situés à proximité des fossés ou des ruisseaux se jetant dans les marais contigus, notamment de Trélogo à Pont d'Armes (Assérac).

Le secteur en aval de Pont d'Armes, ainsi que les étiers secondaires étant sous influence marine permanente, y compris à marée descendante, les eaux sont relativement de bonne qualité sur le plan physico-chimique. La dilution par les eaux marines élimine les risques d'enrichissement des eaux en matière organique et assure une oxygénation correcte des eaux dans les étiers.

Des campagnes de prélèvements d'eaux polluées en avril et juin 1988 à différents coefficients et conditions de marée, ont permis de déterminer l'étendue de l'impact du rejet de la laiterie et de comparer les concentrations en matière organique mesurées sur les étiers affluents de l'étier de Pont d'Armes. Les résultats obtenus montrent que le rejet de la laiterie d'Herbignac n'entraîne pas de déclassement de la qualité des eaux, évaluée en fonction des critères de qualité des eaux douces, en aval du cours de l'étier de Pont d'Armes (SAUNIER et SRAE, 1989). Ces mesures ont été effectuées sur 15 stations de prélèvements situées sur l'étier de Pont d'Armes de la laiterie au Frostidié. En avril 1988, jusqu'à sa confluence avec les étiers de Mézérac, le ruisseau puis l'étier de Pont d'Armes sont jugés hors classe en niveau global du fait des apports en azote ammoniacal et en phosphore (forme minérale prépondérante), et de la carence en oxygène dissous, conséquences du rejet de la laiterie d'Herbignac, non conforme aux normes préfectorales.

Le rôle des marées, plus que celui de la dilution par les apports d'eaux douces dûs aux étiers secondaires, qui présentent eux-mêmes une médiocre qualité (étiers d'Assérac et de Belou), limite vraisemblablement l'impact du rejet de la laiterie. En période de vives-eaux, la limite de l'impact direct du rejet de la laiterie se situe à Pompas. En mortes-eaux, une translation vers l'aval est observée jusqu'à Pont d'Armes. Ensuite, les apports d'eau de mer sont tels que les paramètres mesurés respectent les normes appliquées aux eaux douces (SAUNIER et SRAE, 1989). La pollution bactérienne de la laiterie

est rapidement atténuée jusqu'à Pompas où les valeurs mesurées dans l'eau sont inférieures au seuil de détection.

Depuis ces études, la laiterie d'Herbignac (EURLAL SICA S.A.) a présenté une demande d'extension de ses ouvrages d'épuration d'eaux usées et un arrêté du 14 mars 1991 de la Préfecture de Région définit les conditions à respecter pour la prévention de la pollution des eaux. La station d'épuration, mise en service en mars 1990, a une capacité nominale de rejet de 700 m³/jour soit 30 000 équivalent-habitants. En période d'étiage, de juin à octobre, aucun rejet direct n'est autorisé dans le ruisseau rejoignant le bassin du Mes, et la totalité des eaux sortant de la lagune naturelle doit faire l'objet d'un épandage agricole. Celui-ci doit se faire dans des conditions telles qu'un ruissellement en dehors des champs d'épandage ne puisse se produire. Il est interdit à moins de 35 mètres d'un cours d'eau.

Le SATESE (Service d'Assistance Technique aux Exploitants de Station d'Épuration), dans son rapport annuel d'activité de 1991, conclut à un bon fonctionnement de la station d'épuration de la laiterie, mais signale une charge organique importante et une surcharge hydraulique constante avec une moyenne mensuelle d'effluents traités de 818 m³/jour.

Le SRAE a mesuré l'impact des principaux rejets sur le milieu, à des périodes caractéristiques, au moyen de 2 campagnes de prélèvements :

- lors d'un épisode sec avec une population maximale (1^{er} et 2 août 1988) ;
- lors d'un épisode pluvieux (30 novembre et 1^{er} décembre 1988).

L'examen des résultats analytiques montre que les principaux rejets répertoriés sur le bassin versant sont représentés par des hameaux non ou mal assainis, et que la localisation de ces rejets reproduit assez bien la densité de l'habitat. D'autres rejets non répertoriés sont visibles le long des étiers à Quimiac et Kercabellec à proximité des hameaux.

La rive gauche de l'étier de Pont d'Armes présente le plus grand nombre de rejets répertoriés (Fig. 13). Les rejets principaux sont caractérisés, lors de ces campagnes de prélèvements, par des concentrations élevées en matière organique (SAUNIER et SRAE, 1989). Les mesures bactériologiques confirment les résultats obtenus sur les paramètres chimiques et montrent l'importance des concentrations mesurées dans les étiers secondaires du secteur sud du traict de Mesquer (9,3.10⁶ à Kervarin, 2,4.10⁶ à Fontaine Bras, Mesquer, puis 1,5.10⁶ à Boulay et 7,5.10 à Quifistre, Saint Molf). Ces étiers secondaires sont en effet situés en zone d'habitat relativement dense, et sont le récepteur direct de nombreux effluents domestiques (rejets urbains et hameaux mal assainis), que le phénomène de marée n'arrive pas à diluer totalement. Par ailleurs, l'ensemble des étiers soumis à l'influence marine présente une bonne qualité physico-chimique. Ces résultats sont confirmés par le suivi mensuel de la qualité des étiers effectué au port de Kercabellec, au Frostidié et à Pont d'Armes (COEL, 1992 et 1993).

Certains rejets de la commune d'Assérac, dont quelques-uns se déversent directement dans le traict de Pen Bé, sont régulièrement suivis par la DDASS (1991 ; 1993 ; 1994). Ils présentent des pics importants de pollution consécutifs au dysfonctionnement des installations d'assainissement autonome des habitations, notamment en période estivale. Selon la DDASS, il est probable qu'aucune amélioration ne puisse être apportée à la qualité des rejets, qui s'est dégradée sur la période 1990-1993, sans le concours d'un raccordement à un réseau collectif d'assainissement.

1.2.1. CONCLUSION

La pollution bactérienne apportée par la laiterie d'Herbignac, et mesurée à Pompas par SAUNIER et SRAE (1989), est inférieure au seuil de détection. Cependant, le SATESE signale une surcharge hydraulique importante malgré l'extension en 1990 des ouvrages d'épuration des eaux usées de la laiterie.

Les résultats obtenus par le réseau de surveillance de la DDASS, concernant les rejets littoraux, confirment ceux obtenus lors d'études antérieures sur l'origine des pollutions et l'amélioration des réseaux d'assainissement collectif et individuel :

- la pollution bactériologique est essentiellement d'origine urbaine et domestique (bourgs, nombreux hameaux et villages mal assainis) et provient des rejets ponctuels et permanents d'eaux usées dans les réseaux pluviaux, les fossés et les ruisseaux ;
- les contaminations bactériologiques d'origine agricole sont plus ponctuelles, mais peuvent avoir une incidence importante en période de pluie, car des bâtiments d'élevage ou des champs d'épandage sont situés à proximité de fossés et ruisseaux se déversant dans les marais contigus.

Les zones de marais littoraux sont des milieux fragiles et très sensibles aux diverses pollutions, et des risques importants pèsent alors sur la qualité des eaux à vocation conchylicole. En effet, les coquillages (bivalves filtreurs) concentrent les particules et les microorganismes (bactéries, virus, parasites) présents dans l'eau. La mise en place d'importantes mesures de protection sanitaire autour des zones à vocation conchylicole, comme le recommande le Groupe d'Etude et de Programmation de l'Equipement (1980) paraît indispensable :

- bande de protection autour des marais,
- développement de l'assainissement collectif et épuration efficace des eaux usées des habitations dispersées à proximité des marais (fosse toutes eaux, filtre à sable, lagunes ou raccordement au réseau collectif),
- suppression de tout rejet direct vers les ruisseaux et étiers,
- élaboration d'une politique d'objectifs de qualité des eaux à l'échelon du bassin hydrographique.

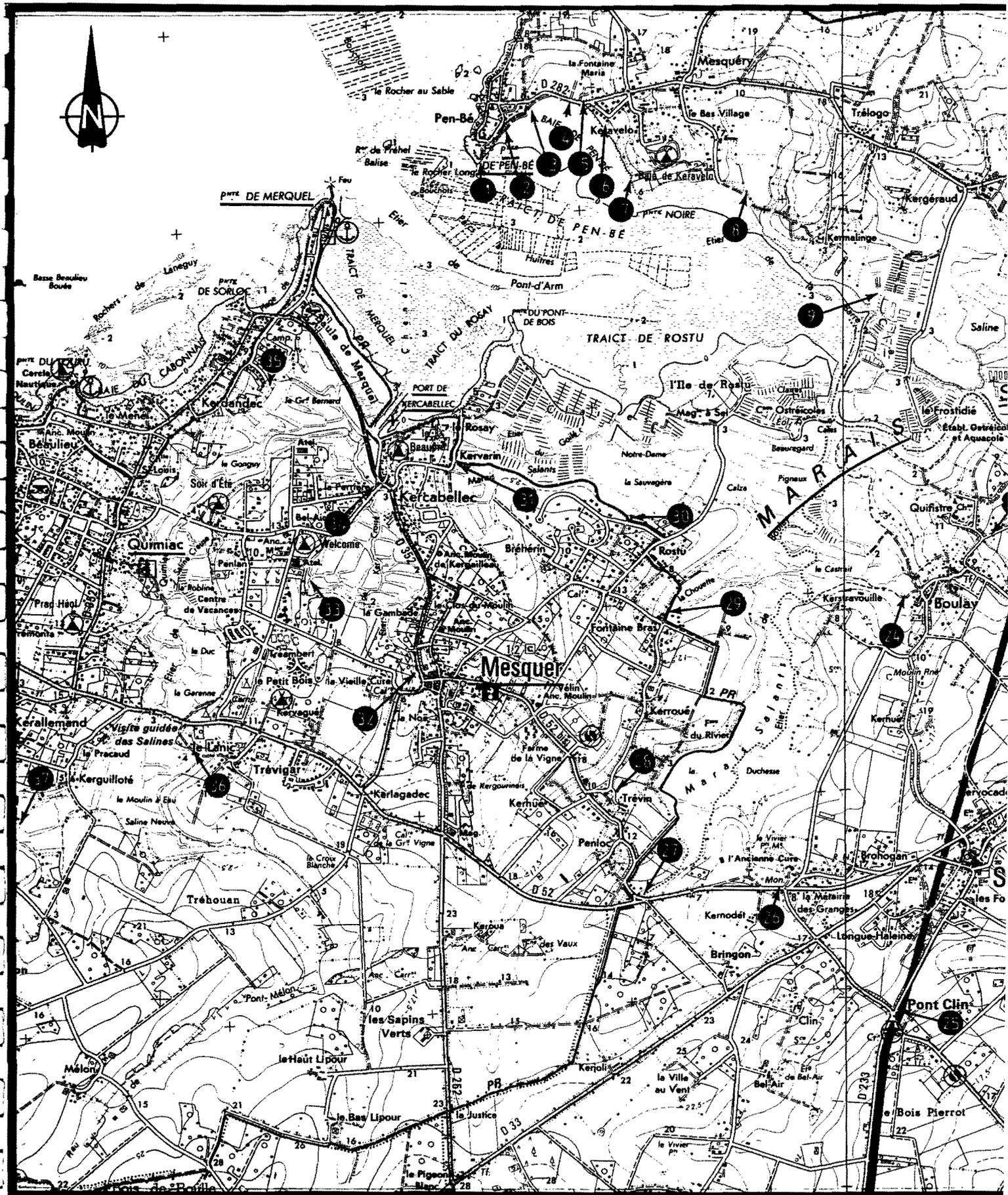
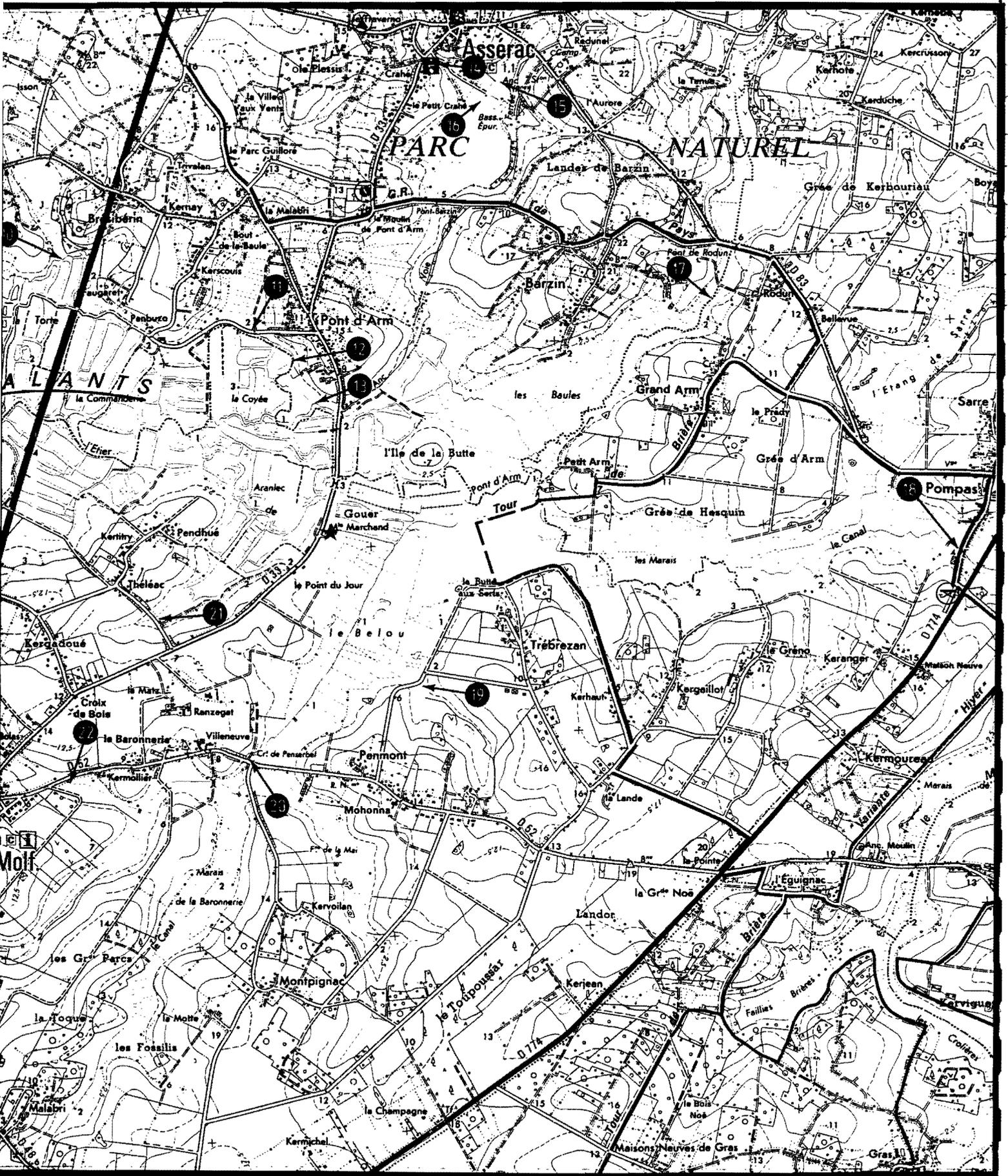


Fig. 13 : Localisation des rejets du bassin versant du Mes d'après SAUI



R et SRAE (1989), DDASS (1991) et COEL (1990), (Carte IGN au 1/25 000).

2. ETUDES MICROBIOLOGIQUES

2.1. MATERIEL ET METHODES

2.1.1. NORMES DE SALUBRITE

Les normes de salubrité des zones conchylicoles, précédemment définies par l'arrêté du 12 octobre 1976, sont maintenant caduques. Les résultats obtenus lors des différentes études des marais du Mes sont donc interprétés en fonction des nouvelles normes.

La directive du conseil (91/492CEE) du 21 juillet 1991 (Annexe 2) fixe les règles sanitaires régissant la production, c'est-à-dire les sites d'élevage et les gisements naturels, ainsi que la mise sur le marché des mollusques bivalves vivants. Elle définit les exigences de qualité concernant les contaminants microbiologiques, chimiques et les biotoxines marines. Pour satisfaire à ces critères de qualité, des dispositions particulières sont en cours d'adoption par la réglementation française, dans l'arrêté relatif au classement de salubrité et à la surveillance des zones de production et des zones de reparcage des coquillages vivants, dont la publication est en cours (POGGI, com. pers.). Cet arrêté est pris en application du décret (94/340) du 28 avril 1994, relatif aux conditions sanitaires de production et de mise sur le marché des coquillages vivants (Annexe 3).

En ce qui concerne la microbiologie, la salubrité des eaux conchylicoles est déterminée par la recherche et le dénombrement des germes témoins de contamination fécale (coliformes fécaux) présents dans les coquillages vivant au lieu considéré, et le classement de salubrité est effectué de la manière suivante :

- zone A : au moins 90 % des résultats sont inférieurs à 300 C.F./100 ml, et aucun résultat supérieur à 1 000 C.F./100 ml ;
- zone B : au moins 90 % des résultats sont inférieurs à 6 000 C.F./100 ml, et aucun résultat supérieur à 60 000 C.F./100 ml ;
- zone C : au moins 90 % des résultats sont inférieurs à 60 000 C.F./100 ml ;
- zone D : résultats dépassant les critères exigés pour les zones A, B, C.

Afin de tenir compte des fluctuations naturelles dans la charge microbienne des eaux marines, l'évaluation de la contamination s'effectue sur au moins 26 prélèvements échelonnés sur une durée minimale d'une année.

L'arrêté qui sera pris en application du décret (94/340) du 28 avril 1994, pour la mise en marché des coquillages, indique que ceux-ci ne peuvent être expédiés à la consommation humaine directe que s'ils contiennent moins de 300 C.F./100 g de chair et de liquide intervalvaire et s'ils sont exempts de salmonelle dans 25 g de chair et de liquide intervalvaire. La recherche des salmonelles est effectuée en cas de pics de contamination ou de pluviométrie importante dans le cadre du réseau REMI de surveillance bactériologique d'IFREMER avec pour objectif la protection du consommateur (MIOSSEC, 1990). Dans le cadre des études des marais du Mes, les salmonelles sont donc recherchées systématiquement dans les échantillons de coquillages afin de mesurer leur fréquence et leur répartition dans un milieu saumâtre sujet à des pollutions régulières.

2.1.2. METHODES D'ANALYSE

Les méthodes d'analyses bactériologiques des coquillages en usage à l'IFREMER sont décrites par HERVE (1992).

Les coliformes fécaux

Le dénombrement se fait en milieu liquide (bouillon lactosé bilié au vert brillant) par la méthode à 3 tubes et 3 dilutions, dont l'interprétation numérique est donnée par la méthode du "Nombre le plus probable" (NPP) de coliformes fécaux trouvés dans 100 g ou 100 millilitres de chair de coquillages et de liquide intervalvaire.

Les salmonelles

La recherche des salmonelles porte sur 25 g de chair et de liquide intervalvaire et nécessite 4 phases successives :

- pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide,
- enrichissement en milieu sélectif liquide,
- isolement sur des milieux sélectifs solides,
- confirmation biochimique et sérologique.

L'identification sérotypique des salmonelles est effectuée au laboratoire IFREMER/DEL/MIC ou au laboratoire central d'hygiène alimentaire (LCHA).

2.1.3. CHOIX DU COQUILLAGE DE REFERENCE

La majorité des demandes d'ouverture de prise d'eau émanent de paludiers souhaitant élever des palourdes, dans des zones parfois très éloignées de l'estran. Seule une faible partie des claires à huîtres, situées en bordure de l'estran, est exploitée pour le verdissement des huîtres en fin d'année.

Le choix de la palourde *Ruditapes philippinarum*, coquillage filtreur dépositore et espèce en développement dans les marais, s'impose du fait de sa résistance aux forts taux de salinité des vasières salicoles l'été (> 40 g/l), ainsi qu'à la dessalure (< 5 g/l) en période hivernale. De plus, la palourde, du fait de son mode de vie, se contamine plus que l'huître ou la moule, et permet de déceler plus aisément les flux de pollution, et de mesurer le niveau maximal de contamination bactériologique.

2.1.4. AUTRES VARIABLES RECUEILLIES

Des mesures de densité (densimètre) et de température (thermomètre à mercure) sont faites *in situ* dans l'eau prélevée immédiatement au-dessus des filets de palourdes avant les prélèvements des coquillages. La salinité est obtenue en se reportant à la table de LEROY *et al.* (1977).

Un paramètre supplémentaire, la turbidité, a été ajouté pour la deuxième et la troisième partie de l'étude. Il est mesuré à l'aide du turbidimètre HACH 2100 A, et les résultats sont exprimés en unités de turbidité néphélométrique (NTU). Au cours de la troisième partie de l'étude, la température et la salinité sont mesurées au moyen du conductimètre WTW LF-196.

La hauteur journalière des précipitations en 1/10 mm est mesurée à la station météorologique de Mesquer (Annexe 1).

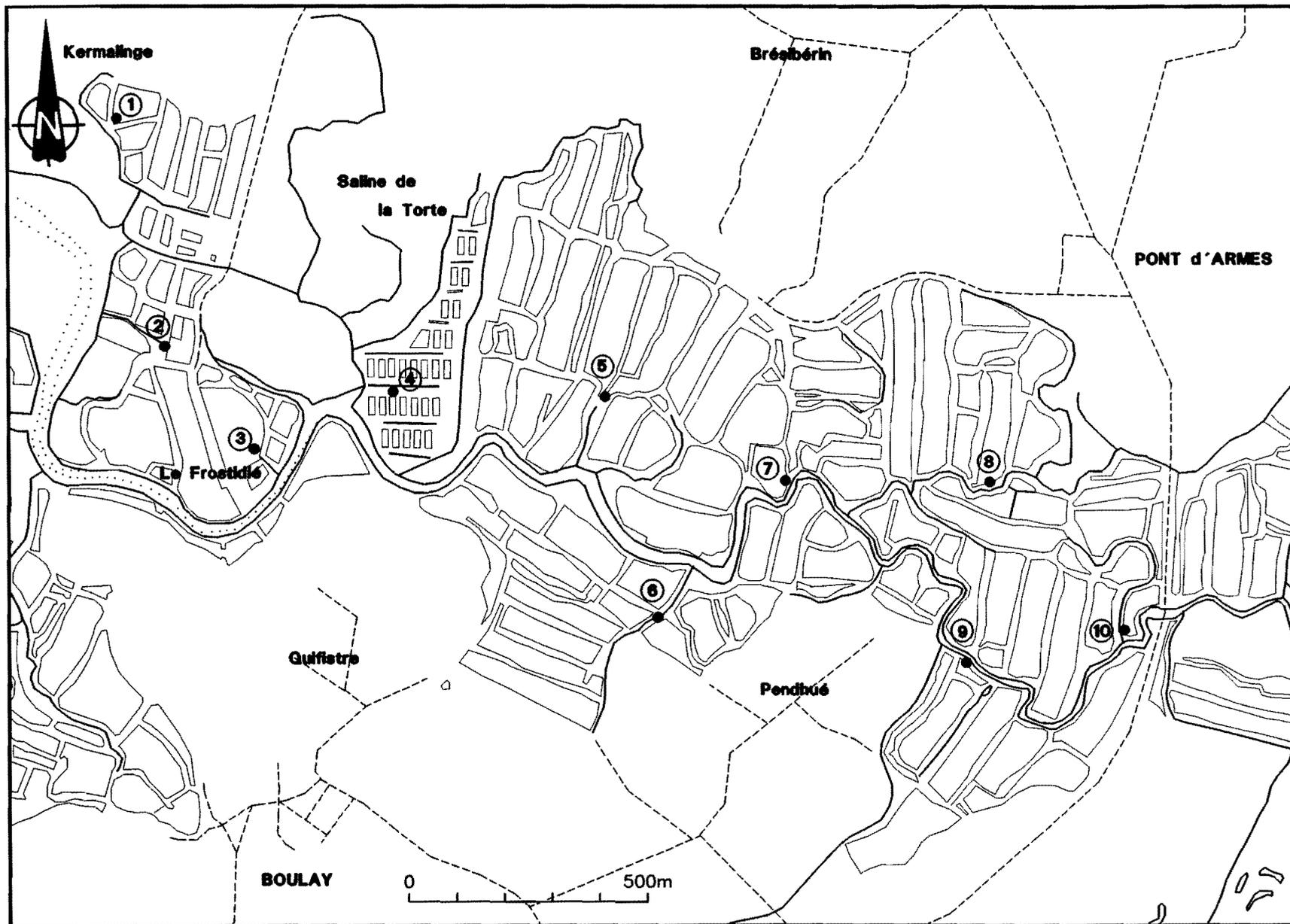


Fig. 14 : Plan de localisation des stations de prélèvements dans les marais du Mes - Assérac (Loire-Atlantique).

2.2. ETUDE DU SECTEUR DU FROSTIDIE A PONT D'ARMES (ASSERAC)

2.2.1. POSITIONNEMENT DES STATIONS ET PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS

Description du secteur étudié

La zone de marais concernée par l'étude, à usage aquacole et salicole, est délimitée avec précision, sur une carte IGN au 1/25 000, lors de visites de terrain. L'usage de chaque portion de marais est noté (élevage de palourdes, claires à huîtres, marais salicole, friche). Le relevé des niveaux atteints par l'eau, lors des plus faibles coefficients de pleine mer, a été effectué.

Le secteur d'étude, qui constitue une unité géographique d'environ 262 ha, est réparti sensiblement à part égale sur les communes de Saint Molf et Assérac. Il est irrigué principalement par l'étier de Pont d'Armes, qui reçoit quelques petits affluents d'eau douce, puis par les étiers de la Torte et de la Coyée.

Trois établissements ostréicoles, avec d'importantes claires à huîtres (20,78 ha), sont situés en bordure de l'estran, ainsi qu'une écloserie disposant de claires aquacoles (4,36 ha). Le reste des marais salants est exploité pour la production du sel, excepté une partie à Pendhué, utilisée pour la production de palourdes (2,38 ha).

Les marais salants, environ 30 ha, situés au-delà du pont sur la D 33, ne sont pas exploités pour des raisons hydrauliques, et sont donc exclus de l'étude.

Positionnement des stations de prélèvements

Le plan de sondage choisi est un échantillonnage systématique. Le nombre de stations de prélèvements retenu (10), est un compromis qui prend en compte les zones déjà exploitées et les possibilités d'extension par des prises d'eau dans les étiers secondaires.

La répartition spatiale des stations de prélèvements ($n = 10$) dans les marais ($S = 262$ ha) est faite en calculant la maille $p = \sqrt{S/n}$, soit 512 arrondis à 500 mètres. Un quadrillage sur une carte des marais au 1/25 000 permet de fixer une station dans un premier carré de côté égal à p , à proximité de la prise d'eau du marais ou de l'étier d'alimentation. Toutes les autres stations sont équidistantes, et numérotées de 1 à 10 (Fig. 14). Les palourdes, environ 1-2 kg par station, sont déposées sur la vase au fond de la claire, dans un filet plastique (0,15 m²) relié à un piquet, 2 semaines avant les premiers prélèvements. Le stock de palourdes est ensuite renouvelé, dans les mêmes conditions, au fur et à mesure des besoins.

Prélèvements

La recherche systématique des salmonelles nécessite de prélever les coquillages le lundi. Les 26 séries de prélèvements sont effectuées, en principe tous les 14 jours, entre 2 périodes de grandes marées, car les claires, pour la plupart, ne peuvent être alimentées qu'en vives-eaux.

A chaque station, 12 palourdes sont prélevées puis soigneusement lavées sur place et placées dans un sachet numéroté. Les prélèvements sont stockés en glacière isotherme avec accumulateur de froid, puis acheminés au laboratoire dans les heures qui suivent. Les analyses sont effectuées dès le lendemain matin.

2.2.2. TRAITEMENT DES DONNEES

2.2.2.1. Méthodes

Le descripteur quantitatif ou paramètre sur lequel va porter l'avis final, est la concentration en coliformes fécaux (NPP) mesurée dans 100 ml de chair de palourdes et de liquide intervalvaire. Les données brutes sont fournies en annexe 5.

La présence des salmonelles (descripteur qualitatif), ou leur absence sera un élément permettant d'affiner cet avis final. Ces germes à pouvoir pathogène sont indicateurs d'un risque sanitaire.

Description des résultats par station et saison

Le calcul des fréquences relatives et des pourcentages correspondants est effectué par station et saison en fonction des classes de contamination définies par l'arrêté en cours de publication, et la contamination moyenne par station est également indiquée.

Résultats synthétiques de la contamination par date

Les 26 séries de prélèvements sont présentées sur un graphique indiquant les moyennes de concentration en coliformes fécaux et leurs écarts-types par date de prélèvement.

Impact de la pluviométrie

Le temps de réponse du bassin versant de Pont d'Armes est de l'ordre de 24 heures à la suite d'une pluie de 10 millimètres (PAUMIER, 1986). Un délai légèrement supérieur ($j - 2$ au lieu de $j - 1$) est donc utilisé, les prélèvements étant généralement effectués en début de matinée. D'autre part, le cumul des précipitations est effectué sur 3 jours afin de mesurer l'impact de certaines pluies inférieures à 10 millimètres, pouvant parvenir dans les étiers grâce aux faibles pluies des jours précédents.

Dans le cas où l'échantillon de palourdes est prélevé dans l'étier, la description de l'évolution comparée de la contamination fécale par station au jour j est donc effectuée et en fonction du cumul des précipitations sur 3 jours (de $j - 2$ à $j - 4$).

Lorsque l'échantillon de palourdes est prélevé dans une claire ou une vasière salicole, le cumul des précipitations sur 3 jours (de $j' - 2$ à $j' - 4$) tient compte des dates effectives de prise d'eau et des coefficients de marée nécessaires à l'alimentation des claires.

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la pluviométrie

Il s'agit du test de χ^2 dit "test d'indépendance" (SCHWARTZ, 1963). Les résultats bactériologiques sont répartis en trois classes après transformation logarithmique ($a \leq 2$; $2 < b \leq 3$; $c > 3$), et en deux catégories (précipitations inférieures et supérieures à 11 mm). La répartition est faite sur la base d'une précipitation cumulée de 11 mm car l'observation des graphiques (Fig. 18 à Fig. 20) montre des concordances avec les pics de contamination bactérienne à ce niveau de pluviométrie. Cette répartition sera également utilisée pour les études suivantes.

A partir du tableau de contingence à 2 lignes (classes de précipitation) et 3 colonnes (classes de contamination), l'effectif pour chaque case est calculé sous l'hypothèse d'indépendance des variables, puis le χ^2 pour l'ensemble des cases. Le χ^2 obtenu est comparé à la valeur indiquée par la table au risque $\alpha = 5 \%$ pour le nombre de degré de liberté.

Impact de la marée

Les variations journalières des contaminations sont mesurées sur l'ensemble des stations par des prélèvements effectués sur 5 jours consécutifs, en vives-eaux et en mortes-eaux.

2.2.3. RESULTATS

Le déroulement de l'étude a été légèrement perturbé par quelques vols d'échantillons (stations 5, 6, 9 et 10) et par des mortalités de palourdes dues à des fortes salinités (stations 5, 6, 8, et 10) ou à l'envasement (station 2).

2.2.3.1. Contamination bactériologique par station

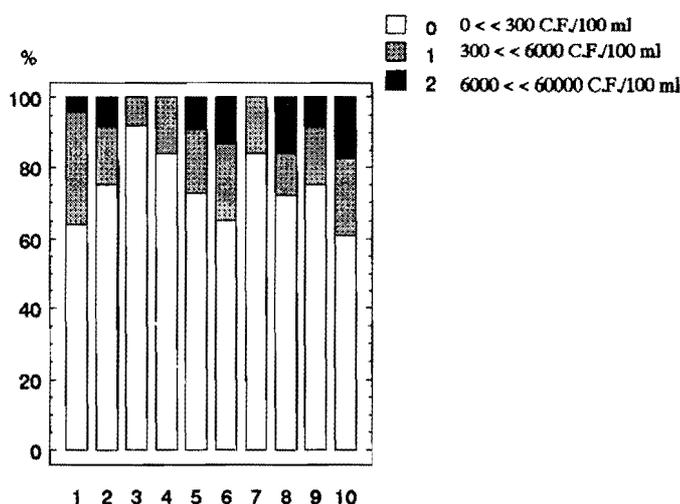


Fig. 15 : Histogramme des fréquences relatives des classes de contamination des 10 stations.

Les stations 3, 4 et 7 sont faiblement contaminées, avec respectivement 92 %, 85 % et 81 % des résultats inférieurs à 300 C.F./100 ml. Seule la station 3 respecte strictement la norme de classement en catégorie A. Les stations 4 et 7 sont soumises à quelques pics de contamination inférieurs à 6 000 C.F./100 ml et se classent en B. Les autres stations ont toutes des pics de contamination supérieures à 6 000 C.F./100 ml, et se classent en B, exceptés les stations 6, 8, 9 et 10 qui se classent en C car seulement 83 à 88 % des résultats sont inférieurs à 6 000 C.F./100 ml.

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne
n	25	24	25	25	22	23	25	25	24	23	-
\bar{x}	1.96	2.13	1.61	2.03	2.05	2.43	1.90	2.35	2.10	2.52	2.11
s	0.89	0.95	0.53	0.73	0.98	0.81	0.66	0.99	0.98	0.98	0.85
c.v.	45.22	44.50	33.18	35.80	47.85	33.53	34.98	42.32	46.73	38.84	40.29

Tab. 13 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficients de variations (c.v.) des mesures (n) des 26 séries de prélèvements aux 10 stations.

Il y a peu de différence entre les niveaux de contamination, calculés en faisant la moyenne des résultats exprimés en logarithme de la concentration en coliformes fécaux ($\log(\text{C.F./100 ml})$), obtenus sur l'ensemble des séries de prélèvements (Tab. 13), mais les stations 6, 8, et 10 semblent les plus polluées. L'ensemble de la zone correspond à un classement B, car globalement 25,4 % des résultats (63 sur 248) sont supérieurs à 300 C.F./100 ml, sans résultat supérieur à 60 000 C.F./100 ml.

Le taux de présence de *Salmonella* (1,7 %) mesuré dans 24 séries de prélèvements de palourdes (229 analyses) est peu élevé. Les stations concernées figurent parmi les plus proches des sources de contamination.

Date	Station	Salmonelles	C.F./100 ml
26.11.90	9	<i>S. stanley</i>	2 760
10.12.90	6	<i>S. newport</i>	900
07.01.91	9	<i>S. stanley</i>	258
09.09.91	8	<i>S. spp</i>	41 400

Tab. 14 : Résultats des recherches de salmonelles aux 10 stations de prélèvements.

Les *Salmonellae* identifiées (Tab. 14) sont peu fréquemment isolées chez l'homme : de 1 à 4% pour *S. stanley* et *S. newport* en 1988–1989 (PLUSQUELLEC, 1990). *S. arizonae* provient essentiellement des animaux à sang froid.

2.2.3.2. Contamination bactériologique par saison

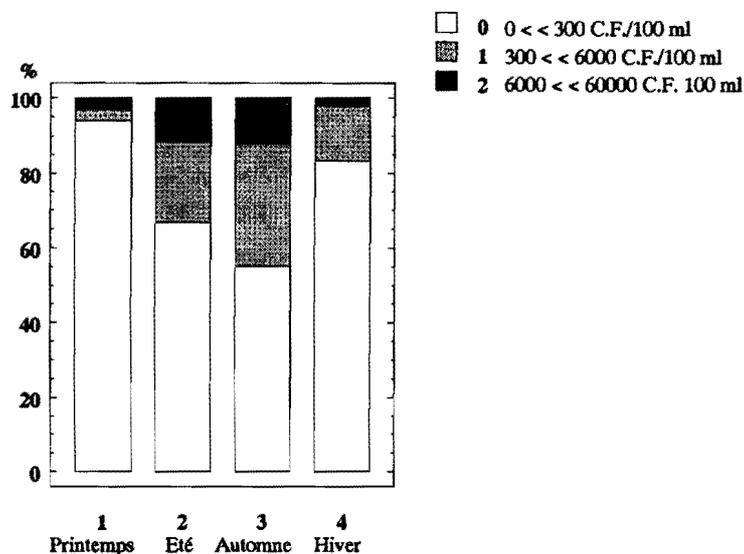


Fig. 16 : Histogramme des fréquences relatives des classes de contamination par saison.

La pluviométrie, mesurée chaque jour sur la station météorologique de Mesquer et exprimée en fonction des saisons est la suivante :

- printemps 1991 : 149,1 mm
- été 1991 : 74,6 mm.
- automne 1990 : 364,4 mm
- hiver 1990–1991 : 250,8 mm

Le printemps et l'hiver sont les saisons présentant les plus faibles contaminations avec respectivement 93,9 % et 83,3 % des résultats inférieurs à 300 C.F./100 ml. La saison estivale 1991 particulièrement sèche et l'automne 1990 très pluvieux sont les moins salubres : 34,8 % des résultats supérieurs à 300 C.F./100 ml en été et 43,1 % en automne. La pluviométrie mesurée, pendant la durée de l'étude à la station de Mesquer, soit 838,8 mm, est supérieur à la moyenne annuelle calculée de 1986 à 1991, soit 760,3 mm (Annexe 1, Tab. A7).

2.2.3.3. Contamination bactériologique par date de prélèvements

La figure 17 montre une faible contamination de février à début juin, puis une élévation progressive des contaminations moyennes de juin à début septembre, puis une baisse de septembre au début de février. Le 9 septembre la contamination moyenne calculée sur les 10 stations de prélèvements atteint 3,6 unités logarithmiques, soit environ 4 000 C.F./100 ml.

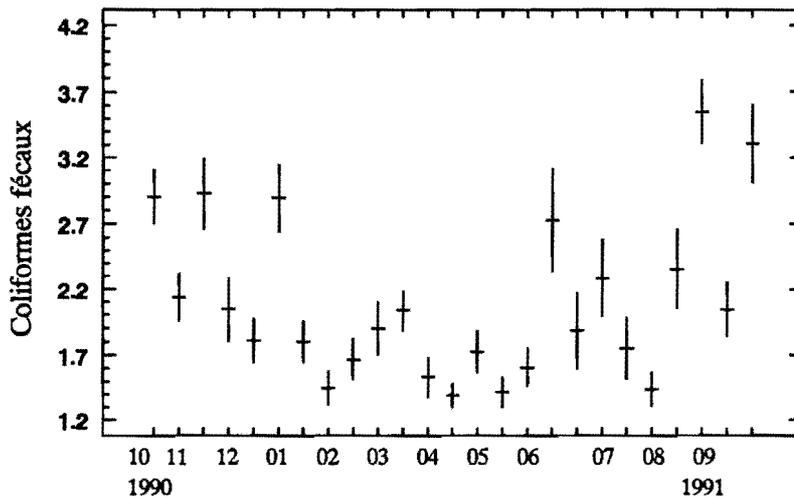


Fig. 17 : Moyenne et écarts-types de la contamination bactérienne (log C.F./100 ml) par date aux 10 stations de prélèvements.

2.2.3.4. Impact de la pluviométrie

Les résultats sont exprimés sous forme de graphiques par date de prélèvements avec en ordonnée le logarithme de la concentration en coliformes fécaux pour 100 ml (à gauche), et la pluviométrie cumulée sur 3 jours en 1/10 mm (à droite) pour les stations faisant apparaître une telle relation.

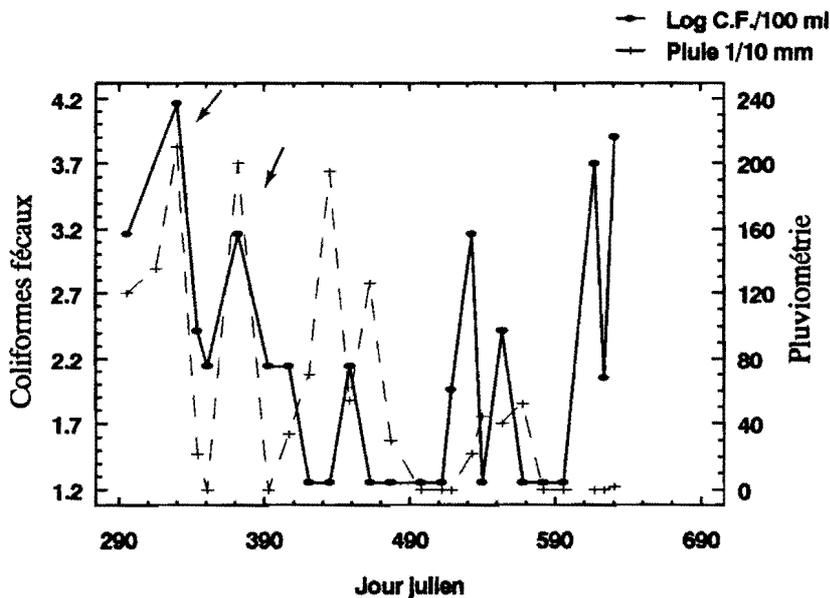


Fig. 18 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 3 jours - station 2

Pour la station 2 (Fig. 18), 2 pics de contamination font suite à une pluviométrie cumulée respectivement de 21 mm le 26 novembre 1990, et de 20 mm le 7 janvier 1991. Des pics de contamination apparaissent après les marées de vives-eaux en juin et septembre 1991, à la suite d'une pluviométrie cumulée négligeable ou nulle.

La prise d'eau de cette claire, inexploitée durant l'étude, est équipée d'une vanne, ouverte en permanence, permettant l'alimentation et la vidange complète à tout coefficient de marée.

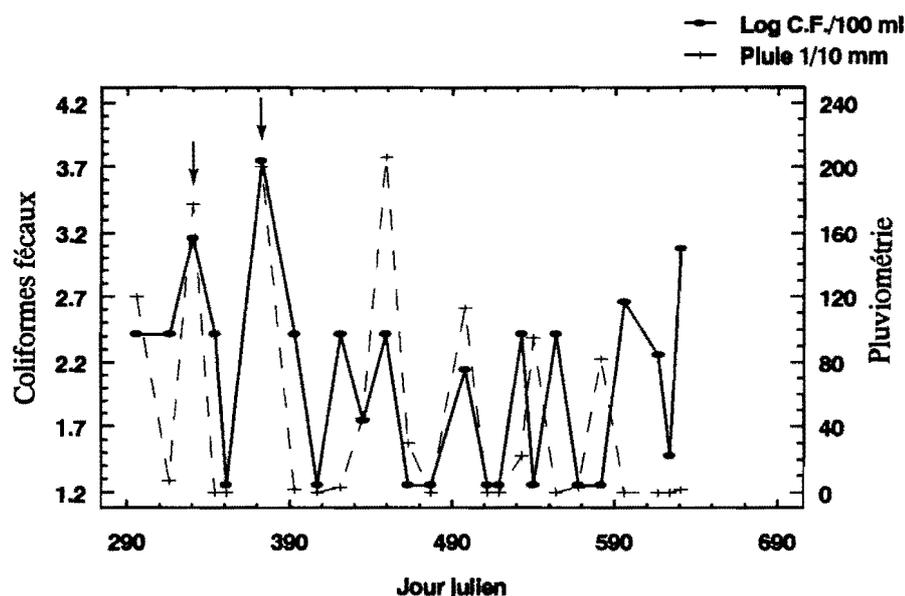


Fig. 19 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 3 jours – station 4

Pour la station 4 (Fig. 19), 2 pics de contamination font suite à des pluviométries cumulées de 17,7 mm le 26 novembre 1990 et de 20 mm le 7 janvier 1991. Un pic de contamination est noté après la marée de vives-eaux de septembre 1991 à la suite d'une pluviométrie cumulée nulle.

La prise d'eau de cette claire à palourdes, installée à même le fond du canal d'alimentation et équipée d'un tuyau d'alimentation avec clapet anti-retour, fonctionne automatiquement à partir d'un coefficient de marée de 65. La vidange s'effectue par surverse dès que la hauteur d'eau dans le canal d'évacuation est inférieure à celle de la claire. L'eau de la claire, d'une profondeur minimale d'environ un mètre, s'évacue lentement et en permanence, ce qui maintient un petit courant d'eau favorable à l'élevage des palourdes, entre deux périodes de prises d'eau.

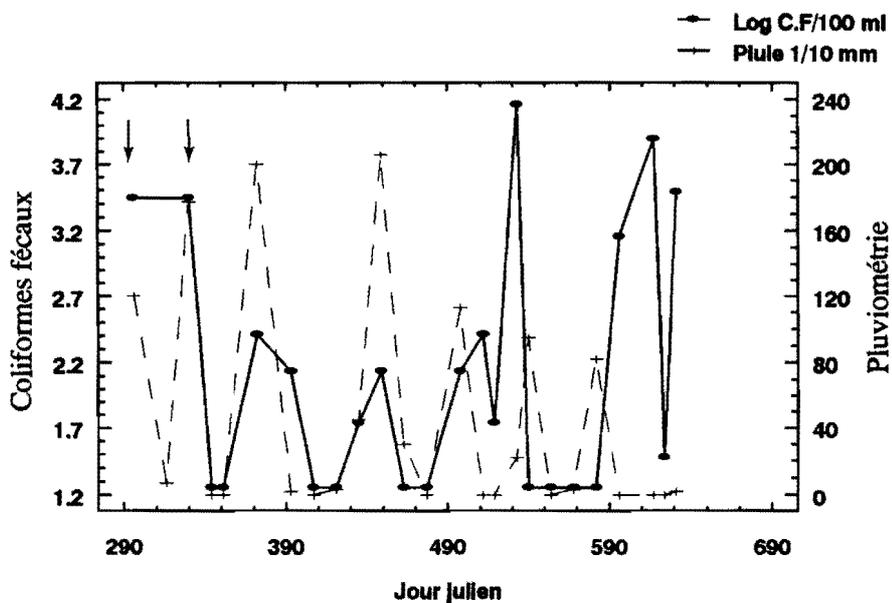


Fig. 20 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 3 jours – station 9

Pour la station 9 (Fig. 20), 2 pics de contamination font suite à une pluviométrie cumulée de 17,7 mm le 26 novembre 1990 et de 20 mm le 7 janvier 1991. Des pics de contamination apparaissent après les grandes marées de juin, août et septembre 1991 à la suite d'une pluviométrie cumulée peu élevée en juin (9,5 mm) et nulle ensuite. La contamination bactérienne est forte en juin (> 14 400 C.F./100 ml), en août (1 440 C.F./100 ml) et en septembre (7 900 et 3 100 C.F./100 ml).

La prise d'eau est contrôlée et effectuée par le vénériculteur à chaque marée à partir d'un coefficient de 65 (4,50 m), excepté en période de pluies importantes si les conditions paraissent défavorables.

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la pluviométrie

	$a \leq 2$	$2 < b \leq 3$	$c > 3$	Total
pluies cumulées < 11 mm	114 (104)	62 (66)	32 (38)	208
pluies cumulées > 11 mm	8 (18)	15 (11)	12 (6)	35
Total	122	77	44	243

Tab. 15 : Tableau de contingence des résultats bactériologiques observés, et calculés (entre parenthèses).

