



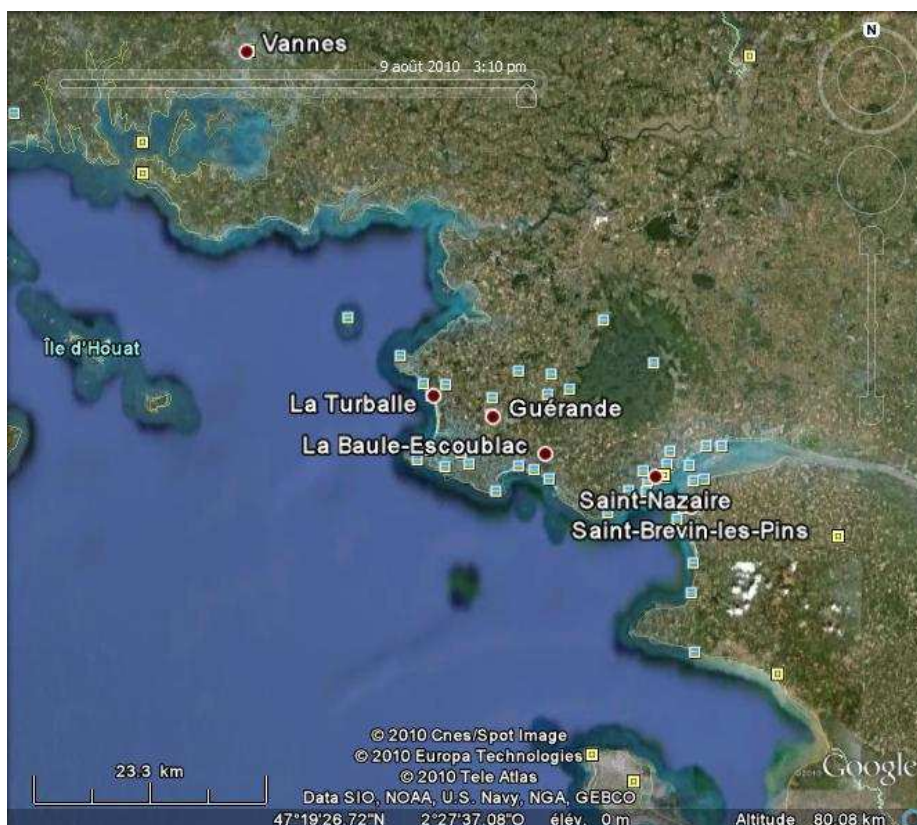
Evaluation de l'état de santé des masses d'eaux côtières et fonds marins dans le secteur Loire-Vilaine et contribution à la mise au point d'un réseau opérationnel de suivi de la qualité des eaux côtières avec le bio-indicateur des laminaires

(«Santé Littoral Mer Loire Vilaine SLMLV »

INVENTAIRE DES DONNEES ET SUIVIS EXISTANTS SUR LE SECTEUR COTIER LOIRE/VILAINE

(Raphaëla le Gouvello, 11/03/2011)

Rapport – Volume A



Programme financé par :



Donneur d'ordre : Estuaires Loire/Vilaine (ELV), Le Pouliguen

Comité de relecture, destinataires de la version 1 de ce rapport pour validation

J.C. Ménard, ELV

H. Oger-Jeanneret (Ifremer)

S. Derrien-Courtél (MNHN)

A.L. Barillé (Bio-Littoral)

F. Salaun (IAV)

M. Staebler (ancienne directrice du GIP Loire Estuaire)

M. Gendronneau (Cap Atlantique)

Date : 11 mars 2011

Rapport rédigé par Raphaëla le Gouvello

STERMOR, Kerfalher, 56760 Pénestin

Raphaela.Legouvello@wanadoo.fr

Nombre de volumes : 2

Volume A : Rapport Principal (Parties I à IV) : 287 pages

Volume B : Partie V : Annexes 181 pages

Chacun des volumes est organisé comme un document-fichier indépendant.

*Un grand remerciement à toutes celles et ceux qui ont bien voulu relire et
corriger ce volumineux rapport !*

Contexte :

L'association Estuaires Loire/Vilaine (ELV) a été créée en 2008, à l'initiative de deux plongeurs apnéistes, alarmés de la dégradation des fonds marins sur le secteur Loire/Vilaine qu'ils constataient sur ces dernières décennies.