L'hypothèse d'indépendance des variables (colimétrie et précipitations) est rejetée car la valeur trouvée, $\chi^2 = 15,15$, dépasse la valeur lue dans la table, $\chi^2 = 5,991$, au risque $\alpha = 5\%$. Les répartitions observées diffèrent significativement, et les précipitations cumulées sur 3 jours supérieures à 11 mm ont donc un impact significatif sur la contamination bactérienne des palourdes.

Un χ^2 très élevé permet de rejeter l'hypothèse d'indépendance avec une grande sécurité, mais ne donne pas d'indication sur l'intensité de la liaison colimétrie/pluviométrie, car il augmente avec l'effectif de l'échantillon.

2.2.3.5. Impact de la marée

Les résultats obtenus sur un cycle de marée, comprennent 5 séries de prélèvements en vives-eaux et mortes-eaux sur les 10 stations de prélèvements, ainsi qu'une série supplémentaire le 23 septembre (Fig. 21). La contamination bactérienne se situe à environ 4 unités logarithmiques en moyenne en vives-eaux, et à environ 2 en mortes-eaux (Tab. 16).

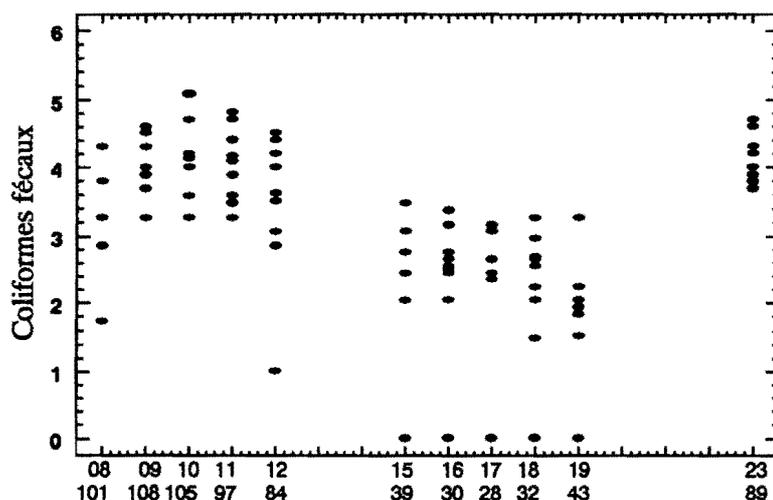


Fig. 21 : Evolution journalière des niveaux de contamination (log C.F./100 ml) sur 9 stations de prélèvements des marais du Mes - Assérac/Loire-Atlantique.

Variabilité spatiale des résultats

Date	Coef. marée	Nombre d'échantillons	\bar{x} log (C.F.)	s	c.v.
08.09.91	101	6	3.29	0.91	27.66
09.09.91	108	8	4.03	0.44	10.90
10.09.91	105	8	4.03	0.65	16.19
11.09.91	97	9	4.05	0.54	13.44
12.09.91	84	9	3.47	1.08	31.26
15.09.91	39	9	2.11	1.26	59.59
16.09.91	30	9	2.39	0.98	40.81
17.09.91	28	9	1.82	1.38	75.94
18.09.91	32	9	2.15	0.91	42.59
19.09.91	43	9	2.01	0.97	48.29
23.09.91	84	9	4.11	0.37	9.06

Tab. 16 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficient de variation (c.v.) des 10 séries de mesures aux 9 stations de prélèvements.

Les coefficients de variation indiquent le degré de variabilité des résultats entre les stations, par date de prélèvements (Tab.16). Ils sont généralement faibles en vives-eaux (9, 10, 11 et 23 septembre), et indiquent une grande homogénéité de la contamination journalière moyenne entre les stations de prélèvements, et très élevés en mortes-eaux, ce qui traduit une contamination hétérogène entre les stations.

Une forte contamination bactérienne en vives-eaux est suivie d'une nette diminution de la contamination en mortes-eaux, puis d'une recontamination au retour des vives-eaux (Fig. 21). Les baisses de niveau de contamination sont plus ou moins marquées suivant les stations en mortes-eaux. La station 6 est exempte de toute contamination en mortes-eaux du 15 au 19 septembre, car elle est alors recouverte peu de temps par la marée puis est baignée ensuite par des eaux très salées (salinité supérieure à 50 g/l), qui proviennent essentiellement des écoulements des marais salants voisins en exploitation, et ne permettent pas la survie des coliformes fécaux.

2.2.4. DISCUSSION

2.2.4.1. Périodicité des prélèvements

L'arrêté définissant les normes de salubrité, fait mention de 26 prélèvements par point de prélèvement sur une durée minimale d'un an, la fréquence minimale de prélèvement étant mensuelle. Lors de l'étude, les différentes périodicités pratiquées ont été les suivantes : 7 jours (5 séries sur 26), 14 jours (15 séries sur 26), 21 jours (6 séries sur 26). Quand le descripteur observé, ici le niveau de contamination, est en phase avec un autre phénomène (SCHERRER, 1983), les résultats peuvent être biaisés, ce qui est le cas avec la périodicité de la marée.

La grande majorité des séries de prélèvements a été réalisée en période de mortes-eaux. Seules 4 séries de prélèvements ont été effectuées en vives-eaux (coefficient de marée égal ou supérieur à 80). Des contraintes opérationnelles sur d'autres programmes ont guidé ce choix, d'autant que la localisation des stations de prélèvements dans des claires ou des vasières, pour suivre la contamination des coquillages en situation d'exploitation professionnelle, permettait de prélever à tout coefficient.

Les marées de vives-eaux induisent une remise en suspension des sédiments, pièges à bactéries, entraînant une élévation importante de la densité bactérienne dans les eaux (POMMEPUY *et al.*, 1987). Dans la présente étude, les stations de prélèvements étant situées dans les claires à huîtres et à palourdes ou dans des vasières salicoles (sauf les stations 6 et 8), les prises d'eau sont faites lors des coefficients de marée supérieurs à 65/70 au minimum dans 3 cas, et supérieurs à 85/90 dans 5 cas. Dans ces conditions, un biais est introduit dans la mesure de la salubrité de la zone étudiée car l'influence des vives-eaux est insuffisamment prise en compte. A l'inverse, les marais ne pouvant être alimentés aux mortes-eaux, l'impact de la qualité des eaux sur les élevages de palourdes, à toute marée, ne pourra être correctement mesuré qu'aux 2 stations de prélèvements s'alimentant librement à toute marée. Ces conditions de prélèvements sont cependant voisines des conditions de travail des professionnels du secteur.

2.2.4.2. Répartition spatiale et temporelle de la contamination

La répartition des résultats en classe de contamination semble montrer un gradient amont/aval de la pollution bactériologique. Les stations 6, 8 et 10, proches de Pont d'Armes sont les plus contaminées (catégorie C). La faible contamination des stations 3 et 7 (Fig. 15 ; Tab. 13) s'explique par le fait que les prises d'eau sont mensuelles et contrôlées par les professionnels. Elles sont effectuées à pleine mer, hors période pluvieuse, à partir de coefficients de marée respectivement de 70 et 90. Aux stations 3 et 4, les eaux décantent au moins partiellement dans le canal d'alimentation des claires. Ces conditions particulières de prise d'eau améliorent notablement les résultats.

L'ensemble de la zone est contaminé à un moment ou un autre de l'année, et la simple observation des fréquences relatives des classes de contamination ne permet pas de mettre en évidence des différences de contamination entre stations, et donc d'éventuelles sous-zones dans l'aire de l'étude.

La zone d'étude se caractérise par une forte hétérogénéité de la structure spatiale matérialisée par le chevelu du réseau hydrographique (un étier principal et 6 étiers secondaires). La propagation de la marée dans les étiers varie en fonction de leurs caractéristiques particulières (hauteur du radier, distance par rapport à l'estran ou l'étier principal, etc.). L'étude de la répartition spatiale de la contamination est rendue compliquée sinon impossible par une très forte hétérogénéité des conditions de prises d'eau aux stations de prélèvements (prise d'eau libre ou automatique à certains coefficients, intervention humaine). De plus, la variabilité temporelle des résultats (Tab. 13) étant supérieure à la variabilité spatiale (Annexe 4, Tab. A12), les différences de contamination entre station sont partiellement gommées par le facteur temps.

Les mouvements d'eau dans un étier secondaire donné, ainsi que la qualité de cette eau sont influencés par la localisation de l'endroit où il rejoint le réseau principal (étier de Pont d'Armes, traict de Pen Bé). Ce n'est pas seulement le bassin versant propre à l'étier qu'il faut considérer mais aussi le "bassin versant d'influence directe (CLEMENT, 1991). La cartographie de la pollution va donc différer sensiblement d'une date de prélèvement à l'autre en fonction de la météorologie et de l'affluence touristique en période estivale. Ces différents facteurs, alliés à l'imprécision de la mesure de densité bactérienne (NPP), contribuent à rendre floues d'éventuelles limites de sous-zones.

L'évolution des niveaux de contamination par date (Fig. 17) montre que la plupart des pics de contamination est observé entre la mi-juin et la fin de l'automne, les plus importants étant ceux de fin août et début septembre. Ceux-ci apparaissent dès la fin de la saison touristique et traduisent les imperfections des systèmes d'assainissement individuel et collectif, et l'existence de rejets diffus dans les villages à proximité des marais.

2.2.4.3. Influence de la pluviométrie

Les fortes contaminations du milieu marin s'expliquent par des rejets directs d'eaux usées non traitées des hameaux, et éventuellement de quelques élevages agricoles dans les fossés qui gagnent les ruisseaux communiquant avec les étiers, malgré un été très sec. Les relevés météorologiques ne signalent que deux précipitations significatives : 10,2 mm le 7 juillet et 16,2 mm le 22 août. L'automne très pluvieux (364,4 mm) a entraîné les pollutions stockées, au cours de l'été très sec (74,6 mm), dans les fossés et les ruisseaux.

Le transport des polluants du milieu terrestre vers le milieu est généralement soumis au débit des fossés et ruisseaux qui se déversent dans les étiers et à la propagation de la marée, en fonction des coefficients, dans ces mêmes étiers. L'évolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 3 jours (Fig. 18 à 20) montre des concordances pendant la période des pluies d'octobre à mars sur les stations 2, 4 et 9. Les conditions particulières de prise d'eau aux autres stations (choix du professionnel ou hauteur de la prise d'eau) gomment toute mise en évidence d'une relation entre ces deux facteurs.

La station 4, qui s'alimente en eau de mer automatiquement à partir de tout coefficient supérieur à environ 65, montre le plus grand nombre de concordances. La prise d'eau de la claire est située sur un étier secondaire, à environ 200 mètres de l'étier de Pont d'Armes. Les eaux de surface peuvent se déverser dans le canal d'alimentation très envasé, et l'eau pénètre dans la claire par une buse de 30 cm de diamètre posée sur le fond.

Le test statistique pratiqué, en comparant les résultats obtenus en deçà et au-delà des précipitations cumulées de 11 millimètres, montre l'impact significatif de la pluviométrie sur la contamination bactérienne des palourdes.

L'incidence de la pollution de l'étier de Pont d'Armes, ajoutée à des pollutions de diverses origines, sur la dégradation de la qualité des eaux conchylicoles des traicts de Pen Bé et Mesquer semble faible. Les résultats obtenus mensuellement dans le cadre du REMI, réseau de surveillance microbiologique d'IFREMER, indiquent qu'un seul pic de contamination (1 440 C.F./100 ml) est noté pendant l'étude sur les huîtres de la station de prélèvements de la pointe de Pen Bé (Annexe 4, Tab. A 13). Par contre les claires utilisées pour l'élevage des palourdes ou le verdissement des huîtres, très proches des sources de pollution, sont victimes de pics de contamination très élevés, parfois bien au-delà de 10 000 C.F./100 ml (Annexe 4, Tab. A14).

2.2.4.4. Influence de la marée

Le suivi de l'évolution de la contamination bactérienne sur un cycle de marée (5 jours en vives-eaux et 5 jours en mortes-eaux) montre que celle-ci est forte (près de 4 unités logarithmiques en vives-eaux) et devient résiduelle en mortes-eaux (2 unités logarithmiques).

Les prélèvements ont été effectués en période de sécheresse. Cependant une importante averse de pluie (5,9 mm) est tombée le samedi 31 août, durant une à deux heures, soit 8 jours avant les premiers prélèvements, ainsi qu'une précipitation importante de 16,2 mm le 22 août. La période qui a suivi, jusqu'au 23 septembre, a été marquée par des journées chaudes et ensoleillées et l'absence de pluie.

La pluie du 22 août fut probablement suffisante pour remplir les nombreux fossés de drainage situés près des fermes d'élevage et des hameaux, et se déversant dans les marais. Par ailleurs, quelques rejets urbains et ceux provenant de certains hameaux d'habitations (Pont d'Armes, Saint Molf) ont un débit suffisant pour rejoindre directement les étiers, y compris en période de sécheresse.

La marée est particulièrement dissymétrique dans l'étier de Pont d'Armes. La marée atteint difficilement les parties amont des étiers secondaires. Compte tenu de la cote du radier aux stations 8 et 10 d'après le profil établi par PAUMIER (1986), la hauteur d'eau moyenne à ces stations dans les étiers est respectivement d'environ 0,30 et 1,30 mètre, à pleine mer de mortes-eaux, et respectivement d'environ 1,30 et 2,30 mètres, à pleine mer de vives-eaux. Le flot très court engendre de forts courants qui provoquent la mise en suspension des sédiments contaminés. Dans ces conditions, la forte montée des eaux marines lors de la grande marée de vives-eaux dans certains fossés pollués semble avoir entraîné une importante contamination des coquillages dans l'ensemble des étiers, qui est alors favorisée par la remise en suspension des sédiments contaminés. SAUNIER et SRAE (1989) ont observé des augmentations de teneur de matières en suspension dans l'étier de Pont d'Armes, en liaison avec la remise en suspension des sédiments lors des marées de vives-eaux. La contamination a fortement régressé ensuite au cours des marées de mortes-eaux, puis a remonté très nettement dès la première marée à fort coefficient qui a suivi sur l'ensemble des stations de prélèvements, alors que les conditions météorologiques sont restées identiques.

Les résultats obtenus montrent que l'action des courants de marée a une grande importance dans la répartition de la pollution dans l'étier de Pont d'Armes. Au jusant, les eaux polluées de l'étier de Pont d'Armes, qui contaminent les sédiments, s'évacuent en baie de Pont Mahé, au-delà de la Pointe de Pen Bé en période de vives-eaux. Compte tenu de la faiblesse des courants résiduels mesurés (courants dont la période est supérieure à celle de la marée) en fond de baie de Vilaine, inférieurs à 0,2 m/s, les éléments polluants en suspension dans les eaux de surface, peuvent y séjourner au minimum de 2 à 8 jours, par des vents de Sud-Ouest ou d'Ouest qui sont les plus fréquents (DE NADAILLAC et BRETON, 1986). Le schéma théorique (modèle 2D) de circulation résiduelle de marée (SALOMON et LAZURE, 1988) montre un courant extrêmement faible au voisinage de la côte, inférieur à 1 cm/s. Le

courant dû au vent devient alors prépondérant et peut retarder l'évacuation des eaux vers le large. Ces eaux, en partie diluées et contaminées par la pollution des étiers de Kercabellec et de Boulay, de rejets diffus, reviennent au flot et se propagent dans les différents étiers secondaires, ainsi qu'en amont de Pont d'Armes, lors des vives-eaux, provoquant la remise en suspension des matières organiques contaminées.

Dans ces conditions, les prises d'eau de mer, mélange d'eau marine et d'eau plus ou moins saumâtre des étiers, suivant la saison et le régime des pluies, faites à marée montante en vives-eaux, contaminent les claires puis les coquillages qui y vivent.

2.2.4.5. Survie des bactéries en milieu marin

De fortes contaminations sont parfois mesurées dans les palourdes (Tab. 17), de plusieurs jours à plusieurs semaines après la dernière date de prise d'eau pouvant polluer les claires. Ceci témoigne d'une durée de survie des coliformes fécaux particulièrement longue. Au niveau des prises d'eau, il existe généralement un petit courant permanent d'évacuation de l'eau de mer qui peut remettre en suspension les fines particules de matières organiques contaminées favorisant la contamination des palourdes plus ou moins envasées. La présence à ces endroits de nombreux animaux marins (crevettes, petits crabes, petits poissons, etc...) peut également favoriser la remise en suspension de ces fines particules. De nombreux facteurs interviennent dans la survie des bactéries d'origine fécale en milieu marin.

La contamination des sédiments par des eaux polluées est rapide et importante (LE GUYADER *et al.*, 1990). Ces sédiments pollués jouent un rôle de piège et de réservoir et constituent un risque sanitaire important. Les bactéries fécales sont inexistantes ou rares sur les matières inorganiques pauvres en nutriment, tandis que les matières organiques sont colonisées par de nombreuses bactéries (POMMEPUY *et al.*, 1986). Les bactéries sont fixées sur les fines particules en suspension riches en matière organique. Elles sédimenteraient assez rapidement dans les zones peu profondes abritées des courants, et survivraient dans les sédiments du fait de l'abondance de matière organique. Ce séjour dans les sédiments peut leur conférer une plus grande résistance pour survivre ultérieurement en milieu marin (POMMEPUY *et al.*, 1989).

Dans les systèmes côtiers estuariens, la matière organique naturelle présente dans les sédiments possède des éléments nutritifs et des osmoprotecteurs qui permettent à la bactérie de lutter efficacement contre le stress osmotique et de supporter les salinités côtières (POMMEPUY *et al.*, 1991). Les matières en suspension et le sédiment offrent également à la bactérie une protection vis-à-vis du rayonnement solaire. Les temps de survie des bactéries d'origine fécale sont alors très longs et peuvent varier de plusieurs jours (*E. coli*) à plusieurs semaines (streptocoques, salmonelles) (POMMEPUY *et al.*, 1989). Des T90 moyens de 14 jours ont été mesurés (temps nécessaire pour voir disparaître 90% de la population bactérienne initiale), une valeur maximale atteignant 40 jours (POMMEPUY et GUILLAUD, 1992 ; LE GUYADER *et al.*, 1991).

Stations	Dates de prise d'eau	Dates de prélèvement	Intervalles	C.F./100 ml
8	07.10.90	22.10.90	15 j	> 14 400
10	07.10.90	22.10.90	15 j	1 440
1	05.11.90	26.11.90	21 j	2 760
10	05.11.90	26.11.90	21 j	2 760
7	04.12.90	10.12.90	6 j	1 380
5	03.01.91	07.01.91	4 j	1 440
10	03.01.91	07.01.91	4 j	14 400
1	03.03.91	11.03.91	8 j	1 440
10	14.06.91	24.06.91	10 j	6 600
5	14.06.91	08.07.91	24 j	2 760
1	13.08.91	19.10.91	6j	> 14 400

Tab. 17 : Exemples de fortes contaminations fécales mesurées à certaines stations, 4 à 24 jours après la date de prise d'eau, dans les marais du Mes.

LE GUYADER (1989) montrent qu'une souche d'*E. coli* provenant d'une coproculture humaine, persiste longtemps dans le sédiment naturel : il faut attendre environ 20 jours pour avoir un abattement de 10% de la population. L'absence d'éléments nutritifs semble bien l'élément limitant pour la survie d'*E. coli* en mer. Le phytoplancton qui excrète de la matière organique exerce aussi un rôle sur les concentrations bactériennes (LE GUYADER, 1989). De plus, il est très souvent colonisé par des bactéries, et dans le cas de bactéries fécales, il peut alors contribuer à la contamination des coquillages qui s'en nourrissent.

Le sédiment constitue un environnement très stable pour la survie des microorganismes, et pourrait faciliter la surveillance de la qualité des zones conchylicoles sur un estran découvrant. Une étude, faite par MARTINEZ-MANZANARES *et al.* (1992) dans l'estuaire de la Guadalhorce à Malaga (au sud de l'Espagne), montre qu'il n'y a pas de corrélation significative entre les niveaux d'indicateurs de contamination fécale dans les sédiments (coliformes et streptocoques fécaux) et la présence des *salmonella* dans les coquillages. Les auteurs concluent que si l'étude des sédiments donne un meilleur aperçu de la qualité des eaux à long terme, du fait de leur rôle de réservoir à microorganismes, elle n'améliore pas les indications, sur la présence des germes pathogènes dans les coquillages, que l'on obtient par des analyses directes sur l'eau ou les coquillages.

2.2.5. CONCLUSION

La localisation des stations de prélèvements dans les claires a permis de mesurer les niveaux de contamination des palourdes dans des conditions voisines des élevages des professionnels du secteur, malgré l'hétérogénéité des conditions de prises d'eau. Les résultats semblent montrer un léger gradient des niveaux de contamination : les stations amont, proches de Pont d'Armes, étant les plus contaminées, sans qu'il soit possible de différencier de sous-zones peu contaminées. Le choix d'un échantillonnage systématique linéaire dans le lit de l'étier principal, permettant les prélèvements dans toutes les conditions de marée est préférable pour révéler l'existence d'éventuelles sous-zones.

L'observation des résultats montre l'incidence de la saison estivale, due à l'assainissement défectueux des villages et des bourgs des communes environnantes, et de la pluviométrie à l'automne 1990 et au début de l'hiver 1991. Les pics de contamination, en saison hivernale, correspondent à une pluviométrie cumulée sur 3 jours supérieure à 11 mm et généralement supérieure à 20 mm. L'impact de la pluviométrie sur les fortes valeurs de contamination est significatif.

Les marées de vives-eaux, par la remise en suspension des sédiments fins contaminés, ont une influence décisive dans le processus de contamination des eaux approvisionnant les claires et les réserves. De fortes contaminations sont parfois mesurées dans les palourdes plusieurs semaines après des prises d'eau pouvant contaminer les claires. Elles témoignent des facultés de survie des bactéries d'origine fécale en milieu marin, et confirment les études effectuées en ce domaine. En milieu estuarien, la matière organique naturelle présente dans les sédiments possède des éléments nutritifs et des osmoprotecteurs qui permettent aux bactéries d'augmenter leur halotolérance, et la durée de leur survie ultérieure dans les eaux marines côtières.

L'action des courants de marée est une composante essentielle de la répartition de la pollution dans les marais du Mes. Les rejets directs d'eaux usées urbaines dans les ruisseaux, ou les rejets provenant du ruissellement des fossés de certains villages mal assainis ou d'exploitations agricoles, constituent pour l'essentiel les différents flux de pollution du bassin du Mes. Ces flux de pollution parviennent plus ou moins rapidement, en fonction des conditions météorologiques, dans l'étier de Pont d'Armes, notamment à la faveur des mortes-eaux, périodes de calme qui favorisent la décantation des matières en suspension contaminées. Au jusant, les eaux plus ou moins polluées de l'étier de Pont d'Armes, s'évacuent en baie de Pont Mahé, au-delà de la Pointe de Pen Bé en période de vives-eaux. Au flot, après dilution, elles se propagent, en induisant une remise en suspension des sédiments contaminés, dans les différents étiers secondaires, jusqu'en amont de Pont d'Armes. Compte tenu de la faiblesse des courants résiduels mesurée en fond de baie de Vilaine (inférieurs à 0,2 m/s) les éléments polluants en suspension dans les eaux de surface peuvent y séjourner au minimum de 2 à 8 jours, par des vents de Sud-Ouest ou d'Ouest qui sont les plus fréquents dans cette zone.

Malgré une pollution importante des eaux marines, le taux de présence des salmonelles se limite à 1,7 % des recherches effectuées. Des facteurs d'antibiorésistances ont été mis en évidence dans les bactéries entériques rencontrées dans les bivalves marins, mais peu de données sont disponibles sur la virulence des salmonelles et les épidémies dont les coquillages seraient l'origine (moins de 3% des cas).

Les claires étudiées correspondent globalement à un classement B pour les bivalves fousseurs, car 25,4 % des résultats sont supérieurs à 300 C.F./100 ml, sans résultat supérieur à 60 000 C.F./100 ml. Les conditions de l'étude, semblent, *a priori*, favorables à l'obtention de résultats montrant une faible contamination des palourdes. En effet, les claires, où est située la majorité des stations de prélèvements, permettent une bonne décantation de l'eau. L'étier de Pont d'Armes et les étiers secondaires sont pollués, notamment en vives-eaux, en période estivale, même en l'absence de pluies, et hivernale. Si l'ensemble des prélèvements avait été effectué dans l'étier de Pont d'Armes, il est très probable que l'on obtiendrait un classement C. Les résultats obtenus révèlent l'état défectueux de l'assainissement, collectif et individuel, des communes environnantes d'Assérac et Saint-Molf.

2.3. ETUDE DU SECTEUR DE QUIMIAAC A KERCABELLEC (MESQUER)

2.3.1. POSITIONNEMENT DES STATIONS ET PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS

Description du secteur étudié

La zone de marais, à usage aquacole et salicole, est délimitée avec précision, sur une carte IGN au 1/25 000^{ème}, lors de visites de terrain. L'usage de chaque portion de marais est noté (élevage de palourdes, claires à huîtres, salines, zones naturelles). Le relevé des niveaux atteints par l'eau, lors des plus faibles coefficients de pleine mer, est effectué.

Le secteur de l'étude, alimenté par les étiers de Quimiac et de Kercabellec, couvre une superficie globale de 103 hectares et se subdivise géographiquement en 4 parties distinctes (Fig. 22) :

- Kercabellec (14,4 ha) : est constitué d'anciens marais salants inexploités et d'un seul établissement ostréicole comportant des claires à huîtres (81,60 ares) ; en aval de cette zone, 5 établissements ostréicoles sont construits en bordure de l'étier, de part et d'autre du port de Kercabellec ;
- Kerdandec (31,7 ha) : est une zone naturelle ne comportant ni claire, ni vasière ;
- Quimiac (34,4 ha) : comprend pour l'essentiel des salines abandonnées, une exploitation salicole, et des claires d'élevage de palourdes (40 ares) ;
- Le Lanig (22,5 ha) : comprend une saline exploitée, des marais salants abandonnés, une zone naturelle et d'anciens marais transformés en réservoirs d'eau douce. Ce secteur, ne convenant pas à l'élevage des coquillages pour des raisons hydrauliques, n'est pas retenu dans la présente étude.

Positionnement des stations de prélèvements

L'une des conclusions de la première partie de l'étude est que le choix d'un échantillonnage dans le lit de l'étier a l'avantage de faciliter la mise en évidence de l'impact immédiat des pollutions, quelles que soient les conditions de marée.

Les stations de prélèvement sont donc réparties dans le lit des étiers selon un plan de sondage systématique. L'hétérogénéité de la zone étudiée : 3 sous-zones, 2 étiers principaux, 7 petits étiers secondaires, conduit au choix de 8 stations.

La longueur totale des étiers étudiés, mesurée au curvimètre sur la carte IGN au 1/25 000^{ème}, est d'environ 4 000 mètres, et l'intervalle entre 2 stations est $p = l/n$, soit 500 mètres. Les stations sont donc réparties tous les 500 mètres à partir d'un point i , situé à 200 mètres de la limite de l'estran, qui définit la première station (Fig. 22).

A chaque station de prélèvement, 1 à 2 kg de palourdes sont déposés dans un filet plastique (0,15 m²) sur le fond de l'étier. Le filet est relié par un piquet à la berge, de manière à faciliter les prélèvements dans toutes les conditions de marée. Le dépôt initial des palourdes à chaque station est effectué 2 semaines avant les premiers prélèvements, puis le stock de coquillages est renouvelé, dans les mêmes conditions, au fur et à mesure des besoins.

Prélèvements

La recherche systématique des salmonelles nécessite de prélever les coquillages le lundi. La périodicité des prélèvements ne doit pas être systématiquement en phase avec le phénomène des marées afin de ne pas biaiser la représentativité des résultats. La solution est donc d'échantillonner une fois en mortes-eaux et la semaine suivante en vives-eaux, ou réciproquement, selon un pas de temps systématique de 28 jours. Chaque mois, trois couples mortes-eaux/vives-eaux sont possibles pour le choix des séries de prélèvements. La série retenue est l'une de celles présentant les plus grandes différences d'amplitude entre les niveaux des marées.

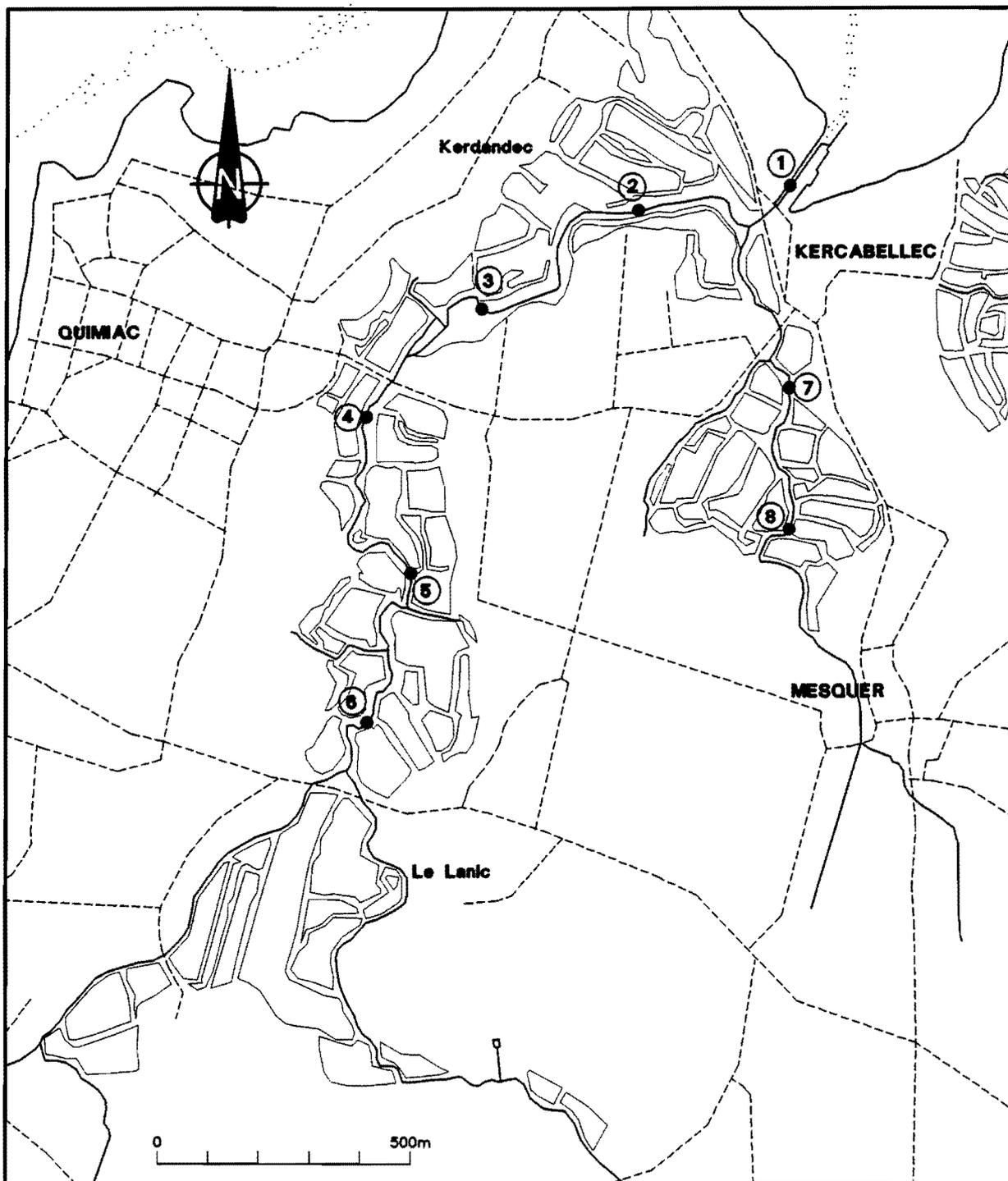


Fig. 22 : Plan de localisation des 8 stations de prélèvement dans les marais de Quimiac et de Kercabellec - Mesquer (Loire-Atlantique).

Les échantillons de coquillages (12 palourdes) prélevés à chaque station sont soigneusement lavés sur place et placés dans un sachet numéroté. Ils sont stockés en glacière isotherme avec accumulateur de froid, puis acheminés au laboratoire où les analyses sont effectuées dès le lendemain matin.

2.3.2. TRAITEMENT DES DONNEES

2.3.2.1. Méthodes

Description des résultats par station et saison

Le calcul des fréquences relatives et des pourcentages correspondants est effectué par station et saison en fonction des classes de contamination définies par l'arrêté en cours de publication, et la contamination moyenne par station est également indiquée.

Résultats synthétiques de la contamination par date

Les 26 séries de résultats sont présentées sur un graphique indiquant les moyennes de concentration en coliformes fécaux et leurs écarts-types par date de prélèvement.

Impact de la pluviométrie

Le temps de réponse du bassin versant, mesuré sur l'étier de Pont d'Armes, est de l'ordre de 24 heures à la suite d'une pluie de 10 millimètres (PAUMIER, 1986). La description de l'évolution de la contamination fécale est donc effectuée par station au jour j et en fonction des précipitations cumulées sur 3 jours (de $j-1$ à $j-3$). Le cumul des précipitations sur 3 jours permet de mesurer l'impact de certaines pluies inférieures à 10 millimètres, pouvant parvenir dans les étiers grâce aux faibles pluies des jours précédents.

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la pluviométrie

Les résultats bactériologiques sont répartis en 3 classes de contamination après transformation logarithmique ($a \leq 3$; $3 < b \leq 4$; > 4) et en fonction des dates auxquelles l'on observe des pluviométries cumulées sur 3 jours inférieures ou supérieures à 11 mm. Un test de χ^2 permet de tester l'indépendance entre la colimétrie et la pluviométrie.

Impact de la marée

Les variations journalières des contaminations sont mesurées sur l'ensemble des stations par des prélèvements effectués sur 3 jours consécutifs, en vives-eaux et en mortes-eaux.

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la marée

Les résultats bactériologiques sont répartis en deux catégories (mortes-eaux et vives-eaux) et en trois classes de contamination après transformation logarithmique ($a \leq 3$; $3 < b \leq 4$; > 4). Un test de χ^2 permet de tester l'indépendance entre la colimétrie et les périodes de mortes-eaux et vives-eaux.

2.3.3. RESULTATS

Le déroulement de l'étude a été légèrement perturbé par quelques vols d'échantillons, notamment à la station 1 située dans le port de Kercabellec.

2.3.3.1. Contamination bactériologique par station

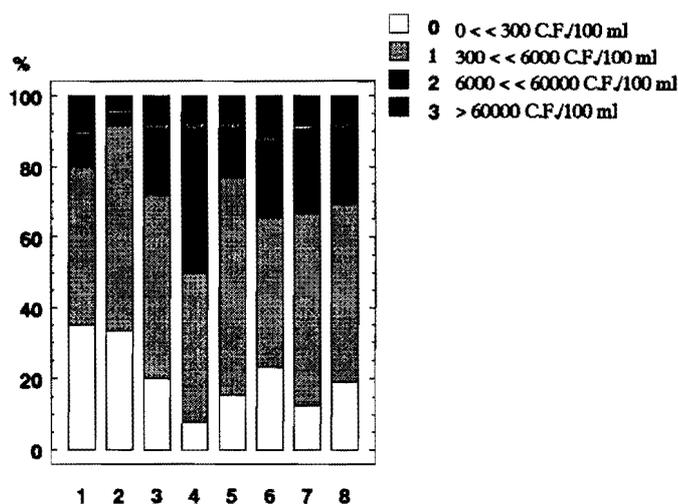


Fig. 23 :Histogramme des fréquences relatives des classes de contamination des 8 stations de prélèvements.

Toutes les stations de prélèvements sont fortement contaminées (Fig. 23), et peu de résultats sont satisfaisants, c'est-à-dire inférieurs à 300 C.F./100 ml. La moyenne des résultats (log (C.F./100 ml)) sur l'ensemble des séries de prélèvements (Tab. 18) est supérieure à 3, excepté à la station 2, et la différence de contamination entre les stations est faible. Du fait des valeurs manquantes, le test de Friedman, permettant d'étudier les différences de contamination entre les stations, ne peut être utilisé.

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	Moyenne
n	20	24	25	26	26	26	24	26	-
\bar{x}	3.07	2.90	3.34	3.62	3.36	3.29	3.22	3.25	3.26
s	1.00	0.83	0.83	0.80	0.82	1.03	0.85	0.96	0.90
c.v.	32.65	28.68	24.96	22.13	24.44	31.18	26.36	29.58	27.52

Tab. 18 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficients de variations (c.v.) des mesures (n) des 26 séries de prélèvements aux 8 stations.

La station 4 (Fig. 23 ; Tab. 18), située sur l'étier de Quimiac à proximité immédiate de l'agglomération (Fig. 22) est la plus contaminée, tandis que les stations 1 et 2, plus proches de l'estran, sont moins. Les résultats obtenus sur les stations de l'étier de Quimiac (1 à 6) semblent montrer un léger gradient de contamination de l'aval vers l'amont. Toutes les stations présentent des valeurs supérieures à 60 000 C.F./100 ml. L'ensemble de la zone correspond à un classement C car 27,4 % des résultats (54 sur 197) sont supérieurs à 6 000 C.F./100 ml, dont 8,1 supérieurs à 60 000 C.F./100 ml. Seulement 20,8 % des résultats (41 sur 197) sont inférieurs à 300 C.F./100 ml.

Le taux de présence de *Salmonella* (6,6 %) mesuré dans 24 séries de prélèvement (12 résultats positifs sur 181 analyses) est peu élevé. La plupart des salmonelles a été mise en évidence le 31 août et le 26 octobre (Tab. 19), alors que la concentration moyenne en coliformes fécaux sur les 8 stations est très élevée, respectivement supérieure à 4,93 unités log.(C.F./100 ml) soit 85 000 C.F./100 ml et supérieure à 4,27 unités log.(C.F./100 ml) soit 18 600 C.F./100 ml. Mais ce type de résultat n'est pas systématique. Ainsi le 28 septembre, aucune *Salmonella* n'est décelée alors que la contamination évolue de 28 000 à 66 000 C.F./100 ml. *S. typhimurium* est présente 6 fois sur 13, et *S. bredeney* 3 fois sur 13.

Date	Station	Salmonelles	C.F./100 ml
16.03.92	3	<i>S. typhimurium</i>	450
03.08.92	2	<i>S. derby</i>	1440
31.08.92	1	<i>S. colorado</i>	≥ 144000
	2	<i>S. thompson</i>	65900
	6	<i>S. bredeney</i>	65900
	8	<i>S. typhimurium</i>	≥ 144000
26.10.92	1	<i>S. typhimurium</i>	≥ 144000
	3	"	14400
	7	"	8960
	8	"	5600
23.11.92	5	<i>S. bredeney</i>	6600
30.11.92	4	<i>S. bredeney</i>	2760

Tab. 19 : Résultats des recherches de salmonelles aux 8 stations de prélèvement.

Salmonella typhimurium est le sérotype le plus fréquemment isolé chez l'homme en France (30 %) durant les dernières années, de même que dans l'environnement (PLUSQUELLEC, 1990). Par contre *Salmonella bredeney* est peu présent chez l'homme (1 à 2 %), de même que *Salmonella derby*, tandis que les autres *Salmonella* sont bien plus rares.

2.3.3.2. Contamination bactériologique par saison

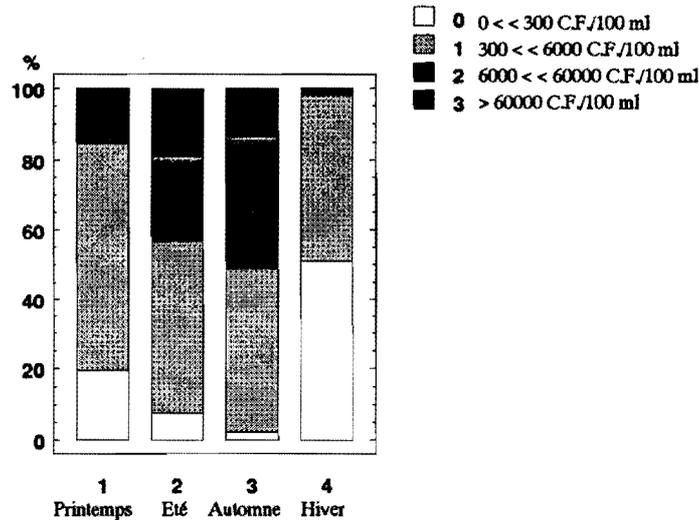


Fig. 24 : Histogramme des fréquences relatives des classes de contamination par saison.

La pluviométrie, mesurée chaque jour à la station météorologique de Mesquer et exprimée en fonction des saisons, est la suivante :

- printemps 1992 : 135,2 mm
- été 1992 : 165,8 mm
- automne 1992 : 354,4 mm
- hiver 1992-1993 : 105,2 mm

L'été et l'automne présentent les plus fortes pluviométries et les plus fortes contaminations : 92,5 % des mesures sont supérieures à 300 C.F./100 ml en été, dont 18,9 % supérieurs à 60 000 C.F./100 ml, et 97,8 % des mesures sont supérieures à 300 C.F./100 ml en automne, dont 13,3 % supérieurs à 60 000. L'hiver, qui a la plus faible pluviométrie, est la saison la moins contaminée. La pluviométrie mesurée pendant la durée de l'étude à la station de Mesquer, soit 760,6 mm correspond à la moyenne annuelle calculée de 1986 à 1992, soit 756 mm (Annexe 1, Tab.A7).

2.2.3.3. Contamination bactériologique par date de prélèvements

La figure 25 montre une élévation des moyennes de contamination de juin à septembre, puis une baisse régulière ensuite, pendant la période hivernale. A la fin août et en septembre, la contamination moyenne calculée sur les 8 stations de prélèvements atteint 4,6 unités logarithmiques, soit environ 40 000 C.F./100 ml.

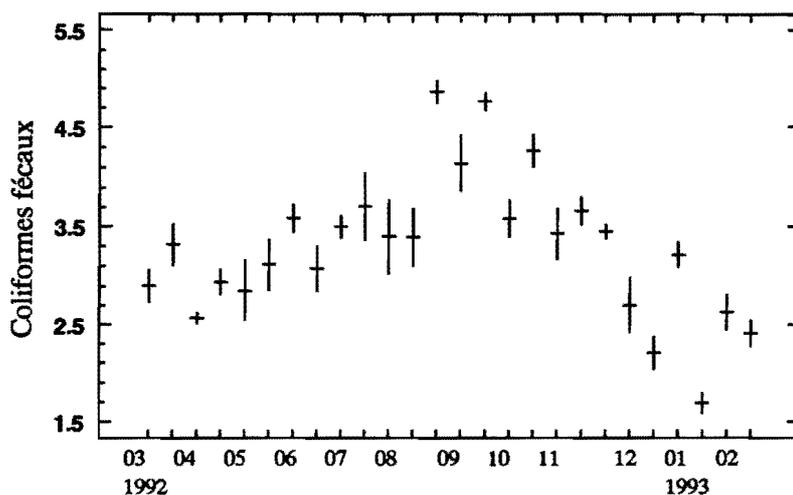


Fig. 25 : Moyennes et écarts-typés de la contamination bactérienne (log C.F./100 ml) par date aux 8 stations de prélèvements.

2.3.3.4. Impact de la pluviométrie

Les résultats sont présentés sous forme de graphiques par date de prélèvement avec en ordonnée le logarithme de la concentration en coliformes fécaux pour 100 ml (à gauche), et la pluviométrie cumulée sur 3 jours en 1/10 mm (à droite) pour les stations faisant apparaître une telle relation.

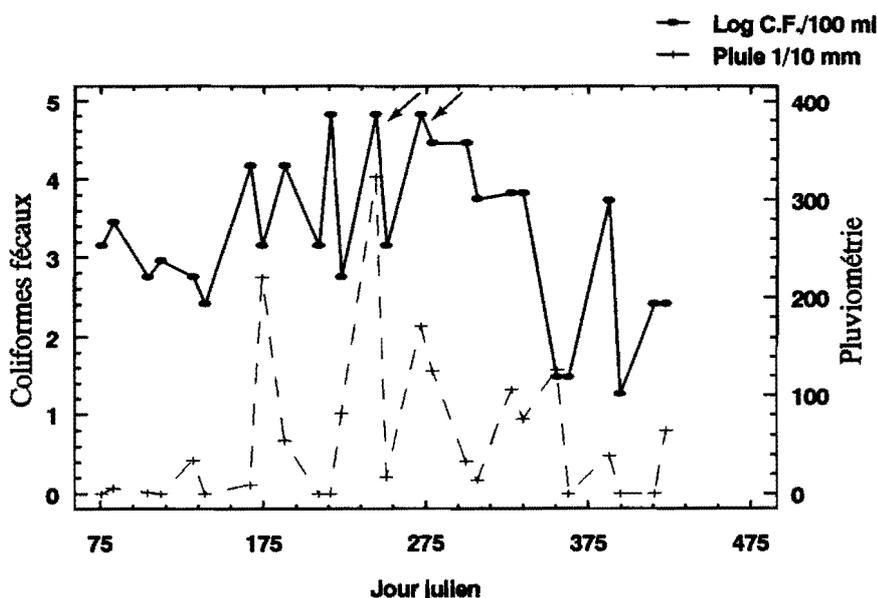


Fig. 26 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 3 jours - station 6

A la station 6 (Fig. 26), 2 pics de contamination (31 août, 28 septembre) font suite à une pluviométrie cumulée respectivement de 33,8 mm et de 17,1 mm.

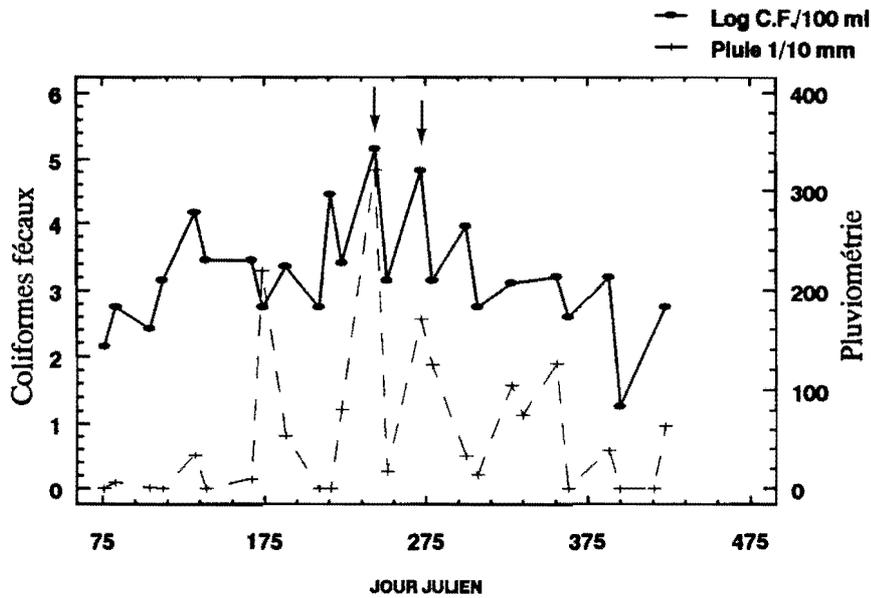


Fig. 27 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 3 jours - station 7

A la station 7 (Fig. 27), 2 pics de contamination (31 août et 28 septembre 1992) sont mis en évidence dans les mêmes conditions que ci-dessus.