Grâce à ELV, un programme de recherche «Evaluation de l'état de santé des masses d'eaux côtières et fonds marins dans le secteur Loire-Vilaine et contribution à la mise au point d'un réseau opérationnel de suivi de la qualité des eaux côtières avec le bio-indicateur des laminaires » (Santé Littoral Mer Loire Vilaine SLMLV, cf Annexe 1) a donc démarré en 2009 avec une équipe scientifique impliquée dans le suivi de la qualité des eaux côtières : Sandrine Derrien-Courtet (Muséum National d'Histoire Naturelle, Station de Concarneau) Anne-Laure Barillé (bureau d'études Bio-Littoral) Raphaëla le Gouvello (bureau d'études Stermor) et Hélène Oger-Jeanneret (Ifremer Nantes).

Des financements ont été trouvés auprès de partenaires impliqués dans ces enjeux autour de ce secteur littoral : la Fondation Total, l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, l'Institut d'Aménagement de la Vilaine, le groupe Sèches Environnement.

Deux objectifs ont été donnés au programme :

Objectif 1 : Cartographier et dresser l' « état de santé » des champs de laminaires sur les masses d'eau de la zone. Pour répondre à cet objectif, des suivis stationnels ont démarré sur plusieurs points de la zone. Les résultats de ce travail sont inclus dans cette synthèse bibliographique (paragraphe II.1.3.3... Benthos).

Objectif 2 : Faire un bilan de tous les suivis existants, ainsi qu'une rencontre de tous les acteurs impliqués afin d'établir d'ici l'automne 2009 un plan d'action 2010-.

A l'issue de ce travail d'inventaire, il était attendu :

- une synthèse de l'état de santé des masses d'eaux côtières sur la zone définie,
- une évaluation des besoins supplémentaires de suivi et des actions pour combler les manques actuels (faut-il installer des balises supplémentaires de mesure (stations de mesures automatisées), augmenter et étendre au large les points de mesure et prélèvement, étendre le champ du suivi, améliorer le rendu de ces suivis et l'information donnée au public résidant dans cette zone côtière et aux usagers,... ?)

Ce travail devait s'intégrer et constituer un outil dans une démarche générale de gestion intégrée de la zone côtière considérée dans l'étude dont le pilotage et la gouvernance seraient à définir. Le diagnostic sur un milieu côtier et la rencontre de toutes les parties prenantes est en effet un préalable indispensable ainsi qu'il est souligné dans les approches de gestion intégrée conseillées par l'Unesco (1997) et Denis et Hénocque (2001). » Il constitue d'ailleurs une première étape des missions d'étude pour l'implantation de futurs parcs marins dirigée par l'AAMP.

Il a donc été démarré en juillet 2009, après l'engagement formel de tous les partenaires, conduit par R. le Gouvello, auteur de ce rapport.

Il s'est vite avéré que pour mener à bien cette mission, il était nécessaire de la prolonger et de lui donner des moyens supplémentaires financiers, notamment pour établir des Systèmes d'Informations Géographiques (SIGs) pertinents, originaux, et à l'échelle du territoire.

Ce budget n'a pas pour l'instant pu être obtenu.

Le présent rapport est donc un rapport intermédiaire, constitué par une synthèse bibliographique des travaux, études et suivis effectués sur le secteur Loire/Vilaine.

L'évaluation des besoins supplémentaires, la rencontre des principales parties prenantes et la proposition d'un plan d'action ne font pas partie de ce rapport de synthèse bibliographique.

Les études et travaux consultés pour rédiger ce rapport ont été essentiellement obtenues auprès de :

- l'Ifremer (site Ifremer)
- l'IAV,
- Cap Atlantique, communauté de communes dans le secteur côtier choisi,
- L'Université de Bretagne Sud, Vannes
- Les DREAL 44 et 56,
- Le GIP Loire Estuaire,
- Diverses recherches sur internet.

Avertissement :

Ce rapport étant destiné aux partenaires, à l'équipe scientifique du programme mais aussi aux adhérents d'ELV, et par conséquent au grand public, un effort particulier pédagogique a été fait pour que cet écrit soit accessible à tous et utilisé comme un outil. Certaines notions bien connues par les partenaires du projet et son équipe sont par conséquent expliquées en détail, mises en annexe du texte principal pour alléger si besoin.