Le pic de pluviométrie cumulée de 22 mm ne semble pas avoir d'incidence sur la contamination des coquillages prélevés le 22 juin (jour julien 175) en période de mortes-eaux sur ces deux stations, par un coefficient de marée de 53.

Le 31 août et le 28 septembre, toutes les stations présentent une contamination égale ou supérieure à 27 700 C.F./100 ml. Le 26 octobre, ces stations ont une contamination minimale de 5 600 C.F./100 ml, malgré une pluviométrie cumulée sur les trois jours précédents de 3,3 mm. Il est probable que la forte pluie du jour de prélèvement (23,6 mm) ait pu favoriser la contamination des palourdes prélevées à partir de midi à marée basse.

Au cours de la période d'étude, peu de pics de contamination correspondent à de fortes pluviométries, car des pluies cumulées supérieures à 10 mm ont été mesurées seulement 6 fois en période de prélèvement. D'autre part, les pluies ont été faibles en hiver et au printemps.

La description de l'évolution de la contamination a également été effectuée en fonction de la salinité mesurée *in situ* au moment du prélèvement. Mais aucune concordance, entre les pics de contamination et la présence d'eau douce n'a été mise en évidence, en partie du fait de l'hétérogénéité des caractéristiques des étiers et notamment des conditions hydrauliques.

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la pluviométrie

	$a \leq 3$	$3 < b \leq 4$	$c > 4$	Total
pluies cumulées < 11 mm	65 (14,3)	69 (15,8)	25 (7,9)	159
pluies cumulées > 11 mm	9 (59,7)	13 (66,2)	16 (33,1)	38
Total	74	82	41	197

Tab. 20 : Tableau de contingence des résultats bactériologiques observés, et calculés (entre parenthèses).

L'hypothèse d'indépendance des variables (colimétrie et précipitations) est rejetée avec une grande sécurité car la valeur trouvée, $\chi^2 = 13,33$, dépasse la valeur lue dans la table, $\chi^2 = 5,991$, au risque $\alpha = 5\%$. Les répartitions observées diffèrent significativement et les précipitations cumulées sur 3 jours supérieures à 11 mm ont donc un impact significatif sur la contamination bactérienne des palourdes.

2.3.3.5 Impact de la marée

Les résultats obtenus sur un cycle de marée, comprenant 3 séries de prélèvements en vives-eaux et mortes-eaux sur les 8 stations de prélèvements, montrent une influence de la marée sur le niveau de contamination (Fig. 28). La contamination bactérienne se situe à environ 4 unités logarithmiques en moyenne en vives-eaux, et à environ 3 en mortes-eaux (Tab. 21).

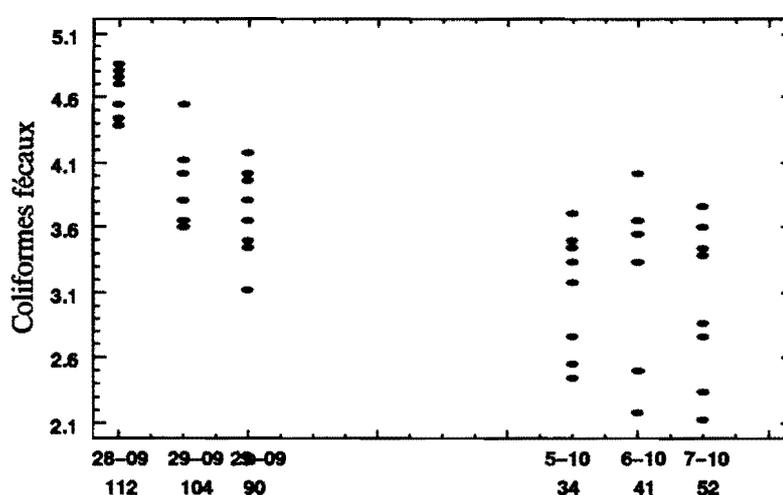


Fig. 28 : Evolution journalière des niveaux de contamination (log (C.F./100 ml)) aux 8 stations de prélèvement.

Variabilité spatiale des résultats

Les coefficients de variation indiquent le degré de variabilité des résultats entre les stations, par date de prélèvements (Tab. 21). Ils sont faibles en vives-eaux, et indiquent une grande homogénéité de la contamination journalière moyenne entre les stations de prélèvements. En mortes-eaux, les coefficients de variation sont plus élevés, ce qui traduit une certaine hétérogénéité dans la répartition journalière des flux de pollution.

DATE	Coef. marée	Nb prélèvements	\bar{x} (log C.F.)	s	c.v.
28.09.92	112	7	4.64	0.19	4.09
29.09.92	104	8	3.97	0.30	7.56
30.09.92	92	8	3.70	0.35	9.46
05.10.92	34	8	3.11	0.47	15.11
06.10.92	41	7	3.25	0.66	20.31
07.10.92	52	8	3.03	0.60	19.80

Tab. 21: Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficients de variation (c.v.) des 6 séries de mesures aux 8 stations de prélèvements – Marais de Mesquer (Loire-Atlantique).

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la marée

	$a \leq 3$	$3 < b \leq 4$	$c > 4$	Total
Coef. marée < 72	47 (37,6)	39 (41,6)	14 (20,8)	100
Coef. marée > 72	27 (36,4)	43 (40,4)	27 (20,2)	97
Total	74	82	41	197

Tab. 22 : Tableau de contingence des résultats bactériologiques observés, et calculés (entre parenthèses).

L'hypothèse d'indépendance des variables (colimétrie et coefficients de marée) est rejetée car la valeur trouvée, $\chi^2 = 9,62$, dépasse celle lue dans la table, $\chi^2 = 5,991$, au risque $\alpha = 5\%$. Les répartitions observées diffèrent significativement, et les marées de vives-eaux ont un impact significatif sur la contamination bactérienne des palourdes dans les étiers.

2.3.4. DISCUSSION

2.3.4.1 Périodicité des prélèvements

La mesure de la contamination ne présente pas de biais en ce qui concerne la périodicité des prélèvements car les 26 séries de prélèvements se répartissent à égalité entre les périodes de mortes-eaux et de vives-eaux.

La variation de la hauteur d'eau au cours de l'année, pour un même coefficient, n'est pas négligeable. Il est d'autant plus important d'en tenir compte que l'effet du vent peut également contribuer à gommer une partie de cette différence, voire l'inverser. Les dates de prélèvements devront être choisies de manière à obtenir une amplitude la plus importante possible entre les marées de mortes-eaux et de vives-eaux, si l'on veut mettre en évidence un tel impact.

2.3.4.2 Répartition spatiale et temporelle de la contamination

Les résultats obtenus semblent montrer un léger gradient amont/aval dans les étiers de Quimiac et de Kercabellec, mais toutes les stations présentent des contaminations élevées. L'observation des fréquences relatives des classes de contamination, ou des moyennes géométriques des résultats, ne montre pas de différence importante dans la contamination. La prudence s'impose dans l'interprétation d'une différence de contamination entre stations car la variabilité temporelle des résultats (Tab. 18) est généralement supérieure à la variabilité spatiale (Annexe 4, Tab. A 19). De toute évidence, la répartition spatiale de la contamination entre stations est relativement uniforme, et s'explique par le régime hydraulique de ces petits étiers qui se vident en totalité quelle que soit la marée. Les écoulements des anciens marais salants et de quelques ruisseaux maintiennent un filet d'eau de 10 à 20 cm de profondeur, variant d'un mètre de largeur en amont à environ 6 à 8 mètres en aval.

L'évolution des niveaux de contamination par date (Fig. 25) montre un pic de contamination dès la fin août à début octobre, qui fait suite au pic d'affluence touristique centrée sur la première quinzaine d'août. La répartition des résultats en fonction des classes de contamination définies par la réglementation montre un gradient de contamination du printemps à l'automne, notamment concernant les résultats supérieurs à 6 000 C.F./100 ml et une moindre contamination en hiver.

Les résultats mesurés par la DDASS (1991 ; 1993), en période estivale dans les eaux de l'étier à Kercabellec, montrent des contaminations importantes, qui sont essentiellement d'origine urbaine et domestique, et cela bien que le réseau d'assainissement collectif soit étendu dans le secteur de l'étude. Le taux de branchement au réseau est semble-t-il insuffisant, et certains branchements peuvent être défectueux. Les capacités d'accueil de Mesquer permettent de multiplier par 7 la population de la commune, en saison estivale (INSEE, 1991). Il y a concordance entre la forte contamination post-estivale et l'affluence touristique.

Les étiers de Quimiac et de Kercabellec participent, proportionnellement à leur flux de pollution bactérien, à la dégradation de la qualité des eaux conchylicoles des traicts de Pen Bé et Mesquer. Les résultats obtenus mensuellement dans le cadre du réseau de surveillance microbiologique REMI indiquent que 7,7 % sont supérieurs à 300 C.F./100 ml sur les deux stations de prélèvements de ce secteur (Annexe 4, Tab. A13). Les claires utilisées pour l'élevage des palourdes, proches des sources de pollution, sont soumises à un risque de contamination plus important (Annexe 4, Tab. A20).

2.3.4.3. Influence de la pluviométrie

La pluviométrie présente un gradient du printemps à l'automne, en phase avec celui de la contamination bactérienne, l'hiver étant la saison la moins pluvieuse. Les graphiques (Fig. 27 et 28) montrent peu de concordances entre les pics de pluviométrie et de contamination. En effet, les précipitations supérieures à 11 mm ont été peu fréquentes dans les trois jours précédents les prélèvements : soit 5 périodes lors des 26 séries de prélèvements. L'influence de la pluviométrie est significative sur la pollution des coquillages ($\chi^2 = 13,33$). Il y a concordance entre les périodes pluvieuses et les périodes présentant les plus fortes contaminations, c'est-à-dire l'été et l'automne, au cours de cette étude.

Dans le contexte particulier de la commune de Mesquer, où les habitations sont essentiellement regroupées de part et d'autre des marais salants, puis sur le bord de mer peu étendu, certains rejets d'eaux usées peuvent se faire plus ou moins directement dans des petits étiers secondaires. Quelques sources et petits ruisseaux favorisent également les écoulements de rejets polluants, de même que la remontée des eaux marines lors d'importants coefficients de vives-eaux. Dans ces conditions, les étiers de Quimiac et de Kercabellec peuvent être victimes de contaminations bactériennes en l'absence de pluie importante.

Durant l'étude, la pluviométrie (760,6 mm) correspond à la moyenne des pluviométries annuelles enregistrées de 1986 à 1992 (756 mm). De ce point de vue, la contamination mesurée est globalement représentative de celle d'une année moyenne (Annexe 1, Tab. A7).

2.3.4.4. Influence de la marée

Le suivi de l'évolution de la contamination bactérienne sur un cycle de marée (3 jours en vives-eaux et 3 jours en mortes-eaux) montre que celle-ci, qui se situe à environ 4 unités logarithmiques en vives-eaux, baisse seulement d'une unité en mortes-eaux, alors que dans la première partie de l'étude la contamination diminuait de 2 unités logarithmiques.

Les prélèvements en vives-eaux et en mortes-eaux ont été faits par temps pluvieux dans des conditions voisines, soit par une pluviométrie cumulée respectivement de 17,1 mm et de 13,0 mm dans les 3 jours précédant les 3 séries de prélèvements. Les forts courants en marée de vives-eaux facilitent le brassage des eaux et ceci se traduit par une bonne homogénéité des résultats. Dans une étude réalisée

dans des conditions similaires dans les chenaux de Talmont-Saint-Hilaire (Vendée), ALLENOU *et al.* (1995) montre qu'il n'y a pas de stratification verticale dans la répartition de la salinité.

Dans les étiers, la marée est particulièrement dissymétrique, et le flot très court, ce qui engendre de forts courants qui favorisent la remise en suspension des sédiments contaminés. La persistance d'une contamination significative en mortes-eaux et en vives-eaux témoigne d'une pollution plus ou moins permanente des étiers de Quimiac et Kercabellec, du 28 septembre au 7 octobre. Celle-ci a été favorisée par une pluviométrie cumulée de 13 millimètres dans les 3 jours précédant les 3 séries de prélèvements en mortes-eaux. L'hétérogénéité des résultats en mortes-eaux s'explique par la diversité des flux de pollution et l'influence des eaux marines dans ces conditions. Sur l'ensemble de l'année, 73 % des résultats (73 sur 100) sont supérieurs à 300 C.F./100 ml en mortes-eaux, et 85,6 % des résultats (83 sur 97) sont supérieurs à 300 C.F./100 ml en vives-eaux. Ils montrent que les étiers sont pollués en permanence.

En effet, la marée atteint difficilement les stations amont des deux étiers, et le courant de marée s'inverse aussitôt. Au cours des 26 séries de prélèvements, la hauteur d'eau théorique moyenne a été de 4,30 mètres en mortes-eaux et de 5,30 mètres en vives-eaux, pour un écart-type de 0,3. Compte tenu de la cote du radier en amont des étiers, soit environ 3,90 mètres aux stations 6 et 8 d'après le profil établi par PAUMIER (1986), la hauteur d'eau moyenne à pleine mer de mortes-eaux à ces stations est d'environ 0,40 mètre, et à pleine mer de vives-eaux d'environ 1,40 mètre.

Les séries de prélèvements ont été effectuées en majorité (16 séries sur 26) aux environs de la marée basse, et seulement 4 à marée haute. Un effort d'échantillonnage très important est nécessaire pour obtenir des séries de prélèvements représentatives des différentes conditions de marée. Dès lors que ce choix n'est pas réalisable, pour des raisons de coût dans le cas des étiers, il est préférable de prélever systématiquement les coquillages dans les mêmes conditions.

Le test statistique pratiqué, sur les résultats obtenus lors des 26 séries de prélèvements, confirme que les marées de vives-eaux induisent généralement une forte contamination bactérienne des palourdes placées dans les étiers.

2.3.5. CONCLUSION

Les mesures effectuées ne présentent pas de biais en ce qui concerne la périodicité des prélèvements, qui ont été effectués à égalité en période de vives-eaux et de mortes-eaux. D'autre part, durant l'étude, la pluviométrie correspond à la moyenne mesurée ces dernières années.

Toutes les stations de prélèvements s'avèrent fortement polluées et montrent peu de différences : les stations 1 et 2, proches de l'estran, le sont moins, tandis que la station 4, située sur l'étier de Quimiac, à proximité de l'agglomération, présente les plus mauvais résultats. Le taux de présence des salmonelles (6,6 %) mesuré sur 181 prélèvements de palourdes est faible, et la plupart des salmonelles est présente dans 2 séries de prélèvements alors que la concentration en coliformes fécaux est très élevée (de 10^4 à 10^5 C.F./100 ml en moyenne).

L'été et l'automne présentent les plus fortes contaminations. Un pic de contamination caractéristique se situe fin août et en septembre, aussitôt après la saison touristique et les premières pluies importantes. L'impact des précipitations est significatif, malgré une fréquence annuelle de pluviométrie cumulée supérieure à 11 mm, faible dans les jours précédents les séries de prélèvements.

Les marées de vives-eaux contribuent à la pollution des étiers, par la remise en suspension des sédiments fins contaminés, et aussi en inondant certains fossés qui recueillent des eaux usées qui peuvent ainsi rejoindre les étiers et être évacuées en mer. La distribution des flux de pollution est rythmée par le régime des marées car les étiers se vident presque totalement à marée basse en toute saison. L'impact des marées de vives-eaux sur les fortes concentrations en coliformes fécaux est significatif. Ces étiers, malgré des débits d'eaux douces relativement faibles, contribuent à la contamination résiduelle des élevages conchylicoles sur les traicts de Mesquer et de Pen Bé.

Le classement de salubrité de la zone étudiée est C pour les bivalves fouisseurs, car globalement 27,4 % des résultats sont supérieurs à 6 000 C.F./100 ml, dont 8,1 % supérieurs à 60 000 C.F./100 ml. Seulement 20 % sont inférieurs à 300 C.F./100 ml.

2.4. ETUDE DU SECTEUR DE KERVARIN (MESQUER) A BOULAY (SAINT-MOLF)

2.4.1. POSITIONNEMENT DES STATIONS DE PRELEVEMENTS

Description du secteur étudié

La zone de marais, à usage aquacole et salicole, est délimitée avec précision, sur une carte IGN au 1/25 000^{ème}, lors de visites de terrain. L'usage de chaque portion de marais est noté (élevage de palourdes, claires à huîtres, salines, zones naturelles). Le relevé des niveaux atteints par l'eau, lors des plus faibles coefficients de pleine mer, est effectué.

Le secteur de l'étude, situé sur les communes de Mesquer et Saint Molf, alimenté par les étiers du Goilé, de Notre Dame et de Boulay, couvre une superficie globale de 170 hectares et se subdivise géographiquement en 2 parties distinctes (Fig. 29) :

- Kervarin/Rostu (62 ha) : ce secteur est constitué de nombreuses claires à huîtres exploitées, dont certaines ont été abandonnées récemment. D'autres, situées sur l'estran, sont envahies par la végétation. Quelques oeilletts produisent encore du sel.
- Boulay (108 ha) : les claires ostréicoles ne sont plus utilisées, mais des élevages de palourdes se sont développés dans ce secteur majoritairement exploité pour la production de sel. La partie en amont du village de Kerstravouille ne convient pas à l'élevage des coquillages pour des raisons hydrauliques.

Positionnement des stations de prélèvements

Les stations de prélèvements sont réparties dans le lit des étiers selon un plan de sondage systématique. L'hétérogénéité de la zone étudiée : 2 sous-zones, 2 étiers principaux, 7 petits étiers secondaires, conduit au choix de 8 stations.

La longueur totale des étiers étudiés, mesurée au curvimètre sur la carte IGN au 1/25 000^{ème}, est d'environ 3 000 mètres (étier du Goilé : 1 400 m, étier de Boulay : 1 600 m, non compris la partie amont du village de Kerstravouille), et l'intervalle entre 2 stations est $p = l/n$, soit 500 mètres. Les 6 stations sont donc réparties tous les 500 mètres à partir d'un point i, situé à 100 mètres de la limite de l'estran, qui définit la première station (Fig. 29), et 2 autres sur des étiers secondaires.

A chaque station de prélèvement, 1 à 2 kg de palourdes sont déposés dans un filet plastique (0,15 m²) sur le fond de l'étier. Le filet est relié par un piquet à la berge, de manière à faciliter les prélèvements dans toutes les conditions de marée. Le dépôt initial des palourdes à chaque station est

effectué 2 semaines avant les premiers prélèvements, puis le stock de coquillages est renouvelé, dans les mêmes conditions, au fur et à mesure des besoins.

Prélèvements

La recherche systématique des salmonelles nécessite de prélever les coquillages le lundi. La périodicité des prélèvements ne doit pas être systématiquement en phase avec le phénomène des marées afin de ne pas biaiser la représentativité des résultats. La solution est donc d'échantillonner une fois en mortes-eaux et la semaine suivante en vives-eaux, ou réciproquement, selon un pas de temps

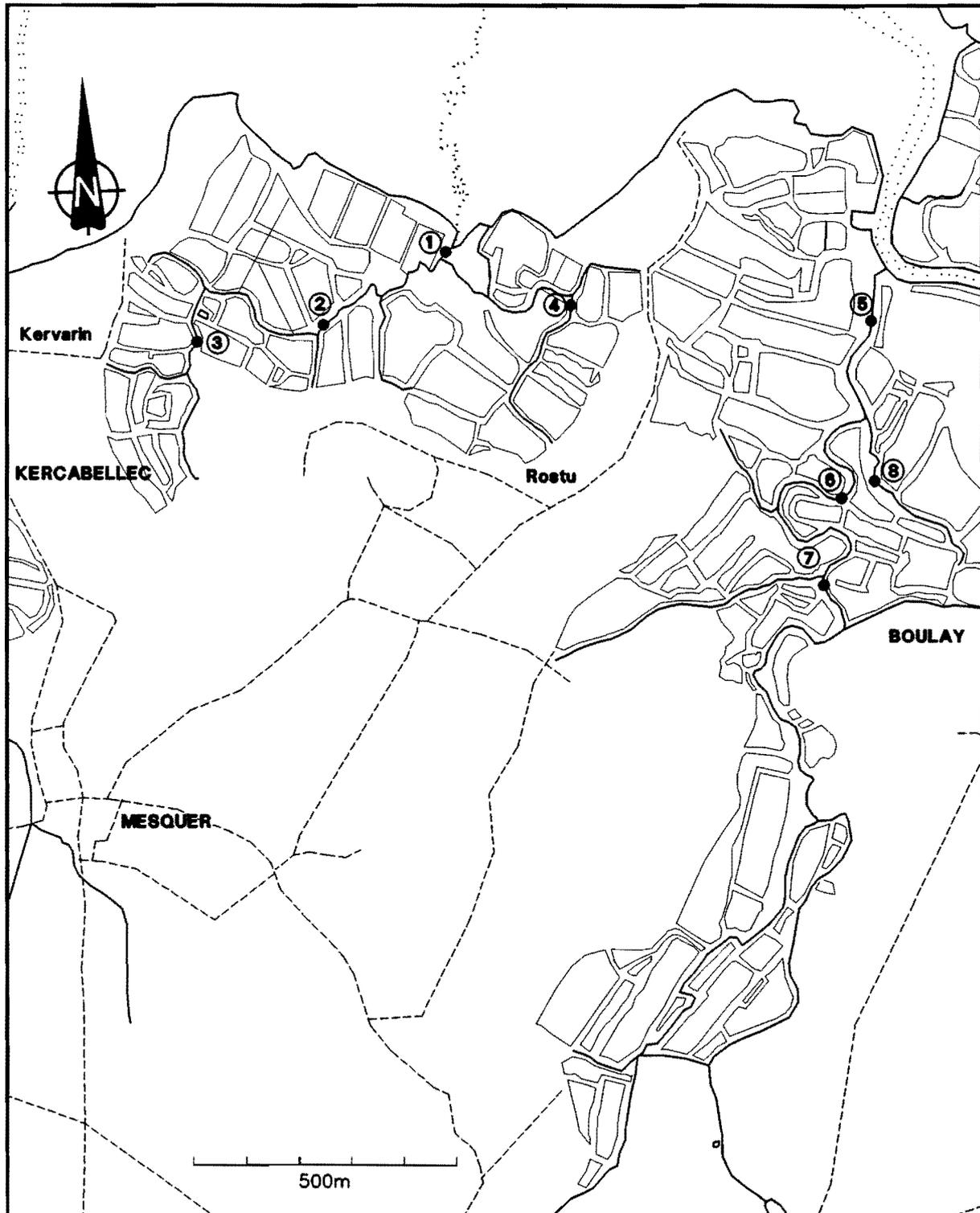


Fig. 30 : Plan de localisation des 8 stations de prélèvements dans les marais de Rostu, Mesquer, et de Kercabellec, Saint Molf - Mesquer (Loire-Atlantique).

systématique de 28 jours. Chaque mois, trois couples mortes-eaux/vives-eaux sont possibles pour le choix des séries de prélèvements. La série retenue est l'une de celles présentant les plus grandes différences d'amplitude entre les niveaux des marées.

Les échantillons de coquillages (12 palourdes) prélevés à chaque station sont soigneusement lavés sur place et placés dans un sachet numéroté. Ils sont stockés en glacière isotherme avec accumulateur de froid, puis acheminés au laboratoire où les analyses sont effectuées dès le lendemain matin.

2.4.2. TRAITEMENT DES DONNEES

2.4.2.1. Méthodes

Description des résultats par station et saison

Le calcul des fréquences relatives et des pourcentages correspondants est effectué par station et saison en fonction des classes de contamination définies par l'arrêté en cours de publication, et la contamination moyenne par station est également indiquée.

Résultats synthétiques de la contamination par date

Les 26 séries de résultats sont présentées sur un graphique indiquant les moyennes de concentration en coliformes fécaux et leurs écarts-types par date de prélèvement.

Impact de la pluviométrie

Le temps de réponse du bassin versant, mesuré sur l'étier de Pont d'Armes, est de l'ordre de 24 heures à la suite d'une pluie de 10 millimètres (PAUMIER, 1986). La description de l'évolution de la contamination fécale est donc effectuée par station au jour j et en fonction des précipitations cumulées sur 5 jours (de $j-1$ à $j-5$), au lieu de 3 jours comme précédemment, car dans le cas du bassin versant de Kervarin au Boulay, la fréquence d'une pluviométrie supérieure à 10 mm passe alors de 5 fois à 9 fois pour 26 séries de prélèvements.

Test d'homogénéité des résultats soumis à la pluviométrie

Les résultats bactériologiques sont répartis en 3 classes de contamination après transformation logarithmique ($a \leq 3$; $3 < b \leq 4$; > 4) et en fonction des dates auxquelles l'on observe des pluviométries cumulées sur 5 jours inférieures ou supérieures à 11 mm. Un test de χ^2 permet de tester l'indépendance entre la colimétrie et la pluviométrie.

Impact de la marée

Les variations des contaminations, pendant une marée de mortes-eaux et de vives-eaux, sont mesurées toutes les 2 heures, sur 3 stations de prélèvements de l'étier de Boulay. Les palourdes, dont le niveau de contamination est contrôlée au départ des expériences, sont déposées dans de petits filets individuels, à l'étale de pleine mer, puis les échantillons sont ensuite prélevés toutes les 2 heures, jusqu'au retour de la pleine mer.

Les variations journalières des contaminations sont mesurées sur l'ensemble des stations par des prélèvements effectués sur 3 jours consécutifs, en vives-eaux et en mortes-eaux.

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la marée

Les résultats bactériologiques sont répartis en 2 catégories (mortes-eaux et vives-eaux) et en 3 classes de contamination après transformation logarithmique ($a \leq 3$; $3 < b \leq 4$; $c > 4$). Un test de χ^2 permet de tester l'indépendance entre la colimétrie et les périodes de mortes-eaux et vives-eaux.

2.4.3. RESULTATS

L'étude a été légèrement perturbée par quelques vols d'échantillons, notamment à la station 1 de Rostu et à la station 5 de Boulay.

2.4.3.1. Contamination bactériologique par station

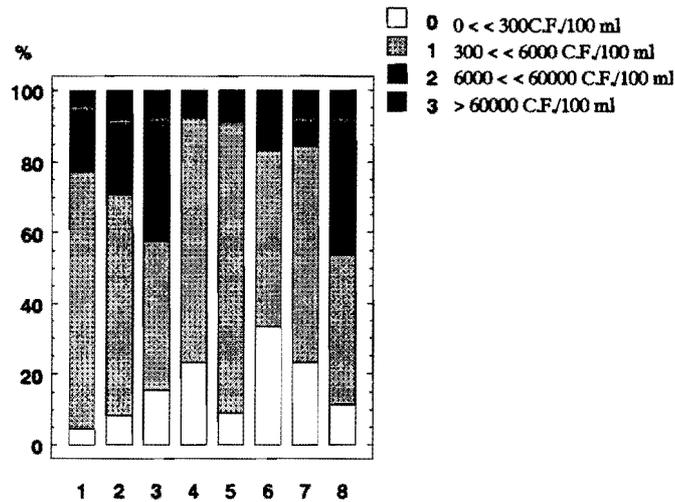


Fig. 30 : Histogramme des fréquences relatives des classes de contamination des 8 stations de prélèvements.

Toutes les stations sont fortement contaminées (Fig. 30) et peu de résultats sont inférieurs à 300 C.F./100 ml. La plupart des stations présentent 1 ou 2 résultats supérieurs à 60 000 C.F./100 ml. L'ensemble de la zone correspond à un classement C car 23,5 % des résultats (46 sur 196) sont supérieurs à 6 000 C.F./100 ml, dont 4,6 % supérieurs à 60 000 CF/100 ml. Seulement 16,3 % des résultats (32 sur 196) sont inférieurs à 300 C.F./100 ml.

L'observation des classes de contamination, à partir de 6 000 C.F./100 ml (Fig. 30), montre un léger gradient de pollution de l'aval vers l'amont, c'est-à-dire de la station 1 à la station 3 sur l'étier de Goilé. Ce gradient est moins prononcé pour l'étier du Boulay, mais la station 7 située en amont est la plus polluée, de même que la station 8 située sur une bondre ou étier secondaire.

La moyenne des résultats (\log (C.F./100 ml)) sur l'ensemble des séries de prélèvements (Tab. 21) est supérieure à 3, excepté à la station 4, et la différence de contamination entre les stations est faible. Du fait des valeurs manquantes, le test de Friedman ne peut être utilisé pour tester d'éventuelles différences de résultats entre stations.

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	Moyenne
n	22	24	26	26	22	24	26	26	-
\bar{x}	3.36	3.48	3.56	2.92	3.21	3.05	3.23	3.59	3.30
s	0.67	0.77	0.88	0.78	0.69	0.77	0.77	0.86	0.77
c.v.	19.92	22.14	24.59	26.67	21.56	25.30	23.80	23.88	23.48

Tab. 21 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficients de variations (c.v.) des mesures (n) des 26 séries de prélèvements aux 10 stations.

Le taux de présence de *Salmonella* (5,9 %) mesuré dans 27 séries de prélèvements (12 résultats positifs sur 204 analyses) est peu élevé. Des salmonelles ont été détectées sur 6 stations le 11 octobre (Tab. 22), lors d'un pic de contamination atteignant 4,37 unités log. sur les 8 stations, soit 25 100 C.F./100 ml. Un tel résultat n'est pas systématique en cas de forte pollution, mais il est rare de trouver des salmonelles en cas de faible pollution.

Date	Station	Salmonelles	C.F./100 ml
12.04.93	8	<i>S. paratyphi B</i>	4 490
24.05.93	3	<i>S. typhimurium</i>	450
26.07.93	2	<i>S. virchow</i>	27 700
20.09.93	8	<i>S. virchow</i>	8 960
27.09.93	5	<i>S. virchow</i>	5 590
	8	<i>S. virchow</i>	65 900
11.10.93	1	<i>S. enteritidis</i>	27 700
	4	<i>S. bredeney</i>	27 700
	5	<i>S. typhimurium</i>	27 700
	6	<i>S. bredeney</i>	27 700
	7	<i>S. bredeney</i>	65 900
22.11.93	8	<i>S. shubro, S. indiana</i>	1 380

Tab. 22: Résultats des recherches de salmonelles aux 8 stations de prélèvements.

Les salmonelles les plus fréquentes (Tab. 22) sont : *S. virchow* (4 fois sur 18) et *S. bredeney* 3 fois sur 18. *S. typhimurium* et *S. enteritidis* sont les principales souches pathogènes pour l'homme trouvées en hygiène alimentaire, puis chez les animaux et dans l'environnement (CORBION *et al.*, 1994) ; *S. arizonae*, ayant pour origine les animaux à sang froid, très rarement pathogène pour l'homme, a été isolé 6 fois dans les palourdes au cours de l'étude.

2.4.3.2. Contamination bactériologique par saison

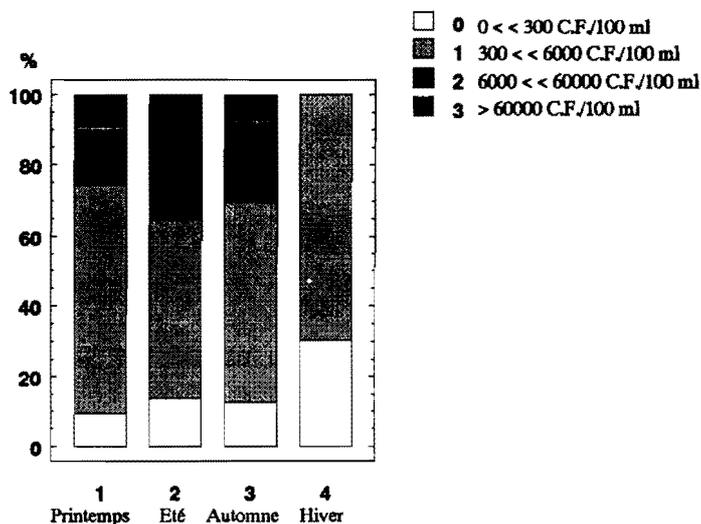


Fig. 31 : Histogramme des fréquences relatives des classes de contamination par saison.

La pluviométrie, mesurée chaque jour à la station météorologique de Mesquer et exprimée en fonction des saisons, est la suivante :

- printemps 1993 : 220,0 mm
- été 1993 : 136,5 mm
- automne 1993 : 250,2 mm
- hiver 1993-1994 : 358,3 mm

L'hiver qui présente la plus forte pluviométrie est moins pollué que les autres saisons. Celles-ci ont des niveaux de contamination voisins : 90,7 % des mesures sont supérieures à 300 C.F./100 ml au printemps, 86,3 % en été et 87,5 % en automne. L'été, malgré une pluviométrie faible, est fortement pollué.

2.4.3.3. Contamination bactériologique par date de prélèvements

La figure 32 ne montre pas d'évolution caractéristique des niveaux moyens de la pollution bactériologique au cours de l'année, comme dans le secteur de Quimiac et Kercabellec. Les pics de contamination les plus importants se situent entre la mi-juin et début octobre.

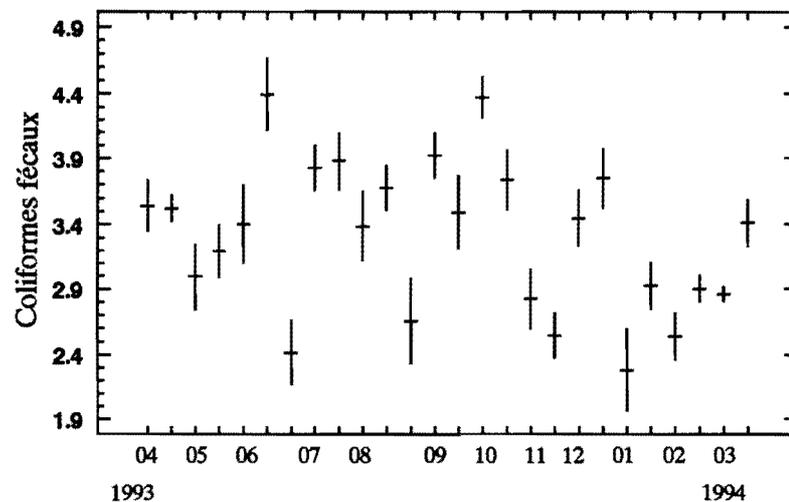


Fig. 32 : Moyennes et écarts-types de la contamination bactérienne par date (log C.F./100 ml) aux 8 stations de prélèvements.

2.4.3.4. Impact de la pluviométrie

Les résultats sont présentés sous forme de graphiques par date de prélèvement avec en ordonnée le logarithme de la concentration en coliformes fécaux pour 100 ml (à gauche), et la pluviométrie cumulée sur 5 jours en 1/10 mm (à droite) pour les stations faisant apparaître une telle relation. Seules les valeurs supérieures à 3 unités log. sont considérées comme des pics de contamination.

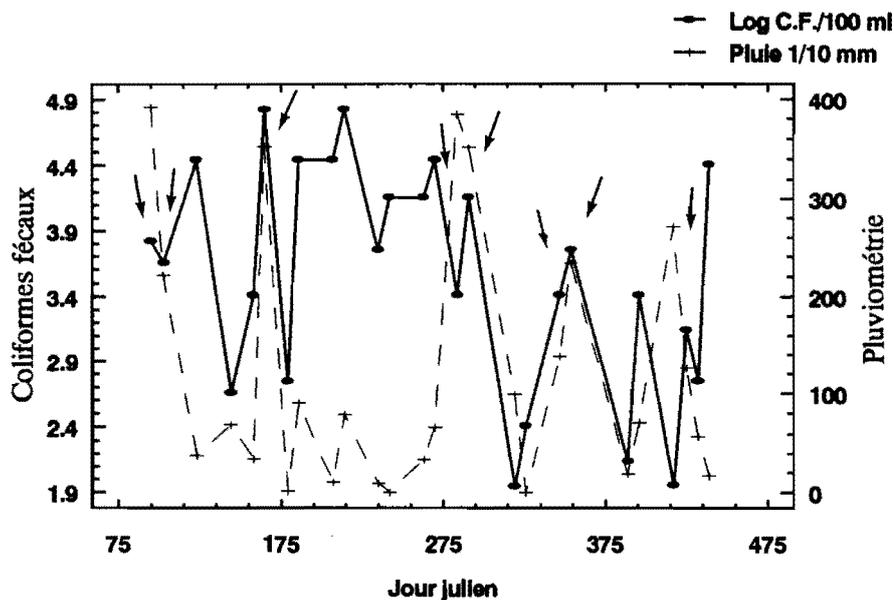


Fig. 33 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 5 jours – station 3

A la station 3 (Fig. 33) dans l'étier du Goilé, 8 pics de contamination font suite à des pluviométries cumulées variant de 12,6 mm à 39,2 mm. Le 21 février 1994, on observe une contamination nulle à la suite de fortes pluies (27,1 mm).

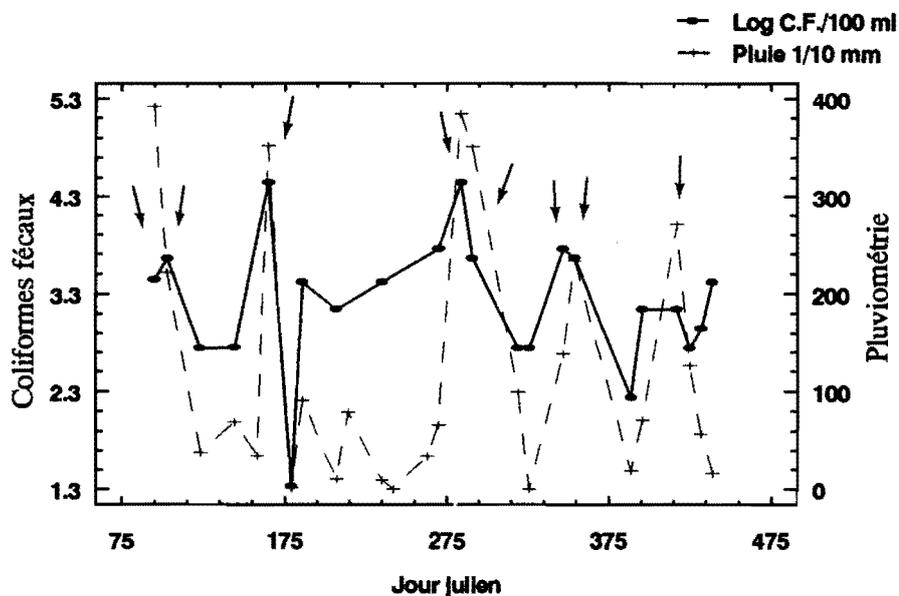


Fig. 34 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 5 jours – station 5

A la station 5 (Fig. 34) de l'étier du Boulay, 8 pics de contamination font suite à des pluviométries cumulées variant de 13,8 mm à 39,2 mm.

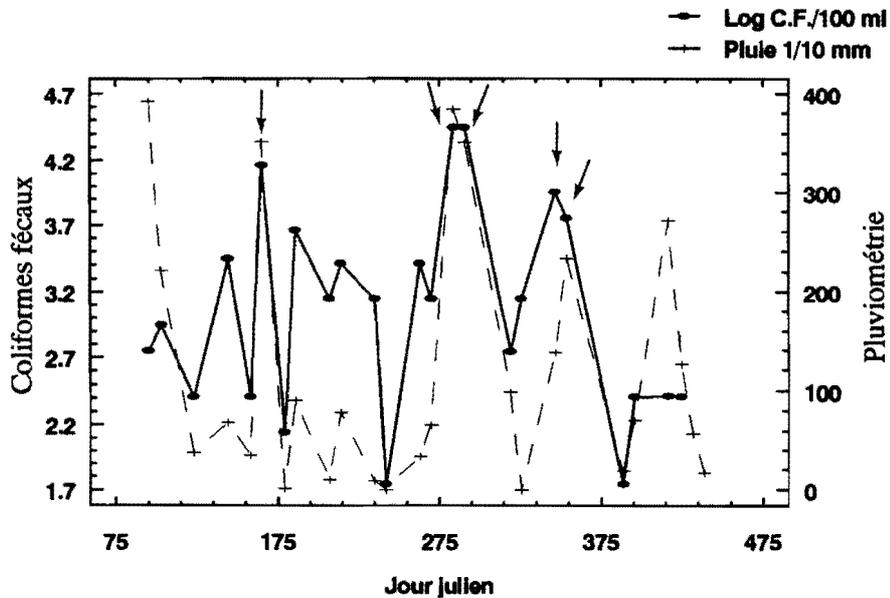


Fig. 35 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 5 jours - station 6

A la station 6 (Fig. 35) de l'étier du Boulay, 5 pics de contamination font suite à des pluviométries cumulées variant de 13,8 mm à 35,2 mm. Les 5 et 12 avril 1993, puis le 21 février 1994, on observe de faibles contaminations après de fortes pluies : respectivement 39,2 mm, 22,1 mm et 27,1 mm.

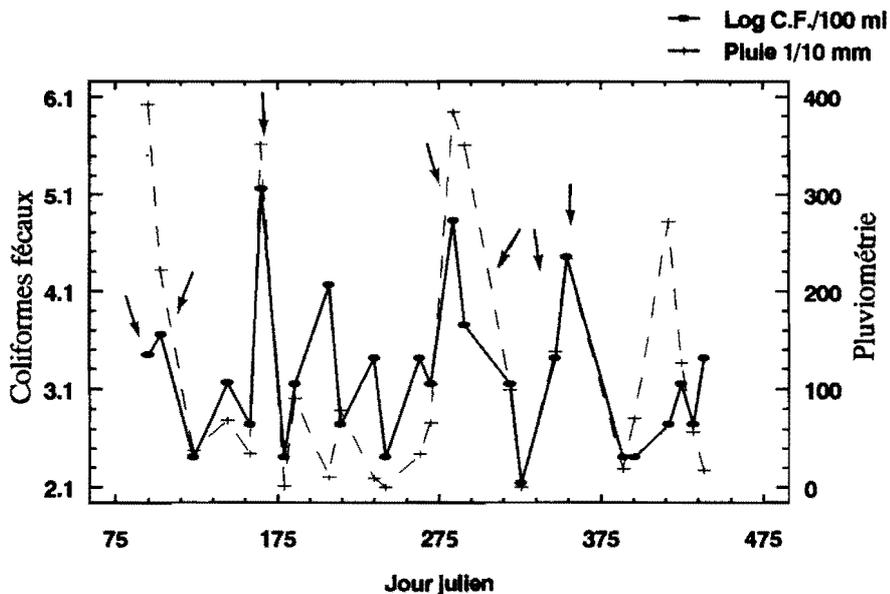


Fig. 36 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 5 jours - station 7

A la station 7 (Fig. 36) de l'étier du Boulay, 7 pics de contamination font suite à des pluviométries cumulées variant de 13,8 mm à 39,2 mm. Le 21 février 1994, on observe une contamination nulle après de fortes pluies (27,1 mm).

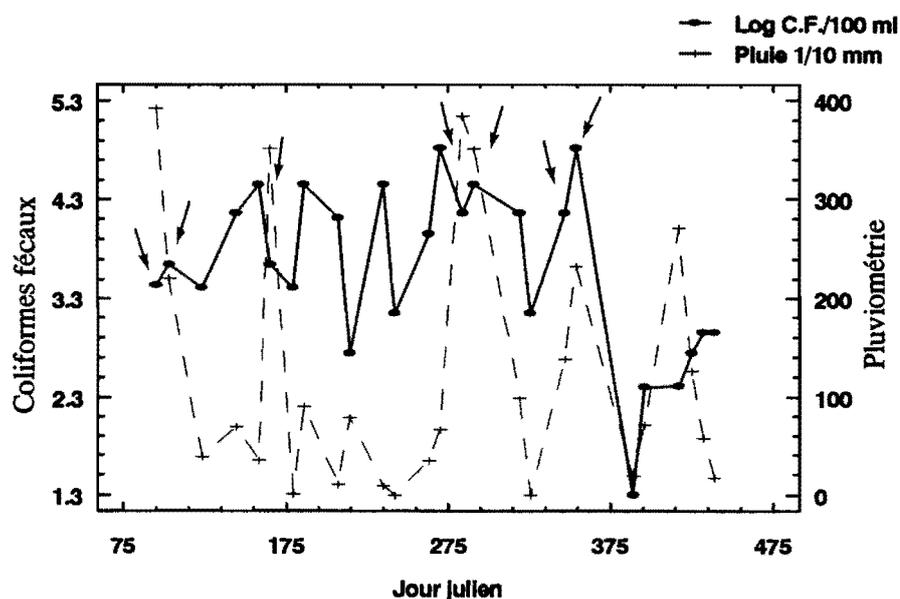


Fig. 37 : Evolution comparée de la contamination fécale et des précipitations cumulées sur 5 jours – station 8

A la station 8 (Fig. 37) d'un étier secondaire du Boulay, 7 pics de contamination font suite à des pluviométries cumulées variant de 13,8 mm à 39,2 mm. Le 21 février 1994, on observe une contamination nulle après de fortes pluies (27,1 mm).

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la pluviométrie

L'hypothèse d'indépendance des variables (colimétrie et précipitations) est rejetée car la valeur trouvée, $\chi^2 = 7,12$, dépasse la valeur lue dans la table, $\chi^2 = 5,991$, au risque $\alpha = 5\%$. Les répartitions observées diffèrent significativement et les précipitations cumulées sur 5 jours supérieures à 11 mm ont donc un impact significatif sur la contamination bactérienne des palourdes dans les étiers.

	$a \leq 3$	$3 < b \leq 4$	$c > 4$	Total
pluies cumulées < 11 mm	54 (46,3)	49 (50,8)	23 (28,9)	126
pluies cumulées > 11 mm	18 (25,7)	30 (28,2)	22 (16,1)	70
Total	72	79	45	196

Tab. 23 : Tableau de contingence des résultats bactériologiques observés, et calculés (entre parenthèses).

2.4.3.5 Impact de la marée

En mortes-eaux, partant d'un niveau inférieur au seuil de détection, une contamination moyenne de 100 C.F./100 ml est obtenue en 2 heures (Fig. 38). Elle passe par un pic de 1 000 C.F./100 ml au bout de 6 heures, avant de retomber au niveau moyen précédent, puis en-dessous du seuil de détection au moment de la pleine-mer. En vives-eau le profil de la contamination est relativement stable autour de 1800 C.F./100 ml en moyenne, pendant toute la durée de la marée. Le niveau moyen de la contamination initiale des palourdes (400 C.F./100 ml) est dû à un incident : une marée de vives-eaux a submergé les digues de protection de la claire où se trouvait le lot de coquillages avant le début de l'expérience.

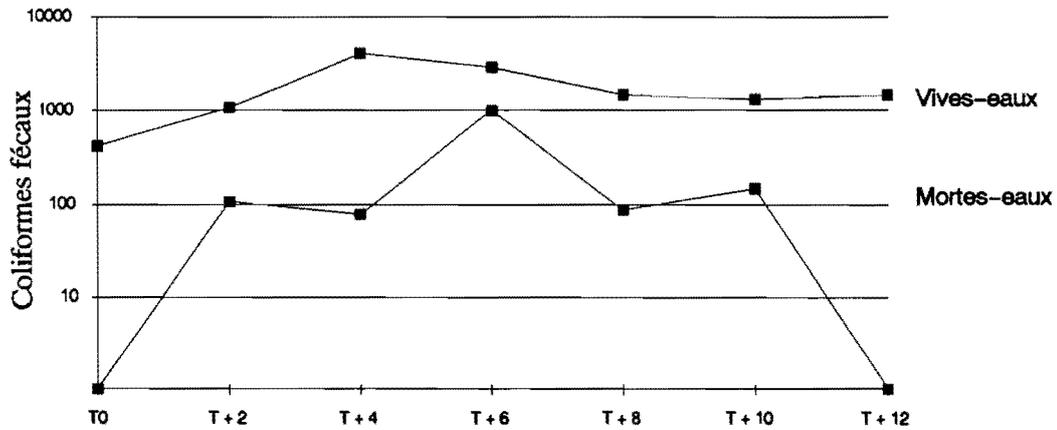


Fig. 38 : Evolution de la contamination moyenne (C.F./100 ml) toutes les 2 heures sur les stations 5, 6 et 8 de l'étier du Boulay.

Les résultats obtenus sur un cycle de marée (Fig. 39), comprenant 4 séries de prélèvements en vives-eaux et en mortes-eaux sur les 8 stations de prélèvements, ne montrent pas de tendance de l'influence de la marée. On note une augmentation des niveaux de contamination dès le 22 février à partir d'un coefficient de marée de 48.

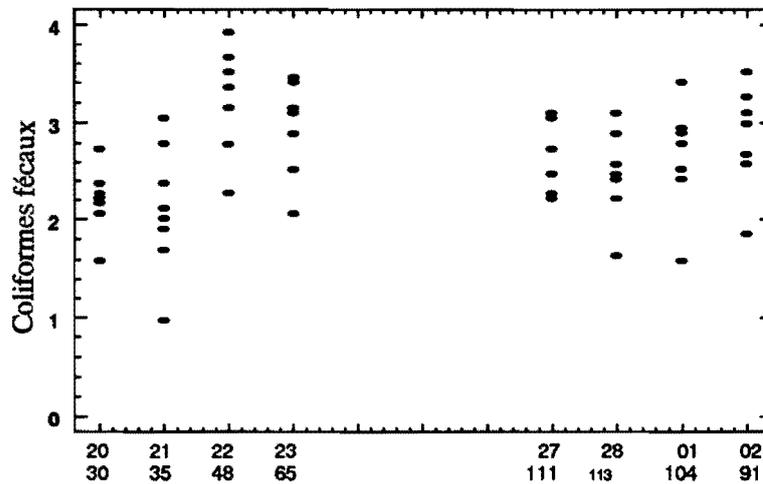


Fig. 39 : Evolution journalière des niveaux de contamination (log C.F./100 ml) aux 8 stations de prélèvements.

Variabilité spatiale des résultats

Les coefficients de variation, moyennement élevés, montrent que la variabilité des résultats entre les stations par date (Tab. 24) est d'un même niveau en mortes-eaux et en vives-eaux. Les résultats sont à peu près identiques d'un jour sur l'autre en vives-eaux. Quand la contamination est faible les mesures analytiques sont peu précises et les coefficients de variation deviennent plus élevés.

Date	Nb prélèvements	Coef. marée	\bar{x} log (C.F.)	s	c.v.
20.02.94	7	30	2.20	0.34	15.70
21.02.94	8	35	2.11	0.65	30.76
22.02.94	8	48	3.11	0.62	20.10
23.02.94	8	65	2.96	0.47	15.89
27.02.94	8	111	2.53	0.37	14.70
28.02.94	7	113	2.47	0.47	19.10
01.03.94	7	104	2.65	0.57	21.41
02.03.94	7	91	2.85	0.55	19.16

Tab. 24 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficient de variation (c.v.)
des 10 séries de mesures aux 9 stations de prélèvements

Test d'homogénéité des résultats soumis à l'impact de la marée

L'hypothèse d'indépendance des variables (colimétrie et coefficients de marée) est rejetée car la valeur trouvée, $\chi^2 = 6,89$, dépasse la valeur lue dans la table, $\chi^2 = 5,991$, au risque $\alpha = 5\%$, mais la marge de sécurité est faible car le χ^2 trouvé est peu élevé. Les répartitions observées diffèrent significativement, et sur l'ensemble de l'année les marées de vives-eaux ont donc un impact négatif sur la contamination des coquillages.

	a ≤ 3	3 < b ≤ 4	c > 4	Total
Coef. marée < 72	40 (33,8)	29 (38,0)	23 (20,2)	92
Coef. marée > 72	32 (38,2)	52 (43,0)	20 (22,8)	104
Total	72	81	43	196

Tab. 25 : Tableau de contingence des résultats bactériologiques observés,
et calculés (entre parenthèses).

2.4.4. DISCUSSION

2.4.4.1 Fréquence des prélèvements

La mesure de la contamination ne présente pas de biais en ce qui concerne la périodicité des prélèvements car les 26 séries de prélèvements se répartissent sensiblement à égalité entre les périodes de mortes-eaux (12 séries) et de vives-eaux (14 séries). Mais quand les hauteurs d'eau dans les étiers sont faibles (environ 50 cm) entre les vives-eaux et mortes-eaux, l'action du vent peut gommer cette différence, voire l'inverser légèrement.

2.4.4.2 Répartition spatiale et temporelle de la contamination

Les stations amont sont légèrement plus polluées que les autres, si l'on tient compte des fréquences relatives des pics de contamination, mais la différence reste faible, car toutes les stations sont fortement polluées. Les claires utilisées pour l'élevage des palourdes sont situées sur l'étier de Boulay, à proximité des sources de pollution. De ce fait, elles peuvent être fréquemment polluées.

Les eaux usées et les eaux pluviales des villages sont canalisées et rejetées directement à l'amorce de l'étier ou dans les fossés en communication avec le milieu marin. La station 3 est située à 200 mètres du point de rejet des eaux usées non épurées du village de Kervarin, composé d'une

vingtaine d'habitations. La station 7, reçoit en premier, les pollutions du bassin et notamment une partie importante des eaux usées non épurées du village de Boulay, composé d'une trentaine d'habitations, dont quelques fermes. La station 8 ne communique pas directement avec le bassin versant, mais s'alimente uniquement au flot par l'étier de Boulay, qui contamine donc l'étier secondaire à marée montante.

La prudence s'impose dans l'interprétation d'une différence de contamination entre stations car la variabilité temporelle des résultats à chaque station (Tab. 21) est généralement supérieure à la variabilité spatiale (Annexe 4, Tab. A 24). La répartition spatiale de la contamination est donc relativement uniforme, et s'explique par l'action de la marée et le régime hydraulique de ces petits étiers et qui se vident entièrement à tout coefficient de la marée. Les écoulements des anciens marais salants et de quelques ruisseaux maintiennent un filet d'eau de 10 à 20 cm de profondeur.

L'évolution des niveaux de contamination par date (Fig. 32) ne montre pas d'évolution caractéristique bien que les pics de contamination les plus élevés se situent entre mi-juin et début octobre. La contamination est forte en toute saison, excepté l'hiver où les résultats sont nettement meilleurs.

Les étiers de Goilé et de Boulay contribuent, proportionnellement à leur flux de pollution bactérien, à la dégradation de la qualité des eaux conchylicoles des traicts de Pen Bé et Mesquer. Les résultats obtenus mensuellement dans le cadre du réseau de surveillance microbiologique d'IFREMER (REMI) en 1993 indiquent que 8,3 % des mesures sont supérieures à 300 C.F./100 ml sur les 2 stations de prélèvements de ce secteur (Annexe 4, Tab. A13). Par contre en 1994, 37,1 % des mesures (13 sur 35 analyses) sont supérieures à 300 C.F./100 ml, et 20 % sont compris entre 1 000 et 6 000 C.F./100 ml. Une station de prélèvements a été ajoutée sur l'estran, en aval du point de rejet des étiers de Pont d'Armes et de Boulay.

2.4.4.3. Influence de la pluviométrie

Il semble que le temps de réponse du bassin versant de Kervarin au Boulay soit d'au moins 48 heures, puisque le cumul des pluies sur 5 jours au lieu de 3 jours montre un plus grand nombre de concordance entre les pics de pollution et la pluviométrie. Des précipitations cumulées supérieures à 11 mm ont été mesurées 9 fois sur 26 dans les cinq jours précédents les prélèvements. L'influence de la pluviométrie est significative sur la pollution des coquillages ($\chi^2 = 7,12$) au risque $\alpha = 5\%$. Il y a concordance entre les périodes pluvieuses et les périodes présentant les plus fortes contaminations, c'est-à-dire l'été et l'automne, au cours de cette étude.

Les hameaux de Kervarin et Boulay sont situés en bordure immédiate du marais et les rejets d'eaux usées, qui sont canalisés, se font directement dans des fossés communiquant avec les étiers. Certains fossés sont inondés par la marée lors des vives-eaux, et la pollution gagne aisément le milieu marin, y compris en l'absence de pluie.

La pluviométrie mesurée pendant la durée de l'étude à la station de Mesquer, soit 987,5 mm, est nettement supérieure à la moyenne annuelle calculée de 1986 à 1993, soit 763 mm. Mais il ne semble pas, dans le cas présent, que la variation saisonnière de la pluviométrie ait une influence déterminante sur le niveau de la pollution bactérienne (Fig. 31).

2.4.4.4. Influence de la marée

Les résultats obtenus en suivant la contamination toutes les 2 heures, pendant une marée de vives-eaux et de mortes-eaux, montrent que l'heure de prélèvement des coquillages dans un étier peut avoir une incidence sur le niveau moyen de contamination que l'on veut mesurer, notamment en mortes-eaux (Fig. 38 ; Annexe 4, Tab. A 25). Par contre en vives-eaux le niveau moyen de la contamination varie peu. Dans tous les cas, il est préférable d'effectuer les prélèvements au même moment. Cette expérience montre également que les palourdes peuvent se contaminer en 2 heures, et se décontaminer en 2 ou 4 heures quand elles sont peu contaminées, c'est-à-dire aux alentours de 1 000 C.F./100 ml. Les fortes et rapides variations de salinité dans les étiers, de 17 à 5 g/l en 2 heures (Annexe 5, Tab. A 26), ne semblent pas avoir perturbé l'activité de filtration des palourdes, qui avaient été acclimatées préalablement dans une eau à 19 g/l pendant une semaine. BEUCHER *et al.* (1993) ont observé expérimentalement que 90 % des palourdes *Venerupis species* filtrent au bout de 2 heures, et 98 % après 4 heures. En mortes-eaux (coefficient 52 le matin et 49 le soir), la durée du jusant est d'environ 2 heures en aval de l'étier de Boulay et de 2 heures 30 au flot. En vives-eaux (coefficient de 96 le matin et de 91 le soir), ces durées sont respectivement de 4 heures 30 et de 2 heures 30.

Le suivi de l'évolution de la contamination bactérienne sur un cycle de marées (4 jours en vives-eaux et 4 jours en mortes-eaux) indique que celle-ci se situe à environ 2,6 unités logarithmiques quelles que soient les conditions de marée.

La pollution constatée en mortes-eaux peut s'expliquer par les pluies importantes lors de ces séries de prélèvements, soit 33,7 mm en valeur cumulée sur les 5 jours précédants le 22 février. Les pluies des 20 et 21 février, soit 17,7 mm, semblent avoir un impact sur l'augmentation de la pollution (1 unité logarithmique en moyenne) les 22 et 23 février, malgré la période de mortes-eaux. Ceci semble confirmer que le temps de réponse du sous-bassin versant semble se situer autour de 48 heures.

Lors des séries de prélèvements à vives-eaux, les faibles pluies, atteignant 8,2 mm en valeur maximale cumulée sur 5 jours, ne peuvent avoir d'incidence négative sur la pollution. La différence des niveaux de contamination entre les mortes-eaux les deux premiers jours (environ 2 unités logarithmiques), si l'on tient compte de l'hypothèse de l'impact de la pluviométrie sur les jours suivants, et les vives-eaux (2,6 unités logarithmiques) reste, malgré tout, faible.

Dans ces étiers, la marée est particulièrement dissymétrique, ce qui engendre de forts courants, en vives-eaux, qui favorisent la remise en suspension des sédiments contaminés. La persistance d'une contamination significative, 56,5 % des résultats supérieurs à 300 C.F./100 ml (52 sur 92) en mortes-eaux et 69,2 % des résultats supérieurs à 300 C.F./100 ml en vives-eaux (72 sur 104) témoigne d'une pollution plus ou moins permanente des étiers de Goilé et de Boulay toute l'année.

En mortes-eaux, la marée recouvre peu de temps les stations situées en amont des étiers, et le courant de marée s'inverse aussitôt. Au cours des 26 séries de prélèvements, la hauteur d'eau théorique moyenne a été de 4,35 mètres (écart-type 0,2) en mortes-eaux et de 5,30 mètres (écart-type 0,3) en vives-eaux. Compte tenu de la cote du radier en amont des étiers, soit environ 3,20 mètres à la station 6 d'après le profil établi par PAUMIER (1986), la hauteur d'eau moyenne à pleine mer de mortes-eaux à cette station est d'environ 1,15 mètre, et à pleine mer de vives-eaux d'environ 2 mètres.

Du fait des conditions hydrauliques particulières des petits étiers et du temps nécessaire pour effectuer les prélèvements, trois heures environ, les coquillages ne peuvent être prélevés systématiquement dans les mêmes conditions. Cependant 72 % des prélèvements ont été effectués alors que la hauteur d'eau au-dessus des coquillages variait de 10 à 50 cm.

Le test statistique pratiqué, sur les résultats obtenus lors des 26 séries de prélèvements, confirme que les marées de vives-eaux induisent généralement une plus forte contamination bactérienne des palourdes placées dans les étiers.

2.4.5. CONCLUSION

Les mesures effectuées ne présentent pas de biais en ce qui concerne la périodicité des prélèvements, qui ont été effectués à peu près à égalité en vives-eaux et mortes-eaux. D'autre part, une pluviométrie supérieure à la moyenne mesurée ces dernière années ne semble pas avoir un impact plus grand sur les résultats.

Toutes les stations de prélèvements s'avèrent fortement polluées et montrent peu de différences : la station en amont de l'étier de Ker Goilé (station 3) et de l'étier de Boulay (station 7), plus proches des rejets polluants, sont un peu plus pollués que les station aval. La station 8 qui est fortement polluée à marée montante par l'étier du Boulay montre le rôle de la marée dans la répartition spatiale de la pollution, c'est-à-dire dans la diffusion et la remise en suspension des sédiments contaminés.

Le taux de présence des salmonelles (5,9 %) mesuré sur 204 échantillons de palourdes est faible, la moitié des salmonelles sont présentes dans une série de prélèvements, et la concentration en coliformes fécaux est général très élevée (10 000 C.F./100 ml).

Toutes les saisons sont fortement contaminées, sans différence marquée, excepté l'hiver qui l'est moins, malgré la plus forte pluviométrie. L'impact des précipitations est cependant significatif sur l'ensemble de l'année.

Les marées de vives-eaux contribuent à la pollution des étiers, par la remise en suspension des sédiments fins contaminés, et aussi en inondant certains fossés qui recueillent des eaux usées qui peuvent ainsi rejoindre les étiers et être évacuées en mer. La distribution des flux de pollution est rythmée par le régime des marées car les étiers se vident presque totalement à marée basse en toute saison. L'impact des marées de vives-eaux sur les fortes concentrations en coliformes fécaux est significatif. Ces étiers, malgré des débits d'eaux douces relativement faibles, contribuent à la contamination résiduelles des élevages conchylicoles sur les traicts de Mesquer et de Pen Bé.

Le classement de salubrité de la zone étudiée est C pour les bivalves fouisseurs, car globalement 23,5 % des résultats sont supérieurs à 6 000 C.F./100 ml, dont 4,6 supérieurs à 60 000 C.F./100 ml. Seulement 16,3 % des résultats sont inférieurs à 300 C.F./100 ml.

3. DISCUSSION GENERALE

La discussion sur la stratégie d'échantillonnage adoptée, et l'impact de la pluviométrie et de la marée sur la contamination bactériologique des coquillages, s'accompagne également d'une réflexion sur les propriétés physiologiques des bivalves et les conséquences sur les résultats obtenus, sur le risque sanitaire et sur la protection du littoral.

3.1. PROPRIETES PHYSIOLOGIQUES DES MOLLUSQUES BIVALVES ET IMPACT SUR LES DONNEES BACTERIOLOGIQUES

Les mollusques bivalves sont des microphages qui filtrent d'importants volumes d'eau pour se nourrir, et concentrent les particules et microorganismes animaux ou végétaux (vivants ou morts) présents dans l'eau, dont les germes pathogènes, libres ou adsorbés sur les matières organiques en suspension. La palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* filtre en moyenne $3,20 \pm 1$ litres d'eau de mer par heure et gramme de matière sèche, quelque soit la période de l'année (DESLOUS-PAOLI *et al.*, 1987).

Les cils vibratiles des branchies agissent comme de petites pompes aspirant, dans la cavité palléale, l'eau de mer par le siphon inhalant. Les tentacules des bords du siphon inhalant peuvent effectuer un premier tri en fonction de la taille des particules (Fig. 21). Celles-ci sont ensuite entraînées par le courant au contact des filtres branchiaux, et les plus petites particules (supérieures à $0,25 \mu\text{m}$) engluées dans un mucus sont dirigées, *via* les quatre gouttières marginales des lames, vers les palpes labiaux, qui effectuent le tri du matériel alimentaire, puis ingérées. Toutes les particules indésirables ou trop grosses enrobées de mucus, dont la matière inorganique et autres détritiques, constituent les pseudo-fèces et sont évacuées par le siphon inhalant et la bordure palléale ventrale. JOLY (1982) décrit minutieusement les mécanismes liés à l'activité de filtration et à l'alimentation des palourdes.

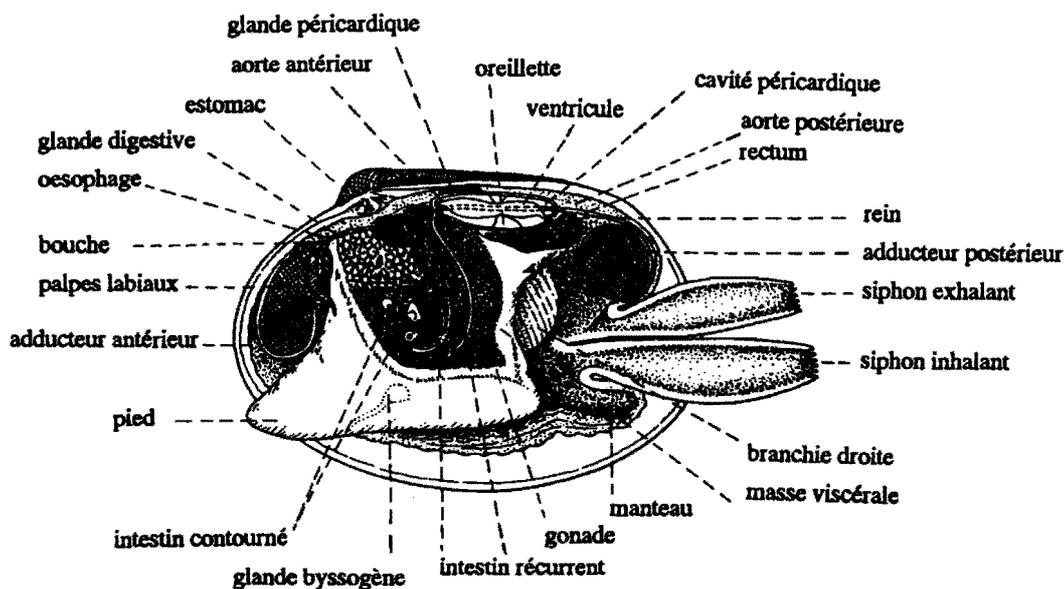


Fig. 40 : Anatomie interne de la palourde *Ruditapes decussatus*, la valve, le manteau et la branchie gauche ayant été enlevés, ainsi que les tissus recouvrant les organes, d'après VILELA (1950)

Les bactéries échappent en partie à l'action de l'estomac et de la glande digestive. Des bactéries semblent intactes dans l'intestin postérieur des bivalves (*Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis*, *Ruditapes philippinarum*), qui se remplit dès le début de l'ingestion, et y séjournent très longtemps (PRIEUR, 1981). JOLY (1982) montre que le bol alimentaire, uniquement constitué de bactéries *E. coli* dans le cadre de l'expérience, commence à être évacué sous forme de feces au bout de 2 à 3 heures, mais qu'il faut attendre de 16 à 24 heures et plus, pour que la plus grande partie des bactéries quitte l'intestin postérieur. Les différences anatomiques et physiologiques influent sur la quantité de germes retenus. Les coquillages fouisseurs tels que les coques, les palourdes, les lavagnons, ont un long tube digestif, plusieurs fois replié sur lui-même, sensiblement plus long que celui des huîtres et des moules, qui constitue un excellent réceptacle pour les bactéries (BORDE et MAZIERES, 1974).

Le processus d'accumulation bactérien par *Mytilus edulis* intervient dans le tractus digestif et principalement dans l'intestin postérieur, puis l'estomac : 75 à 95 % des bactéries y seraient localisées tandis que les tissus non digestifs (palpes labiaux, branchies, manteau, etc.) ont une concentration bactérienne du même ordre que celle de l'eau environnante (PLUSQUELLEC, 1992). Cette distribution des bactéries est valable quel que soit le niveau de contamination. La lenteur du transit intestinal, supérieur à trois jours, permet aux bactéries de survivre, selon PRIEUR *et al.* (1990), car les conditions du tractus digestif (anaérobiose et pH faible) leur conviennent. Ce mécanisme pourrait expliquer la concentration des bactéries d'origine fécale par les bivalves dans les zones polluées.

PLUSQUELLEC (1992) conclut à l'absence de multiplication des bactéries indicatrices dans les moules émergées, et l'ensemble des données disponibles fait apparaître une lente évolution de la contamination bactérienne des bivalves, sans prolifération notable dans le cas des flores entériques. Cependant lors de stockages très prolongés, ou pendant leur transport à des températures de 22°C et 30°C, des augmentations de la concentration en coliformes fécaux sont observées dans les coquillages, suivies d'une diminution en rapport avec une compétition de flores bactériennes (COOK et RUPPLE, 1989).

La contamination des huîtres atteint un niveau maximal en 30 minutes l'été, mais en 5 heures l'hiver (BEUCHER, 1993). Le niveau de contamination de l'eau est primordial pour celui des huîtres à l'équilibre, et l'explique pour 70 à 80%. Aucune influence de la saison, c'est-à-dire de la température, n'est décelée dans le niveau de contamination des huîtres.

Les mollusques bivalves peuvent être retenus comme indicateurs du niveau de la contamination fécale des eaux conchylocoles (BELIAEFF, 1992 ; PLUSQUELLEC, 1992). Ils concentrent les bactéries présentes dans l'eau en fonction du taux de particules en suspension et la variabilité journalière des résultats obtenus dans les coquillages est plus faible que celle mesurée dans les analyses d'eaux. La majeure partie des bactéries est adsorbée sur le matériel particulaire.

Cependant la contamination du liquide intervalvaire étant très variable et rapide, une meilleure sensibilité pourrait être obtenue en travaillant sur la chair seule. Les coquillages sont capables d'intégrer des variations de contamination à court terme comme celles dues à la marée. la concentration des bactéries dans les moules augmente rapidement et atteint son équilibre maximum au bout de deux heures (PLUSQUELLEC *et al.*, 1986). Le facteur de concentration observé dépend de la turbidité des eaux : pour des quantités de bactéries équivalentes, un taux de concentration beaucoup plus important (25 fois) est mesuré dans le cas d'eaux limpides. Il y a cependant une certaine similitude entre les variations de la concentration en coliformes fécaux dans les eaux et dans les moules, évoluant avec la marée, avec des variations journalières importantes (PLUSQUELLEC *et al.*, 1986) ; mais cette liaison n'existe pas entre la contamination des moules et celle de l'eau prélevée 24 heures plus tôt. Ceci indique que la durée d'intégration de la pollution par la moule est inférieure à la journée. Les facteurs de

concentration les plus importants sont rencontrés aux heures proches de pleine mer, ce qui semble correspondre à une filtration maximale des bivalves à cette période.

PRIEUR *et al.* (1990) mentionnent des taux de concentration d'environ 10 par rapport à l'eau pour les coliformes fécaux et les salmonelles, mais ceux-ci peuvent varier de 3 à 50. Ils indiquent que la plupart des auteurs situe la durée de décontamination entre 24 et 48 heures, en milieu contrôlé.

La durée de contamination des huîtres *Crassostrea gigas* est inférieure à une heure dans des eaux polluées artificiellement à 10^6 coliformes fécaux (FAURY et RATISKOL, 1993). La décontamination, effectuée dans des conditions voisines de la pratique professionnelle, montre une purification rapide des huîtres en 7 heures : le taux d'abattement est de 10^2 pour des contaminations initiales de l'ordre de 10^6 , mais cette purification devient lente ensuite pour atteindre globalement un taux d'abattement de 10^4 en 4 jours. La décontamination rapide dans les premières heures peut s'expliquer par le renouvellement du liquide intervalvaire, après évacuation des pseudofeces, qui est très fortement contaminé au départ de l'expérience.

La vitesse de décontamination des huîtres est la même quelles que soient la contamination de l'eau et la saison (température de l'eau). Elle ne dépend que du niveau de contamination initial (BEUCHER, 1993). Statistiquement, une différence significative dans la vitesse de décontamination entre espèces (*C. edule*, *M. edulis*, *C. gigas*, *O. edulis*, *V. pecies*) n'a pu être mise en évidence dans les premières heures de la décontamination. L'influence du temps masque la différence due aux espèces.

La purification des moules *Mytilus edulis*, en eau de mer préalablement désinfectée aux rayons ultra-violet, s'effectue généralement en 24 heures quand elles sont peu contaminées ($1,5 \cdot 10^3$ C.F./100 ml), et en 48 heures quand elles sont moyennement contaminées ($1,5 \cdot 10^4$ C.F./100 ml) (MOREL *et al.*, 1989). La vitesse de transit intestinal semble décroître avec la densité bactérienne et expliquerait la lenteur de la décontamination bactérienne en fin de purification (JOLY, 1982).

BELIAEFF (1992) cite de nombreux travaux indiquant les facteurs agissant sur les taux de contamination des mollusques bivalves. Il s'agit d'une part de paramètres environnementaux (température, salinité, oxygène dissous, nature et quantité des éléments en suspension), et d'autre part de caractéristiques du coquillage lui-même (espèce, individu, taille, âge, condition physiologique, maturation sexuelle). La nutrition du bivalve et donc sa contamination (ou sa décontamination) sont soumises aux fonctions physiologiques telles que : vitesse de pompage, efficacité de la filtration, vitesse du transit digestif, élimination des feces.

3.2. LES GERMES A POUVOIR PATHOGENE ET LE RISQUE SANITAIRE

3.2.1. LA PRESENCE DE SALMONELLA DANS LES COQUILLAGES

Dans le domaine de l'hygiène alimentaire, il n'est pas établi de liens précis entre la concentration en coliformes fécaux, et le risque sanitaire. Ce risque existe, lors de la consommation de coquillages contaminés, quand il y a présence simultanée d'un hôte réceptif et d'une concentration suffisante en germes à pouvoir pathogène. La présence en quantité significative de coliformes fécaux dans les coquillages est considérée comme indicatrice d'une contamination probable par des germes à pouvoir pathogène d'origine fécale (bactéries, virus, parasites). MAUL *et al.* (1989) précisent "que le manque de données épidémiologiques fiables et la connaissance relativement imparfaite de l'incidence pathologique sur la population ont contraint les autorités responsables de la santé publique à fixer les

normes de salubrité sur des bases caractérisées par un manque d'objectivité" et ajoute que "toutefois la justification des normes actuellement en vigueur est pour une large part fondée sur le pragmatisme des législateurs".

Des recherches de *Salmonella* effectuées sur l'ensemble des secteurs conchylicoles du Finistère de 1988 à 1991 (ANON., 1992), dont certains sont classés insalubres (gisements naturels,...) révèlent un taux de présence de *Salmonella* de 11,5% dans les coquillages (131 cas sur 1 136 analyses). La fréquence de *Salmonella* est trois fois plus élevée dans les coques (19,6%) et les moules (19%) que dans les huîtres (6,7%), et notamment dans les secteurs de pêche à pied.

Dans le contexte finistérien, la présence de *Salmonella* est associée à une pollution importante, soit au-delà de 4 600 *E. coli*/100 ml dans 40,5% des cas. Les *Salmonella* identifiées dans les coquillages sont faiblement représentées parmi celles responsables des pathologies. Elles correspondent à 33 sérotypes, dont les plus courants sont : *S. panama* (19,9%), *S. bredeney* (17,6%), et *S. typhimurium* (7,6%). *S. typhimurium* figure en première place dans l'inventaire des sérotypes de *Salmonella* dans le département du Finistère (36,7% des cas), et *S. enteritidis* est responsable de 15,8% des salmonelloses dans ce même département et de 51% des cas en France. CONVENANT (1991) et LE MAO *et al.* (1993) trouvent des résultats comparables en Ille-et-Vilaine et Côtes d'Armor de 1989 à 1990 : un taux de présence de *Salmonella* de 6,5% (100 cas sur 1 530 analyses). La fréquence est plus élevée dans les coques (17,1%) que dans les moules (6,4%) et les huîtres (1,8%). Tous les échantillons de coques provenaient de zones insalubres.

Sur les 1 636 recherches de *Salmonella*, faites entre janvier 1989 et avril 1990 par les laboratoires côtiers de la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral d'IFREMER (MIOSSEC, 1991), 88 résultats sont positifs, soit 5,4%. Ce résultat ne correspond pas à un taux moyen de la présence de *Salmonella* dans les coquillages du littoral français (zones d'élevage et gisements naturels), car certaines zones n'ont pas été étudiées, tandis que l'effort analytique a été parfois intensifié sur les secteurs soumis à des contaminations ponctuelles ou chroniques. Cependant, la Méditerranée apparaît peu contaminée : le taux de présence de *Salmonella*, mesuré de 1989 à 1991, est de 2,1 % sur 2151 analyses. La recherche systématique de *Salmonella* n'est plus effectuée en routine dans le but d'évaluer le taux de présence dans les eaux conchylicoles dans le cadre du réseau de surveillance d'IFREMER (GROUHEL et RAFFIN, 1994), mais seulement en période d'alerte ou à l'occasion d'études particulières.

Le nombre de *Salmonella* trouvé par les services vétérinaires dans les coquillages livrés à la consommation à partir des établissements d'expédition, tout type confondu, de 1989 à 1992 inclus, est faible : 37 résultats positifs sur 5 620 analyses, soit 0,7 % (RAFFIN, 1994). Ce taux de présence de *salmonella* varie en fonction des espèces de coquillages : huîtres (0,15 %), moules (0,7 %), coques, palourdes et autres coquillages (1,5 %).

La relation entre indicateurs fécaux et pathogènes semble dépendre étroitement du milieu étudié. Les résultats obtenus montrent cependant que la fréquence d'isolement des *Salmonella* augmente nettement avec l'élévation de la concentration en coliformes fécaux. (PLUSQUELLEC, 1990). D'autres auteurs aboutissent à des conclusions inverses lors d'études dans des sites particuliers (METCALF *et al.*, 1973 ; CAMUS *et al.*, 1990 ; MARTINEZ-MANZANARES *et al.*, 1992). La recherche systématique des salmonelles dans les palourdes au cours des études du bassin du Mes, montre un taux de présence peu élevé (7,3 %, soit 28 résultats positifs sur 385 analyses), malgré une pollution très importante des étiers. La plupart des *Salmonella* (60,7 %) est décelée quand la contamination est élevée et dépasse 6 000 C.F./100 ml. CABANE (1982) note que la recherche systématique de *Salmonella* n'est généralement pas effectuée en routine, compte-tenu du coût élevé de ce type d'analyse, et qu'il est

préférable de se limiter aux cas cliniques. Les résultats obtenus au cours des études des marais du Mes montrent que la recherche de *Salmonella* n'est intéressante que de fin août à fin octobre, qui est la période la plus polluée.

La virulence des *Salmonella* rencontrées dans les bivalves marins est peu connue (PLUSQUELLEC, 1990), mais plusieurs études montrent la présence de nombreuses bactéries entériques (coliformes fécaux, *E. coli*, *Salmonella*, ...) comportant des facteurs d'antibiorésistance, qui peuvent augmenter leur virulence et les difficultés à trouver un traitement antibiotique efficace.

3.2.2. LE RISQUE SANITAIRE

La dégustation des mollusques marins vivants peut-elle mettre en danger la santé du consommateur et le risque lié à la consommation des coquillages peut-il être géré comme celui lié à la consommation d'une denrée habituelle? Ce sont des questions essentielles concernant la santé publique et la prévention (LESNE et VIAL, 1992).

Les coquillages sont parfois responsables d'affections diverses provenant d'infections microbiennes intestinales d'origine bactérienne ou virale, dues à la présence de biotoxines (intoxication) ou de produits chimiques toxiques (intoxication). Le grand public y est sensibilisé, car les médias donnent un écho particulièrement amplifié, du moins en France, des événements observés sur le littoral.

Jusqu'à la mise en application de programmes de surveillance sanitaire, de nombreuses épidémies, ayant pour origine des infections microbiennes, sont rapportées de temps en temps, y compris en Europe et en Amérique du Nord, c'est-à-dire dans des pays modernes et industrialisés où la notion d'hygiène est importante. PINOT *et al.* (1988) citent d'importants cas d'épidémie de choléra en Italie (911 cas à Naples en 1973), au Portugal (2 467 cas et 48 décès en 1974), ainsi que 9 cas de typhoïde en France en 1985, attribués à l'ingestion de coquillages.

De nombreux cas de gastro-entérites et d'hépatites dûs à la consommation de coquillages contaminés par des virus, en Angleterre et aux USA depuis 1980 sont rapportées par SCHWARTZBROD (1990) et PINOT *et al.* (1988), ainsi qu'une épidémie de 292 301 cas d'hépatite A à Shangai (Chine). En France, les données disponibles à la Direction Générale de la Santé, qui sont moins complètes, font état de 611 foyers de toxi-infections alimentaires collectives (T.I.A.C.) déclarées en 1989 pour 11 146 malades recensés (SCHWARTZBROD, 1992). L'origine de ces toxi-infections est attribuée aux produits de la mer pour 6,7 % de ces TIAC, et aux salmonelles pour moins de 3% des cas.

En 1993, 365 foyers de T.I.A.C. et 8 428 malades ont été déclarés (LEPOUTRE *et al.*, 1994). Les salmonelles sont responsables de 1 537 malades. Les poissons et les fruits de mer représentent 6 % des aliments suspectés, et le taux de présence de salmonelles correspondant est de 2 % des cas. Parmi ceux attribués aux poissons et fruits de mer, les éventuels cas de salmonelloses dûs aux coquillages ne sont pas identifiés.

SCHWARTZBROD (1992) cite une étude récente faisant état du déclin du taux d'immunisation contre le VHA (virus hépatite A) dans la population française, qui pourrait entraîner une augmentation de la sensibilité au virus de l'hépatite A. NUIAOUET *et al.* (1993) mentionnent 500 cas d'hépatite A confirmés sérologiquement et recensés entre le 1^{er} décembre 1991 et le 30 juin 1992 dans le Morbihan et 402 cas en Loire-Atlantique, recensés entre le 1^{er} décembre 1991 et le 31 mars 1992. Une enquête auprès des laboratoires d'analyses de biologie médicale montre que ce sont surtout les adolescents et les jeunes adultes qui sont atteints. L'hypothèse d'une contamination par ingestion de coquillages crus (huîtres), lors des fêtes de fin d'année, puis d'une contamination interhumaine, paraît la

plus plausible. Cependant, ni la confirmation étiologique, ni l'origine exacte de la contamination n'ont pu être établie.

La fréquence et l'importance des épidémies d'origine bactérienne ont régressé, voire même disparu, ces dernières années dans les pays appliquant des normes sanitaires strictes (Europe et Amérique du Nord). Les pathologies virales semblent constituer le principal problème de santé publique posé par la consommation des mollusques bivalves (PLUSQUELLEC, 1990), devant ceux causés par les dinoflagellés toxiques, qui apparaissent également dans de nombreuses régions comme un risque majeur. Des épidémies de gastro-entérites virales liées à la consommation de coquillages sont signalées depuis peu en France (DAURAT, 1994 ; CHARLET et FERCHAUD, 1994). Le risque *Salmonella* n'a pas disparu pour autant et 2 à 4% des salmonelloses des toxi-infections alimentaires collectives recensées en France sont associées aux produits de la mer en général, sans que les cas dûs aux coquillages soient clairement identifiés.

Parmi le nombre de souches de *Salmonella* d'origine alimentaire isolées en France, le nombre trouvé pour les coquillages est faible (1,2% des 4 423 souches étudiées pendant la période 1986-1987), de même que celui trouvé pour les plats cuisinés à base de fruits de mer (0,8%). Pendant la période 1988-1989, 29 souches de *Salmonella* (0,4%) sont d'origine coquillière sur les 6 398 recensées par le Laboratoire Central d'Hygiène Alimentaire (VANELLE, 1992).

Seules des enquêtes épidémiologiques spécifiques permettraient d'identifier les risques sanitaires dus à la consommation des coquillages. SCHWARTZBROD (1992) souhaite la recherche des virus pathogènes ou d'un indicateur véritablement spécifique de la contamination virale dans le cadre de la surveillance sanitaire du milieu marin.

L'engouement du public pour la pêche des coquillages sur l'estran, démontre qu'il ne s'agit pas d'une denrée banale. PLUSQUELLEC (1990) note que les coquillages font partie des aliments auxquels le public attribue facilement la responsabilité des troubles sanitaires (gastro-entérite), et que la profession est largement tributaire de cette mauvaise image de marque du coquillage dans l'opinion publique. A plusieurs reprises ces dernières années, des réactions passionnelles ont pris le pas sur la raison, par exemple, lors des événements survenus à la suite de la fermeture de la zone conchylicole de l'étang de Thau pour cause de salmonelles en 1989.

Plus récemment, la fermeture de la zone conchylicole de Marennes-Oléron en février 1993, pour cause de biotoxine, a provoqué une chute générale des ventes de coquillages, en provenance des autres secteurs salubres, sur l'ensemble du territoire, les faits étant très largement relatés dans la presse. Tout cela montre bien que le coquillage n'est pas un produit comme les autres. Cette denrée est associée à différents concepts : produit festif, loisir, vacances à la mer. Les gisements de coquillages sont un attrait important pour le tourisme et notamment les vacances familiales ; aussi les élus locaux n'apprécient guère le classement insalubre de ces gisements. Dans ces conditions, il est difficile de s'en tenir à un simple problème de santé publique et de gérer ce risque en dehors des aspects sociaux et culturels, voire politiques.

3.3. LA PROTECTION DU LITTORAL.

Depuis la publication du décret du 20 août 1939 relatif à la salubrité des huîtres, moules et coquillages, et notamment à partir des années 1970, de nombreux dispositifs réglementaires visant à la protection de la nature, au sens large, puis à la protection et à la mise en valeur du littoral, ont vu le jour (in Equinoxe, 1990).

La loi n° 76.629 du 10 juillet 1976, relative à la protection de la nature, constitue la charte de référence en la matière : "La protection des espaces naturels et des paysages, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques auxquels ils participent et la protection des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent, sont d'intérêt général".

La loi n° 86.2 du 3 janvier 1986, relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, énonce que "le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur".

Par ailleurs, les directives du Conseil (CEE), du 30 octobre 1979, relatives à la qualité des eaux conchylicoles, et du 15 juillet 1991, fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché de mollusques bivalves vivants, sont venues préciser, entre autres aspects, les conditions sanitaires exigées pour la production des mollusques bivalves dans le milieu marin.

La directive européenne du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, traduit la volonté des états membres dans le domaine de la protection des eaux. Elle pose le problème des zones écologiques sensibles vis-à-vis de la pollution par l'azote ou les phosphates, mais ne tient pas compte de la qualité microbiologique.

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 reprend la directive concernant le traitement des eaux résiduaires urbaines et fixe la démarche et les moyens réglementaires en vue d'une gestion globale du milieu. L'objectif sanitaire de protection des zones conchylicoles doit être pris en compte autant que celui plus global de réduction des pollutions décantables (matières organiques) et des nutriments (COURTOIS, 1993).

Il est donc clair que la politique d'aménagement et de protection du littoral et du milieu marin fait partie intégrante de la maîtrise du risque lié à la consommation des coquillages. Beaucoup de rejets fortement contaminés sur le plan bactérien (assainissement défectueux, déversoirs d'orage, raccordements d'habitation sur les eaux pluviales, ...) vont directement dans les zones conchylicoles. L'effet des ouvrages d'épuration construits à grands frais, pouvant comporter un traitement de désinfection sur l'effluent de sortie, peut être complètement anéanti par la somme des petits rejets mal ou non contrôlés. L'une des voies intéressantes à suivre pour les collectivités locales consiste à définir et à réaliser les travaux ponctuels reconnus nécessaires pour atteindre des objectifs de salubrité eux-mêmes bien précisés (LE GALLIC, 1983). Il convient dans l'étude des schémas d'assainissement de prendre en compte des surfaces moins étendues, de façon à mettre en présence les interlocuteurs directement concernés sur des problèmes mieux délimités, c'est-à-dire des gens qui sont prêts à faire quelque chose et qui sont en mesure de le faire.

Cependant, l'assainissement du milieu a ses limites et, dans certains cas où la qualité du milieu marin demeure insuffisante pour les usages conchylicoles, il doit être complété par la purification des coquillages avant expédition à la consommation.

3.4. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ET PLAN DE SONDRAGE

L'examen des différentes sources de variabilité spatiale est un préalable nécessaire à l'évaluation qualitative et/ou quantitative du niveau de la contamination bactériologique d'un secteur donné. L'existence de microdistributions très marquées à l'échelle locale peut induire un biais très important dans l'évaluation de la contamination d'une zone.

Les résultats obtenus par BELIAEFF (1992), sur des moules dans un secteur peu contaminé, montrent l'homogénéité de la contamination à l'échelle de la zone étudiée (900 m²) et l'absence de microdistributions. Ils permettent d'étayer l'hypothèse d'intégration de la variabilité spatiale, réalisée par

les mollusques bivalves, à l'échelle d'une station de surveillance. A cette échelle, la variabilité analytique est prépondérante en cas de faible contamination (BELIAEFF, 1992 ; CATHERINE 1992). En cas de fortes contaminations CATHERINE (1992) observe, dans une étude sur des palourdes *R. philippinarum* qu'une seule mesure par broyat d'un seul échantillon, suffit pour mesurer le niveau de contamination d'une station de prélèvement. Pour des valeurs inférieures à 300 coliformes fécaux, valeur retenue sur le plan réglementaire, et pour des valeurs proches du seuil de détection, la variabilité analytique devient prépondérante.

L'intégration de la variabilité spatiale de la contamination fécale étant réalisée par les mollusques bivalves à petite échelle, l'observation d'un secteur conchylicole (de l'ordre de la dizaine de km²) devient possible (BELIAEFF, 1992).

Un plan de sondage systématique a été utilisé pour la répartition spatiale des stations de prélèvements pour les études des marais du Mes. Les stations ont été réparties tous les 500 mètres, dans les claires à partir d'un quadrillage pour la zone du Frostidié à Assérac, et dans le lit des étiers pour les zones de Quimiac/Kercabellec et de Kervarin/Boulay. La périodicité choisie pour les 26 séries de prélèvements était de 14 jours dans le premier cas et de 28 jours pour les autres secteurs, sachant qu'à une série de prélèvements en mortes-eaux faisait suite une série de prélèvements en vives-eaux dans un intervalle de 7 jours, ou vice-versa. Les résultats globaux obtenus en fonction de l'effort d'échantillonnage consacré, c'est-à-dire de la densité des observations sur le plan spatiale et temporel, sont donc examinés tout à tour afin de juger de la pertinence de la stratégie adoptée pour les études, puis d'optimiser le modèle du plan de sondage pour un suivi ultérieur.

L'étude de la zone du Frostidié à Pont d'Armes montre que les claires à huîtres peuvent être fortement contaminées, de temps à autre, lors des prises d'eau pendant les marées de vives-eaux, et que la durée de survie des coliformes fécaux peut être longue. Les palourdes sont parfois contaminées en claire plus de 3 semaines après la date de la prise d'eau polluée.

Bien qu'il y ait une forte hétérogénéité des sous-bassins versants matérialisée par le chevelu du réseau hydrographique, les conditions hydrauliques à chaque station de prélèvements (hauteur du radier, durée d'immersion), l'origine et l'importance des flux de pollution, la mise en évidence de différences de contamination entre stations de prélèvements est rendue compliquée, voire impossible. Dans tous les cas, la variabilité temporelle des résultats, supérieure à la variabilité spatiale, et l'imprécision des mesures gomme en grande partie les différences de contamination. La perte d'un certain nombre d'échantillons (mortalité, vols) ne permet plus l'usage de certains tests statistiques. Mais il est fortement probable qu'une différence de contamination, ou l'identification de sous-zones moins contaminées, ne puisse être décelée si l'on se réfère à une précédente étude à La Baule (CATHERINE *et al.*, 1991).

Les études montrent toutefois un léger gradient de pollution décroissant d'amont en aval, si l'on observe la répartition des résultats en classe de contamination. La majorité des pics de contamination apparaît en été et en automne pour le secteur du Frostidié à Assérac. Le niveau maximum de contamination est centrée sur le mois de septembre pour le secteur de Quimiac/Kercabellec, où l'été et l'automne sont très pollués. Un grand nombre de pics de contamination apparaît de mi-juin à début octobre pour le secteur de Kervarin/Boulay : le printemps, l'été et l'automne sont très contaminés. Dans le cas de Quimiac/Kercabellec, l'hiver très sec est moins pollué que les autres saisons, tandis que pour Kervarin/Boulay, l'hiver très pluvieux est moins pollué.

Dans tous les cas, même s'il est difficile d'obtenir un grand nombre de pics de contamination en concordance avec la pluviométrie, soit 2 ou 3 pics par station sur 26 séries de prélèvements à 7 ou 8 pour le secteur de Kervarin/Boulay, les tests statistiques permettent de conclure à l'impact significatif de la pluviométrie (cumulée sur 3 ou 5 jours) sur la contamination des palourdes.