Liste des Abréviations et Acronymes

AAMP : Agence des Aires Marines Protégées
ACNAT: Action Communautaire pour la Nature,
ACEL : Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire
AELB : Agence de l'Eau Loire Bretagne
AMBI : AZTI Marine Biotic Index
AMP : Aire Marine Protégée
AOT Autorisation d'Occupation Temporaire,
APD : Avant Projet Détaillé (rebut)
APEEL : Association pour la Protection de l'Environnement de l'Estuaire de la Loire
APROSELA : Association pour la promotion du sel de l'atlantique (
APS : Avant Projet Sommaire (rebut)
ARS : « Agricultural Research Service »
ARS : Agence Régionale de Santé
ASMO : Comité sur l'évaluation et la surveillance
ASP : Amnesic Shellfish Poisoning

BHSI : Banque Hydro Système informatisé de gestion des données des stations de mesure
BRGM : Bureau Recherche Géologique et Minière

CARENE : Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire
CAD : Contrat d'Agriculture Durable
CB Coefficient Benthique
CCI Chambre de Commerce et de l'Industrie
CEL : Commission Environnement Littoral
CEMAGREF Centre d'Étude du Machinisme Agricole du Génie Rural et des Eaux
CEVA : Centre d'Etudes et Valorisation des Algues (Pleubian, 22)
CIADT Comité Interministériel d'Aménagement et de Développement du Territoire
CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer.
CLE : Commission Locale de l'Eau
CNPMEM : Comité Nationale des Pêches Maritimes et des Elevages Marins
CNRS : Centre National de Recherche Scientifique
COGEPOMI : Comité de Gestion des Poissons Migrateurs
COD : Carbone Organique Dissous
COREPEM : Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Pays de la Loire
COT : Carbone Organique Total.
CQUEL Centre de la qualité des eaux littorales.
CRE : Contrat Restauration Entretien.
CSEEL : Comité Scientifique pour l'Environnement de l'Estuaire de la Loire
CTE : Contrat Territorial d'Exploitation

DAM : Drague Aspiratrice en Marche
DAS : Drague Aspiratrice Stationnaire
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DDAM : Direction Départementale des Affaires Maritimes du Morbihan
DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DMB : Débit Minimal Biologique
DPF Domaine Public Fluvial.
DPM : Domaine Public Maritime
DOCOB : DOcument d'OBJectifs
DPSIR: Driving forces-Pressure-State-Impact-Response
DRIRE Direction Régionale de l'Industrie et de l'Environnement
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement et de l'Aménagement et du Logement

DSP : Diarrheic Shefffish Poisoning

DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

DSV : Direction des Services Vétérinaires

EIE : Etude d'Impact Environnemental

EIS : Etudes d'Impact Stratégique

EH : Équivalent Habitant

EPCI : Etablissements Publics de Coopération Intercommunale

EPIC : Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial

EPHE : Etablissement Public de Hautes Etudes

EPTB : Etablissement Public Territorial de Bassin

EPSCP : Etablissement Public à caractère Scientifique, Culturel et Professionnel

ELV : Association Estuaire Loire/Vilaine

EUC : Comité "eutrophisation"

EUNIS : European Nature Information System

FAT : Fast Acting Toxins

GIP : Groupement d'Intérêt Public

GIZC : Gestion Intégrée des Zones Côtières

GPMNSN : Grand Port Maritime de Nantes Saint Nazaire

HAB : Harmful Algal Bloom

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HRU : Hydrologic Response Units

HSC : Comité sur les substances dangereuses

IAFM : Intoxication Amnésiante par Fruits de Mer

IB : Indice Biotique

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé.

IAV : Institution d'Aménagement de la Vilaine

ICZM : Integrated Coastal Zone Management

IDAC : Institut Départemental d'Analyses et de Contrôle

IFEN : Institut Français de l'Environnement

IFREMER : Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la Mer.

IPFM : Intoxication Paralysante par Fruits de Mer

IUEM : Institut Universitaire Européen de la Mer

JRC : Centre Commun de Recherche européen

LEMAR : Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin

LEBHAM : Laboratoire d'Écophysiologie et Biotechnologie des Halophytes et Algues Marines

LER/MPL/NT : Laboratoire Environnement Ressource Morbihan Pays de Loire - Nantes

LER/MPL/TM Laboratoire Environnement Ressource Morbihan Pays de Loire - La Trinité sur mer

LETG : Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique

LIDAR : LIght Detection And Ranging

LPO : Ligue de Protection des Oiseaux

LOGRAMI : association LOire GRAnds MIgrateurs

MAE : Mesures Agri-Environnementales

MAREL : Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement Littoral

ME : Mortes Eaux

MES : Matières En Suspension.