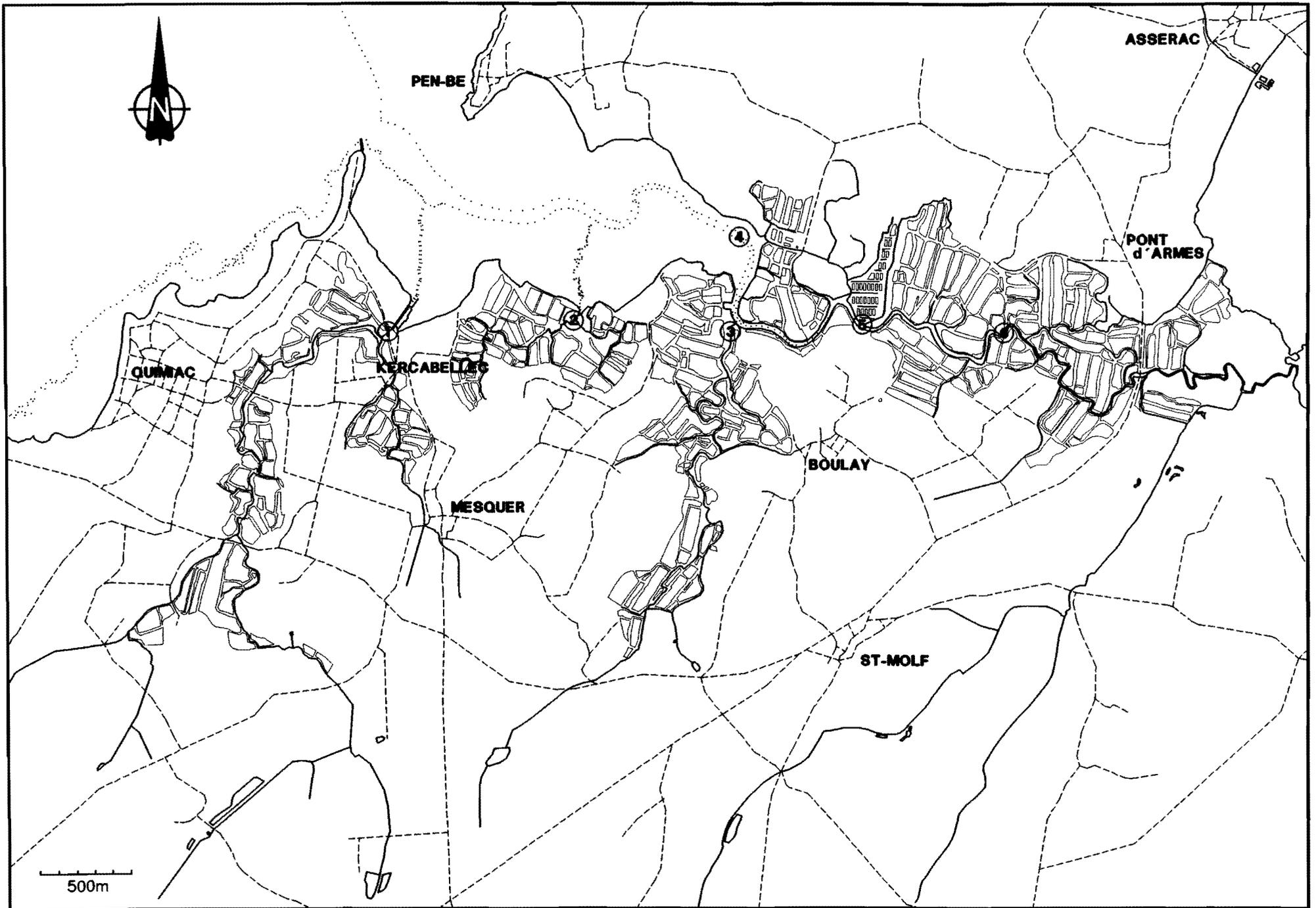


Fig. 41 : Plan de localisation des 6 stations de prélèvements dans les marais du Mes (Loire-Atlantique).

De même, l'impact des marées de vives-eaux sur la pollution est significative, mais à des niveaux différents qui sont fonction de la régularité et l'importance des flux de pollution, des caractéristiques des sous-bassins versants. Les études ponctuelles faites pendant quelques jours (3 à 5) sur l'évolution des contaminations journalières en fonction des cycles de marée montrent que l'on a un abattement moyen de 4 à 2 unités logarithmiques (secteur Frostidié/Pont d'Armes), de 4 à 3 unités logarithmiques (secteur Quimiac/Kercabellec) des vives-eaux aux mortes-eaux, excepté pour le secteur de Kervarin/Boulay où le niveau moyen de contamination est stable à 2,6 unités logarithmiques. L'évolution des niveaux de pollution pendant les cycles de marée ne semble pas mettre en évidence ce que l'on appelle "l'effet du dimanche" (CABANE, 1982). C'est le cycle vives-eaux/mortes-eaux qui détermine essentiellement la répartition des niveaux de contamination, suite aux divers flux de pollution dans les étiers déterminés par le volume des rejets et le temps de réponse du bassin versant à la pluviométrie. Les résultats obtenus en suivant les niveaux de pollution toutes les 2 heures montrent une grande stabilité du niveau moyen de contamination en vives-eaux, quelque soit l'heure des prélèvements, ce qui n'est pas le cas en mortes-eaux, au cours de l'étude effectuée dans l'étier de Boulay. Les marées de vives-eaux ont un rôle d'homogénéisation de la pollution qui apparaît très nettement concernant le niveau de pollution des stations de prélèvements dans les étiers des marais du Mes.

L'assainissement individuel et collectif présente des caractéristiques très différents selon les sous-bassins versants étudiés. Le bourg d'Assérac dispose d'un assainissement collectif, tandis que celui de Saint-Molf rejette ses eaux brutes non épurées dans un ruisseau rejoignant l'étier de Pont d'Armes, de même que le hameau de Pont d'Armes. Des villages épars contribuent également à la pollution diffuse de cette zone. Le secteur de Quimiac/Kercabellec est celui qui est le mieux raccordé au réseau d'assainissement collectif. Le secteur de Kervarin/Boulay est essentiellement pollué par les rejets d'eaux brutes non épurées des petits hameaux du même nom. Malgré cette hétérogénéité des situations, les niveaux de pollution mesurés dans les palourdes sont importants et relativement homogènes notamment en période de vives-eaux, du fait du rôle de réservoir à pollution joué par les sédiments et de l'action de la marée.

Compte-tenu de toutes ces informations, le modèle du plan de sondage, que nous proposons pour la recherche des coliformes fécaux, dans le cadre d'une surveillance ultérieure de l'évolution des pollutions des marais du Mes, est le suivant :

- positionnement de 6 stations de prélèvements, soit 3 dans l'étier de Pont d'Armes selon un pas de distance de 2 km, et d'une seule station en partie aval de chacun des étiers de Kercabellec, de Goilé et de Boulay (Fig. 41),
- 13 séries de prélèvements aux alentours de l'heure de la basse-mer de vives-eaux, en commençant l'étude annuelle au début de l'hiver, ou à défaut, au début du printemps.

Cet effort d'échantillonnage permet d'obtenir un nombre de résultats suffisant (13 séries x 5 = 65 mesures) sur le plan statistique, notamment pour évaluer le niveau de pollution des étiers en fonction des classes de contamination, et des saisons, et en tirer des conclusions sur l'évolution des niveaux de pollution. Par contre un tel plan est insuffisant pour étudier les concordances de la contamination avec la pluviométrie, voire pour l'usage d'un test statistique comme le χ^2 , du fait du petit nombre de mesures.

4. CONCLUSIONS GENERALES

Le bassin versant des marais du Frostidié à Pont d'Armes est peu urbanisé. Cependant, les capacités d'accueil permettent le doublement de sa population en juillet et août. L'urbanisation est particulièrement dense de part et d'autre des marais de Quimiac et Kercabellec qui occupent une grande partie de la commune. La fréquentation touristique est importante et particulièrement dense en juillet et août. Les capacités d'accueil permettent de multiplier par 7 la population communale. Le bassin versant des marais de Kervarin à Boulay comprend de nombreux villages bâtis en bordure des marais, et dépourvus de système d'assainissement. Ils attirent également une population estivale importante.

L'assainissement collectif public est très développé à Mesquer, mais il est peu étendu au-delà de la frange littorale, où il ne concerne que le bourg des communes (Assérac, Saint Lyphard, Herbignac). Saint Molf commence à s'équiper d'une infrastructure collective d'assainissement des eaux usées.

L'étude des rejets montre que la pollution bactériologique du bassin versant est essentiellement d'origine urbaine et domestique. Les rejets d'origine agricole semblent plus ponctuels et ne concernent qu'un petit nombre d'exploitations situés à proximité immédiate des marais salants. La localisation des rejets reproduit assez bien la densité de l'habitat sur les rives de l'étier de Pont d'Armes.

La pollution générée dans les très nombreux villages et hameaux en bordure des marais, ainsi que dans le bourg de Saint-Molf, rejoint directement les ruisseaux, puis l'ensemble des étiers de Pont d'Armes, par des busages placés parfois dans les fossés existants, qui évacuent également les eaux pluviales. Les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau, mesurées aux exutoires des réseaux, sont voisines de celles d'un effluent sommairement pré-traité. Cette pollution rejoint plus ou moins rapidement les marais et les étiers en fonction de la quantité des apports en période estivale, et de la pluviométrie, notamment en automne. Tous les étiers sont sous l'influence marine permanente, mais la marée n'arrive pas à diluer totalement les nombreux effluents polluants.

Le régime des eaux de l'ensemble des étiers est de type estuarien : l'évacuation des eaux douces du bassin versant est libre et rythmée par le mouvement des marées, composante essentielle de la distribution de la pollution dans les marais du Mes. Les mortes-eaux favorisent la décantation des matières en suspension contaminées et leur stockage dans les sédiments vaseux des étiers. En vives-eaux, le courant de flot induit la remise en suspension des sédiments contaminés dans les différents étiers et contamine les eaux marines, plus ou moins saumâtres suivant le régime des pluies, puis les claires qui sont alimentées lors de ces marées. Cette contamination est due aux facultés de survie des bactéries d'origine fécale en milieu marin, particulièrement en milieu estuarien où les sédiments riches en matière organique (éléments nutritifs, osmoprotecteurs) permettent aux bactéries d'augmenter leur halotolérance.

Les résultats montrent également l'extrême sensibilité des coquillages, et notamment des palourdes, coquillages fouisseurs dépositivores, aux pollutions d'origine bactérienne. Les caractéristiques biologiques de cette espèce de coquillage (longueur du tube digestif, lenteur du transit intestinal) expliquent également l'importance de sa contamination dans les zones polluées, ainsi qu'une décontamination lente, en cas de très forte contamination.

La contamination des stations de prélèvements dans l'ensemble des étiers apparaît relativement homogène, notamment en vives-eaux. Cela est dû à l'action des forts courants de marée qui induisent la remise en suspension des sédiments contaminés des étiers, même si les apports directs d'effluents pollués peuvent être irréguliers. L'été et l'automne sont généralement les saisons les plus contaminées.

Ces résultats traduisent des défauts d'assainissement collectif et individuel dans les communes concernées.

La sensibilité des coquillages à la pollution microbiologique montre la nécessité de supprimer tout rejet direct vers les fossés, les ruisseaux, puis les étiers, et d'établir un périmètre de protection autour des marais afin d'éviter le développement de l'urbanisation en bordure des zones conchylicoles et des étiers, car il semble que le réseau collectif d'assainissement ne pourra résoudre tous les problèmes posés par des rejets diffus.

Les étiers des marais du Mes sont tous fréquemment et fortement pollués sur le plan bactériologique au point de correspondre à un classement C pour les bivalves fouisseurs, si ces étiers étaient utilisés comme zone de production. Il convient donc d'exiger des conditions techniques strictes de sélection de l'eau pompée pour l'alimentation des claires. Ces conditions devraient assortir l'autorisation des prises d'eau destinées à l'alimentation des claires. L'usage d'une réserve d'eau, permettant la décantation, alimentée par pompage aux alentours de l'étale de pleine mer ou par une prise d'eau de type "col de cygne" est indispensable, y compris pour l'approvisionnement des claires à huîtres ou pour l'élevage des palourdes. L'étude de ces dispositifs fait l'objet de l'annexe 5.

La difficulté de maîtriser le risque lié à la consommation des coquillages rend nécessaire l'intégration de cet objectif sanitaire dans les politiques d'aménagement du littoral. Cet élément doit inciter les collectivités locales à prendre les mesures nécessaires à la protection du littoral, y compris en vue du maintien des activités économiques, notamment liées aux activités aquacoles, et au développement du tourisme.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFAIRES MARITIMES, 1992. Monographie conchylicole du quartier de Saint-Nazaire (période du 01.07.91 au 30.6.92).
- ANONYME, 1992. Les salmonelles dans l'environnement: situation dans le département du Finistère. IFREMER/DEL/Concarneau.
- ALLENOU J.P., PEZERON A., DUMONT F., MENANTEAU C., 1995. Etude sanitaire du Havre du Payré (1989-1993) et qualité des coquillages commercialisés (1980-1991). IFREMER R.INT.DEL/95.07/Nantes.
- BELIAEFF B., 1992. Contributions méthodologiques à un réseau de surveillance bactériologique de l'environnement marin littoral. Thèse de doctorat, Université de Paris VII.
- BEUCHER M., 1993. Etude de l'accumulation, de la rétention et du relargage de bactéries entériques par l'huître *Crassostrea gigas*. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes.
- BORDE J. et MAZIERES J., 1974. Les altérations du milieu naturel. II. - Les pollutions bactériennes. *In* : La conchyliculture française. Le milieu naturel et ses variations, ISTPM, 1, 111-123.
- BROSSAULT C., 1992. Avant projet général d'assainissement des eaux usées du SIVOM de la Côte du Pays Blanc. DDAF. de Loire-Atlantique.
- BROSSAULT C., 1988. Avant projet général d'assainissement des eaux usées du littoral, commune d'Assérac - SIVOM de la région d'Herbignac. DDAF de Loire-Atlantique.
- CABANE F., 1982. Bactériologie des eaux cotières : revue bibliographique sur les germes pathogènes en relation avec les méthodes de surveillance sanitaire. Environnement littoral et gestion du milieu marin. CNEXO.
- CAMUS P., TREGUIER C., LE GARS J.C., 1990. Salubrité des coquillages de pêche de la Petite Mer de Gavres. IFREMER/La Trinité-sur-Mer.
- CATHERINE M., BELIAEFF B., PEZERON A., 1991. Etude de salubrité du gisement naturel de coques (*Cerastoderma edule*) de la plage Benoît en baie du Pouliguen - Loire-Atlantique (1989-1990). IFREMER R.INT.DEL/91.04/Nantes.
- CATHERINE M., 1992. Méthodologie des études bactériologiques de zones conchylicoles. Mémoire, IFREMER R.INT.DEL/92.01/Nantes.
- CHARLET F. et FERCHAUD R., 1994. Epidémie de gastro-entérites virales liée à la consommation de palourdes en Charente-Maritime. BEH, n° 37/1994, 169-170.
- COOK D.W. et RUPPLE A.D., 1989. Indicator bacteria and *Vibrionaceae* multiplication in post-harvest shellstock oysters. *J. Food Protection*, 52, 343-349.
- CORBION B., FREMY S., PIQUET C., PIRES GOMEZ C., 1994. Inventaire des *Salmonella* 1990-1991. CNEVA, LCHA Paris, edited by CNEVA Maisons-Alfort.
- CQEL 44, 1990. Répertoire des rejets situés sur le littoral de Loire-Atlantique. Service Maritime et de Navigation de Nantes.
- CQEL 44, 1993. Recueil des résultats obtenus lors des campagnes systématiques 1992. Service Maritime et de Navigation de Nantes.
- CQEL 44, 1994. Recueil des résultats obtenus lors des campagnes systématiques 1993. Service Maritime et de Navigation de Nantes.
- CLEMENT O., 1991. Typologie aquacole des marais salants de la côte atlantique. Etudes du CEMAGREF, Ressources en eau, n° 3, edited by CEMAGREF, Antony et Bordeaux, 219 p.
- CONVENANT A., 1991. Salmonelles et coquillages en Ile-et-Vilaine et Côtes d'Armor (1988-1989). IFREMER R.INT.DEL/91.06/Saint-Malo.
- COURTOIS G., 1993. Sources de contamination microbienne des coquillages. L'assainissement du milieu. *In* : Coquillages, edited by I.T.S.V.F., Paris, 337-349.

- DAURAT G., 1994. Une épidémie de gastro-entérite aiguë à virus de Norwalk-like liée à la consommation d'huîtres dans l'Hérault, décembre 1992. BEH, n° 37/1994, 170-171.
- DDASS 44, 1988. Etude de la qualité du milieu. Baie de Pen Bé - Etier de Pont d'Armes. Rapport du service Hygiène du milieu.
- DDASS 44, 1991. Surveillance des rejets littoraux. Saison estivale 1990. Rapport du service Santé-Environnement.
- DDASS 44, 1993. Rejets en mer. Le littoral de Loire-Atlantique. Synthèse de la surveillance 1987-1992. Rapport du service Santé-Environnement.
- DDASS 44, SMN 44, 1994. Qualité des rejets littoraux. Synthèse des observations de 1990 à 1993. Rapport du Service Santé-Environnement et de la Cellule Qualité des Eaux Littorales.
- DE NADAILLAC G. et BRETON M., 1986. Les courants en baie de Vilaine. Synthèse des résultats. IFREMER RI-DERO-86.02-EL/Brest.
- DESLOUS-PAOLI J.M., HERAL M., GOULLETOUER P., BOROMTHANARAT W., RAZET D., GARNIER J., PROU J., BARILLET L., 1987. Evolution saisonnière de la filtration des bivalves intertidaux dans des conditions naturelles. *Oceanis*, 13, 575-579.
- EQUINOXE, 1990. Environnement littoral. n° spécial, 32.
- FAURY N. et RATISKOL J., 1993. Essais de décontamination bactériologique des huîtres *Crassostrea gigas* en bassins par renouvellement et circulation d'eau. IFREMER R.INT.DEL/93-05/La Tremblade.
- FAUVEL Y., 1967. La pollution bactérienne des eaux et des coquillages de l'étang de Thau. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.*, 31, 5-96.
- GEP/DDE 44, 1980. Carte des usages du littoral. Bassin du Mes, communes d'Assérac, Mesquer, Saint Molf.
- GROUHEL A. et RAFFIN B., 1994. Réseau de surveillance microbiologique REMI - Répertoire des points et listes des codes. IFREMER DEL/QM/94-123/Nantes.
- HERVE C., 1992. Méthodes usuelles de l'analyse bactériologique des coquillages. IFREMER DEL/MIC/Nantes.
- INSEE, 1991. Inventaire communal 1988. Fiches profil (1988-1990) et communales (1988) de la Loire-Atlantique.
- JOLY J.P., 1982. Contribution à la biologie de la palourde *Ruditapes decussatus* L.. Thèse de doctorat, Université de Paris VI.
- LE GALLIC, 1983. Qualité des eaux conchylicoles et assainissement du littoral. La lettre de l'eau pure, n° 70.
- LE GUYADER F., 1989. Colonisation bactérienne et implantation de *E. coli* dans le sédiment d'origine littorale. Thèse de doctorat, Université de Rennes I.
- LE GUYADER F., POMMEPUY M., CORMIER M., 1991. Implantation d'*Escherichia coli* en pilote expérimental et influence des compétitions de flore. *Can. J. Microbiol.*, 37.
- LE MAO P., GERLA D., MOUILLARD G., ROUGERIE M., 1993. Qualité bactériologique des coquillages sur les zones de culture et les gisements naturels d'Ille-et-Vilaine et des Côtes d'Armor (années 1989 et 1990). IFREMER R.INT.DEL/93.3/St Malo.
- LEPOUTRE A., SALOMON J., CHARLEY C., LE QUERREC F., 1995. Les toxi-infections alimentaires collectives en 1993. BEH, n° 52/1994, 245-247.
- LEROY C., CADIOU Y., DELAPORTE F., 1977. Mesure densimétrique de la salinité. ISTPM, Nantes.
- LESNE J. et VIAL J., 1992. Risque et prévention. In: Coquillages et santé publique du risque à la prévention, edited by ENSP, Rennes, 125-147.

- MAILLARD Y., 1975. Le bassin du Mès et ses caractéristiques estuariennes. *Penn Ar Bed*, **10**, n° 80, 234-243.
- MANAUD F., DESLOU-PAOLI J.M., PICHOT P., JUGE C., HUSSENOT J., BUCHET V., BODOY A., LE MAO P., MAUVAIS J.L., 1992. Aquaculture en marais et lagunes – 1^{ère} partie. *In* : *Equinoxe*, n° 41.
- MARTINEZ-MANZANARES E., MORINIGO M.A., CASTRO D., BALEBONA M.C., SANCHEZ J.M., BORREGO J.J., 1992. Influence of fecal pollution of marine sediments on the microbial content of shellfish. *Mar. Poll. Bull.*, **24** : 342-349.
- MARTINEZ-MANZANARES E., MORINIGO M.A., CASTRO D., BALEBONA M.C., MUNOZ M.A., BORREGO J.J., 1992. Relationship between indicators of fecal pollution in shellfish-growing water and the occurrence of human pathogenic microorganisms in shellfish. *J. Food Protection*, **55** : 609-614.
- MAUL A., VAGOT D., BLOCK J.C., 1989. Stratégies d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseaux de distribution d'eau. Techniques et documentation Lavoisier, Paris, 112 p.
- METCALF T.G., SLANETZ L. W., BARTLEY C. H., 1973. Enteric pathogens in estuary waters and shellfish. *In* : *Microbial safety of fishery products*. Edited by C. O. CHICHESTER and H. D. GRAHAM, Academic press, Inc., New York & London, 215-234.
- MIOSSEC L., 1990. Mise en place d'un réseau de surveillance microbiologique du littoral français. IFREMER DRV-90.3-CSRU/Nantes.
- MIOSSEC L., 1991. Présence des salmonelles dans les coquillages du littoral français entre janvier 89 et avril 90. IFREMER DEL/QM/SMN/Nantes.
- MOREL M., CUVELIER N., HITIER B., RUELLE F., 1989. Purification des moules dans de l'eau de mer désinfectée aux ultra-violets. IFREMER DRV-89.028-CSRU/Boulogne.
- NUIAOUET C., PONGE A., CHAMBAUD L., RAIMONDEAU J., 1993. La surveillance et l'investigation : à propos de deux épidémies d'hépatite virale dans des départements littoraux. *BEH*, n° 29.
- PAUMIER (Cabinet), 1986. Etude des marais du bassin du Mes. 1. Analyse de la situation actuelle, 2. Propositions d'aménagement, 3. Rapport de synthèse. SIVOM de la Région Bauloise.
- PINOT M., RIOU F., CHAPERON J., 1988. Impact sanitaire de la consommation de coquillages bivalves filtreurs. Rapport de l'Université de Rennes I.
- PLUSQUELLEC A., 1984. Contribution à l'étude de la pollution bactérienne des eaux littorales. Cas particulier de la Baie de Concarneau - La Forêt. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- PLUSQUELLEC A., BEUCHER M., LE GAL Y., 1986. Bivalves: indicateurs de pollution microbienne des eaux littorales. GERBAM - Deuxième Colloque International de bactériologie marine - CNRS, Brest, 1-5 octobre 1984. IFREMER, Actes de Colloque, **3**, 541-548.
- PLUSQUELLEC A., 1990. *Salmonella* et bivalves marins. Revue bibliographique. Contrat IFREMER n° 90 5 580233.
- PLUSQUELLEC A., 1992. La contamination bactérienne des coquillages. *In* : *Coquillages et santé publique du risque à la prévention*, edited by ENSP, Rennes, 51-78.
- POMMEPUY M., LE HIR P., CORMIER M., BASSOULET P., 1986. Etude de la dispersion des rejets en rade de Brest. Relations bactéries particules. *TSM, L'eau*, n° 11, 539-543.
- POMMEPUY M., CORMIER M., BRUNEL L., BRETON M., 1987. Etude de la flore bactérienne d'un estuaire breton (Elorn, rade de Brest, France). *Oceanologica Acta*, **10**, 187-195.
- POMMEPUY M., GUILLAUD J.F., LE GUYADER F., DUPRAY E., CORMIER M., 1989. Le devenir de la charge bactériologique des sédiments dragués. *In* : *Actes du Séminaire International sur les aspects environnementaux liés aux activités de dragage*. Nantes, 27 novembre - 1^{er} décembre 1989. Edited by Ministère chargé de la Mer, Paris, 65-78.

- POMMEPUY M., DUPRAY E., GUILLAUD J.F., DERRIEN A., L'HYAVANC J., CORMIER M., 1991. Rejets urbains et contamination fécale. *Oceanologica Acta*. Actes du Colloque International sur l'Environnement des Mers épicontinentales, Lille, 20-22 mars 1990, 11, 321-327.
- POMMEPUY M. et GUILLAUD J.F., 1992. Devenir des bactéries entériques rejetées en mer. *TSM, L'eau*, n° 1, 49-53.
- PRIEUR D., 1981. Nouvelles données sur les relations entre bactéries et bivalves marins. *Haliotis*, 11, 251-260.
- PRIEUR D., MEVEL G., NICOLAS J.L., PLUSQUELLEC A., VIGNEULLE M., 1990. Interactions between bivalve molluscs and bacteria in the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 28, 277-352.
- RAFFIN B., 1994. Qualité microbiologique des coquillages vivants livrés à la consommation humaine directe. Synthèse des résultats des contrôles vétérinaires 1989-1992. IFREMER R.INT.DEL/94.18/Nantes.
- SALOMON J.C. et LAZURE P., 1988. Etude par modèle mathématique de quelques aspects de la circulation marine entre Quiberon et Noirmoutier. IFREMER DERO-88.26-EL/Brest.
- SATESE, 1991. Annexe n° 2 du rapport annuel d'activité "activité station" 1991. Département de Loire-Atlantique.
- SAUNIER et SRAE, 1989. Etude de la pollution de l'étier de Pont d'Armes et des zones conchylicoles. 1. Rapport de synthèse, 2. Annexes. SIVOM de la Région Bauloise.
- SCE Ingénieurs Conseils et CSTB Cellule Eaux et Déchets, 1989. Evaluation des possibilités de mise en place de filières d'assainissement autonome regroupé, SIVOM de la Région Bauloise.
- SCE Ingénieurs Conseils et CSTB Cellule Eaux et Déchets, 1989. Analyse de huit sites A.P.S. d'assainissement autonome regroupé sur quatre sites, SIVOM de la Région Bauloise.
- SCE Ingénieurs Conseils, 1990. Etablissement d'un schéma directeur d'assainissement, commune de Saint-Molf, Loire-Atlantique.
- SCE Ingénieurs Conseils, 1992. Etude d'impact de la station d'épuration des villages de La Madeleine, Bouzaire, Kerbourg, SIVOM de la Région Bauloise, Loire-Atlantique.
- SCE Ingénieurs Conseils, 1993. Etude d'impact de la station d'épuration de la commune de Saint-Molf, SIVOM de la côte du Pays Blanc, Loire-Atlantique.
- SCHERRER B., 1983. Techniques de sondage en écologie. *In* : Stratégies d'échantillonnage en écologie, edited by S. Frontier, Masson, Paris, 63-162.
- SCHWARTZ D., 1963. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion Médecine Sciences, 318 p.
- SCHWARTZBROD L., 1990. Les contaminations par les virus. La Mer et les Rejets Urbains. Bendor, 13-15 juin 1990. IFREMER, Actes de colloques, 11, 11-114.
- SCHWARTZBROD L., 1992. Virus, eau et coquillages. *In*: Coquillages et santé publique du risque à la prévention, edited by ENSP, Rennes, 35-49.
- SRAE, 1985. Etude des marais du bassin du Mes. Qualité des eaux (1984-1985). Région des Pays de la Loire.
- VANELLE A.M., 1992. Le contrôle bactériologique des coquillages vivants. *In* : Coquillages et santé publique du risque à la prévention, edited by ENSP, Rennes, 287-299.
- VILELA H., 1950. Vida bentonica de *Tapes decussatus* (L.), edited by Arquivos do Museo Bocage, Lisboa, 120 p.

6. LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Pluviométrie à la station météorologique de Mesquer

ANNEXE 2 : Directive du Conseil (CEE) du 15 juillet 1991 (extraits)

ANNEXE 3 : Décret 94/340 du 28 avril 1994

ANNEXE 4 : Résultats – Exploitation des données

ANNEXE 5 : Etude des prises d'eau

ANNEXE 1

Pluviométrie à la station météorologique de Mesquer

02.10.90	15	19.11.90	141	12.01.91	3	22.03.91	20	20.06.91	16
03.10.90	57	20.11.90	14	15.01.91	2	23.03.91	4	21.06.91	27
05.10.90	2	21.11.90	4	16.01.91	32	02.04.91	30	22.06.91	1
06.10.90	11	23.11.90	160	17.01.91	3	03.04.91	70	23.06.91	9
07.10.90	2	24.11.90	50	18.01.91	106	04.04.91	95	24.06.91	41
10.10.90	2	25.11.90	124	21.01.91	2	05.04.91	10	25.06.91	26
15.10.90	55	26.11.90	38	22.01.91	2	06.04.91	21	26.06.91	6
16.10.90	6	27.11.90	4	09.02.91	34	12.04.91	27	27.06.91	2
17.10.90	11	28.11.90	2	10.02.91	2	19.04.91	30	28.06.91	1
18.10.90	92	29.11.90	2	12.02.91	78	22.04.91	25	02.07.91	1
19.10.90	24	07.12.90	19	13.02.91	4	24.04.91	45	04.07.91	1
20.10.90	4	08.12.90	3	14.02.91	2	25.04.91	16	05.07.91	6
21.10.90	4	09.12.90	3	15.02.91	74	26.04.91	3	06.07.91	33
22.10.90	29	10.12.90	2	16.02.91	37	27.04.91	2	07.07.91	102
23.10.90	122	11.12.90	11	17.02.91	4	29.04.91	31	08.07.91	4
24.10.90	84	12.12.90	1	18.02.91	3	30.04.91	73	09.07.91	3
25.10.90	342	19.12.90	2	21.02.91	25	01.05.91	9	13.07.91	52
26.10.90	124	20.12.90	4	22.02.91	45	03.05.91	36	14.07.91	3
27.10.90	154	21.12.90	2	27.02.91	14	04.05.91	31	18.07.91	52
28.10.90	62	23.12.90	19	02.03.91	10	05.05.91	11	23.07.91	9
29.10.90	150	24.12.90	21	03.03.91	2	07.05.91	22	24.07.91	3
30.10.90	34	25.12.90	80	04.03.91	29	08.05.91	2	25.07.91	4
31.10.90	44	26.12.90	143	05.03.91	14	13.05.91	1	29.07.91	9
01.11.90	84	27.12.90	14	06.03.91	22	14.05.91	6	30.07.91	71
02.11.90	3	28.12.90	145	07.03.91	172	04.06.91	3	31.07.91	2
03.11.90	3	29.12.90	34	08.03.91	1	05.06.91	214	07.08.91	40
04.11.90	4	30.12.90	74	09.03.91	22	06.06.91	154	22.08.91	162
05.11.90	3	31.12.90	34	10.03.91	8	07.06.91	41	31.08.91	59
08.11.90	48	01.01.91	144	11.03.91	45	08.06.91	26	16.09.91	5
09.11.90	68	02.01.91	80	12.03.91	4	09.06.91	10	21.09.91	2
10.11.90	19	03.01.91	70	13.03.91	3	10.06.91	1	22.09.91	10
11.11.90	23	04.01.91	80	14.03.91	2	12.06.91	26	23.09.91	13
12.11.90	6	05.01.91	50	15.03.91	22	13.06.91	13	24.09.91	89
13.11.90	48	06.01.91	100	16.03.91	130	14.06.91	1	25.09.91	51
14.11.90	3	07.01.91	43	17.03.91	4	15.06.91	8	26.09.91	3
15.11.90	3	08.01.91	94	18.03.91	47	16.06.91	42	27.09.91	512
16.11.90	4	09.01.91	135	19.03.91	68	17.06.91	45	28.09.91	395
17.11.90	14	10.01.91	68	20.03.91	91	18.06.91	2	29.09.91	170
18.11.90	22	11.01.91	1	21.03.91	30	19.06.91	148	30.09.91	41

Tab. A1 : Précipitations quotidiennes en 1/10 mm relevées à la station de Mesquer (METEOROLOGIE NATIONALE, 1991).

PLUVIOMETRIE		
octobre	1990	143.0
novembre	1990	89.4
décembre	1990	61.1
janvier	1991	101.5
février	1991	32.2
mars	1991	75.0
avril	1991	47.8
mai	1991	11.8
juin	1991	86.3
juillet	1991	35.5
août	1991	26.1
septembre	1991	129.1
Total		838.8

Tab. A2 : Précipitations mensuelles en mm relevées à la station de Mesquer (METEOROLOGIE NATIONALE, 1991).

01.03.92	6	09.05.92	10	24.08.92	1	10.10.92	2	21.11.92	23	14.01.93	3
05.03.92	3	10.05.92	24	25.08.92	7	11.10.92	2	22.11.92	2	15.01.93	7
06.03.92	4	14.05.92	26	26.08.92	2	13.10.92	2	23.11.92	29	16.01.93	5
07.03.92	2	27.05.92	110	27.08.92	35	14.10.92	13	24.11.92	65	17.01.93	42
10.03.92	12	28.05.92	19	28.08.92	16	15.10.92	3	25.11.92	100	18.01.93	4
11.03.92	2	29.05.92	24	29.08.92	281	16.10.92	1	26.04.92	4	20.01.93	24
12.03.92	9	30.05.92	1	30.08.92	41	17.10.92	3	27.11.92	39	21.01.93	2
20.03.92	5	31.05.92	67	31.08.92	122	18.10.92	18	28.11.92	35	22.01.93	31
22.03.92	1	01.06.92	1	01.09.92	27	19.10.92	38	29.11.92	1	23.01.93	2
23.03.92	75	05.06.92	19	02.09.92	132	20.10.92	2	30.11.92	45	24.01.93	6
24.03.92	27	06.06.92	6	03.09.92	10	21.10.92	75	01.12.92	190	27.01.93	1
25.03.92	75	07.06.92	1	05.09.92	1	22.10.92	6	02.12.92	158	08.02.93	15
26.03.92	38	09.06.92	3	06.09.92	16	23.10.92	12	03.12.92	317	17.02.93	3
29.03.92	75	12.06.92	9	07.09.92	3	24.10.92	13	04.12.92	29	26.02.93	32
30.03.92	70	19.06.92	40	08.09.92	1	25.10.92	8	05.12.92	7	27.02.93	32
31.03.92	12	20.06.92	180	10.09.92	11	26.10.92	236	06.12.92	103		
01.04.92	41	29.06.92	33	11.09.92	2	27.10.92	147	07.12.92	5		
02.04.92	5	30.06.92	55	13.09.92	8	28.10.92	13	08.12.92	16		
03.04.92	9	03.07.92	41	14.09.92	1	29.10.92	3	09.12.92	1		
04.04.92	1	04.07.92	13	15.09.92	2	30.10.92	2	11.12.92	1		
06.04.92	53	10.07.92	11	17.09.92	7	31.10.92	2	12.12.92	2		
07.04.92	3	11.07.92	11	18.09.92	6	01.11.92	10	15.12.92	24		
08.04.92	1	12.07.92	8	20.09.92	1	02.11.92	60	16.12.92	98		
10.04.92	1	13.07.92	3	21.09.92	110	03.11.92	62	17.12.92	43		
12.04.92	1	17.07.92	36	22.09.92	1	04.11.92	2	18.12.92	122		
14.04.92	75	20.07.92	200	23.09.92	80	05.11.92	4	19.12.92	3		
15.04.92	12	07.08.92	80	24.09.92	245	06.11.92	3	20.12.92	1		
16.04.92	8	08.08.92	1	25.09.92	30	07.11.92	2	21.12.92	1		
17.04.92	10	11.08.92	2	26.09.92	55	09.11.92	17	22.12.92	10		
22.04.92	11	12.08.92	1	27.09.92	86	10.11.92	100	31.12.92	5		
24.04.92	1	13.08.92	107	28.09.92	6	11.11.92	7	04.01.93	35		
24.04.92	36	14.08.92	4	29.09.92	22	12.11.92	176	05.01.93	64		
25.04.92	1	15.08.92	3	30.09.92	2	13.11.02	77	06.01.93	05		
26.04.92	43	16.08.92	18	01.10.92	5	14.11.92	32	07.01.93	11		
27.04.92	44	17.08.92	20	02.10.92	67	15.11.92	31	08.01.93	1		
28.04.92	17	18.08.92	2	03.10.92	58	16.11.92	25	09.01.93	1		
29.04.92	5	19.08.92	90	06.10.92	1	17.11.92	9	10.01.93	377		
30.04.92	38	20.08.92	1	07.10.92	2	18.11.92	32	11.01.93	315		
01.05.92	1	22.08.92	70	08.10.92	2	19.11.92	58	12.01.93	2		
02.05.92	17	23.08.92	5	09.10.92	31	20.11.92	80	13.01.93	6		

Tab. A3 : Précipitations quotidiennes en 1/10 mm relevées à la station de Mesquer
(METEOROLOGIE NATIONALE, 1993).

PLUVIOMETRIE		
mars	1992	41.6
avril	1992	41.6
mai	1992	29.9
juin	1992	34.7
juillet	1992	32.3
août	1992	90.9
septembre	1992	86.5
octobre	1992	76.7
novembre	1992	113.0
décembre	1992	113.6
janvier	1993	94.4
février	1993	8.2
Total		763.4

Tab. A4 : Précipitations mensuelles en mm relevées à la station de Mesquer (METEOROLOGIE NATIONALE, 1993).

05.03.93	5	22.05.93	2	02.08.93	12	14.10.93	118	24.12.93	74	08.02.94	62
11.03.93	5	23.05.93	13	03.08.93	2	15.10.93	22	25.12.93	1	09.02.94	81
27.03.93	2	24.05.93	102	04.08.93	2	16.10.93	10	27.12.93	89	10.02.94	57
28.03.93	7	25.05.93	131	09.08.93	8	17.10.93	1	28.12.93	32	11.02.94	58
31.03.93	64	26.05.93	2	10.08.93	2	20.10.93	8	29.12.93	4	15.02.94	7
01.04.93	12	27.05.93	153	11.08.93	2	21.10.93	2	30.12.93	54	17.02.94	94
02.04.93	34	28.05.93	4	12.08.93	4	01.11.93	1	31.12.93	39	19.02.94	115
03.04.93	130	29.05.93	3	14.08.93	3	02.11.93	57	01.01.94	158	20.02.94	62
04.04.93	152	30.05.93	7	22.08.93	9	03.11.93	2	02.01.94	25	21.02.94	66
05.04.93	54	31.05.93	1	23.08.93	1	04.11.93	4	03.01.94	54	22.02.94	1
06.04.93	10	01.06.93	17	07.09.93	183	09.11.93	104	04.01.94	193	23.02.94	75
08.04.93	10	02.06.93	35	08.09.93	6	10.11.93	22	05.01.94	85	24.02.94	3
09.04.93	21	09.06.93	3	09.09.93	59	11.11.93	2	06.01.94	15	25.02.94	1
10.04.93	121	10.06.93	258	10.09.93	146	12.11.93	10	07.01.94	3	26.02.94	3
11.04.93	69	11.06.93	26	11.09.93	33	13.11.93	63	08.01.94	101	27.02.94	44
12.04.93	15	12.06.93	37	12.09.93	244	14.11.93	2	09.01.94	185	28.02.94	3
13.04.93	121	13.06.93	28	13.09.93	74	29.11.93	60	10.01.94	10		
14.04.93	16	14.06.93	50	14.09.93	82	30.11.93	30	11.01.94	90		
17.04.93	12	15.06.93	2	15.09.93	32	01.12.93	4	12.01.94	43		
18.04.93	4	27.06.93	1	16.09.93	2	02.12.93	2	13.01.94	15		
21.04.93	22	28.06.93	5	20.09.93	21	03.12.93	6	14.01.94	48		
22.04.93	31	29.06.93	11	25.09.93	32	05.12.93	3	15.01.94	23		
23.04.93	38	30.06.93	62	26.09.93	34	06.12.93	25	16.01.94	2		
24.04.93	8	01.07.93	29	27.09.93	2	07.12.93	62	17.01.94	3		
25.04.93	20	05.07.93	1	28.09.93	2	08.12.93	19	18.01.94	7		
26.04.93	18	10.07.93	95	29.09.93	212	09.12.93	20	19.01.94	9		
27.04.93	3	11.07.93	1	30.09.93	243	10.12.93	43	20.01.94	10		
28.04.93	31	13.07.93	22	01.10.93	94	11.12.93	10	24.01.94	1		
30.04.93	6	14.07.93	9	02.10.93	45	12.12.93	46	25.01.94	30		
01.05.93	1	15.07.93	2	03.10.93	1	13.12.93	6	26.01.94	10		
09.05.93	1	18.07.93	12	04.10.93	2	14.12.93	55	27.01.94	44		
10.05.93	73	19.07.93	2	05.10.93	43	15.12.93	86	29.01.94	1		
11.05.93	78	20.07.93	41	06.10.93	31	16.12.93	35	30.01.94	16		
13.05.93	3	22.07.93	8	07.10.93	113	17.12.93	2	31.01.94	1		
14.05.93	74	23.07.93	2	08.10.93	155	18.12.93	75	01.02.94	90		
15.05.93	34	27.07.93	2	09.10.93	38	19.12.93	35	02.02.94	280		
16.05.93	10	28.07.93	1	10.10.93	47	20.12.93	34	03.02.94	17		
17.05.93	7	29.07.93	34	11.10.93	104	21.12.93	25	04.02.94	2		
20.05.93	51	30.07.93	43	12.10.93	18	22.12.93	51	06.02.94	108		
21.05.93	3	31.07.93	1	13.10.93	200	23.12.93	105	07.02.94	27		

Tab. A5 : Précipitations quotidiennes en 1/10 mm relevées à la station de Mesquer (METEOROLOGIE NATIONALE, 1994).

PLUVIOMETRIE		
avril	1993	95.8
mai	1993	75.3
juin	1993	53.5
juillet	1993	30.5
août	1993	4.5
septembre	1993	146.1
octobre	1993	105.2
novembre	1993	35.7
décembre	1993	155.7
janvier	1994	118.2
février	1994	125.6
mars	1994	41.4
Total		987.5

Tab. A6 : Précipitations mensuelles en mm relevées à la station de Mesquer (METEOROLOGIE NATIONALE, 1994).

PLUVIOMETRIE	
1986	801
1987	786
1988	820
1989	622
1990	728
1991	805
1992	728
1993	813

Tab. A7 : Précipitations annuelles en mm relevées à la station de Mesquer (METEOROLOGIE NATIONALE, 1994).

ANNEXE 2

Directive du Conseil (CEE) du 15 juillet 1991 (extraits)

II

(Actes dont la publication n'est pas une condition de leur applicabilité)

CONSEIL

DIRECTIVE DU CONSEIL

du 15 juillet 1991

fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché de mollusques bivalves vivants

(91/492/CEE)

LE CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES,

vu le traité instituant la Communauté économique européenne, et notamment son article 43,

vu la proposition de la Commission⁽¹⁾,

vu l'avis du Parlement européen⁽²⁾,

vu l'avis du Comité économique et social⁽³⁾,

considérant que, en vue de réaliser la mise en place du marché intérieur et d'assurer plus particulièrement le fonctionnement harmonieux de l'organisation commune de marché dans le secteur des produits de la pêche, instituée par le règlement (CEE) n° 3796/81⁽⁴⁾, modifié en dernier lieu par le règlement (CEE) n° 2886/89⁽⁵⁾, il importe que la mise sur le marché des mollusques bivalves vivants ne soit plus entravée par des disparités existant entre les États membres en matière de prescriptions sanitaires; que ceci permettra une meilleure harmonisation de la production et de la mise sur le marché et l'égalité des conditions de concurrence, tout en assurant au consommateur un produit de qualité;

considérant que la directive 79/923/CEE du Conseil, du 30 octobre 1979, relative à la qualité requise des eaux conchylicoles⁽⁶⁾ prévoit qu'il est nécessaire de fixer les exigences sanitaires auxquelles doivent répondre des produits conchylicoles;

considérant que ces exigences doivent être fixées pour tous les stades de la récolte, de la manipulation, de l'entreposage, du transport et de la distribution de mollusques bivalves vivants

en vue de la protection de la santé publique des consommateurs; qu'elles s'appliquent également aux échinodermes, aux tuniciens et aux gastéropodes marins;

considérant qu'il importe, si un problème sanitaire survient après la mise sur le marché de mollusques bivalves vivants, de pouvoir retrouver l'établissement expéditeur et la zone de récolte d'origine; qu'il y a donc lieu d'instaurer un système d'enregistrement et de marquage qui permette d'identifier le trajet d'un lot après la récolte;

considérant qu'il est important que les normes de santé publique pour le produit final soient déterminées; que, cependant, la connaissance scientifique et technique n'est pas encore suffisamment avancée pour que certains problèmes sanitaires puissent recevoir des solutions définitives, et qu'il est donc nécessaire, en vue de garantir la protection optimale de la santé publique, d'établir un système communautaire permettant d'assurer une adoption rapide et, si nécessaire, un renforcement des normes sanitaires visant à prévenir la contamination virale ou d'autres risques pour la santé humaine;

considérant que les mollusques bivalves vivants issus de zones de récolte qui ne permettent pas une consommation directe et sans danger peuvent être rendus salubres si on les soumet à un procédé de purification ou par reparcage en eau propre pour une assez longue période; qu'il est donc nécessaire de recenser les zones de production en provenance desquelles les mollusques peuvent être collectés pour la consommation humaine directe ainsi que celles en provenance desquelles ils doivent être purifiés ou reparqués;

considérant qu'il appartient au producteur en premier lieu de s'assurer que les mollusques bivalves sont produits et mis sur le marché conformément aux prescriptions sanitaires; qu'il revient aux autorités compétentes des États membres de veiller, par des contrôles et des inspections, à ce que le producteur respecte ces prescriptions; qu'il revient notam-

⁽¹⁾ JO n° C 84 du 2. 4. 1990, p. 29.

⁽²⁾ JO n° C 183 du 15. 7. 1991.

⁽³⁾ JO n° C 332 du 31. 12. 1990, p. 1.

⁽⁴⁾ JO n° L 379 du 31. 12. 1981, p. 1.

⁽⁵⁾ JO n° L 282 du 2. 10. 1989, p. 1.