MESH : Mapping European Seabed Habitats

MISE : Mission Interservice de l'Eau

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
MNT : Modèle Numérique de Terrain
MNTU : Modèle Numérique de Terrain Unifié
MON : MONitoring
MOP : Matière Organique Particulaire
MEEDDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

NQE : Norme de Qualité Environnementale
NID : Azote Inorganique Dissous,
NSP : Nervous Shellfish Poisoning
NTU : unité turbidité

OGAF : Opération Groupée d'Aménagement Foncier
OLAE: Opération Locale Agri-Environnementale
ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
OSPAR : la Convention d'OSlo et Convention de PARis

PAGD : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable
PAM : Plan Action Méditerranée
PANSN : Port Autonome de Nantes St-Nazaire
PCB : PolyChloroBiphényles
PDPG : Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles.
PGPM : Plan de Gestion des Poissons Migrateurs
PK : Point Kilométrique (de l'aval vers l'amont du fleuve)
PLU : Plan Local d'Urbanisme
PMPOA : Plan de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole
PNEC : Predicted Non Effect Concentration
PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PSIC : Proposition de Site d'Intérêt Communautaire
PSP : Paralytic Shellfish Poisoning

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale
SDAGE : Schéma Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SGAR : Secrétariat Général aux Affaires Régionale
SLMLV : Santé Littoral Mer Loire Vilaine
SMN : Service Maritime et de Navigation

REBENT : REseau de surveillance BENThique,
REMI : Réseau de contrôle microbiologique
REMORA : Réseau mollusques des ressources aquacoles
REPHY : Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines
REPOM : REseau de surveillance des Ports Maritimes
RGA : Recensement Général Agricole
RNB : Réseau National de Bassin.
RNBAE : Risque de Non Atteinte du Bon Etat Ecologique
RNDE : Réseau National des Données sur l'Eau
RNO : Réseau National d'Observation
RNROE : Risque de Non de Non Respect des Objectifs Environnementaux
ROCCH : Réseau d'observation de la contamination chimique

SAC : Service d'Annonce de Crue.
SANDRE : Secrétariat d'Administration Nationale de Données Relatives à l'Eau

SAU : Surface Agricole Utilisée
SBR : Station Biologique de Roscoff
SDDE : Schémas Directeurs des Données sur l'Eau
SEQ : Système Evaluation Qualité
SIC : Site d'Intérêt Communautaire
SICAPG :
SIG : Système d'Information Géographiques
SILES : Système d'Information de la Loire EStuarienne
SMN :
SMVM : Schéma de Mise en Valeur de la Mer.
SMIDAP Syndicat Mixte pour le développement de l'aquaculture et de la pêche des pays de la Loire
SRC : Section Régionale Conchylicole
SWAT® 2000 : Soil and Water Assessment Tool

TBT : Tributylétain
TEQ : quantité toxique équivalente

UBO : Université de Bretagne Occidentale
UBS : Université de Bretagne sud
UMR : Unité Mixte de Recherche
USDA : United State Department of Agriculture

VE : Vives eaux
VNF : Voies Navigables de France

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux Marins
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt écologique, Faunistique et Floristique
ZPS : Zone de Protection Spéciale

TABLE DES MATIERES

VOLUME A : RAPPORT

I.1. Présentation des acteurs principaux et définition du périmètre de l'étude	18
I.1.1 Acteurs principaux	18
I.1.1.1 Etablissements Publics de l'Etat	18
I.1.1.2 Services décentralisés de l'Etat	20
I.1.1.3 Collectivités Territoriales, Structures Intercommunales.....	20
➤ Collectivités Territoriales	20
➤ Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI)	20
I.1.1.4 Etablissements Publics Locaux	20
I.1.1.5 Associations	21
I.1.1.6 Entreprises, secteur privé	22
I.1.2 Périmètre de l'étude	23
I.2. De la terre vers la mer	25
I.2.1 La Vilaine, son estuaire et la Baie de Vilaine	25
I.2.1.1 Le bassin versant de la Vilaine	25
I.2.1.2 Débits de la Vilaine.....	25
I.2.1.3 Qualité d'eau de la Vilaine	27
I.2.1.4 Le barrage et ses conséquences.....	31
I.2.1.5 L'estuaire de la Vilaine	40
I.2.1.6 La Baie de Vilaine.....	43
I.2.2 La Loire et son estuaire.....	44
I.2.2.1 Le bassin versant-le fleuve.....	44
I.2.2.2 Débit de la Loire	45
I.2.2.3 Qualité d'eau de la Loire.....	47
I.2.2.4 L'estuaire : son état, son fonctionnement (bouchon vaseux).....	50
I.2.2.5 Les aménagements de la Loire.....	55
I.2.2.6 Le dragage du chenal	57
I.2.3 Bassins versants intermédiaires	70
I.2.3.1 Descriptif des bassins versants intermédiaires.....	70
I.2.3.3 Débits relatifs de ces bassins versants intermédiaires.....	73
I.2.3.2 Qualité d'eau de ces bassins intermédiaires.....	73
I.2.4 Secteur au large	74
I.2.5 Conclusions de la Partie I	77
II.1. Le milieu physique	81
II.1.1 Climatologie	81
II.1.2 Géologie du secteur	82
II.1.3 Bathymétrie	83
II.1.4 Hydrodynamisme.....	84
II.1.4.1 La marée et son influence	84
II.1.4.2 Circulation générale.....	84
II.1.4.3 Influence des fleuves	86
II.1.4.4 Focus en Baie de Vilaine	86
II.1.4.5 Focus sur les secteurs du Croisic et Pen Bé.....	89
II.1.5 Sédimentologie	91
II.1.5.1 Nature et répartition des sédiments	91

II.1.5.2 Focus sur les sédiments en Baie de Vilaine.....	93
II.1.5.3 Problématique des échanges de sédiments Loire/Vilaine/Large	94
II.2 Hydrologie cotière et océanique	95
II.2.1 Températures	95
II.2.2 Salinité	96
II.2.3 Turbidité/Taux de matières en suspension	99
II.2.4 Nutriments	100
II.2.4.1 Azote.....	100
II.2.4.2 Phosphore	101
II.2.4.3 Silicium.....	102
II.2.4.4 Consommation des nutriments sur les zones estuariennes	102
II.2.5 Teneurs en chlorophylle	103
II.2.6 Oxygène dissous	105
II.3 La Biodiversité	107
II.3.1 Phytoplancton	107
II.3.1.1 Bases sur le phytoplancton	107
II.3.1.2 Les espèces microphytoplanctoniques toxiques et nuisibles	113
II.3.2 Les populations zooplanctoniques pélagiques.....	117
II.3.3 Benthos	120
II.3.3.1 Généralités-Définitions.....	120
II.3.3.2 Etat des connaissances sur le benthos du secteur Loire/Vilaine.....	123
II.3.4 Poissons et autres peuplements halieutiques	138
II.3.4.1 Diversité des espèces	138
II.3.4.2 Abondance et répartition	145
II.3.4.3 Nourriceries et frayères en général	151
II.3.4.4 Nourriceries et frayères de sole	151
II.3.5 Oiseaux marins	154
II.3.5.1 Avifaune sur l'estuaire de la Loire	155
II.3.5.2 Avifaune de l'estuaire de la Vilaine	156
II.3.5.3 L'avifaune marine, secteur plus au large.....	157
II.3.5.4 Statut de l'avifaune et des sites.....	158
II.3.6 Mammifères marins	160
II.3.7 Les habitats, biotopes remarquables	161
II.4 Activités humaines	162
II.4.1 Démographie	162
II.4.1.1 Population résidente	162
II.4.1.2 Population estivale.....	164
II.4.1.3 Problématique assainissement urbain	166
II.4.2 Tourisme et activités de loisirs	169
II.4.2.1 Généralités	169
II.4.2.2 Essor de la plaisance	169
II.4.2.3 Activités de loisir autour de la mer.....	172
II.4.3 Occupation du sol et place de l'agriculture	172
II.4.4 Le secteur industriel.....	175
II.4.4.1 Description générale	175
II.4.4.2 Le Grand Port Maritime de Nantes-St Nazaire (PANSN-GPMNSN).....	175
II.4.4.3 L'émergence de l'éolien en mer	177
II.4.5 Exploitations des ressources marines	178
II.4.5.1 La conchyliculture	178
II.4.5.2 La pêche professionnelle embarquée.....	185