⁽⁶⁾ JO n° L 281 du 10. 11. 1979, p. 47.

ment aux autorités compétentes de soumettre les zones de récolte à un contrôle régulier pour s'assurer que les mollusques de ces zones de récolte ne contiennent pas de micro-organismes ni de substances toxiques en quantités considérées comme dangereuses pour la santé humaine;

considérant qu'il convient d'instaurer des mesures de contrôle communautaire pour garantir l'application uniforme dans tous les États membres des normes énoncées dans la présente directive;

considérant que les règles, principes et mesures de sauvegarde établis par la directive 90/675/CEE du Conseil, du 10 décembre 1990, fixant les principes relatifs à l'organisation des contrôles vétérinaires pour les produits en provenance des pays tiers introduits dans la Communauté⁽¹⁾, doivent s'appliquer en l'espèce;

considérant, dans le contexte des échanges intracommunautaires, que les règles fixées par la directive 89/662/CEE du Conseil, du 11 décembre 1989, relative aux contrôles vétérinaires dans les échanges intracommunautaires dans la perspective de la réalisation du marché intérieur⁽²⁾, modifiée par la directive 90/675/CEE, doivent également s'appliquer;

considérant que les mollusques bivalves vivants produits dans un pays tiers et destinés à la mise sur le marché sur le territoire de la Communauté ne doivent pas bénéficier d'un régime plus favorable que celui pratiqué dans la Communauté; qu'il convient de prévoir une procédure communautaire d'inspection pour le contrôle des conditions de production et de mise sur le marché dans les pays tiers, en vue de permettre dans la Communauté l'application d'un régime commun d'importation fondé sur des conditions d'équivalence;

considérant qu'il convient, pour tenir compte de situations particulières, d'accorder des dérogations à certains établissements en fonction avant le 1^{er} janvier 1993 afin de leur permettre de s'adapter à l'ensemble des exigences énoncées dans la présente directive;

considérant que, dans le cas de animaux vivants consommables tant qu'ils sont vivants, il convient de déroger, en ce qui concerne la date de durabilité, aux règles de la directive 79/112/CEE du Conseil, du 18 décembre 1978, relative au rapprochement des législations des États membres concernant l'étiquetage et la présentation des denrées alimentaires ainsi que la publicité faite à leur égard⁽³⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 91/72/CEE⁽⁴⁾;

considérant qu'il convient de prévoir la possibilité d'arrêter des mesures transitoires pour faire face à l'absence de certaines règles d'application;

considérant qu'il est opportun de confier à la Commission le soin de prendre certaines mesures d'application de la présente directive; que, à cette fin, il convient de prévoir des procédures instaurant une coopération étroite et efficace entre la Commission et les États membres au sein du comité vétérinaire permanent,

(1) JO n° L 373 du 31. 12. 1990, p. 1.

(2) JO n° L 395 du 30. 12. 1989, p. 13.

(3) JO n° L 33 du 8. 2. 1979, p. 1.

(4) JO n° L 42 du 16. 1. 1991, p. 27.

A ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE:

CHAPITRE PREMIER

Prescriptions générales

Article premier

La présente directive fixe les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché des mollusques bivalves vivants qui sont destinés à la consommation humaine directe ou à la transformation avant consommation.

Hormis ses dispositions relatives à la purification, la présente directive s'applique aux échinodermes, aux tuniciers et aux gastéropodes marins.

Article 2

Aux fins de la présente directive, on entend par:

- 1) *mollusques bivalves*: les mollusques lamellibranches filtreurs;
- 2) *biotoxines marines*: les substances toxiques accumulées par les mollusques bivalves quand ils se nourrissent de plancton contenant ces toxines;
- 3) *eau de mer propre*: l'eau de mer ou l'eau saumâtre, à utiliser dans les conditions énoncées dans la présente directive, exempte de contamination microbiologique et de composés toxiques ou nocifs d'origine naturelle ou rejetés dans l'environnement, tels que ceux mentionnés à l'annexe de la directive 79/923/CEE, en quantités susceptibles d'avoir une incidence néfaste sur la qualité sanitaire des mollusques bivalves ou d'en détériorer le goût;
- 4) *autorité compétente*: l'autorité centrale d'un État membre compétente pour effectuer les contrôles vétérinaires, ou toute autorité à qui elle aura délégué cette compétence;
- 5) *finition*: l'entreposage de mollusques bivalves vivants dont la qualité indique qu'ils ne nécessitent pas un reparcage ou un traitement dans un établissement de purification, dans des bassins ou dans toute autre installation contenant de l'eau de mer propre ou des sites naturels pour les débarrasser du sable, de la vase ou du mucus;
- 6) *producteur*: toute personne physique ou morale qui collecte des mollusques bivalves vivants par tous les moyens dans une zone de récolte, en vue d'une manipulation et de la mise sur le marché;
- 7) *zone de production*: toute partie de territoire maritime, lagunaire ou d'estuaire où se trouvent soit des bancs naturels de mollusques bivalves, soit des sites employés pour la culture de mollusques bivalves, à partir desquels les mollusques bivalves vivants sont récoltés;
- 8) *zone de reparcage*: toute partie de territoire maritime, lagunaire ou d'estuaire agréée par l'autorité compétente, clairement délimitée et signalisée par des bouées, des piquets ou tout autre matériel fixe et consacrée exclusivement à la purification naturelle des mollusques bivalves vivants;

- 9) *centre d'expédition*: toute installation terrestre ou flottante agréée, réservée à la réception, à la finition, au lavage, au nettoyage, au calibrage et au conditionnement des mollusques bivalves vivants aptes à la consommation humaine;
- 10) *centre de purification*: tout établissement agréé comportant des bassins alimentés en eau de mer naturellement propre ou rendue propre par un traitement approprié, dans lesquels les mollusques bivalves vivants sont placés pendant le temps nécessaire pour leur permettre d'éliminer les contaminants microbiologiques afin de devenir aptes à la consommation humaine;
- 11) *reparcage*: l'opération consistant à transférer des mollusques bivalves vivants dans des zones maritimes ou lagunaires agréées ou des zones d'estuaires agréées, sous la surveillance de l'autorité compétente, pendant le temps nécessaire à l'élimination des contaminants. Ceci n'inclut pas l'opération spécifique de transfert de mollusques bivalves dans des zones mieux adaptées à une croissance ou à un engraissement ultérieur;
- 12) *moyens de transport*: les parties réservées au chargement dans les véhicules automobiles, les véhicules circulant sur rails, les aéronefs, ainsi que les cales des bateaux ou les conteneurs pour le transport par terre, mer ou air;
- 13) *conditionnement*: l'opération par laquelle les mollusques bivalves vivants sont placés dans des matériels d'emballage adaptés à cet usage;
- 14) *envoi*: quantité de mollusques bivalves vivants manipulés dans un centre d'expédition ou traités dans un centre de purification, destinés à un ou plusieurs preneurs;
- 15) *lot*: quantité de mollusques bivalves vivants collectés dans une zone de production et destinés à être envoyés dans un centre d'expédition agréé, un centre de purification, une zone de reparcage ou un établissement de transformation;
- 16) *mise sur le marché*: La détention ou l'exposition en vue de la vente, la mise en vente, la vente, la livraison ou toute autre manière de mise sur le marché de mollusques bivalves vivants pour la consommation humaine à l'état cru ou à des fins de transformation dans la Communauté, à l'exclusion de la cession directe sur le marché local en petites quantités par le pêcheur côtier au détaillant ou au consommateur qui doivent être soumises aux contrôles sanitaires prescrits par les réglementations nationales pour le contrôle du commerce de détail;
- 17) *importation*: introduction dans le territoire de la Communauté de mollusques bivalves vivants en provenance de pays tiers;
- 18) *coliforme fécal*: bactérie en bâtonnet, aérobic facultative, Gram négative ne sporulant pas, cytochrome oxydase négative, qui fermente le lactose avec production de gaz en présence de sels biliaires ou d'autres agents tensio-actifs ayant des propriétés analogues inhibant la croissance, à $44^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$ en 24 heures au moins;
- 19) *E. coli*: coliforme fécal qui produit de l'indole à partir du tryptophane à $44^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$ en 24 heures.

CHAPITRE II

Prescriptions pour la production communautaire

Article 3

1. La mise sur le marché des mollusques bivalves vivants pour la consommation humaine directe est soumise aux conditions suivantes:

- a) ils doivent provenir de zones de production qui satisfont aux exigences fixées au chapitre I de l'annexe. Toutefois, en ce qui concerne les pectinidés, cette disposition ne s'applique qu'aux produits d'aquaculture tels que définis à l'article 2 point 2 de la directive 91/493/CEE du Conseil, du 22 juillet 1991, fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché des produits de la pêche ⁽¹⁾;
- b) ils doivent avoir été récoltés et transportés de la zone de production à un centre d'expédition, un centre de purification, une zone de reparcage ou un établissement de transformation, dans les conditions définies au chapitre II de l'annexe;
- c) dans les cas prévus par la présente directive, ils doivent avoir été reparqués dans des zones agréées pour cet usage et remplissant les conditions définies au chapitre III de l'annexe;
- d) ils doivent avoir été manipulés hygiéniquement et, quand c'est nécessaire, avoir été purifiés dans des établissements agréés pour cet usage et satisfaisant aux exigences du chapitre IV de l'annexe;
- e) ils doivent satisfaire aux prescriptions énoncées au chapitre V de l'annexe;
- f) un contrôle sanitaire doit avoir été effectué selon les exigences du chapitre VI de l'annexe;
- g) ils doivent avoir été conditionnés de manière appropriée, conformément au chapitre VII de l'annexe;
- h) ils doivent avoir été entreposés et transportés dans des conditions sanitaires satisfaisantes, conformément aux chapitres VIII et IX de l'annexe;
- i) ils doivent être munis d'une marque prévue au chapitre X de l'annexe.

2. Les mollusques bivalves vivants destinés à une transformation ultérieure doivent satisfaire aux exigences pertinentes du paragraphe 1 et être traités conformément aux exigences de la directive 91/493/CEE.

Article 4

Les États membres veillent à ce que les personnes qui manipulent des mollusques bivalves vivants pendant leur production et leur mise sur le marché prennent toutes les mesures nécessaires pour se conformer aux prescriptions de la présente directive.

⁽¹⁾ Voir page 15 du présent Journal officiel.

Les responsables des centres d'expédition et de purification doivent notamment s'assurer que:

- des quantités représentatives d'échantillons destinés à des examens de laboratoire sont régulièrement prélevées et analysées en vue d'établir un état chronologique, en fonction des zones d'origine des lots, de la qualité sanitaire des mollusques bivalves vivants avant et après manipulation dans le centre d'expédition ou dans le centre de purification,
- un registre dans lequel sont enregistrés les résultats des contrôles est tenu et conservé pour pouvoir être présenté à l'autorité compétente.

Article 5

1. a) L'autorité compétente procède à l'agrément des centres d'expédition et des centres de purification après s'être assurée qu'ils satisfont aux dispositions de la présente directive. L'autorité compétente prend les mesures nécessaires si les conditions d'agrément cessent d'être remplies. À cet effet, elle tient compte notamment des conclusions d'un éventuel contrôle effectué conformément à l'article 6 paragraphe 1.

Toutefois, à la condition expresse que les mollusques vivants provenant de tels centres satisfassent aux normes d'hygiène fixées par la présente directive, les États membres peuvent, pour les exigences d'équipements et de structures prévues au chapitre IV de l'annexe, à préciser avant le 1^{er} octobre 1991, selon la procédure prévue à l'article 12, accorder aux centres d'expédition et de purification un délai supplémentaire expirant le 31 décembre 1995 pour se conformer aux conditions d'agrément énoncées au chapitre précité. Ne pourront obtenir de telles dérogations que les établissements qui, exerçant leur activité à la date du 31 décembre 1991, auront soumis à l'autorité nationale compétente, avant le 1^{er} juillet 1992, une demande dûment justifiée à cet effet. Cette demande doit être assortie d'un plan et d'un programme de travaux précisant les délais dans lesquels les établissements pourront se conformer auxdites exigences. Dans le cas où un concours financier est sollicité auprès de la Communauté, seuls les projets conformes aux exigences de la présente directive pourront être acceptés.

L'autorité compétente établit une liste des centres d'expédition et des centres de purification agréés, chacun d'eux possédant un numéro officiel.

La liste des centres d'expédition et des centres de purification agréés et toute modification ultérieure doivent être communiquées par chaque État membre à la Commission. La Commission communique ces informations aux autres États membres.

- b) L'inspection et le contrôle de ces établissements sont effectués régulièrement sous la responsabilité de l'autorité compétente qui doit avoir libre accès à toutes les parties des établissements en vue de s'assurer du respect des dispositions de la présente directive.

Si ces inspections et ces contrôles révèlent que les exigences de la présente directive ne sont pas respectées, l'autorité compétente prend les mesures appropriées.

2. a) L'autorité compétente établit une liste des zones de production et de reparcage, avec l'indication de leur emplacement et de leurs limites, dans lesquelles les mollusques bivalves vivants peuvent être pris conformément aux prescriptions de la présente directive, et notamment; celles du chapitre I de l'annexe.

Cette liste est communiquée aux professionnels concernés par la présente directive, notamment aux producteurs et aux responsables des centres de purification et des centres d'expédition.

- b) La surveillance des zones de production et de reparcage est effectuée sous la responsabilité de l'autorité compétente conformément aux exigences de la présente directive.

Au cas où cette surveillance révèle que les exigences de la présente directive ne sont plus satisfaites, l'autorité compétente ferme la zone de production ou de reparcage concernée jusqu'à ce que la situation redevienne normale.

3. L'autorité compétente peut interdire toute production et toute récolte de mollusques bivalves dans des zones considérées comme inaptes à cet usage pour des raisons sanitaires.

Article 6

1. Des experts de la Commission peuvent, dans la mesure où cela est nécessaire à l'application uniforme de la présente directive, effectuer, en collaboration avec les autorités compétentes des États membres, des contrôles sur place. Ils peuvent notamment vérifier si les centres et les zones de production et de reparcage observent effectivement les dispositions de la présente directive. L'État membre sur le territoire duquel est effectué un contrôle apporte toute l'aide nécessaire aux experts pour l'accomplissement de leur mission. La Commission informe les États membres du résultat des contrôles effectués.

2. Les modalités d'application du paragraphe 1 sont arrêtées selon la procédure prévue à l'article 12.

3. La Commission peut établir des recommandations assorties de lignes directrices relatives à de bonnes pratiques de fabrication applicables aux divers stades de la production et de la mise sur le marché.

Article 7

1. Les règles prévues par la directive 89/662/CEE pour les mollusques bivalves, les échinodermes, tuniciers et gastéropodes marins vivants destinés à la consommation humaine s'appliquent, notamment en ce qui concerne l'organisation et les suites à donner aux contrôles à effectuer par l'État membre de destination et les mesures de sauvegarde à mettre en œuvre.

2. La directive 89/662/CEE est modifiée comme suit:

a) à l'annexe A, le tiret suivant est ajouté:

«— directive n° 90/492/CEE du Conseil, du 15 juillet 1991, fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché de mollusques bivalves vivants (JO n° L 268 du 24. 9. 1991, p. 1.)»;

b) à l'annexe B, le tiret suivant est supprimé:

«— mollusques bivalves vivants destinés à la consommation humaine».

c) des conditions sanitaires appliquées en pratique pour la production et la mise sur le marché des mollusques bivalves vivants, et notamment pour la surveillance des zones de récolte en relation avec la contamination microbiologique et celle de l'environnement, ainsi qu'avec la présence de biotoxines marines;

d) de la régularité et de la rapidité des informations fournies par le pays tiers sur la présence de plancton contenant des toxines dans les zones de récolte, et notamment d'espèces n'existant pas dans les eaux communautaires, ainsi que des risques que peut représenter cette présence pour la Communauté;

e) des assurances que peuvent donner les pays tiers quant au respect des règles énoncées au chapitre V de l'annexe;

CHAPITRE III

Importations à partir des pays tiers

Article 8

Les dispositions appliquées aux importations de mollusques bivalves vivants en provenance de pays tiers doivent être au moins équivalentes à celles concernant la production et la mise sur le marché des produits communautaires.

Article 9

En vue de s'assurer de l'application uniforme de l'exigence prévue à l'article 8, la procédure suivante s'applique:

1) des contrôles sont effectués sur place par des experts de la Commission et des États membres pour vérifier si les conditions de production et de mise sur le marché peuvent être considérées comme équivalentes à celles qui sont appliquées dans la Communauté.

Les experts des États membres chargés de ces contrôles sont désignés par la Commission sur proposition des États membres.

Ces contrôles sont effectués pour le compte de la Communauté qui prend en charge les frais correspondants.

La périodicité et les modalités de ces contrôles sont déterminées selon la procédure prévue à l'article 12;

2) pour décider si les conditions de production et de mise sur le marché des mollusques bivalves vivants dans un pays tiers peuvent être considérées comme étant équivalentes à celles de la Communauté, il sera tenu compte notamment:

a) de la législation du pays tiers;

b) de l'organisation de l'autorité compétente du pays tiers et de ses services d'inspection, des pouvoirs de ces services et de la surveillance dont ils font l'objet, aussi bien que des possibilités qu'ont ces services de vérifier de manière efficace l'application de leur législation en vigueur;

3) la Commission arrête, selon la procédure prévue à l'article 12:

a) la liste des pays tiers qui remplissent les conditions d'équivalence visées au paragraphe 2;

b) pour chaque pays tiers, les conditions particulières d'importation applicables aux mollusques bivalves vivants. Ces conditions doivent comprendre:

i) les modalités de certification sanitaire qui doivent accompagner tout envoi destiné à la Communauté;

ii) une délimitation des zones de production dans lesquelles les mollusques bivalves vivants peuvent être récoltés et à partir desquelles ils peuvent être importés;

iii) l'obligation d'une information de la Communauté sur tout changement possible de l'agréement des zones de production;

iv) la purification éventuelle après l'arrivée sur le territoire de la Communauté;

c) la liste des établissements en provenance desquels l'importation de mollusques bivalves vivants est autorisée. Dans ce but, une ou plusieurs listes de ces établissements doivent être établies. Un établissement ne peut figurer sur une liste que s'il est agréé officiellement par l'autorité compétente du pays tiers exportant dans la Communauté. Un tel agrément doit être soumis à l'observation des conditions suivantes:

— respect d'exigences équivalentes à celles prévues par la présente directive,

— surveillance par un service officiel de contrôle du pays tiers;

4) les décisions visées au point 3 peuvent être modifiées selon la procédure prévue à l'article 12.

Ces décisions et les modifications s'y rapportant sont publiées au *Journal officiel des Communautés européennes*, série L;

- 5) dans l'attente des décisions visées au point 3, les États membres appliquent aux importations des mollusques bivalves vivants en provenance des pays tiers des conditions qui sont au moins équivalentes à celles concernant la production et la mise sur le marché des produits communautaires.

Article 10

Les règles et principes prévus par la directive 90/675/CEE s'appliquent notamment en ce qui concerne l'organisation et les suites à donner aux contrôles à effectuer par les États membres et les mesures de sauvegarde à mettre en œuvre.

Sans préjudice du respect des règles et principes visés au premier alinéa du présent article et dans l'attente de la mise en œuvre des décisions prévues à l'article 8 point 3 et à l'article 30 de la directive 90/675/CEE, les modalités nationales pertinentes d'application de l'article 8 points 1 et 2 de ladite directive restent applicables.

CHAPITRE IV

Dispositions finales

Article 11

Les chapitres de l'annexe peuvent être modifiés par le Conseil, statuant à la majorité qualifiée sur proposition de la Commission.

Avant le 1^{er} janvier 1994, la Commission soumet au Conseil, après avis du comité vétérinaire scientifique, un rapport sur le contenu des chapitres I et V de l'annexe, assorti d'éventuelles propositions de modifications de ces chapitres.

Article 12

1. En cas d'application de la procédure définie au présent article, le comité vétérinaire permanent, ci-après dénommé «comité», est saisi sans délai par son président, soit à l'initiative de celui-ci, soit à la demande d'un État membre.

2. Le représentant de la Commission soumet au comité un projet des mesures à prendre. Le comité émet son avis sur ces mesures dans un délai que le président peut fixer en fonction de l'urgence de la question en cause. L'avis est émis à la majorité prévue à l'article 148 paragraphe 2 du traité pour l'adoption des décisions que le Conseil est appelé à prendre sur proposition de la Commission. Lors des votes au sein du comité, les voix des représentants des États membres sont affectées de la pondération définie à l'article précité. Le président ne prend pas part au vote.

3. a) La Commission arrête les mesures envisagées lorsqu'elles sont conformes à l'avis du comité.

b) Lorsque les mesures envisagées ne sont pas conformes à l'avis du comité, ou en l'absence d'avis, la

Commission soumet sans tarder au Conseil une proposition relative aux mesures à prendre. Le Conseil statue à la majorité qualifiée.

Si, à l'expiration d'un délai de trois mois à compter de la date à laquelle il a été saisi, le Conseil n'a pas statué, les mesures proposées sont arrêtées par la Commission, sauf dans le cas où le Conseil s'est prononcé à la majorité simple contre lesdites mesures.

Article 13

Pour tenir compte d'une éventuelle absence de décision concernant les modalités d'application de la présente directive à la date du 1^{er} janvier 1993, des mesures transitoires nécessaires peuvent être arrêtées, selon la procédure prévue à l'article 12, pour une période de deux ans.

Article 14

La Commission, après consultation des États membres, soumet au Conseil, avant le 1^{er} juillet 1992, un rapport concernant les exigences minimales en matière de structure et d'équipement à respecter par les petits centres d'expédition ou les petits établissements assurant la distribution sur le marché local et situés dans des régions soumises à des contraintes particulières quant à leur approvisionnement, assorti d'éventuelles propositions sur lesquelles le Conseil, statuant selon la procédure de vote prévue à l'article 43 du traité, se prononcera avant le 31 décembre 1992.

Les dispositions de la présente directive feront, avant le 1^{er} janvier 1998, l'objet d'un réexamen par le Conseil, statuant sur des propositions de la Commission fondées sur l'expérience acquise.

Article 15

Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires ou administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive avant le 1^{er} janvier 1993. Ils en informent la Commission.

Lorsque les États membres adoptent ces dispositions, celles-ci contiennent une référence à la présente directive ou sont accompagnées d'une telle référence lors de leur publication officielle. Les modalités de cette référence sont arrêtées par les États membres.

Article 16

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

Fait à Bruxelles, le 15 juillet 1991.

Par le Conseil

Le président

P. BUKMAN

ANNEXE

CHAPITRE PREMIER

CONDITIONS POUR LES ZONES DE PRODUCTION

1. L'emplacement et les limites des zones de production doivent être fixés par l'autorité compétente en vue de l'identification des zones dans lesquelles les mollusques bivalves vivants:
 - a) peuvent être récoltés pour la consommation humaine directe. Les mollusques bivalves vivants provenant de ces zones doivent satisfaire aux exigences du chapitre V de la présente annexe;
 - b) peuvent être récoltés, mais ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine qu'après avoir subi un traitement dans un centre de purification ou après avoir subi un traitement dans un centre de purification ou après reparcage. Les mollusques bivalves vivants de ces zones ne doivent pas dépasser les limites, basées sur un test MPN (NPP) à 5 tubes et 3 dilutions, de 6 000 coliformes fécaux pour 100 g de chair ou 4 600 E. coli pour 100 g de chair dans 90 % des échantillons.
Après purification ou reparcage toutes les exigences du chapitre V de la présente annexe doivent être satisfaites;
 - c) peuvent être récoltés, mais ne peuvent être mis sur le marché qu'après un reparcage portant sur une longue période (minimum deux mois), associé ou non à une purification, ou après une purification intensive pendant une période et selon des modalités à fixer selon la procédure prévue à l'article 12 de la présente directive en vue de satisfaire les mêmes exigences que celles du point a). Les mollusques bivalves vivants de ces zones ne doivent pas dépasser les limites, fondées sur un test MPN (NPP) à 5 tubes et 3 dilutions, de 60 000 coliformes fécaux pour 100 g de chair.
2. Tout changement dans la délimitation des zones de production ainsi que la fermeture temporaire ou définitive de celles-ci doivent être annoncés immédiatement par l'autorité compétente aux professionnels concernés par la présente directive, notamment aux producteurs et aux responsables des centres de purification et des centres d'expédition.

CHAPITRE II

NORMES POUR LA RÉCOLTE ET LE TRANSPORT DES LOTS VERS UN CENTRE D'EXPÉDITION
OU DE PURIFICATION, UNE ZONE DE REPARCAGE OU UN ÉTABLISSEMENT DE
TRANSFORMATION

1. Les techniques de récolte ne doivent pas causer de dommage excessif aux coquilles ou aux tissus des mollusques bivalves vivants.
2. Les mollusques bivalves vivants doivent être protégés de manière appropriée contre l'écrasement, l'abrasion et les vibrations après leur récolte et ne doivent pas être soumis à des températures extrêmes chaudes ou froides.
3. Les techniques pour la récolte, le transport, le débarquement et la manipulation des mollusques bivalves vivants ne doivent pas entraîner une contamination supplémentaire du produit, une baisse importante de sa qualité ou un changement significatif affectant leur aptitude à être traités par purification, transformation ou reparcage.
4. Les mollusques bivalves vivants ne doivent pas être réimmergés dans une eau susceptible de causer une contamination supplémentaire entre la récolte et le débarquement à terre.
5. Les moyens utilisés pour le transport des mollusques bivalves vivants doivent être employés dans des conditions qui les protègent contre toute contamination supplémentaire et contre l'écrasement des coquilles. Ils doivent permettre un drainage et un nettoyage satisfaisants.
Dans le cas d'un transport en vrac, sur une longue distance, de mollusques bivalves vivants vers un centre d'expédition, un centre de purification, une zone de reparcage ou un établissement de transformation, les moyens de transport doivent être équipés de façon à leur assurer les meilleures conditions de survie et ils doivent, notamment, répondre aux prescriptions du chapitre IX point 2 de la présente annexe.
6. Un document d'enregistrement pour l'identification des lots de mollusques bivalves vivants doit accompagner chaque lot durant le transport de la zone de production à un centre d'expédition, un centre de purification, une zone de reparcage ou un établissement de transformation. Le document est délivré par l'autorité compétente à la demande du producteur. Pour chaque lot, le producteur doit compléter, lisiblement et de manière indélébile, les parties concernées du document d'enregistrement, qui doivent comporter les informations suivantes:
 - l'identité du producteur et sa signature,
 - la date de la récolte,
 - la localisation de la zone de production, aussi détaillée que possible,

- l'espèce de coquillages et leur quantité, indiquées de façon aussi précise que possible,
- le numéro d'agrément et l'endroit de destination pour le conditionnement, le reparcage, la purification ou la transformation.

Les documents d'enregistrement doivent être numérotés de façon continue et séquentielle. L'autorité compétente tient un registre indiquant le nombre de documents d'enregistrement ainsi que les noms des personnes collectant les mollusques bivalves vivants et auxquelles ils ont été délivrés. Le document d'enregistrement pour chaque lot de mollusques bivalves vivants doit être daté pour la livraison de chaque lot à un centre d'expédition, à un centre de purification, à une zone de reparcage ou à un établissement de transformation et il doit être conservé par les responsables de ces centres, zones ou établissements au moins soixante jours.

Toutefois, si la récolte est effectuée par le personnel appartenant au centre d'expédition, au centre de purification, à la zone de reparcage ou à l'établissement de transformation de destination, le document d'enregistrement peut être remplacé par une autorisation permanente de transport accordée par l'autorité compétente.

7. Au cas où une zone de production et de reparcage est temporairement fermée, l'autorité compétente ne délivre plus de documents d'enregistrement pour cette zone et suspend immédiatement la validité de tous les documents d'enregistrement déjà délivrés.

CHAPITRE III

CONDITIONS POUR LE REPARCAGE DE MOLLUSQUES BIVALVES VIVANTS

Pour le reparcage de mollusques bivalves vivants, les conditions suivantes doivent être réunies:

- 1) les mollusques bivalves vivants doivent avoir été récoltés et transportés selon les prescriptions du chapitre II de la présente annexe;
- 2) les techniques pour la manipulation des mollusques bivalves vivants destinés au reparcage doivent permettre la reprise de l'activité d'alimentation par filtration après immersion dans les eaux naturelles;
- 3) les mollusques bivalves vivants ne doivent pas être reparqués à une densité ne permettant pas la purification;
- 4) les mollusques bivalves vivants doivent être immergés en eau de mer sur la zone de reparcage pendant une durée appropriée qui doit dépasser le temps mis par le taux de bactéries fécales pour être réduit aux niveaux admis par la présente directive et compte tenu du fait que les normes du chapitre V de la présente annexe doivent être respectées;
- 5) la température minimale de l'eau pour le reparcage effectif doit, quand cela est nécessaire, être déterminée et annoncée par l'autorité compétente pour chaque espèce de mollusques bivalves vivants et pour chaque zone de reparcage agréée;
- 6) les zones de reparcage des mollusques bivalves vivants doivent être agréées par l'autorité compétente. Les limites de ces zones doivent être clairement balisées par des bouées, des perches ou d'autres matériels fixes; une distance minimale de 300 mètres doit séparer les zones de reparcage entre elles, ainsi que les zones de reparcage des zones de production;
- 7) les emplacements dans une zone de reparcage doivent être bien séparés pour éviter le mélange des lots; le système «tout dedans tout dehors» doit être utilisé, de façon à ne pas permettre l'introduction d'un nouveau lot avant que la totalité du lot précédant soit enlevée;
- 8) un enregistrement permanent de l'origine des mollusques bivalves vivants, des périodes de reparcage, emplacements de reparcage et destination ultérieure de chaque lot après reparcage doit être tenu à la disposition de l'autorité compétente par les responsables des zones de reparcage;
- 9) après la récolte sur la zone de reparcage, les lots doivent, pendant leur transport de la zone de reparcage vers le centre d'expédition, le centre de purification ou l'établissement de transformation agréés, être accompagnés du document d'enregistrement prévu au chapitre II point 6 de la présente annexe, sauf dans le cas où le même personnel intervient aussi bien sur la zone de reparcage que dans le centre d'expédition, le centre de purification ou l'établissement de transformation.

CHAPITRE V

PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES MOLLUSQUES BIVALVES VIVANTS

Les mollusques bivalves vivants destinés à la consommation humaine immédiate doivent remplir les conditions suivantes:

- 1) ils doivent posséder des caractéristiques visuelles associées à la fraîcheur et à la viabilité, incluant l'absence de souillure sur la coquille, une réponse à la percussion et une quantité normale de liquide intervalvaire;
- 2) ils doivent contenir moins de 300 coliformes fécaux ou moins de 230 E. coli pour 100 g de chair de mollusque et de liquide intervalvaire sur la base d'un test MPN (NPP) à 5 tubes et 3 dilutions ou de tout autre procédé bactériologique dont l'équivalence est démontrée en niveau de précision;
- 3) ils ne doivent pas contenir de salmonelles dans 25 g de chair de mollusque;
- 4) ils ne doivent pas contenir de composés toxiques ou nocifs d'origine naturelle ou rejetés dans l'environnement, tels que ceux mentionnés à l'annexe de la directive 79/923/CEE, à un taux tel que l'absorption alimentaire calculée dépasse les doses journalières admissibles (DJA) pour l'homme ou qu'ils soient susceptibles de détériorer le goût des coquillages.

Selon la procédure prévue à l'article 12 de la présente directive, la Commission définit les méthodes d'analyse applicables pour le contrôle des critères chimiques, ainsi que les valeurs limites à respecter;

- 5) les limites supérieures du taux de radionucléides ne doivent pas dépasser celles fixées par la Communauté pour les denrées alimentaires;
- 6) le taux de «Paralytic Shellfish Poison» (PSP) dans les parties comestibles des mollusques (corps entier ou toute partie consommable séparément) ne doit pas dépasser 80 µg pour 100 g, d'après la méthode d'analyse biologique — le cas échéant associée avec une méthode chimique de recherche de la saxitoxine — ou toute autre méthode reconnue selon la procédure prévue à l'article 12 de la présente directive.

En cas de contestation sur les résultats, la méthode de référence doit être la méthode biologique;

- 7) les méthodes d'analyse biologiques habituelles ne doivent pas donner de réaction positive en ce qui concerne la présence de «Diarrhetic Shellfish Poison» (DSP) dans les parties comestibles des mollusques (corps entier ou toute partie consommable séparément);
- 8) en l'absence de techniques de routine pour la recherche de virus et de la fixation de normes virologiques, le contrôle sanitaire se fonde sur des comptages de bactéries fécales.

Les examens visant à contrôler le respect des exigences du présent chapitre doivent s'effectuer selon des méthodes scientifiquement reconnues et pratiquement éprouvées.

Pour l'application uniforme de la présente directive, les plans d'échantillonnage ainsi que les méthodes et les tolérances analytiques à appliquer en vue du contrôle du respect des exigences du présent chapitre sont établis selon la procédure prévue à l'article 12 de la présente directive.

L'efficacité des bactéries en tant qu'indicateur fécal et leurs limites numériques, ainsi que les autres paramètres indiqués dans le présent chapitre, sont constamment suivis de près et, quand l'évidence scientifique en montre le besoin, ils sont révisés selon la procédure prévue à l'article 12 de la présente directive.

Lorsque l'évidence scientifique montre le besoin d'introduire d'autres contrôles sanitaires ou de modifier les paramètres indiqués dans le présent chapitre afin de sauvegarder la santé publique, ces mesures sont arrêtées selon la procédure prévue à l'article 12.

CHAPITRE VI

CONTRÔLE DE SANTÉ PUBLIQUE ET SURVEILLANCE DE LA PRODUCTION

Un système de contrôle de la santé publique est établi par l'autorité compétente en vue de la vérification du respect des exigences à la présente directive. Ce système doit comprendre:

- 1) une surveillance périodique des zones de production et de reparcage des mollusques bivalves vivants, destinée à:
 - a) éviter tout abus sur l'origine et la destination de mollusques bivalves vivants;
 - b) contrôler la qualité microbiologique des mollusques bivalves vivants en relation avec la zone de production et de reparcage;
 - c) contrôler la présence possible de plancton toxique dans les eaux de production et de reparcage et de biotoxines dans les mollusques bivalves vivants;
 - d) contrôler la présence possible de contaminants chimiques, dont les teneurs maximales autorisées seront fixées, selon la procédure prévue à l'article 12 de la présente directive, le 31 décembre 1992.

Aux fins des points c) et d), des plans d'échantillonnage doivent être établis par l'autorité compétente pour contrôler cette présence possible à des intervalles réguliers ou cas par cas si la récolte a lieu à des périodes irrégulières;

- 2) les plans d'échantillonnage tels que prévus au point 1, qui doivent notamment tenir compte:
 - a) des variations probables dans la contamination fécale de chaque zone de production et de reparcage;
 - b) des variations possibles, dans les zones de production et de reparcage, de la présence de plancton contenant des biotoxines marines. L'échantillonnage doit s'effectuer comme suit:
 - i) surveillance: échantillonnage périodique organisé visant à détecter les changements de la composition du plancton contenant des toxines et sa répartition géographique. Tout résultat entraînant une suspicion d'accumulation de toxines dans la chair des mollusques doit être suivi par un échantillonnage intensif;

ii) échantillonnage intensif:

— contrôle du plancton dans les eaux d'élevage et de pêche, le nombre de points de prélèvements et le nombre des échantillons étant augmentés,

et

— tests de toxicité au moyen des mollusques de la zone affectée qui sont les plus sensibles à la contamination.

La mise sur le marché de mollusques de cette zone ne pourra de nouveau être autorisée qu'après qu'un nouvel échantillonnage aura donné des résultats de tests de toxicité satisfaisants;

c) de la contamination possible des mollusques dans la zone de production et de reparcage.

Lorsque le résultat d'un plan d'échantillonnage montre que la mise sur le marché de mollusques bivalves vivants peut constituer un risque pour la sante humaine, l'autorité compétente doit fermer la zone de production, pour ce qui est des mollusques concernés, jusqu'à ce que la situation soit rétablie;

- 3) des examens de laboratoire destinés à contrôler le respect des exigences du chapitre V de la présente annexe pour le produit fini. Un système de contrôle doit être mis en œuvre pour vérifier que le niveau de biotoxines marines ne dépasse pas les limites de sécurité;
- 4) une inspection des établissements à intervalles réguliers. Cette inspection inclut notamment des contrôles:
 - a) destinés à vérifier que les conditions d'agrément sont toujours respectées;
 - b) portant sur le nettoyage des locaux, des installations, du matériel, ainsi que sur l'hygiène du personnel;
 - c) destinés à vérifier que les mollusques bivalves vivants sont manipulés et traités correctement;
 - d) portant sur l'utilisation correcte et le bon fonctionnement des systèmes de purification ou de finition;
 - e) portant sur le registre visé au chapitre IV point III. 12 de la présente annexe;
 - f) portant sur l'emploi correct des marques sanitaires.

Ces contrôles peuvent comprendre la prise d'échantillons pour examens de laboratoire; les résultats de ces examens sont communiqués aux responsables des établissements;

- 5) des contrôles portant sur les conditions d'entreposage et de transport des envois de mollusques bivalves vivants.

ANNEXE 3

Décret 94/340 du 28 avril 1994

**Décret n° 94-340 du 28 avril 1994 relatif aux conditions
sanitaires de production et de mise sur le marché
des coquillages vivants**

NOR : AGRG9400437D

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'agriculture et de la pêche, du ministre d'Etat, ministre des affaires sociales, de la santé et de la ville, du ministre d'Etat, garde des sceaux, ministre de la justice, et du ministre de l'économie,

Vu la directive (C.E.E.) n° 91-492 du 15 juillet 1991 fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché de mollusques bivalves vivants ;

Vu le code pénal ;
 Vu le code de la santé publique ;
 Vu le code rural, et notamment ses articles 258, 259, 260 et 262, ensemble le décret n° 67-285 du 31 mars 1967 et le décret n° 71-636 du 21 juillet 1971, pris pour leur application ;
 Vu le code de la consommation, et notamment son article L. 214-1 ;
 Vu le décret-loi du 9 janvier 1852 modifié sur l'exercice de la pêche maritime ;
 Vu la loi n° 91-411 du 2 mai 1991 relative à l'organisation interprofessionnelle des pêches maritimes et des élevages marins et à l'organisation de la conchyliculture ;
 Vu le décret n° 83-228 du 22 mars 1983 modifié fixant le régime de l'autorisation des exploitations de cultures marines ;
 Vu le décret n° 84-1147 du 7 décembre 1984 modifié portant application de la loi du 1^{er} août 1905 en ce qui concerne l'étiquetage et la présentation des denrées alimentaires ;
 Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Décète :

Art. 1^{er}. - Sont soumises aux dispositions du présent décret les activités de production et de mise sur le marché des coquillages vivants destinés à la consommation humaine.

On entend par coquillages les espèces marines appartenant aux groupes des mollusques bivalves, des gastéropodes, des échinodermes et des tuniciers.

Art. 2. - Au sens du présent décret, on entend par :

Production : les activités, pratiquées à titre professionnel, de pêche et/ou d'élevage de coquillages juvéniles ou adultes et ayant pour but final la préparation à la vente et la mise sur le marché pour la consommation humaine ;

Reparcage : l'opération consistant à transférer des coquillages vivants dans des zones conchylicoles classées de salubrité adéquate et à les y laisser, sous contrôle du service d'inspection, pendant le temps nécessaire à la réduction des contaminants jusqu'à un niveau acceptable pour la consommation humaine. Sont exclues de cette définition les opérations de transfert ;

Zone de reparcage : une zone conchylicole clairement signalisée, consacrée exclusivement au reparcage des coquillages et classée à cette fin ;

Transfert : l'opération consistant à transporter des coquillages vivants d'une zone de production à une autre zone de production pour élevage, complément d'élevage ou affinage ;

Purification : l'opération consistant à immerger des coquillages vivants dans des bassins alimentés en eau de mer naturellement propre ou rendue propre par un traitement approprié, pendant le temps nécessaire pour leur permettre d'éliminer les contaminants microbiologiques et pour les rendre aptes à la consommation humaine directe ;

Expédition : l'ensemble des opérations pratiquées par un expéditeur en des installations particulières permettant de préparer pour la consommation humaine directe des coquillages vivants, provenant de zones de production salubres, de zones de reparcage ou de centres de purification. L'expédition comporte toutes ou une partie des opérations suivantes : réception, lavage, calibrage, finition, conditionnement et conservation avant transport ;

Centre de purification ou établissement de purification : centre conchylicole comportant un ensemble d'installations formant une unité fonctionnelle cohérente, destinée à pratiquer exclusivement la purification et agréée à cette fin ;

Centre d'expédition ou établissement d'expédition : centre conchylicole comportant un ensemble d'installations terrestres ou flottantes, formant une unité fonctionnelle cohérente, où se pratique l'expédition, agréée à cette fin. Les manipulations de coquillages liées à l'élevage peuvent également s'y pratiquer, sous réserve qu'elles aient lieu non simultanément avec les opérations d'expédition et qu'elles soient suivies d'un lavage rigoureux des locaux et équipements utilisés ou qu'elles aient lieu sur des emplacements suffisamment séparés ;

Etablissement de manipulation de produits de la pêche : toute installation mettant sur le marché des produits de la pêche dont, le cas échéant, des coquillages, à l'exclusion de coquillages vivants. Les coquillages y sont préparés, transformés, réfrigérés, congelés, décongelés, reconditionnés ou entreposés ;

Finition : l'opération consistant à remettre à l'eau temporairement des coquillages vivants dont la qualité hygiénique ne nécessite pas un reparcage ou un traitement de purification, dans

des installations contenant de l'eau de mer propre ou sur des sites naturels appropriés, pour les mettre en attente de conditionnement et les débarrasser du sable, de la vase et du mucus ;

Conditionnement : l'opération consistant à placer des coquillages vivants au contact direct d'un contenant constituant un colis, adapté à leur transport et à leur distribution commerciale et, par extension, ce contenant.

TITRE I^{er}

PRODUCTION

CHAPITRE I^{er}

Classement des zones

Art. 3. - Le classement de salubrité des zones de production repose sur la mesure de la contamination microbiologique et de la pollution résultant de la présence de composés toxiques ou nocifs, d'origine naturelle ou rejetés dans l'environnement, susceptibles d'avoir un effet négatif sur la santé de l'homme ou le goût des coquillages.

Les zones de production sont classées de la façon suivante :

a) Zones A : zones dans lesquelles les coquillages peuvent être récoltés pour la consommation humaine directe ;

b) Zones B : zones dans lesquelles les coquillages peuvent être récoltés mais ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine directe qu'après avoir subi, pendant un temps suffisant, soit un traitement dans un centre de purification, associé ou non à un reparcage, soit un reparcage ;

c) Zones C : zones dans lesquelles les coquillages ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine directe qu'après un reparcage de longue durée, associé ou non à une purification, ou après une purification intensive mettant en œuvre une technique appropriée.

d) Zones D : zones dans lesquelles les coquillages ne peuvent être récoltés ni pour la consommation humaine directe, ni pour le reparcage, ni pour la purification.

Art. 4. - Le classement de salubrité des zones de production, définies par leurs limites géographiques précises, est prononcé par arrêté du préfet du département concerné sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes, après avis du directeur départemental des affaires sanitaires et sociales.

Cet arrêté est publié au Recueil des actes administratifs de la préfecture.

Art. 5. - En cas de contamination momentanée d'une zone et en fonction de sa nature et de son niveau, le préfet, sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes ou du directeur des services vétérinaires, et après avis du directeur départemental des affaires sanitaires et sociales, peut temporairement soit soumettre son exploitation à des conditions générales plus contraignantes, soit suspendre toutes ou certaines formes d'activités.

Ces décisions sont portées immédiatement à la connaissance des services, municipalités et organisations professionnelles concernés.

Art. 6. - Des arrêtés conjoints du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines et du ministre chargé de la santé, pris après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, fixent, pour chaque classe de salubrité, les paramètres prévus à l'article 3 et les valeurs qui leur correspondent, les plans d'échantillonnage mis en œuvre, les méthodes d'analyses de référence, les règles d'interprétation et d'exploitation des résultats ainsi que les modalités selon lesquelles s'exerce la surveillance sanitaire régulière des zones de production.

CHAPITRE II

Exploitation

Art. 7. - Dans les zones de production, la pêche non professionnelle sur les gisements naturels ne peut être pratiquée que dans des zones A.

Art. 8. - La pêche des bancs et gisements naturels coquilliers, à l'exclusion des pectinidés, ne peut être pratiquée que dans des zones A, B ou C.

Le préfet, sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes, fixe par arrêté les conditions sanitaires d'exploitation des bancs et gisements naturels coquilliers.

Art. 9. - Le préfet prend, sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes, après avis des sections régionales conchylicoles concernées, toutes dispositions de nature à maîtriser le risque que peuvent représenter les bancs et gisements naturels de coquillages situés en zones D.

A ce titre, il peut être amené à diligenter des opérations visant la destruction de ces gisements ou leur transfert vers des cantonnements pour reconstitution de stocks de géniteurs.

Art. 10. - Les activités d'élevage ne peuvent être pratiquées que dans des zones A ou B. Cependant, à titre dérogatoire, le préfet peut, dans une zone C, autoriser l'élevage sous forme d'autorisation d'exploitation de cultures marines, conformément aux dispositions du décret du 22 mars 1983 susvisé.

Si les coquillages élevés en zone C sont destinés à la consommation, cette autorisation ne peut être accordée que dans la mesure où le demandeur est détenteur d'une autorisation de reparcage ou responsable d'un centre de purification agréé.

Aucun transfert ne peut être effectué d'une zone C vers une zone A ou B, à l'exclusion des coquillages juvéniles.

Art. 11. - La collecte des coquillages juvéniles dans une zone D en vue du transfert peut être exceptionnellement autorisée par le préfet sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes.

Un arrêté du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines fixe la liste des espèces et les tailles maximales des coquillages juvéniles collectés. L'autorisation du préfet précise la taille des coquillages collectés ainsi que la date limite de leur enlèvement.

CHAPITRE III

Transport

Art. 12. - Le transport à destination d'une zone de production, d'une zone de reparcage, d'un centre de purification, d'un centre d'expédition ou d'un établissement de manipulation de produits de la pêche doit être réalisé dans des conditions préservant la vitalité des coquillages et leur qualité hygiénique. Il donne lieu à l'établissement d'un bon de transport permettant d'identifier de façon explicite et lisible :

- a) L'identité du producteur ;
- b) La date de récolte et la zone de production ou, le cas échéant, de reparcage ;
- c) L'espèce et les quantités transportées ;
- d) Le destinataire et le lieu de destination complété, le cas échéant, du numéro d'agrément du centre conchylicole ou de l'établissement de manipulation concerné.

Le bon de transport, délivré par la direction des affaires maritimes du département d'origine, est rempli par le producteur à l'occasion de chaque opération de transfert ou de transport. Un exemplaire est remis au destinataire du lot transporté et conservé par celui-ci pendant au moins six mois.

Toutefois, lorsque la récolte et le transport ou transfert sont effectués par des opérateurs appartenant à la même entreprise, le bon de transport peut être remplacé par une autorisation permanente de transport délivrée dans les mêmes conditions. L'entreprise est cependant tenue d'enregistrer chacun des transports qu'elle effectue.