II.4.5.3 La pêche à pied professionnelle et de loisir.....	194
II.4.5.4 La saliculture	195
II.4.5.5 Les extractions marines	197
II.5 Inventaire patrimonial et réglementation.....	201
II.5.1 Les zones Natura 2000	201
II.5.1.1 Estuaire et Baie de Vilaine	202
II.5.1.2 Estuaire de la Loire.....	202
II.5.1.3 Natura 2000 en mer	203
II.5.1.4 Le DOCOB de Cap Atlantique (2006)	205
II.5.2 Les autres statuts de protection.....	206
III.1 Réseaux et outils existants.....	209
III.1.1 Données générales.....	209
III.1.2 RNO/ROCCH.....	217
III.1.2.1 Bases des réseaux RNO/ROCCH.....	217
III.1.2.2 Suivi RNO/ROCCH sur le secteur Loire/Vilaine	218
III.1.3 REPHY	219
III.1.3.1 Historique du réseau et objectifs	219
III.1.3.2 Mise en œuvre spécifique du REPHY sur le secteur Loire/Vilaine	220
III.1.4 REMI.....	221
III.1.4.1 Historique et objectif	221
III.1.4.2 Mise en œuvre du REMI.....	221
III.1.4.3 Le REMI sur le secteur Loire/Vilaine	223
III.1.5 REMORA-REPAMO	224
III.1.6 REBENT	225
III.1.6.1 Bases du REBENT	225
III.1.6.2 L'approche sectorielle	226
III.1.6.3 Suivi stationnel/Lieux de surveillance	227
III.1.7 DCE.....	228
III.1.7.1 Historique de la DCE et bases.....	228
III.1.7.2 Application de la DCE sur le secteur Loire/Vilaine.....	232
III.1.8 Les autres réseaux et suivis	237
III.1.8.1 Le suivi de l'ARS (ex. DDASS)	237
III.1.8.2 Suivis de Cap Atlantique.....	241
III.1.8.3 Suivis organisés par le GIP Loire Estuaire.....	242
III.1.8.4 Suivis sous la responsabilité de l'IAV	243
III.1.8.5 Autres suivis.....	244
III.2 Les conclusions de ces réseaux sur l'état de santé de l'écosystème Loire/Vilaine.....	247
III.2.1 Qualification générale	247
III.2.2. Enjeux majeurs	250
III.2.2.1 Eutrophisation	250
III.2.2.2 Contamination chimique	255
III.2.2.3 Contamination microbiologique.....	264
III.2.2.4 Une augmentation de la turbidité	269
III.2.2.5 Des atteintes à la biodiversité.....	270
IV.1 Principaux points retenus	273
IV.1.1 De la Partie I : Introduction – De La Terre Vers La Mer.....	273
IV.1.2 Partie II : Le Secteur Loire/Vilaine	276
IV.1.2.1 Milieu physique.....	276
IV.1.2.2 La Biodiversité	276
IV.1.2.3 Activités humaines	278

IV.1.3 Partie III : La Surveillance et ses conclusions sur l'état de santé du secteur	
Loire/Vilaine	279
IV.1.3.1 Les suivis sur le littoral	279
IV.1.3.2 Les résultats de ces suivis	281
IV.2 Les manques.....	284
IV.2.1 En matière de connaissance et surveillance	285
IV.2.2 En matière de gestion générale : améliorer la gouvernance ?	286

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Emprise géographique de l'étude</i>	<i>23</i>
<i>Figure 2 : Masses d'eaux côtières de l'étude</i>	<i>24</i>
<i>Figure 3 : Zone d'étude pour le COREPEM (Salvaing 2009).....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 4 : Débit moyen mensuel (en m³/s) mesuré de la Vilaine (Salvaing 2009)</i>	<i>26</i>
<i>Figure 5 : Influence du panache de la Vilaine (médiane de la concentration d'un traceur de la Vilaine dans Dussauze et Ménesguen 2008).....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6 : Carte schématique des flux spécifiques en azote nitrique.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 7 : Evolution des classes de qualité de 2001 à 2009.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 8 : Dépassement de la norme 0,1 µg/l sur le bassin de la Vilaine sur le pesticide AMPA (IAV 2010, communication sur le SAGE Vilaine révision en cours).....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 9 : Evolution de la concentration totale des pesticides à Férel (IAV 2010, communication sur le document de révision du SAGE Vilaine en cours).....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 10 : Evolution des soldes sédimentaires calculés pour les secteurs interne et intermédiaire (d'après ERAMM-RIVAGES, 1995 et GOUBERT et MENIER, 2005) et évolution de l'altitude en cote marine du Banc du Strado (secteur des Altus).(Goubert et al. 2010).....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 11 : Evolution en coupe du Banc du Strado entre 1960 et 2003 (coupe localisée sur les différentes cartes) (Goubert et al. 2010).....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 12 : L'estuaire de la Vilaine : localisation, bathymétrie (2007) et plan de position des stations de mesures (tirée Goubert et al. 2010)</i>	<i>35</i>
<i>Figure 13 : Synthèse de l'enchaînement et de l'impact des climats hydrodynamiques sur l'altitude de la vasière intertidale de l'estuaire de la Vilaine (Goubert et al. 2010).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 14 : Débit moyen mensuel de la Loire (en m³/seconde) mesuré à la station hydrologique de Saint-Nazaire, données calculées sur 16 ans (source : http://www.hydro.eaufrance.fr/ dans Salvaing 2009).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 15 : Influence du panache de la Loire vers la Bretagne (médiane de la concentration d'un traceur issu de la Loire) (Dussauze et Ménesguen 2008).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 16 : Eutrophisation de la Loire (Valeurs estivales de 1984 à 1987)</i>	<i>49</i>
<i>Figure 17 : Estuaire de la Loire de Saint-Nazaire à Ancenis découpé en 4 sections selon la salinité (modifié, d'après Migniot et al., 1997 dans Truhaus 2006)</i>	<i>52</i>
<i>Figure 18 : Déplacement du bouchon vaseux en Loire en fonction du débit fluvial</i>	<i>54</i>
<i>Figure 19 : Zone de clapage des sédiments dragués dans l'estuaire de la Loire</i>	<i>58</i>
<i>Figure 20 : Propagation de la houle vers l'estuaire de la Loire.....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 21 : Schéma simplifié de la dynamique sédimentaire et des flux (Mt/an) sur l'estuaire de la Loire (Programme Loire Grandeur Nature, GIP Loire Estuaire, www.loire-estuaire.org)</i>	<i>62</i>
<i>Figure 22 : Situation des points d'échantillonnage et niveaux de pollutions des sédiments de l'estuaire de la Loire de Nantes à St-Nazaire effectués pour un contrôle réglementaire (PANSN 2004 cité dans Truhaus 2006).....</i>	<i>64</i>