Un arrêté conjoint du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines et du ministre chargé de la consommation précise les modalités d'application des dispositions du présent article et établit, notamment, le modèle des bons de transport à utiliser.

TITRE II

REPARCAGE ET PURIFICATION

Art. 13. - Les coquillages provenant des zones B ou C doivent subir avant expédition un traitement par reparcage, par purification ou par une combinaison de ces deux techniques. La nature et l'intensité de ce traitement sont adaptés à l'espèce de coquillage concerné, au type de contamination en cause et à son niveau initial.

La purification ne s'applique pas aux gastéropodes, aux échinodermes et aux tuniciers.

CHAPITRE I^{er}

Reparcage

Art. 14. - Le reparcage ne peut être pratiqué que dans des zones qui ont la même qualité hygiénique que les zones de pro-

duction A et sont classées pour cet usage. Les conditions et modalités de classement des zones de reparcage sont fixées par les arrêtés en la forme prévue à l'article 6. Ils déterminent également les modalités techniques du reparcage ainsi que les conditions d'établissement d'une liste nationale des zones de reparcage classées.

Le classement de chaque zone de reparcage est prononcé par arrêté du préfet, sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes et après avis de la section régionale de la conchyliculture concernée.

Art. 15. - Après leur classement, les zones de reparcage font l'objet d'une surveillance sanitaire régulière dans les mêmes conditions que celles prévues à l'article 6.

Lorsqu'une zone de reparcage ne satisfait plus aux exigences sanitaires, le préfet, sur proposition du directeur départemental des affaires maritimes, décide soit de la suspension des opérations de reparcage, soit de la fermeture de la zone en cause jusqu'à retour à une situation normale.

Art. 16. - L'autorisation de reparcage est accordée par le préfet sous forme d'arrêtés d'autorisation d'exploitation de cultures marines, conformément aux dispositions du décret du 22 mars 1983 modifié susvisé.

Le bénéficiaire de l'autorisation :

- a) Conduit les opérations de reparcage selon les règles de gestion de la zone concernée et les clauses des cahiers des charges annexés aux arrêtés d'autorisation ;
- b) Soumet à analyse des prélèvements représentatifs, en vue d'établir un état chronologique de la décontamination des lots soumis au reparcage ;
- c) Tient et conserve le registre de l'année en cours et celui de l'année précédente où figurent les résultats de ces analyses, les entrées et sorties de coquillages, ainsi que les périodes de reparcage ;
- d) Informe l'autorité administrative de toute constatation de nature à remettre en cause le classement de la zone.

CHAPITRE II

Purification

Art. 17. - La purification des coquillages vivants ne peut être pratiquée que dans des centres qui répondent aux conditions d'aménagement, d'équipement, de fonctionnement et d'hygiène fixées par arrêté conjoint du ministre de l'agriculture et du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines, et qui font l'objet d'un agrément. L'agrément est accordé par le préfet, sur demande du responsable du centre, sur proposition du directeur des services vétérinaires et après avis du directeur départemental des affaires maritimes. L'arrêté interministériel fixe les conditions de délivrance de l'agrément ainsi que les modalités du contrôle officiel exercé sur les activités et les installations.

Toute construction d'un centre de purification doit recevoir préalablement un avis sanitaire favorable des services départementaux concernés.

Si les centres mettent en œuvre des systèmes de traitement et de désinfection de l'eau de mer d'approvisionnement, ces systèmes doivent être autorisés par arrêté conjoint du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines et du ministre chargé de la santé, pris après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

Art. 18. - Le responsable du centre de purification :

- a) Assure le maintien des conditions d'agrément du centre ;
- b) Soumet à analyse des prélèvements représentatifs d'eau et de coquillages, en vue d'établir un état chronologique de la décontamination des lots soumis à purification ;
- c) Tient et conserve le registre de l'année en cours et celui de l'année précédente où figurent les résultats de ces analyses, les entrées et les sorties de coquillages.

TITRE III

MISE SUR LE MARCHÉ

Art. 19. - Seuls peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine directe les coquillages répondant aux critères visés à l'article 20, provenant de centres d'expédition agréés sur demande de leurs responsables, dans les conditions prévues à l'article 260 du code rural, et placés dans des conditionnements identifiés par marquage sanitaire.

Art. 20. — Les coquillages destinés à la consommation humaine directe doivent répondre aux critères organoleptiques, microbiologiques, physiques et chimiques définis par arrêté conjoint du ministre de l'agriculture, du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines, du ministre chargé de la consommation et du ministre chargé de la santé, après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France. L'arrêté définit les examens à effectuer pour le contrôle de ces critères, les plans d'échantillonnage, les méthodes d'analyse et les tolérances analytiques à appliquer.

Art. 21. — L'agrément est accordé par le préfet sur proposition du directeur des services vétérinaires, après avis du directeur des affaires maritimes, aux centres qui répondent aux conditions d'aménagement, d'équipement, de fonctionnement et d'hygiène fixées par arrêté conjoint du ministre de l'agriculture et du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines, définissant les modalités de délivrance de cet agrément ainsi que celles du contrôle officiel exercé sur les activités et les installations.

Toute construction d'un centre d'expédition doit recevoir préalablement un avis sanitaire favorable des services départementaux concernés.

L'agrément est suspendu dans les conditions prévues à l'article 260 du code rural.

Art. 22. — Le responsable du centre d'expédition :

- a) Assure le maintien des conditions d'agrément du centre ;
- b) Soumet à analyse des prélèvements représentatifs des différentes espèces destinées à l'expédition ;
- c) Tient et conserve pendant au moins six mois, archivés dans l'ordre chronologique, les résultats des analyses, les entrées et les expéditions de coquillages.

Art. 23. — Les coquillages destinés à être expédiés en vue de la consommation humaine sont conditionnés dans des conditions d'hygiène satisfaisantes en colis fermés qui demeurent scellés jusqu'à la livraison au détaillant ou au consommateur. Le transport en vrac et la présentation à la vente hors du conditionnement d'origine sont interdits, quel que soit le stade de la distribution à partir du centre d'expédition.

Les coquillages conditionnés sont conservés et transportés dans des conditions préservant leur vitalité et leur qualité hygiénique. Leur aspersion et réimmersion sont interdites. Toutefois, est autorisée la réimmersion de coquillages ayant été produits et mis en vente directe par le producteur-expéditeur lui-même, mais après déconditionnement.

Art. 24. — Tous les colis doivent être munis jusqu'à la vente au détail d'une marque sanitaire qui comporte les informations suivantes :

- a) Le pays expéditeur ;
- b) Les noms scientifique et commun des coquillages ;
- c) L'identification du centre d'expédition par son numéro d'agrément ;
- d) La date de conditionnement, se composant au moins du jour et du mois ;
- e) La mention : « Ces coquillages doivent être vivants au moment de l'achat » ou, à défaut, la date de durabilité.

Art. 25. — Des arrêtés conjoints du ministre de l'agriculture, du ministre chargé des pêches maritimes et des cultures marines et du ministre chargé de la consommation définissent :

- a) Les prescriptions relatives à la nature des colis ou conditionnements autorisés pour la mise sur le marché des coquillages ;
- b) Les caractéristiques et les conditions d'utilisation et de contrôle de la marque sanitaire ;
- c) Les noms français officiels des coquillages.

TITRE IV

SANCTIONS

Art. 26. — Sans préjudice des dispositions du décret du 9 janvier 1852 modifié susvisé prévoyant des délits définis et réprimés en son article 6, et de l'article L. 214-2 du code de la consommation, les infractions au présent décret sont punies des peines prévues aux articles 27 et 28.

Art. 27. — Est puni de la peine d'amende prévue pour les contraventions de la 5^e classe :

1. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 3 en récoltant des coquillages soit en zone D, soit en méconnaissance des conditions de salubrité fixées pour la zone de production considérée.

2. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 5 en récoltant des coquillages soit en zone de production déclassée, soit en méconnaissance des décisions du préfet de limitation ou de suspension d'activités.

3. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 8 en pratiquant la production par pêche des bancs et gisements naturels coquilliers, à l'exclusion des pectinidés, dans des zones ou à des périodes non autorisées.

4. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 14 en pratiquant le reparcage dans des zones non classées pour cet usage.

5. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 17 en procédant aux opérations de purification des coquillages vivants dans des centres non agréés à cette fin ou au moyen de systèmes de traitement ou de désinfection d'eau de mer non autorisés.

6. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 19 en mettant sur le marché pour la consommation humaine directe des coquillages qui ne proviennent pas de centres d'expédition agréés.

7. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions des articles 19 et 24 en mettant sur le marché des colis de coquillages vivants ne portant pas le marquage sanitaire.

8. Le fait d'avoir procédé aux opérations d'expédition de coquillages vivants sans respecter les conditions fixées par l'article 22.

9. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions des articles 23 et 25 relatives au conditionnement des coquillages vivants.

Art. 28. — Est puni de la peine d'amende prévue pour les contraventions de la 3^e classe :

1. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 7 en pratiquant la pêche non professionnelle dans des zones de production non classées A.

2. Le fait de s'être livré, en méconnaissance des dispositions de l'article 10, aux activités d'élevage soit en zone D, soit en zone C sans autorisation du préfet.

3. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 11 en procédant, sans autorisation du préfet, à la collecte de juvéniles en zone D.

4. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 12 en procédant au transport de coquillages sans établissement d'un bon de transport.

5. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 16 en procédant aux opérations de reparcage, sans y être autorisé par le préfet ou sans respecter les conditions fixées par le préfet.

6. Le fait d'avoir procédé à la purification des coquillages vivants sans respecter les conditions fixées par l'article 18.

7. Le fait d'avoir contrevenu aux dispositions de l'article 23 en procédant à l'aspersion ou à la réimmersion des coquillages conditionnés.

8. Le fait de ne pas mentionner sur la marque sanitaire des colis d'expédition l'ensemble des informations énumérées à l'article 24.

TITRE V

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 29. — Les dispositions du présent décret sont applicables trois mois après sa publication.

Art. 30. — Le décret du 20 août 1939 modifié relatif à la salubrité des huîtres, moules et autres coquillages est abrogé.

Art. 31. — Le ministre d'Etat, ministre des affaires sociales, de la santé et de la ville, le ministre d'Etat, garde des sceaux, ministre de la justice, le ministre de l'économie et le ministre de l'agriculture et de la pêche sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 28 avril 1994.

ÉDOUARD BALLADUR

ANNEXE 4**Résultats bruts – Exploitation des données**

Date	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
01.10.90	44	126	55	258	-	-	558	-	≥14400	138
22.10.90	558	1440	258	258	90	1440	258	≥14400	2760	1440
12.11.90	558	-	55	258	450	258	55	<18	-	138
26.11.90	2760	≥14400	18	1440	138	1440	138	900	2760	2760
10.12.90	558	258	18	258	18	900	1380	18	18	55
17.12.90	18	138	55	18	138	558	138	138	18	<18
07.01.91	558	1440	18	5580	1440	1440	558	258	258	14400
28.01.91	18	138	18	258	18	138	55	258	138	18
11.02.91	18	138	18	18	18	-	18	18	18	138
25.02.91	55	18	18	258	18	55	126	18	18	258
11.03.91	1440	<18	138	55	-	258	44	18	55	55
25.03.91	<18	138	<18	258	-	258	138	258	138	138
08.04.91	18	18	18	18	55	18	18	258	18	258
22.04.91	18	18	18	18	18	138	18	18	18	55
13.05.91	<18	18	<18	138	<18	258	<18	258	138	66
27.05.91	18	<18	<18	<18	<18	<18	<18	55	258	18
03.06.91	<18	90	450	18	<18	66	18	44	55	<18
17.06.91	<18	1440	138	258	-	-	138	6600	<14400	-
24.06.91	<18	≥18	18	<18	138	258	<18	900	<18	6600
08.07.91	18	258	<18	258	2760	6600	55	138	18	1440
22.07.91	558	<18	<18	<18	18	258	18	45	18	1440
05.08.91	18	<18	<18	<18	55	<18	<18	258	<18	-
19.08.91	≥14400	18	38	450	18	44	1440	90	1440	558
09.09.91*	366	4900	940	180	20400	7900	1920	41400	7900	10000
16.09.91*	228	112	<30	<30	1510	<30	<30	533	<30	587
23.09.91*	<30	7910	289	1190	10000	6250	228	16100	3070	20400

(*) résultats obtenus par la méthode conductimétrique (analyseur Malthus).

Tab. A8 : Mesures (arrondies) en coliformes fécaux pour 100 ml de broyat de palourdes pour les 10 stations de prélèvements des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Assérac (Loire-Atlantique).

Dates de prélèvements	Stations 1, 5, 7, 8, 10		Stations 2 et 6		Stations 3, 4, 9	
	Dates de prises d'eau	Pluviométrie cumulée	Dates de prises d'eau	Pluviométrie cumulée	Dates de prises d'eau	Pluviométrie cumulée
22.10.90	5, 6, 7 oct.	15	18, 19, 20 oct.	120	18, 19, 20 oct.	120
12.11.90	3, 4, 5 nov.	10	8, 9, 10 nov.	135	4, 5, 6 nov.	7
26.11.90	"	"	22, 23, 24 nov.	210	17, 18, 19 nov.	177
10.12.90	2, 3, 4 déc.	0	6, 7, 8 déc.	22	4, 5, 6 déc.	0
17.12.90	"	"	13, 14, 15 déc.	0	16 déc.	0
07.01.91	1, 2, 3 janv.	294	3, 4, 5 janv.	200	3, 4, 5 janv.	200
28.01.91	"	"	24, 25, 26 janv.	0	19, 20, 21 janv.	2
11.02.91	31.01, 1, 2 fév.	0	7, 8, 9 fév.	34	2, 3, 4 fév.	0
25.02.91	15, 16, 17 fév.	115	21, 22, 23 fév.	70	18, 19, 20 fév.	3
11.03.91	1, 2, 3 mars	12	7, 8, 9 mars	195	3, 4, 5 mars	45
25.03.91	17, 18, 19 mars	119	21, 22, 23 mars	54	18, 19, 20 mars	206
08.04.91	30, 31.05, 1 ^{er} av.	0	4, 5, 6 avril	126	31.03, 1, 2 avril	30
22.04.91	15, 16, 17 avril	0	18, 19, 20 avril	30	16, 17, 18 avril	0
13.05.91	"	"	9, 10, 11 mai	0	29, 30.04, 1 ^{er} mai	113
27.05.91	13, 14, 15 mai	7	23, 24, 25 mai	0	25, 26 mai	0
03.06.91	"	"	30, 31.05, 1 ^{er} juin	0	28, 29, 30 mai	0
17.06.91	12, 13, 14 juil.	40	13, 14, 15 juin	22	13, 14, 15 juin	22
24.06.91	"	"	20, 21, 22 juin	44	15, 16, 17 juin	95
08.07.91	"	"	4, 5, 6 juil.	40	29, 30.06, 1 ^{er} juil.	0
22.07.91	12, 13, 14 juil.	55	18, 19, 20 juil.	52	14, 15, 16 juil.	3
05.08.91	"	"	1, 2, 3 août	0	29, 30, 31 juil.	82
19.08.91	"	0	15, 16, 17 août	0	12, 13, 14 août	0
09.09.91	11, 12, 13 août	0	5, 6, 7 sept.	0	6, 7, 8 sept.	0
16.09.91	9, 10, 11 sept.	0	12, 13, 14 sept.	0	10, 11, 12 sept.	0
23.09.91	"	"	19, 20, 21 sept.	2	21, 22 sept.	2

Tab A9 : Dates des prises d'eau et pluviométrie correspondante cumulée sur 3 jours (1/10 mm) aux stations de prélèvements des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Assérac (Loire-Atlantique).

Stations	S1		S2		S3		S4		S5	
Date	T°	Sal.								
01.10.90	16.5	35.4	16.5	35.4	16.8	35.5	17.1	34.3	17.2	-
22.10.90	12.5	34.3	13.7	35.9	12.8	39.5	14.0	32.1	13.4	-
12.11.90	13.5	32.0	13.0	24.1	13.0	28.0	12.6	27.9	13.0	20.2
26.11.90	5.5	26.5	7.5	26.9	4.9	24.0	7.2	21.7	5.2	17.6
10.12.90	1.3	26.2	1.8	27.5	1.5	28.7	3.7	28.9	0.6	19.9
17.12.90	0.9	26.2	0.0	29.9	0.9	29.9	3.5	28.8	0.9	21.2
07.01.91	7.8	19.2	7.3	19.2	7.6	23.1	8.1	6.5	7.5	12.8
28.01.91	0.4	17.4	3.5	27.6	0.3	18.7	2.5	17.5	-0.5	11.3
11.02.91	-0.5	27.4	0.0	24.9	-0.4	31.1	1.5	24.9	2.0	17.5
25.02.91	8.5	25.7	7.0	23.0	9.0	25.8	9.0	20.7	8.5	12.9
11.03.91	11.5	27.6	10.9	22.3	10.8	21.2	11.8	20.0	11.7	17.3
25.03.91	7.5	24.3	7.0	21.7	7.8	10.3	8.2	11.6	8.0	12.9
08.04.91	12.0	23.9	11.0	24.9	12.0	26.5	12.5	20.1	12.0	12.2
22.04.91	12.5	26.6	12.0	29.0	12.0	29.0	12.0	23.9	12.5	29.1
13.05.91	15.8	30.0	15.4	33.8	16.0	31.4	15.5	28.6	15.5	33.8
27.05.91	10.5	33.8	11.0	39.1	16.5	34.1	15.5	33.8	16.0	-
03.06.91	16.4	26.2	16.2	32.7	17.4	35.6	18.0	32.0	17.0	40.8
17.06.91	15.5	36.4	15.0	33.7	16.5	32.8	16.0	32.7	15.0	35.0
24.06.91	19.0	33.6	20.0	31.3	19.0	32.3	19.0	28.4	18.0	29.4
08.07.91	18.0	38.5	18.5	34.7	18.4	33.3	18.5	29.5	20.0	30.0
22.07.91	20.5	38.1	19.5	41.6	21.0	34.3	21.2	31.7	20.5	41.9
08.08.91	22.8	-	22.1	-	23.5	36.6	23.7	33.9	-	-
19.08.91	19.3	-	17.5	-	19.0	-	20.5	36.8	-	-
09.09.91	24.6	-	-	-	23.1	35.4	23.8	35.3	-	-
16.09.91	22.3	42.7	22.5	36.2	22.5	37.5	22.4	36.2	-	-
23.09.91	16.4	-	-	-	17.4	35.7	17.3	34.4	-	-

Tab. A10 : Températures (T°) et salinités (Sal.) relevées aux stations de prélèvements 1 à 5 des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Assérac (Loire-Atlantique).

Stations	S6		S7		S8		S9		S10	
Date	T°	Sal.								
01.10.90	17.8	-	17.5	39.6	17.7	-	17.3	35.7	17.4	40.9
22.10.90	14.8	34.9	13.2	31.9	14.0	-	14.7	31.0	14.7	37.5
12.11.90	13.9	33.4	13.6	32.0	13.5	34.6	13.9	33.4	14.2	26.9
26.11.90	7.0	25.5	6.0	25.4	6.1	25.4	8.0	25.7	7.0	17.9
10.12.90	1.3	24.9	1.6	27.5	1.0	24.9	2.5	23.7	0.3	19.9
17.12.90	0.3	27.4	0.5	27.4	0.2	24.9	1.7	25.0	0.0	21.2
07.01.91	9.1	13.0	7.8	19.3	8.1	18.0	8.7	20.7	9.0	9.2
28.01.91	1.5	22.5	0.0	18.7	0.5	11.3	0.4	6.3	1.0	21.2
11.02.91	1.4	23.7	0.3	26.1	1.5	18.7	0.0	19.9	0.0	18.7
25.02.91	10.5	23.5	10.0	23.5	10.5	23.5	10.0	23.5	11.0	23.6
11.03.91	13.0	22.8	11.7	25.1	11.7	17.3	12.3	18.8	11.9	14.8
25.03.91	10.2	19.6	7.5	23.0	8.0	20.5	9.0	13.0	9.5	23.4
08.04.91	17.5	31.8	12.5	25.3	12.5	12.3	14.0	13.9	13.8	7.3
22.04.91	12.5	12.3	13.5	26.8	14.0	17.9	12.5	17.5	15.5	20.8
13.05.91	15.0	20.7	16.0	34.0	16.0	20.9	15.5	20.8	14.5	27.0
27.05.91	19.0	20.5	18.7	38.7	18.0	29.4	18.5	29.5	20.5	-
03.06.91	22.5	-	17.5	40.9	18.5	32.1	20.5	31.4	19.0	-
17.06.91	17.0	27.8	15.0	35.0	15.5	31.2	17.0	26.4	21.0	30.4
24.06.91	19.0	19.1	19.5	36.4	20.0	26.1	20.0	34.0	20.0	4.9
08.07.91	19.0	23.1	19.0	23.1	18.0	30.7	19.5	23.2	18.8	12.4
22.07.91	29.0	16.1	22.0	36.0	21.7	34.5	24.3	32.9	23.8	14.0
08.08.91	25.2	33.3	23.4	41.8	24.5	33.2	24.7	34.3	24.1	31.5
19.08.91	-	-	17.7	41.0	16.5	-	21.1	37.0	19.7	33.8
09.09.91	22.7	37.6	23.3	36.5	22.8	36.3	22.7	36.3	22.7	38.9
16.09.91	25.1	42.4	23.4	40.4	-	-	23.5	37.9	-	-
23.09.91	-	-	17.1	-	-	-	18.1	35.9	-	-

Tab. A11 : Températures (T°) et salinités (Sal.) relevées aux stations de prélèvements 6 à 10 des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Assérac (Loire-Atlantique).

Stations	S1		S2		S3		S5		S6		S7		S8		S9		S10	
Date	TD	log CF																
08.09.91	9.0	1.73	7.9	2.86	7.0	3.79	7.0	3.79	7.5	3.27	-		6.5	4.30	-		-	
09.09.91	6.3	4.51	7.1	3.69	6.8	4.00	6.5	4.30	6.9	3.89	7.5	3.27	6.2	4.61	-		6.8	4.13
10.09.91	7.5	3.27	6.6	4.20	7.2	3.58	7.5	3.27	6.1	4.71	-		-	5.09	-	4.00	-	4.13
11.09.91	6.0	4.82	6.7	4.10	7.5	3.27	7.3	3.48	6.1	4.72	6.4	4.41		3.58	-	3.89	-	4.17
12.09.91	6.3	4.51	6.8	4.00	7.7	3.07	6.4	4.41	9.7	1.01	6.6	4.20	-	2.86	-	3.51	-	3.62
15.09.91	7.3	3.48	7.7	3.07	8.3	2.45	0.0	11.00	0.0	11.0	8.0	2.76	8.0	2.76	8.3	2.45	8.7	2.04
16.09.91	7.4	3.38	8.7	2.04	8.2	2.55	7.6	3.17	0.0	11.00	-	2.45	-	2.66	-	2.52	8.0	2.76
17.09.91	8.1	2.66	0.0	11.00	8.3	2.45	0.0	11.00	0.0	11.00	-	2.66	-	3.07	-	2.35	7.6	3.17
18.09.91	7.8	2.97	8.1	2.66	8.7	2.04	7.1	2.66	0.0	11.00	-	2.24	-	1.49	-	2.69	8.2	2.55
19.09.91	7.5	2.97	8.9	1.83	7.5	3.27	8.8	1.94	0.0	11.00	8.8	1.94	9.2	1.52	8.7	2.04	8.5	2.24
23.09.91	7.1	3.69	6.9	3.89	7.0	3.79	6.8	4.00	7.0	3.79	6.2	4.61	6.6	4.20	6.1	4.72	6.5	4.30

Tab. A12 : Temps de détection (TD), logarithmes des concentrations en coliformes fécaux (log CF) des 11 séries de mesures aux 9 stations de prélèvements des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Assérac (Loire-Atlantique).

Date	n stations	\bar{x}	s	c.v.
22.10.90	10	2.90	0.64	22.13
12.11.90	8	2.17	0.52	24.25
26.11.90	10	2.93	0.85	28.91
10.12.90	10	2.04	0.77	37.83
17.12.90	10	1.81	0.53	29.45
07.01.91	10	2.90	0.80	27.56
28.01.91	10	1.80	0.50	27.99
11.02.91	9	1.45	0.39	26.87
25.02.91	10	1.67	0.49	29.34
11.03.91	9	1.90	0.60	31.59
25.03.91	9	2.03	0.46	22.57
08.04.91	10	1.54	0.49	31.67
22.04.91	10	1.39	0.30	21.82
13.05.91	10	1.72	0.52	30.02
27.05.91	10	1.42	0.38	26.81
03.06.91	10	1.61	0.46	28.55
17.06.91	7	2.73	1.03	37.84
24.06.91	10	1.89	0.92	48.76
08.07.91	10	2.29	0.94	41.15
22.07.91	10	1.75	0.74	42.13
05.08.91	9	1.44	0.40	27.75
19.08.91	10	2.36	0.97	41.18
09.09.91	10	3.55	0.76	21.49
16.09.91	10	2.05	0.67	32.51
23.09.91	10	3.31	0.94	28.39
Moyenne	-	2.11	0.64	30.74

Tab. A13 : Moyennes (\bar{x}), écart-types (s) et coefficient de variation (c.v.) des mesures par date de prélèvements aux stations des marais du Frostidié à Pont d'Armes, Assérac (Loire-Atlantique).

Lieu	Pen Be	Rostu	Lieu	Pen Be	Rostu	Lieu	Pen Be	Rostu	Frostidié
Date	CF/100. ml	C.F./100 ml	Date	C.F./100 ml	C.F./100 ml	Date	C.F./100 ml	C.F./100 ml	C.F./100 ml
09.01.89	<18	-	29.07.91	<18	55	13.01.94	300	100	-
06.02.89	260	-	26.08.91	20	20	10.02.94	40	10	710
06.03.89	55	-	09.09.91	126	258	28.03.94	620	90	350
10.04.89	140	<18	21.10.91	1440	138	26.04.94	550	<30	40
22.05.89	<18	<18	21.11.91	90	20	25.05.94	1100	1100	4800
05.06.89	<18	<18	23.12.91	55	84	27.06.94	<30	<30	<30
03.07.89	<18	<18	20.01.92	55	258	26.07.94	150	<30	130
21.08.89	<18	<18	17.02.92	558	55	08.08.94	440	<30	3000
18.09.89	20	90	09.03.92	18	138	19.09.94	60	65	<30
16.10.89	20	55	06.04.92	<18	<18	17.10.94	1400	440	790
13.11.89	140	20	04.05.92	<30	<30	07.11.94	130	240	170
11.12.89	120	20	01.06.92	<30	210	05.12.94	<30	<30	1400
29.01.90	<18	<18	02.07.92	100	65				
26.02.90	138	-	03.08.92	270	<30				
26.03.90	140	<18	28.09.92	<30	40				
23.04.90	55	258	26.10.92	170	490				
28.05.90	<18	<18	09.11.92	1100	<30				
24.06.90	<18	558	14.12.92	<30	<30				
23.07.90	258	55	11.01.93	120	130				
20.08.90	55	138	22.02.93	100	<30				
17.09.90	<18	55	22.03.93	<30	40				
18.10.90	20	560	26.04.93	<30	<30				
05.11.90	140	20	25.05.93	350	<30				
03.12.90	55	55	21.06.93	<30	81				
31.01.91	<18	<18	19.07.93	270	65				
18.02.91	<18	55	23.08.93	<30	<30				
18.03.91	558	20	20.09.93	<30	<30				
15.04.91	<18	20	18.10.93	190	740				
27.05.91	<18	20	15.11.93	130	50				
13.06.91	140	<18	13.12.93	<30	81				

Tab. A14 : Résultats du réseau de surveillance microbiologique (REMI) de 1989 à 1994
Traicts de Pen Bé et Mesquer (Loire-Atlantique).

Date	Palourdes	Eau		
	C.F./100 ml	C.F./100 ml	Température	Salinité
12.09.88	2760	18	13,2	30,6
10.10.88	1260	<8	8,7	30,8
21.11.88	<18	<8	9,8	27,2
12.12.88	55	<8	9,0	23,3
06.02.89	18	<8	9,8	28,5
06.03.89	90	<8	13,0	24,1
10.04.89	138	<8	14,5	23,1
29.05.89	<18	<8	23,5	27,3
19.06.89	18	<8	25,2	31,9
10.07.89	<18	<8	22,0	33,4
24.07.89	138	<8	24,0	35,4
07.08.89	138	<8	21,0	36,8
21.08.89	258	<8	24,5	34,3

Tab. A15 : Résultats concernant une claire (eau et palourde) alimentée par la réserve d'eau (station 10), Saint-Molf (Loire-Atlantique).

Date	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
16.03.92	-	2760	450	1440	450	1440	138	1440
23.03.92	-	558	6600	14400	2760	2760	558	670
13.04.92	258	258	558	558	450	558	258	258
21.04.92	2310	558	268	558	2760	900	1440	558
11.05.92	138	<18	558	1440	2760	558	14400	1440
18.05.92	1440	138	1440	2760	558	258	2760	27700
15.06.92	-	2760	900	2760	6600	14400	2760	6600
22.06.92	258	138	1440	14400	2760	1440	558	2310
06.07.92	2760	1440	1440	2760	27700	14400	2310	6600
27.07.92	-	2760	2760	65900	≥144000	1440	558	1440
03.08.92	1440	1440	2760	2760	2760	65900	27700	<18
10.08.92	-	558	27700	14400	258	558	2560	6600
31.08.92	≥144000	65900	-	27700	27700	65900	≥144000	≥144000
07.09.92	14400	14400	144000	27700	5600	1440	1440	144000
28.09.92	27700	-	65900	144000	65900	65900	65900	27700
05.10.92	558	2560	8960	8960	5600	27700	1390	1720
26.10.92	≥144000	5600	14400	27700	27700	27700	8960	5600
02.11.92	558	2560	27700	14400	5600	5600	558	258
23.11.92	-	1440	5600	6600	6600	6600	1300	14400
30.11.92	1400	2760	2760	2760	2310	6600	-	2760
21.12.92*	270	350	3000	8600	440	<30	1600	81
28.12.92*	130	<30	170	790	270	<30	390	270
25.01.93*	390	-	1800	2300	1800	5400	1600	1300
01.02.93	55	90	140	45	55	<18	<18	55
22.02.93	1440	258	138	2560	138	258	-	558
01.03.93	55	138	258	138	552	255	552	881

(*) résultats obtenus par la méthode conductimétrique (analyseur Malthus).

Tab. A16 : Mesures (arrondies) en coliformes fécaux pour 100 ml de broyat de palourdes aux 8 stations de prélèvements des marais de Quimiac à Kercabellec, Mesquer (Loire-Atlantique).

Stations	S1			S2			S3			S4		
Date	T°	Sal.	NTU									
16.03.92	10.2	28.6	-	10.2	26.0	-	10.2	19.6	-	10.2	15.7	-
23.03.92	10.0	26.0	-	11.5	22.5	-	11.5	22.5	-	10.8	23.8	-
13.04.92	11.0	10.7	7	12.0	12.2	8	10.9	8.1	24	10.0	10.6	22
21.04.92	12.0	34.2	16	11.0	30.1	7	11.0	31.4	9	12.0	29.0	13
11.05.92	13.0	33.2	23	14.0	34.7	26	14.0	33.4	22	15.0	24.6	18
18.05.92	21.0	34.3	10	21.0	34.3	78	20.1	34.0	21	21.0	34.3	23
15.06.92	19.6	36.5	5	20.8	36.8	37	21.0	33.0	28	22.0	37.3	36
22.06.92	22.5	32.2	5	25.0	33.2	15	21.8	31.9	13	25.0	33.2	27
06.07.92	17.2	34.4	10	17.2	34.4	12	16.7	34.2	12	16.7	36.8	11
27.07.92	22.5	34.9	16	22.4	33.4	26	22.2	34.7	22	23.2	33.7	18
03.08.92	19.8	37.8	2	19.8	37.8	7	19.8	36.5	7	19.8	36.5	6
10.08.92	-	-	-	-	-	-	20.2	36.6	13	19.6	37.8	14
31.08.92	17.0	35.6	42	17.3	35.7	38	17.2	35.6	31	17.0	35.6	25
07.09.92	17.0	36.9	8	17.9	37.1	25	17.7	39.1	18	18.5	41.3	17
28.09.92	18.6	33.8	25	19.8	33.9	48	20.2	31.3	23	20.3	32.7	38
29.09.92	17.5	33.1	26	17.5	33.1	26	17.3	34.3	37	17.2	34.3	23
30.09.92	16.8	34.2	34	16.8	34.2	56	16.8	32.9	27	16.8	32.9	34
05.10.92	14.5	34.8	14	14.5	34.8	17	14.8	34.9	16	16.0	34.0	23
06.10.92	13.5	34.6	14	13.5	34.6	12	13.5	34.6	14	13.5	34.6	18
07.10.92	13.7	33.3	12	13.4	33.2	14	13.4	33.2	17	13.4	34.5	12
26.10.92	11.0	34.0	11	10.5	32.6	37	11.0	34.0	11	11.0	34.0	13
02.11.92	12.0	34.2	5	11.9	35.4	8	11.8	31.2	14	11.7	30.2	14
23.11.92	13.2	26.7	12	12.8	31.7	16	13.1	30.6	49	12.9	34.4	14
30.11.92	12.6	20.1	21	12.4	26.6	8	12.4	14.9	36	12.1	14.8	44
21.12.92	11.3	27.5	17	11.1	23.6	18	11.2	21.1	36	11.0	12.0	31
28.12.92	4.4	21.4	14	2.8	12.4	95	2.8	13.7	130	2.9	11.1	29
25.01.93	10.2	14.4	47	-	-	-	10.2	13.1	43	10.6	17.1	50
01.02.93	8.1	28.2	12	6.8	24.2	7	6.2	10.2	28	6.0	7.7	39
22.02.93	8.3	27.0	3	9.0	25.8	6	8.1	24.4	7	10.0	20.9	18
01.03.93	4.9	20.2	12	3.9	13.9	14	4.5	7.5	19	5.4	7.5	23

Tab. A17 : Températures (T°), salinités (Sal.) et turbidités (NTU) relevées aux stations de prélèvements 1 à 4 des marais de Quimiac à Kercabelec, Mesquer (Loire-Atlantique).

Stations	S5			S6			S7			S8		
	Date	T°	Sal.	NTU	T°	Sal.	NTU	T°	Sal.	NTU	T°	Sal.
16.03.92	10.0	5.4	-	10.0	4.1	-	10.8	26.1	-	11.6	13.4	-
23.03.92	10.5	12.0	-	11.5	12.1	-	10.2	28.6	-	10.6	28.7	-
13.04.92	9.0	0.0	27	8.5	0.0	23	13.2	35.8	18	12.5	27.8	10
21.04.92	12.5	16.2	14	13.0	13.7	16	13.0	33.2	12	14.0	25.6	13
11.05.92	17.0	9.4	23	16.0	9.1	26	15.0	28.5	6	15.0	27.2	13
18.05.92	20.6	18.1	14	20.0	27.6	12	18.0	35.9	11	20.0	34.0	29
15.06.92	22.0	33.4	15	19.8	31.2	14	20.7	36.8	10	21	42.2	17
22.06.92	24.0	31.5	23	25.5	28.1	7	25.0	31.9	12	22.8	42.8	5
06.07.92	16.6	38.1	14	16.7	39.4	11	16.8	38.1	18	17.3	40.9	12
27.07.92	23.0	33.7	37	24.0	35.4	26	23.3	39.0	6	23.2	41.6	23
03.08.92	20.5	38.1	13	20.7	38.1	7	20.0	36.6	5	20.5	39.4	6
10.08.92	20.0	41.8	13	20.6	43.3	16	19.2	34.9	13	21.6	45.0	17
31.08.92	16.5	35.4	27	16.5	35.4	18	16.8	34.2	24	16.5	35.4	19
07.09.92	18.0	45.0	22	17.5	42.3	21	16.7	38.0	17	17.2	31.7	12
28.09.92	20.6	32.8	40	20.2	30.0	38	19.6	33.8	23	20.0	31.3	18
29.09.92	17.2	36.9	32	17.4	33.0	28	17.5	33.1	22	17.7	31.9	61
30.09.92	17.5	33.1	38	16.5	32.8	36	16.8	34.2	33	17.0	34.3	34
05.10.92	16.0	36.6	30	15.2	35.0	44	15.5	33.8	18	15.4	29.8	16
06.10.92	13.5	35.9	26	14.2	36.0	34	13.4	34.5	17	13.8	26.8	12
07.10.92	13.4	35.8	24	14.4	36.0	31	13.7	34.6	19	14.0	24.3	19
26.10.92	10.8	33.9	11	10.8	32.6	18	11.0	34.0	15	10.2	31.2	6
02.11.92	12.7	31.7	26	12.5	29.1	24	11.9	32.8	11	12.5	31.7	23
23.11.92	13.2	28.0	52	13.2	28.0	0.23	13.2	25.4	13	13.5	25.5	62
30.11.92	12.5	13.6	55	12.4	12.0	64	12.4	14.9	36	13.3	19.0	7
21.12.92	10.7	8.0	38	11.1	8.1	64	11.1	15.9	18	11.3	14.6	17
28.12.92	3.4	7.5	35	2.9	7.5	39	2.4	20.0	12	2.8	18.7	13
25.01.93	10.2	8.0	75	10.4	6.7	76	9.9	14.4	36	10.2	15.7	11
01.02.93	6.0	8.9	27	6.3	7.7	40	7.3	16.6	7	6.0	12.7	10
22.02.93	8.4	18.0	23	9.6	7.6	39	9.4	27.1	6	8.2	23.1	6
01.03.93	6.4	7.6	28	4.5	11.3	35	4.1	20.1	10	6.9	14.0	12

Tab. A18 : Températures (T°), salinités (Sal.) et turbidités (NTU) relevées aux stations de prélèvements 5 à 8 des marais de Quimiac à Kercabellec Mesquer (Loire-Atlantique).

Stations	1		2		3		4		5		6		7		8	
Date	TD	log CF														
28.09.92	6.30	4.44	-	-	6.20	4.54	6.00	4.75	5.95	4.80	5.90	4.86	6.05	4.70	6.35	4.38
29.09.92	6.90	3.81	6.70	4.02	7.10	3.60	7.05	3.65	6.70	4.02	6.20	4.54	6.70	4.02	6.60	4.12
30.09.92	7.55	3.12	7.05	3.65	7.20	3.49	7.25	3.44	6.75	3.96	6.70	4.02	6.90	3.81	6.55	4.17
05.10.92	8.10	2.55	7.90	2.76	7.20	3.49	7.25	3.44	7.35	3.33	7.00	3.70	8.20	2.44	7.50	3.17
06.10.92	8.45	2.18	8.15	2.49	7.15	3.54	7.05	3.65	7.15	3.54	6.70	4.02	7.35	3.33	-	-
07.10.92	8.50	2.13	8.30	2.34	7.10	3.60	6.95	3.75	7.25	3.44	7.30	3.39	7.90	2.76	7.80	2.86

Tab. A19 : Temps de détection (TD), logarithmes des concentrations en coliformes fécaux (log CF) des 6 séries de mesures aux 8 stations de prélèvements des marais de Quimiac à Kercabellec, Mesquer (Loire-Atlantique).

Date	n stations	\bar{x}	s	c.v.
16.03.92	7	2.91	0.44	15.24
23.03.92	7	3.32	0.56	16.88
13.04.92	8	2.57	0.17	6.68
21.04.92	8	2.95	0.35	11.96
11.05.92	8	2.85	0.87	30.49
18.05.92	8	3.12	0.71	22.81
15.06.92	7	3.59	0.39	10.80
22.06.92	8	3.07	0.63	20.62
06.07.92	8	3.50	0.34	9.72
27.07.92	7	3.70	0.91	24.70
03.08.92	8	3.40	1.06	31.10
10.08.92	7	3.39	0.78	23.09
31.08.92	7	4.86	0.32	6.56
07.09.92	8	4.14	0.78	18.90
28.09.92	7	4.76	0.25	5.19
05.10.92	8	3.58	0.55	15.24
26.10.92	8	4.27	0.47	11.01
02.11.92	8	3.43	0.73	21.33
23.11.92	7	3.66	0.39	10.56
30.11.92	7	3.45	0.20	5.74
21.12.92	8	2.70	0.81	29.96
28.12.92	8	2.21	0.51	22.94
25.01.93	7	3.22	0.34	10.56
01.02.93	8	1.69	0.31	18.18
22.02.93	7	2.63	0.49	18.68
01.03.93	8	2.41	0.39	16.36
Moyenne	-	3.28	0.53	16.74

Tab. A20 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficients de variation (c.v.) des mesures aux 8 stations de prélèvements des marais de Quimiac à Kercabellec, Mesquer (Loire-Atlantique).

Date	Palourdes	Eau de la claire			Eau de l'étier		
	C.F./100 ml	C.F./100 ml	T°	Sal.	C.F./100 ml	T°	Sal.
29.08.88	6600	15	21.6	33.2	/	/	/
12.09.88	<18	<8	18.3	30.8	<8	18.5	30.9
10.10.88	<18	<8	20.0	31.3	185	20.4	30.2
21.11.88	<18	<8	16.7	31.6	<8	17.2	26.5
12.12.88	20	<8	18.5	29.5	<8	18.5	22.9
09.01.89	55	8	23.7	30.0	30	24.0	26.2
06.02.89	20	<8	21.0	30.4	<8	21.0	25.1
06.03.89	190	<8	20.0	22.1	8	20.2	20.6
05.06.89	140	<8	20.0	31.3	20	19.9	31.3
03.07.89	450	<8	22.5	34.9	30	22.5	37.5
10.07.89	<18	8	22.8	34.9	4800	22.2	33.4
24.07.89	<18	<8	25.0	36.6	28	21.0	34.3
07.08.89	20	<8	25.0	37.2	8	25.0	30.0
21.08.89	-	<8	25.5	34.7	8	28.0	38.4

Tab. A21 : Résultats concernant une claire (eau et palourde) et l'étier situés à la station 4, marais de Quimiac, Mesquer (Loire-Atlantique).

Date	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
05.04.93	-	27700	6600	2760	2760	558	2760	2760
12.04.93	-	4490	4490	2770	4490	881	4490	4490
03.05.93	2560	552	27700	255	552	255	255	2560
24.05.93	558	-	450	2760	558	2760	1440	>14400
07.06.93	4490	-	2760	6000	-	255	552	27700
14.06.93	65900	≥144000	65900	881	27700	14400	≥144000	4490
28.06.93	-	552	552	138	31	138	255	2600
05.07.93	8960	14400	27700	2560	2560	4500	1390	27700
26.07.93	27700	27700	27700	1390	1390	1390	14400	12900
02.08.93	1390	2560	65900	2560	-	2560	552	552
23.08.93	8960	14400	6000	1390	2560	1390	2560	27700
30.08.93	552	552	14400	44	-	55	255	1390
20.09.93	-	14400	14400	27700	-	2560	2560	8960
27.09.93	1390	552	27700	552	6000	1390	1390	65900
11.10.93	27700	65900	2560	27700	27700	27700	65900	14400
18.10.93	6000	881	14400	552	4490	27700	6000	27700
15.11.93	552	255	88	552	552	552	1390	14400
22.11.93	444	255	255	55	552	1390	138	1390
13.12.93	255	6000	2560	552	6000	8960	2560	14400
20.12.93	2560	2560	6000	552	4490	6000	27700	65900
24.01.94	2560	6000	138	<18	171	55	255	18
30.01.94	6000	552	2560	1390	1390	255	255	255
21.02.94	558	1390	90	55	1390	258	558	258
28.02.94	552	1390	1390	1390	552	255	1390	552
07.03.94	552	1390	552	552	881	-	552	881
14.03.94	1390	2560	2560	1390	2560	-	2560	881

Tab. A22 : Mesures (arrondies) en coliformes fécaux pour 100 ml de broyat de palourdes
aux 8 stations de prélèvements des marais de Kervarin (Mesquer)
à Boulay (Saint-Molf), Loire-Atlantique.

Stations	S1			S2			S3			S4		
	Date	T°	Sal.	NTU	T°	Sal.	NTU	T°	Sal.	NTU	T°	Sal.
08.03.93	11.4	31.4	4.4	11.7	31.5	4.7	12.6	31.7	7.7	9.8	34.9	2.7
15.03.93	14.8	32.2	3.0	13.9	32.0	3.3	14.0	32.1	5.8	-	-	-
05.04.93	-	-	-	11.5	30.2	43.0	11.2	27.5	28.0	13.0	29.3	26.0
12.04.93	10.7	26.1	22.0	10.6	21.0	60.0	11.3	13.3	44.0	11.6	26.3	14.0
03.05.93	17.1	30.4	9.1	17.4	29.1	12.0	17.9	22.6	18.0	21.4	27.7	38.0
24.05.93	16.8	28.9	3.3	16.9	28.9	5.8	17.5	29.2	7.5	17.5	26.5	15.0
07.06.93	20.2	31.3	27.0	20.2	31.3	36.0	21.4	31.7	28.0	19.4	31.0	13.0
14.06.93	14.3	17.9	27.0	14.0	19.1	43.0	14.3	21.7	57.0	14.4	21.7	73.0
28.06.93	-	-	-	19.2	35.0	20.0	18.4	33.4	32.0	20.2	36.7	30.0
05.07.93	19.0	29.7	14.0	20.2	32.7	24.0	19.9	33.8	22.0	19.4	32.3	54.0
26.07.93	16.9	35.5	6.4	16.5	34.1	11.0	18.7	41.3	17.0	17.5	35.7	6.4
02.08.93	21.3	37.0	26.0	22.2	37.3	56.0	22.7	36.2	86.0	22.2	36.0	17.0
23.08.93	18.1	33.3	11.0	18.1	33.3	13.0	18.5	40.0	17.0	18.1	34.6	11.0
30.08.93	24.0	35.4	40.0	21.4	35.6	34.0	-	-	-	-	-	-
20.09.93	16.3	34.7	10.0	16.2	34.8	12.0	17.4	36.5	17.0	17.0	35.2	3.6
27.09.93	13.5	34.4	29.0	13.5	34.3	17.0	14.2	35.8	11.0	-	-	-
11.10.93	15.1	19.3	6.4	15.2	16.7	3.2	15.8	15.8	24.0	-	-	-
18.10.93	10.2	23.5	18.0	10.1	22.2	23.0	9.8	20.8	16.0	-	-	-
15.11.93	6.6	30.1	8.7	6.3	29.2	7.8	6.1	29.3	5.6	-	-	-
22.11.93	2.6	28.6	44.0	3.0	26.3	34.0	4.4	26.2	19.0	-	-	-
13.12.93	10.4	27.1	21.0	10.2	26.4	25.0	10.4	24.4	24.0	-	-	-
20.12.93	12.0	17.3	70.0	12.2	10.6	67.0	12.2	7.3	86	-	-	-
24.01.94	9.8	12.7	35.0	8.8	11.4	31.0	9.9	5.7	64	-	-	-
31.01.94	8.8	20.2	22.0	8.8	20.2	18.0	9.4	18.2	18	-	-	-
20.02.94	9.3	4.2	-	9.2	2.2	-	9.1	1.1	-	-	-	-
21.02.94	9.0	5.1	93	9.2	3.3	78	9.1	2.3	82	-	-	-
22.02.94	11.6	9.9	-	12.2	5.6	-	11.5	1.7	-	-	-	-
23.02.94	11.0	20.0	-	11.4	19.3	-	11.3	11.2	-	11.6	15.6	-
27.02.94	11.8	20.5	-	11.6	19.4	-	11.7	19.0	-	-	-	-
28.02.94	12.5	21.9	23.0	12.2	21.0	24.0	12.2	19.3	2.6	-	-	-
01.03.94	13.2	21.2	-	12.4	20.2	-	12.2	19.3	-	-	-	-
02.02.94	11.9	19.6	-	11.8	18.4	-	11.8	17.3	-	-	-	-
07.03.94	8.3	14.6	5.8	8.4	12.5	20.0	8.4	10.8	31.0	-	-	-
14.03.94	12.5	24.5	16.0	12.9	24.4	23.0	13.5	19.8	30.0	-	-	-

Tab. A23 : Températures (T°), salinités (Sal.) et turbidités (NTU) relevées aux stations de prélèvements 1 à 4 des marais de Kervarin (Mesquer) à Boulay (Saint-Molf), Loire-Atlantique.

Stations	S5			S6			S7			S8		
Date	T°	Sal.	NTU									
08.03.93	10.4	35.0	2.9	9.6	33.5	2.6	10.6	33.8	2.6	10.8	33.8	2.7
15.03.93	14.3	26.9	3.3	15.5	26.0	3.9	-	-	-	17.5	12.1	23.0
05.04.93	12.4	33.6	27.0	12.2	34.6	18.0	12.3	33.6	14.0	12.4	32.3	15.0
12.04.93	11.5	21.2	30.0	11.7	14.7	35.0	12.2	13.5	76.0	12.1	17.4	78.0
03.05.93	14.8	29.6	12.0	14.6	27.0	14.0	15.1	25.9	25.0	14.6	27.0	16.0
24.05.93	18.2	26.7	23.0	18.1	26.7	26.0	17.8	25.2	26.0	19.0	27.1	58.0
07.06.93	18.4	30.7	10.0	17.4	30.4	5.9	18.5	30.8	4.5	18.7	30.9	6.2
14.06.93	14.7	16.6	27.0	14.9	11.4	28.0	14.6	6.2	28.0	15.1	8.9	28.0
28.06.93	19.8	31.2	12.0	20.6	28.9	12.0	20.6	24.9	15.0	20.3	10.3	35.0
05.07.93	19.7	29.8	21.0	19.2	25.7	17.0	20.0	27.4	17.0	19.4	29.7	22.0
26.07.93	17.6	35.7	6.8	17.5	33.1	4.5	17.2	33.0	13.0	18.2	32.0	18.0
02.08.93	20.7	35.4	12.0	20.4	34.0	18.0	20.9	30.2	11.0	20.4	35.3	14.0
23.08.93	19.8	36.4	11.0	20.2	32.7	18.0	20.2	37.9	34.0	20.0	35.3	35.0
30.08.93	15.6	35.1	12.0	18.5	33.4	35.0	18.3	33.3	27.0	21.0	26.4	35.0
20.09.93	17.6	34.5	27.0	18.0	34.7	31.0	18.3	34.8	42.0	17.2	34.1	45.0
27.09.93	13.1	31.6	16.0	12.8	32.6	17.0	12.8	31.7	20.0	12.9	26.0	25.0
11.10.93	14.4	20.4	18.0	14.3	19.1	18.0	14.2	16.5	14.0	14.6	16.6	18.0
18.10.93	9.5	22.1	16.0	9.6	19.5	20.0	10.2	17.0	24.0	10.1	18.3	14.0
15.11.93	8.7	24.8	38.0	8.6	30.4	40.0	8.5	29.3	43.0	8.1	25.8	12.0
22.11.93	8.3	21.7	6.1	2.2	16.7	4.3	2.7	19.2	7.2	4.0	28.5	50.0
13.12.93	9.7	27.3	28.0	9.7	26.5	28.0	9.7	25.3	24.0	9.9	25.0	23.0
20.12.93	12.2	7.1	57.0	12.2	8.1	48.0	12.2	11.4	45.0	12.5	10.9	27.0
24.01.94	10.0	3.5	62.0	10.0	2.6	36.0	10.1	1.9	40.0	10.0	3.3	77.00
31.01.94	9.0	20.4	21.0	9.0	20.6	17.0	9.0	20.3	17.0	8.9	9.3	30.0
20.02.94	9.2	1.7	-	9.2	1.1	-	9.3	0.7	-	9.1	2.1	-
21.02.94	8.0	2.3	74	9.7	1.4	65	9.3	1.0	76	9.9	3.5	83
22.02.94	10.0	5.3	-	10.4	1.9	-	11.0	0.9	-	10.1	7.8	-
23.02.94	10.4	17.8	-	10.0	8.9	-	10.2	2.7	-	10.1	17.4	-
27.02.94	10.7	19.7	-	10.5	22.9	-	10.5	22.6	-	10.8	19.5	-
28.02.94	12.8	18.5	24.0	13.0	17.3	19.0	12.8	15.8	21.0	14.8	10.3	31.0
01.03.94	12.9	18.1	-	-	-	-	13.2	12.9	-	13.7	17.3	-
02.03.94	12.5	15.4	-	-	-	-	12.2	9.9	-	12.5	15.4	-
07.03.94	9.5	5.4	18.0	-	-	-	9.7	6.0	25.0	10.5	4.5	27.0
14.03.94	13.0	18.1	33.0	-	-	-	13.0	16.9	25.0	14.4	12.0	41.0

Tab. A24 : Températures (T°), salinités (Sal.) et turbidités (NTU) relevées aux stations de prélèvements 5 à 8 des marais de Kervarin (Mesquer) à Boulay (Saint-Molf), Loire-Atlantique.

Date	n stations	\bar{x}	s	c.v.
05.04.93	7	3.54	0.51	14.41
12.04.93	7	3.52	0.27	7.55
03.05.93	8	3.0	0.72	23.95
24.05.93	7	3.19	0.54	16.90
07.06.93	6	3.40	0.73	21.58
14.06.93	8	4.39	0.78	17.71
28.06.93	7	2.41	0.65	26.98
05.07.93	8	3.83	0.50	13.00
26.07.93	8	3.88	0.62	16.04
02.08.93	7	3.38	0.70	20.71
23.08.93	8	3.68	0.48	13.06
30.08.93	7	2.65	0.86	32.40
20.09.93	6	3.92	0.43	10.90
27.09.93	8	3.49	0.78	22.24
11.10.93	8	4.37	0.45	10.21
18.10.93	8	3.73	0.63	16.93
15.11.93	8	2.83	0.64	22.60
22.11.93	8	2.55	0.48	18.87
13.12.93	8	3.45	0.60	17.43
20.12.93	8	3.75	0.64	17.13
24.01.94	8	2.28	0.91	39.82
30.01.94	8	2.93	0.51	17.6
21.02.94	8	2.54	0.51	20.14
28.02.94	8	2.90	0.28	9.70
07.03.94	7	2.86	0.16	5.54
14.03.94	7	3.41	0.48	13.94
Moyenne	-	3.30	0.57	17.97

Tab. A25 : Moyennes (\bar{x}), écarts-types (s) et coefficients de variation (c.v.) des mesures aux 8 stations de prélèvements des marais de Kervarin (Mesquer) à Boulay (Saint-Molf), Loire-Atlantique.

Date	21.11.94	25.11.94	01.12.94	06.12.94
Témoin	60	< 30	< 30	440
Témoin	440	< 30	< 30	390

Date	25.11.94			06.12.94		
Coef. marée	52			96		
Station	S5	S6	S8	S5	S6	S8
P.M.	< 30	< 30	< 30	410	410	410
P.M. + 2	90	350	40	890	890	1600
P.M. + 4	240	50	40	3300	3600	6000
B.M.	1400	1000	710	4800	3000	1800
B.M.+ 2	170	65	60	490	2600	2600
B.M.+ 4	130	65	390	1100	890	2300
P.M.	240	< 30	< 30	1800	790	1600

Tab. A26 : Mesures (arrondies) en coliformes fécaux pour 100 ml de broyat de palourdes obtenues au cours d'un cycle de marée en mortes-eaux et en vives-eaux aux stations 5, 6 et 8 de l'étier du Boulay, Saint-Molf (Loire-Atlantique).

Date	25 novembre 1994 – Coef. marée 52 et 49								
Stations	S5			S6			S7		
Paramètres	T°	Sal.	H.	T°	Sal.	H.	T°	Sal.	H.
P.M.	12.7	19.7	1.40	12.2	15.7	0.90	12.1	17.3	0.60
P.M. + 2	11.8	12.5	1.20	11.2	6.8	0.80	10.8	5.4	0.20
P.M. + 4	11.3	9.4	0.20	11.2	7.6	0.20	11.8	4.3	–
B.M.	12.0	9.1	–	11.9	7.9	–	12.0	3.9	–
B.M.+ 2	12.0	9.7	–	12.0	8.0	–	11.2	3.8	–
B.M.+ 4	11.3	4.1	0.30	11.2	8.2	–	10.1	3.8	–
P.M.	11.7	17.4	1.10	11.4	8.2	0.60	10.0	6.0	0.30
Date	6 décembre 1994 – Coef. marée 96 et 91								
Stations	S5			S6			S7		
Paramètres	T°	Sal.	H.	T°	Sal.	H.	T°	Sal.	H.
P.M.	11.9	29.7	2.60	11.8	29.5	2.20	11.5	29.5	1.50
P.M. + 2	11.6	29.4	2.30	11.8	29.5	2.00	11.5	29.5	1.40
P.M. + 4	10.5	26.1	0.60	10.3	24.2	0.70	10.1	21.5	0.40
B.M.	10.5	23.8	0.40	10.3	22.8	0.20	10.1	19.1	–
B.M.+ 2	11.0	23.4	0.30	10.7	22.5	0.20	10.8	17.9	–
B.M.+ 4	10.8	18.6	0.70	10.7	21.3	0.40	10.5	17.5	–
P.M.	11.8	28.9	2.10	11.8	28.7	1.80	11.7	28.3	1.00

Tab. A27 : Températures (T°), salinités (Sal.) et hauteurs d'eau (H) mesurées au cours d'un cycle de marée en mortes-eaux et en vives-eaux sur les stations 5, 6 et 8 de l'étier du Boulay, Saint-Molf (Loire-Atlantique).

Stations	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8	
Date	TD	log CF														
20.02.94	-	-	8.45	2.26	8.50	2.21	8.65	2.05	8.55	2.16	8.35	2.57	9.10	1.59	8.00	2.73
21.02.94	8.60	2.11	7.70	3.04	8.80	1.90	9.70	0.96	7.95	2.78	9.00	1.69	8.35	2.37	8.70	2.00
22.02.94	7.25	3.51	6.85	3.93	7.40	3.35	7.60	3.15	7.10	3.67	8.45	2.26	7.95	2.78	8.45	2.26
23.02.94	7.60	3.15	7.60	3.15	8.65	2.05	7.85	2.89	7.30	3.46	7.65	3.09	8.20	2.52	7.35	3.41
27.02.94	8.50	2.21	7.70	3.04	7.65	3.09	8.25	2.47	8.00	2.73	8.45	2.26	8.50	2.21	8.45	2.26
28.02.94	8.50	2.21	7.85	2.89	8.15	2.57	7.65	3.09	8.30	2.42	9.05	1.64	-	-	8.25	2.47
01.03.94	8.2	2.52	7.80	2.94	7.35	3.40	7.95	2.78	7.85	2.89	-	-	9.10	1.59	8.30	2.42
02.03.94	7.75	2.99	7.25	3.51	7.65	3.09	8.85	1.85	8.15	2.57	-	-	8.05	2.68	7.50	3.25

Tab. A28 : Temps de détection (TD), logarithmes des concentrations en coliformes fécaux (log CF) des 6 séries de mesures aux 8 stations de prélèvements des marais de Kervarin (Mesquer) à Boulay (Saint-Molf), Loire-Atlantique.

ANNEXE 5

Etude des prises d'eau

ETUDE DES PRISES D'EAU EN AMONT DES CHENAUX OU DES ETIERS

En périodes de pluies abondantes, l'approvisionnement des réserves et claires en eau de salinité satisfaisante peut se révéler difficile. En outre, les eaux marines peuvent être plus ou moins polluées par les eaux de ruissellement du bassin versant.

A marée basse, les chenaux entraînent à la mer les eaux douces des rivières ou des marais et recueillent les ruissellements provenant des terrains alentour. Pendant le flot, ces eaux plus ou moins diluées sont repoussées vers l'amont par les eaux marines, en fonction des coefficients de marée et de l'orientation des vents dominants. Lors des vives-eaux, le courant de marée provoque la remise en suspension de fines particules pouvant être contaminées. Les ostréiculteurs ont mesuré depuis longtemps l'importance des techniques de prise d'eau sur le plan de la salinité. Ces techniques ont également des conséquences sur la qualité microbiologique des coquillages dans les claires.

1. CONDITIONS USUELLES D'ALIMENTATION ET INCONVENIENTS

Dans la région de Marennes, les ostréiculteurs ont traditionnellement installé des prises d'eau à dérase pour approvisionner les réserves et les claires. Ce sont de simples échancrures pratiquées dans les digues et qui peuvent être obturées par une pièce en bois, ou encore des prises d'eau munies de radiers surélevés au-dessus du fond du chenal ou de l'étier (Fig. A1). Ces dispositifs, sur radier ou à dérase, sont installés de telle sorte que l'entrée d'eau par gravité ne puisse se faire qu'en période de flot, lorsque les eaux douces sont en grande partie repoussées en amont, et à partir d'un coefficient de marée assez élevé correspondant à un volume d'eaux marines très important.

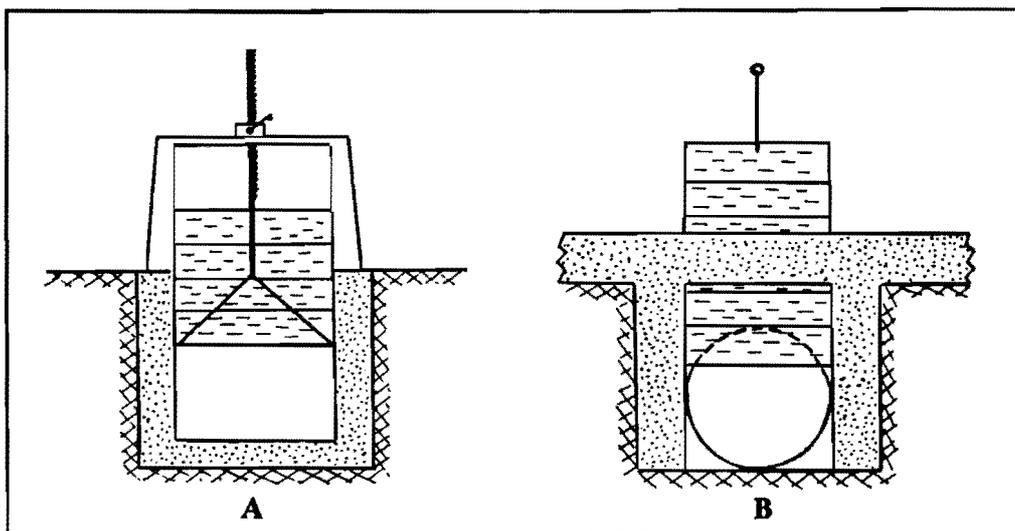


Fig. A1 : Vannes sur radier permettant d'éviter les prises d'eau de surface (MAZIERES, 1968).

Ces modes d'alimentation ne donnent pas entière satisfaction car l'intervention de l'exploitant ou l'érosion naturelle modifient fréquemment les conditions de prise d'eau. Dans certaines conditions de temps calme, il n'y a pas brassage des eaux mais constitution d'une nappe d'eau saumâtre en surface qui surnage en raison de sa faible densité, et qui peut contenir des germes insuffisamment dilués. L'alimentation par les dérases peut donc dans ce cas favoriser le douçain et la contamination des claires ou réserves d'eau. La présence de vannes sur les radiers permet le plus souvent d'éviter les eaux de surface, à condition de ne relever les portes que lorsque le niveau extérieur de l'eau dépasse suffisamment l'orifice de l'alimentation. Ceci suppose la présence de l'exploitant au moment opportun et une manoeuvre correcte des vannes.

Dans les marais du Mes et notamment sur la commune de Mesquer, les premiers ostréiculteurs, d'origine charentaise pour la plupart, ont installé des prises d'eau à vannes sur radier (Fig. A1-A), parfois sur l'estran mais le plus souvent sur les étiers. Ces vannes, dont la largeur varie de 0,80 à 2 mètres suivant l'importance des claires, s'ouvrent sur un canal alimentant les claires par dérase.

Sur l'étier du Boulay, commune de Saint Molf, une vanne sur radier approvisionne une importante réserve d'eau qui permet, suivant l'usage souhaité, la décantation préalable de l'eau puis l'alimentation des claires par des canalisations PVC.

Les prises d'eau des claires à huîtres de la commune d'Assérac, les plus anciennes, sont généralement constituées de simples canalisations en béton approvisionnant les claires. Dans un cas, l'eau de mer entre d'abord dans un canal d'alimentation qui approvisionne les claires par des canalisations PVC. Une entreprise récente a cependant installé un système d'alimentation construit en acier inoxydable sur un important ensemble de claires aquacoles de cette commune. Ce système ouvert en permanence approvisionne un canal d'alimentation, à partir de coefficients de marée supérieurs à 60 ou 65 environ, puis les claires contigues par une canalisation PVC munie d'un clapet anti-retour. Il ne nécessite pas d'intervention, contrairement aux autres systèmes utilisés. Une glissière pour dispositif à col de cygne (Fig. A5) peut y être ajoutée.

Les vénériculteurs, installés récemment sur les communes de Mesquer et Saint Molf, ont équipé leurs claires de canalisations PVC avec prise d'eau à environ 30 cm au-dessus du fond de l'étier. Une entreprise utilise une importante réserve pour le stockage de l'eau en vue de l'alimentation des claires. Les prises d'eau comprennent deux canalisations PVC d'un diamètre de 0,50 et 0,70 mètre. Le débit très important de la seconde canalisation entraîne la formation d'un cône en surface et a pour conséquence de pomper toute la colonne d'eau, du fond à la surface. Cette technique de prise d'eau explique la contamination de la réserve d'eau (Fig 15, station 9) et certains résultats hors norme obtenus dans les palourdes élevées en claires (Annexe 4, Tab. A15 et A21).

Le SRAE (1985) a relevé des écarts de salinité très importants (de 0 à 30 g/1 000) au niveau de ces prises d'eau, au cours d'une marée de coefficient 100 en avril 1985. En février de la même année, la salinité maximale obtenue lors des plus forts coefficients de marée a atteint 19,2 g/1 000. La salinité maximale est atteinte 2 à 3 heures après le début d'immersion de la prise d'eau aux plus forts coefficients, et le temps de prise d'eau varie de 20 minutes à 3 heures, suivant la direction des vents. A la suite de cette étude, les deux prises d'eau ci-dessus ont été posées afin de permettre l'approvisionnement de la réserve à une hauteur d'eau de 5,50 CM, c'est-à-dire à des coefficients de marée de 60/65, en l'absence de vents d'Est. De telles variations de salinité ont été observées durant l'étude du Mes en novembre et décembre 1994 (Annexe 4, Tab. A27).

La conception générale des prises d'eau dans les marais du Mes semble avoir essentiellement tenu compte des besoins en eau de bonne salinité, mais très peu de sa qualité microbiologique.

2. QUALITE DES EAUX DANS UN ETIER OU UN CHENAL

MAZIERES (1968) a étudié les conditions habituelles d'alimentation des établissements ostréicoles dans la Haute-Seudre (Charente-Maritime), afin d'améliorer les dispositifs en usage dans cette région parfois soumise à l'influence d'apports considérables d'eaux douces. Des prélèvements d'eau, en vue des mesures de colimétrie et de salinité, ont été réalisés en surface et en profondeur, au cours de marées de coefficients différents, et le plus souvent en fin de période de flot ou à pleine mer.

Les résultats obtenus montrent une salinité toujours plus élevée en profondeur, atteinte le plus souvent lors de marées de moyenne amplitude. C'est également lors de ces marées, dans les conditions de l'étude, que les écarts de salinité sont les plus importants entre le fond et la surface. Il semble donc qu'en certaines circonstances, apport d'eau douce en période de marées moyennes par temps calme, les deux nappes de liquide ne se mélangent que partiellement. Au contraire lors des marées de vives-eaux ou par mauvais temps les salinités de fond et de surface ont tendance à se rejoindre du fait du violent brassage des eaux.

Les mesures de colimétrie semblent montrer des numérations plus faibles en profondeur qu'en surface, mais parfois les résultats sont du même ordre de grandeur. Les écarts les plus importants sont rencontrés en période de forte contamination. Le petit nombre de résultats ne permet pas de pratiquer un test statistique. Les dénombrements de germes ont un caractère statistique (NPP) et supposent donc un nombre suffisant de mesures pour obvier aux nombreuses causes de variabilité très rapide de la pollution microbienne dans l'eau (DE ROUVILLE et QUETIN, 1983). En période de calme, la couche d'eau intermédiaire apparaît de meilleure qualité. La couche d'eau superficielle peu salée est bien souvent le vecteur des germes, pathogènes ou non, provenant du ruissellement du bassin versant, qui sont ensuite piégés dans les sédiments vaseux des chenaux et étiers.

POMMEPUY *et al.* (1987) précisent qu'en période de forte turbulence (vives-eaux, crues), la remise en suspension des sédiments en site estuarien contribue à la contamination des eaux. Les résultats obtenus au cours de l'étude du Mes montrent qu'en vives eaux les échantillons de palourdes, déposés dans l'étier de Pont d'Armes et ses ramifications secondaires, sont très fortement pollués, tandis qu'ils peuvent se décontaminer progressivement en mortes-eaux (CATHERINE, 1992). Dans une étude *in situ* en rivière de Morlaix, LE GUYADER (1989) mesure des concentrations dans l'eau 100 à 1 000 fois inférieures à celles dans les sédiments, quel que soit le type de flore étudié. Ceci confirme le rôle de la sédimentation dans l'épuration de l'eau en période de calme, et aussi le rôle de réservoir à bactéries joué par les sédiments. Mais les prises d'eau dans les étiers ou chenaux ne sont généralement possibles qu'en vives-eaux car elles nécessitent des hauteurs d'eau minimales en fonction de la localisation des réserves et claires, ainsi que des salinités satisfaisantes. L'approvisionnement en eau de mer de qualité satisfaisante sur le plan microbiologique nécessite donc l'usage de techniques adaptées à ces exigences.

3. DIFFERENTS DISPOSITIFS D'ALIMENTATION EN COL DE CYGNE

Après divers essais, MAZIERES (1968) a proposé un système d'alimentation des réserves permettant d'éliminer les eaux de surface, et de puiser une eau la moins contaminée possible dans la couche profonde. Il s'agit du dispositif de prise d'eau dit en "col de cygne", dont l'ouverture inférieure de la canalisation est située nettement au-dessus du fond du chenal et l'ouverture supérieure placée à une hauteur étudiée en fonction de la topographie et du niveau d'eau atteint lors du coefficient de marée souhaité, soit 80 généralement. L'alimentation se fait automatiquement dès que le niveau d'eau extérieur est supérieur à l'ouverture de la canalisation dans la réserve ou la claire. La pose d'un clapet anti-retour permet de conserver le niveau d'eau atteint lors de forts coefficients de marée (Fig. A2).

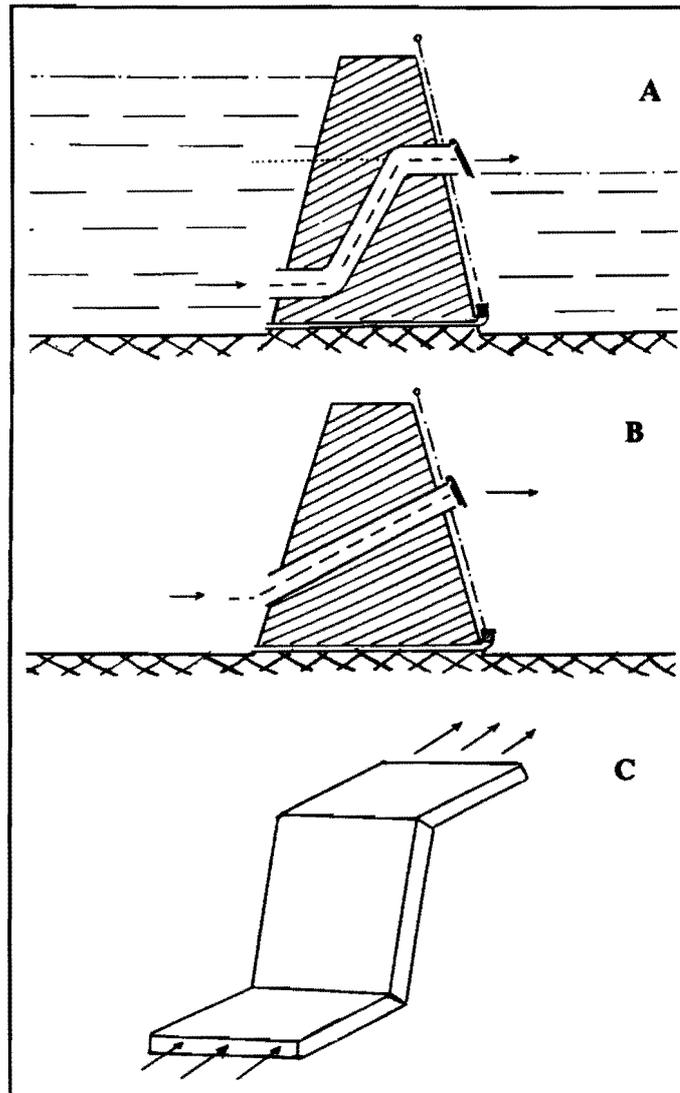


Fig. A2 : Différents dispositifs d'alimentation en col de cygne : le modèle B est une variante simplifiée de A ; le modèle C à large section rectangulaire peut être complété par un clapet anti-retour (MAZIERES, 1968).

Un certain nombre d'ostréiculteurs de la Haute-Seudre ont rapidement adopté le principe de la prise d'eau en col de cygne, en y apportant parfois quelques modifications. COEURDACIER (1985) décrit différents dispositifs utilisés dans le bassin ostréicole de Marennes-Oléron, qui ont également été adoptés dans l'ensemble des marais à vocation conchylicole du littoral atlantique.

Les systèmes d'alimentation passifs

La réserve d'eau se remplit par gravité dès que le coefficient choisi à l'installation de l'ouvrage est atteint. Le modèle le plus simple consiste en une canalisation PVC en tuyau de pipe (Fig. A3), qui munie d'un clapet anti-retour fonctionne automatiquement. La fixation d'un coude mobile et inclinable sur la canalisation permet à l'exploitant d'évacuer les eaux douces superficielles si nécessaire.

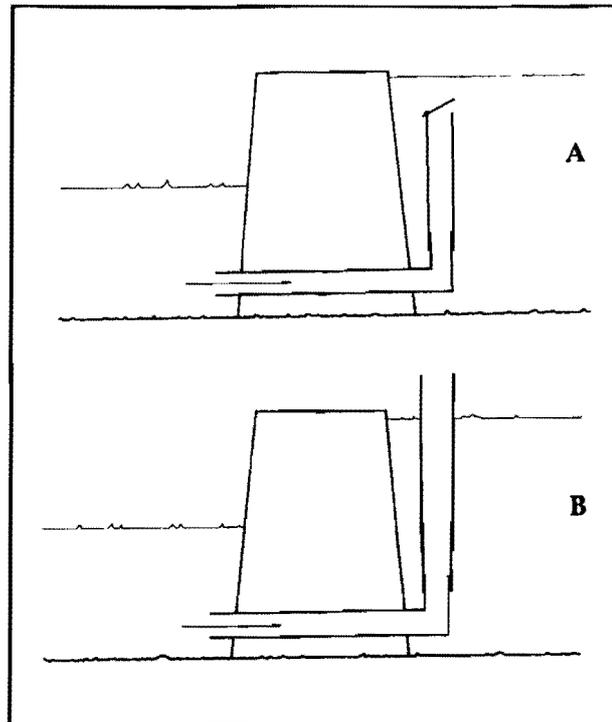


Fig. A3 : Tuyau de pipe avec clapet anti-retour (A) et tuyau de pipe à rallonge (B)
(COEURDACIER, 1985).

Plusieurs entreprises se sont lancées dans la fabrication de prises d'eau en matériaux divers (béton, acier inoxydable, matière plastique), au coût de revient plus important. Les avantages d'un ouvrage en béton (Fig. A4), qui consiste en un large bâti à section rectangulaire (au minimum 1 m x 0,3 m), sont sa robustesse, sa stabilité, et son débit important. On peut ajouter un clapet anti-retour appelé "porte paresseuse", à ce dispositif utilisé pour les réserves de grande capacité. La prise d'eau dans le chenal doit être située largement au-dessus du fond afin d'éviter les phénomènes d'affouillement et de remise en suspension de la vase.

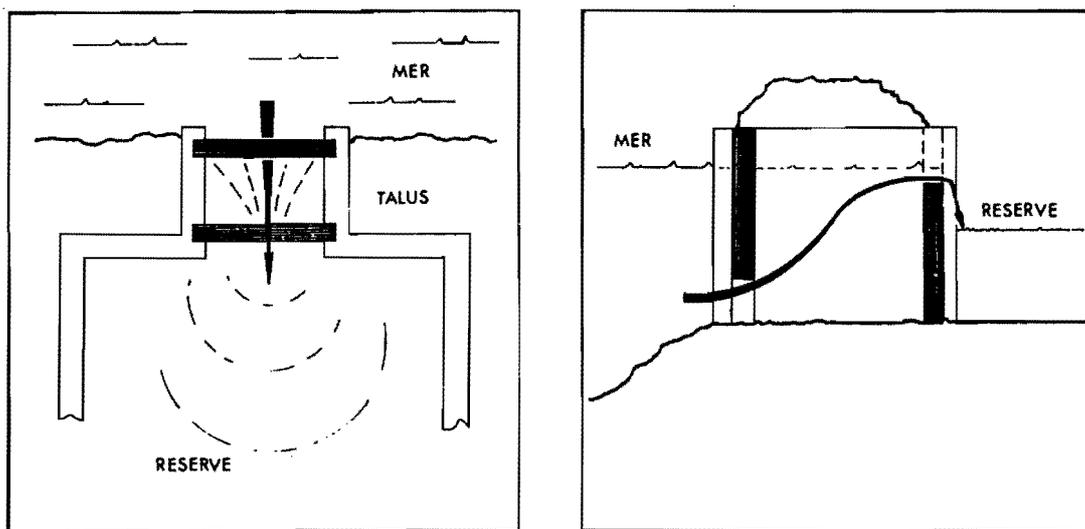


Fig. A4 : Col de cygne en béton (COEURDACIER, 1985).

Certains ouvrages préfabriqués combinent l'alimentation en col de cygne et le système à vanne (Fig. A5). Le retrait de la glissière facilite l'entretien de la réserve.

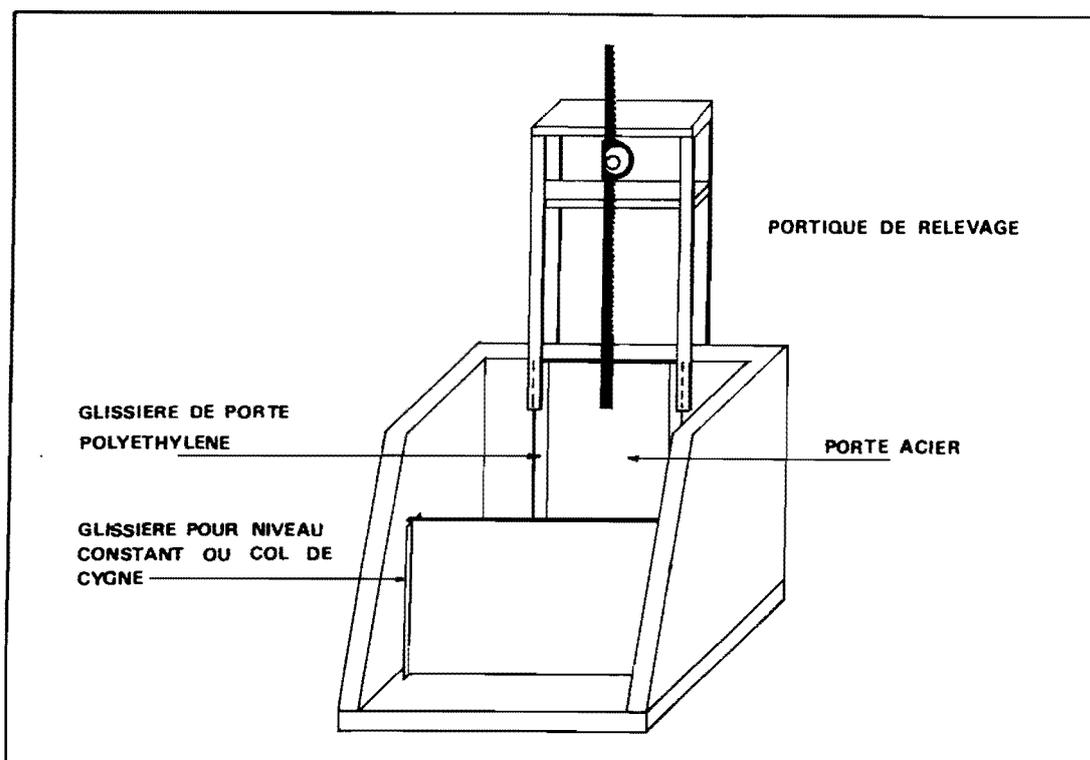


Fig. A5 : Dipositif à col de cygne muni d'une vanne (COEURDACIER, 1985).

Les systèmes d'alimentation actifs

Ils font appel à un système de pompage classique ou à élévateur d'eau placé dans la canalisation en col de cygne (Fig. A6). Ce type d'alimentation présentent des avantages très importants (COEURDACIER, 1985) :

- le débit horaire permet d'emmagasiner le même volume d'eau que le plus performant des cols de cygne passifs en beaucoup moins de temps, et donc de permettre une activité là où l'alimentation en eau de mer de qualité, sur le plan de la microbiologie et de la salinité, est difficile,
- il offre la possibilité de conserver de l'eau à des niveaux supérieurs à ceux atteints par la marée, sous réserve que les digues soient conçues à cet effet, ou que des réserves surélevées soient réalisées.

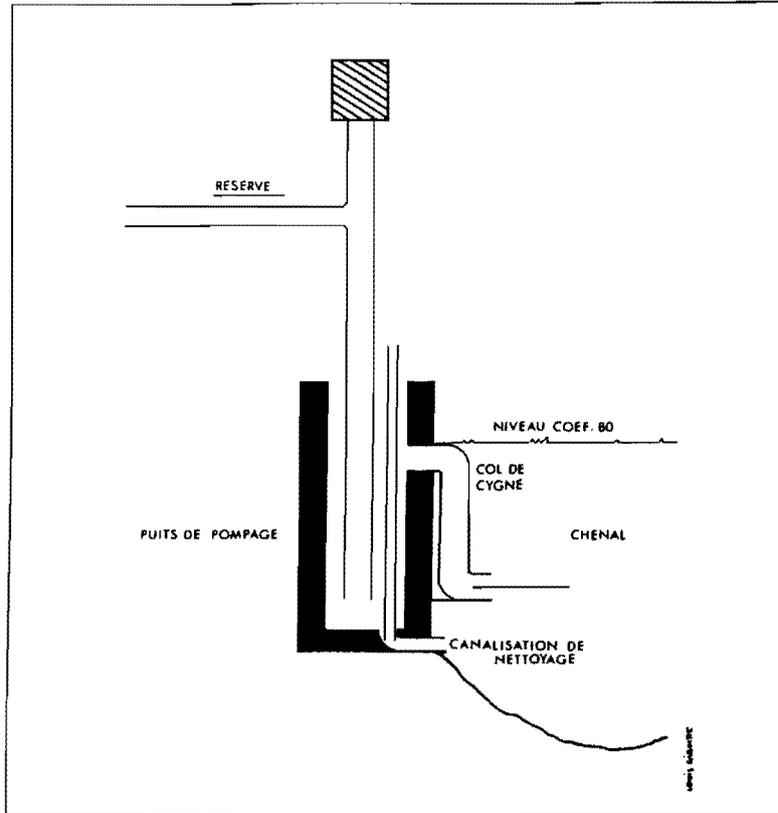


Fig. A6: Alimentation en col de cygne munie d'un système de pompage classique (COEURDACIER, 1985).

Cependant le pompage actif à tout moment, peut se révéler dangereux, tant pour la survie des coquillages que pour leur contamination. En effet, l'eau prélevée aux marées de mortes-eaux peut être de faible salinité et chargée de divers polluants, en cas d'apports réguliers en provenance de ruissellement du bassin versant. Un débit de pompage trop important peut provoquer une remise en suspension des sédiments ou un captage des eaux de surface qui peuvent être contaminés. Une alimentation active complète le col de cygne, mais ne le remplace pas. L'exploitant doit être présent lors de la mise en route du pompage, mais un système automatique est envisageable (Fig. A7).

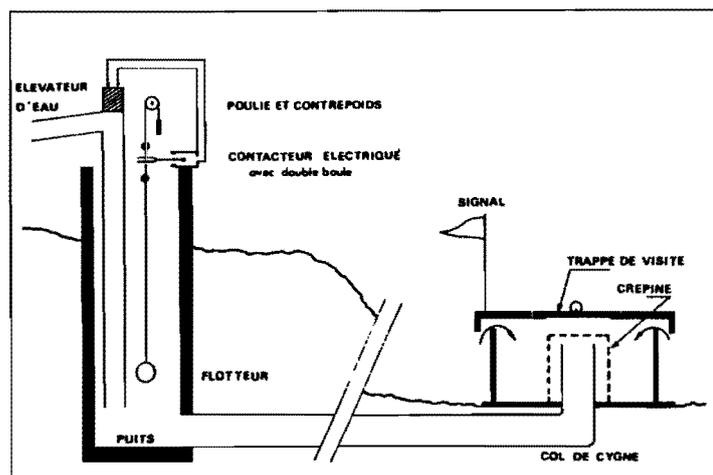


Fig. A7 : Alimentation en col de cygne munie d'un élévateur automatique (COEURDACIER, 1985).

4. AVANTAGES DE LA PRISE D'EAU EN COL DE CYGNE

Un système de prise d'eau en col de cygne permet :

- de sélectionner l'eau automatiquement dès que le niveau d'eau de l'évier est largement supérieur au niveau de l'ouverture de la canalisation dans la réserve, d'une part en éliminant l'eau de surface et celle du fond, et d'autre part en n'autorisant l'alimentation qu'à un certain coefficient de marée. L'alimentation de la réserve ne peut donc se faire qu'en période de flot, c'est-à-dire lorsque les eaux douces provenant du ruissellement des parties hautes des marais sont en grande partie repoussées en amont, et à partir d'un coefficient de marée assez élevé correspondant à un volume d'eaux marines proportionnellement très important.
- de réduire la proportion d'eau douce d'origine tellurique, source de pollution par une prise d'eau limitée généralement à des coefficients de marée supérieurs à 80.

Ce système a également quelques inconvénients dans la mesure, où comme nous l'avons vu, les prises se font en vives-eaux. En cas d'apports de flux polluants, les bactéries ou virus adsorbés sur la matière organique sont stockés dans les sédiments et la remise en suspension des fines particules, pendant cette période de turbulence, contaminent alors toute la masse d'eau. Si la mer se retire lentement, en vives-eaux le courant de flot est particulièrement fort, notamment dans les étiers à la mi-flot. Dans la mesure où les apports de flux polluants sont réguliers, l'absence d'influence des saisons sur la contamination des sédiments par les flores bactériennes a été mise en évidence (LE GUYADER, 1989). Dans ce cas, les prises d'eau en vives-eaux, situées dans des étiers ou chenaux tapissés de sédiments vaseux, contaminent systématiquement les claires ou réserves d'eau. Les dispositifs de prise d'eau de type col de cygne doivent donc être complétés par un équipement permettant la décantation de l'eau pompée.

5. NECESSITE ET AVANTAGES DE LA RESERVE D'EAU

Les réserves d'eau sont des bassins creusés dans un sol imperméable, ou des bassins réalisés en matériaux de construction, et à l'abri de la submersion. Dans ce cas, rien ne les différencie d'une claire si ce n'est leur capacité de stockage. Les réserves d'eau sont utilisées depuis fort longtemps dans les établissements d'expédition ostréicole où l'approvisionnement en eau de mer n'est pas possible à toute marée. COEURDACIER (1985) conseille une capacité des réserves d'eau au moins cinq fois le volume total des dégorgeoirs pour parvenir à une exploitation rationnelle d'un établissement d'expédition de coquillages. Cette capacité doit permettre le renouvellement de l'eau des dégorgeoirs et le fonctionnement des laveurs pendant la période de mortes-eaux.

La décantation préalable de l'eau de mer dans la réserve est indispensable avant alimentation des claires d'élevage de coquillages ou des bassins de finition. Le rôle de la sédimentation dans l'épuration de l'eau est démontré (LE GUYADER, 1989 ; POMMEPUY et GUILLAUD, 1992). La prise d'eau doit être située nettement au-dessus du fond pour un approvisionnement en eau de qualité microbiologique satisfaisante, évitant ainsi la remise en suspension de vases fines contenant divers germes. Il est utile de prévoir un système d'évacuation des eaux douces superficielles (type déraser) en cas de pluies abondantes, ainsi qu'une conduite de vidange pour le nettoyage périodique de la réserve.

La stagnation de l'eau dans la réserve favorise :

- la stratification de l'eau : la couche de faible salinité se situe en surface et un pompage au-dessus du fond peut faire gagner plusieurs grammes de sel par litre,

- la sédimentation des particules de vase sur lesquelles s'adsorbent la plupart des micro-organismes, pathogènes ou non, et donc l'épuration de l'eau, les germes se répartissant sur le fond,
- l'amélioration de la qualité bactériologique de l'eau de mer pompée à l'égard des germes d'origine tellurique par différents facteurs : salinité, action de la lumière à travers une faible épaisseur d'eau.

Les prises d'eau, destinées à l'alimentation des claires ou des dégorgeoirs, doivent être situées nettement au-dessus du fond des réserves afin d'éviter la remise en suspension des fines particules de sédiments. Ces conditions techniques permettent généralement l'alimentation des équipements conchylicoles en eau de qualité satisfaisante sur le plan microbiologique.

Les réserves d'eau sont exigées quand la qualité sanitaire de l'eau pompée n'est pas entièrement satisfaisante (COEURDACIER, 1985). Elle s'impose de fait aux conchyliculteurs dont les établissements ne sont pas baignés tous les jours par la marée. Cette précaution évite un dépôt important de vase dans les dégorgeoirs quand l'eau est turbide et offre une alternative à l'interdiction de vente en cas de pollution ponctuelle toujours possible.

6. CONCLUSION

Pour les bassins ostréicoles situés en amont sur les berges des estuaires et des chenaux, l'approvisionnement en eau de qualité satisfaisante sur le plan microbiologique, et de la salinité, peut se révéler difficile dans certaines conditions de marée, et de pluviométrie qui occasionnent l'évacuation à la mer des eaux de ruissellement plus ou moins polluées.

Les dispositifs de prise d'eau utilisés traditionnellement par les ostréiculteurs n'ont pas donné entière satisfaction. Après une étude de la qualité de l'eau en fonction de plusieurs dispositifs de prise d'eau, MAZIERES (1968) a démontré, grâce à la technique de prise d'eau en "col de cygne", de conception simple et peu coûteuse, qu'il est possible de s'approvisionner en eau de bonne qualité dans des chenaux soumis à des pollutions.

Le principe de l'alimentation en col de cygne a depuis lors été adopté par de nombreux ostréiculteurs du littoral atlantique, notamment dans les zones de marais. C'est ainsi que COEURDACIER (1985) a décrit différents dispositifs en usage dans le bassin ostréicole de Marennes - Oléron, que les usagers ont perfectionné.

L'utilisation des réserves d'eau de mer, qui permet la stratification de l'eau, la décantation des particules de vases, et donc une amélioration de la qualité microbiologique de l'eau, s'est généralisée.

Ces équipements ont également été adoptés pour la conception de lotissements ostréicoles situés en zone salubre en bordure d'estran pour disposer d'une eau non turbide de bonne salinité en quantité suffisante : à Bouin en Vendée, puis à La Plaine-sur-Mer, La Bernerie-en-Retz, Les Moutiers-en-Retz, et Le Croisic en Loire-Atlantique. Dans le cas de Bouin, il s'agit de l'aménagement de plusieurs polders qui concernent, actuellement, environ 135 établissements ostréicoles comprenant des réserves d'eau, des claires et des bassins dégorgeoirs. Un canal d'alimentation et un canal d'évacuation desservent l'ensemble des polders. Des canaux secondaires assurent l'approvisionnement en eau et la vidange dans chaque parcelle de terrain. Les mesures bactériologiques effectuées sur les eaux prélevées dans les bassins montrent des résultats inférieurs au seuil de détection.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CATHERINE M., 1992. Méthodologie des études bactériologiques de zones conchyliques. Mémoire, IFREMER R.INT.DEL/92.01/Nantes.
- COEURDACIER J.L., 1985. Etablissement d'expédition ostréicole. *Equinoxe*, n° 2.
- COEURDACIER J.L., 1985. Réserves d'eau de mer et dégorgeoirs. *Equinoxe*, n° 8.
- DE ROUVILLE M. et QUETIN B., 1983. Rejets en mer. Disparition des bactéries. *TSM, L'eau*, n° 1-2, 43-48.
- LE GUYADER F., 1989. Colonisation bactérienne et implantation de *E. coli* dans le sédiment d'origine littorale. Thèse de doctorat, Université de Rennes I.
- MAZIERES J., 1968. L'alimentation des réserves d'eau des établissements ostréicoles exposés au douçain. *Science et Pêche*, n° 173, 9-14.
- POMMEPUY M., CORMIER M., BRUNEL L., BRETON M., 1987. Etude de la flore bactérienne d'un estuaire breton (Elorn, rade de Brest, France). *Oceanologica Acta*, 10, 187-195.
- POMMEPUY M. et GUILLAUD J.F., 1992. Devenir des bactéries entériques rejetées en mer. *TSM, L'eau*, n° 1, 49-53..
- SRAE, 1985. Etude des marais du bassin du Mes. Qualité des eaux (1984-1985). Région des Pays de la Loire.