<i>Figure 23 : Habitats remarquables de l'estuaire de la Loire susceptibles d'être influencés par les opérations de dragage d'entretien (modifié, GIP 2000 dans Truhaud 2006).....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 24 : Schéma de synthèse des impacts des opérations de dragage d'entretien sur l'estuaire de la Loire (Truhaud 2006).....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 25 : Carte des bassins versant côtiers sur le territoire de Cap Atlantique.....</i>	<i>71</i>
<i>Figure 26 : Géomorphologie du secteur Loire/Vilaine (dans Baudrier 2002).....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 27 : Organisation territoriale et limites administratives de secteur de l'étude</i>	<i>79</i>
<i>Figure 28 : Rose des vents de l'estuaire de la Loire.....</i>	<i>81</i>
<i>Figure 29 : Carte bathymétrique du secteur Loire/Vilaine.....</i>	<i>83</i>
<i>Figure 30 : Circulation résiduelle de la marée en Baie de Bourgneuf, estuaire de la Loire, Baie de Vilaine et en baie de Quiberon (repris de Salomon & Lazure 1988, dans Sauriau 1996).....</i>	<i>85</i>
<i>Figure 31 : Simulation SWAN kN=0,3 m, sortie du 14/10/2004 00:00:00. Hauteur significative (m) et incidence des houles (haut) (Tessier et al. 2007).....</i>	<i>87</i>
<i>Figure 33 : Formation d'une zone de tourbillon au Nord de la Baie de Vilaine (simulation, Ex. type A flot PM-3 à PM-1 tiré de DHI 2009)</i>	<i>89</i>
<i>Figure 34 : Carte des sédiments superficiels dans le secteur Loire/Vilaine.....</i>	<i>92</i>
<i>Figure 35 : Représentation de la salinité mensuelle moyenne estimée par le modèle pour le mois de juin et pour 4 années différentes (1991, 1993, 1995 et 1997) sur le secteur Loire Large.</i>	<i>97</i>
<i>Figure 36 : Représentation du déficit d'énergie potentielle moyen estimé par le modèle pour le mois de juin et pour 4 années différentes (1991, 1993, 1995 et 1997) sur le secteur Loire/Vilaine (Gailhard 2006)</i>	<i>98</i>
<i>Figure 37 : Courbe de dilution du taux de nitrates en fonction de la salinité.....</i>	<i>101</i>
<i>Figure 38 : Moyenne des concentrations en chlorophylle a enregistrées entre 2003 et 2008 dans le secteur Loire/Vilaine (valeurs en mg/m³, dans Salvaing 2009).....</i>	<i>104</i>
<i>Figure 39 : Mesures en continu du taux de saturation en oxygène en surface et sur le fond à la Bouée MOLIT Dumet en juin 2010 (source www.previmor.org).....</i>	<i>105</i>
<i>Figure 40 : Concentration en oxygène dissous (% de saturation surface et fond) en différents points de mesures en Baie de Vilaine en juillet 2007 (tirée du bulletin LER/PML/TM 2008)</i>	<i>106</i>
<i>Figures 41 : Effet des réductions des apports de nitrate par la Vilaine sur la moyenne annuelle de la biomasse en dinoflagellés et diatomées (µg/L) relativement à la situation de référence et pour chaque zone du panache de dilution en situation médiane (dans Dussauze et Ménesguen 2008)</i>	<i>111</i>
<i>Figure 42 : Changements à long terme de la distribution spatiale des copépodes (calanidés) autour de l'Angleterre et sur l'Atlantique Nord Est</i>	<i>119</i>
<i>Figure 43 : Cartographie sédimentaire du secteur Loire/Vilaine</i>	<i>124</i>
<i>Figure 44 : Cartographie des habitats sur le Croisic.....</i>	<i>125</i>
<i>Figure 45 : Différentiel d'évolution de la couverture en fucales sur le secteur allant de Sarzeau à Pénestin entre 1986 et 2004 (Rossi et al. 2009).....</i>	<i>126</i>
<i>Figure 46 : Pointe rocheuse sur Pénestin totalement dépourvue de fucales et recouverte d'huître creuse sauvage (Photo : Ifremer/L. Miossec).....</i>	<i>126</i>
<i>Figure 47 : Localisation du site de Saint Goustan (Le Croisic)</i>	<i>127</i>
<i>Figure 48 : Localisation des zones rocheuses colonisées.....</i>	<i>127</i>
<i>Figure 49 : Dépôt d'ulves en 1997 et 2008 (source CEVA)</i>	<i>129</i>
<i>Figure 50 : Surface couvertes cumulées par les ulves en 2009 (source CEVA).....</i>	<i>130</i>
<i>Figure 51 : Dépôt d'algues vertes sur la plage Benoît.....</i>	<i>130</i>
<i>Figure 52 : Secteurs prospectés dans la masse d'eau GC46.....</i>	<i>132</i>
<i>Figure 53 : Evolution des champs de laminaires sur le site de Baguenaud.....</i>	<i>134</i>

<i>Figure 54 : Répartition géographique des stations échantillonnées dans le cadre du suivi laminaire réalisé en 2009 pour ELV (dans Barillé et Derrien-Courtél 2010).....</i>	<i>135</i>
<i>Figure 55 : Présentation de la profondeur des différentes ceintures algales sur les sites explorés (tirée de Barillé et Derrien-Courtél 2010)</i>	<i>136</i>
<i>Figure 56 : Etat écologique des champs de laminaires sur le secteur</i>	<i>137</i>
<i>Figure 57 : Abondance et répartition relatives des espèces majeures échantillonnées sur l'estuaire de la Loire en 2008 (repris de Bio-Littoral 2010)</i>	<i>149</i>
<i>Figure 58 : Zones de nourriceries et frayères de soles sur.....</i>	<i>152</i>
<i>Figure 59 : Densité de la sole dans l'estuaire de la Loire en 2008.....</i>	<i>154</i>
<i>Figure 60 : Exemples de résultats des sorties ornithologiques sur le</i>	<i>157</i>
<i>Figure 61 : Exemple de notion d'inter-complémentarité entre plusieurs zones pour l'avifaune d'une même région. Cas du réseau de Bretagne sud</i>	<i>160</i>
<i>Figure 62 : Répartition des résidences secondaires sur le territoire de CAP Atlantique (d'après CCI, 2003 et repris dans Jeanneret et al. 2006).....</i>	<i>165</i>
<i>Figure 63 : Logements raccordés à un réseau collectif d'assainissement</i>	<i>168</i>
<i>Figure 64 : Localisation des ports de plaisance sur le secteur Loire/Vilaine</i>	<i>171</i>
<i>Figure 65 : Occupation du sol sur le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)</i>	<i>173</i>
<i>Figure 66 : Occupation du sol sur les bassins versants de la presqu'île guérandaise (repris dans Jeanneret et al. 2006)</i>	<i>174</i>
<i>Figure 67 : Zones propices à la production éolienne off-shore en Pays de la Loire.....</i>	<i>177</i>
<i>Figure 68 : Production de pêche et de conchyliculture sur le secteur.....</i>	<i>178</i>
<i>Figure 69 : Activités primaires tributaires de la qualité de l'eau sur le</i>	<i>179</i>
<i>Figure 70 : Localisation des quartiers maritimes et répartition du nombre de</i>	<i>186</i>
<i>Figure 71 : Zones de pêche (sans les zones de chalutage) d'après</i>	<i>189</i>
<i>Figure 72 : Un espace multi usage</i>	<i>190</i>
<i>Figure 73 : Espace autorisé au chalutage de fond</i>	<i>191</i>
<i>Figure 74 : Dragage des fleuves et exploitation des granulats marins</i>	<i>200</i>
<i>Figure 75 : Zones Natura 2000 (vert) dans le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)</i>	<i>201</i>
<i>Figure 76a : Proposition de zones Natura 2000 en mer sur le Mor Braz (www.natura2000.fr)</i>	<i>203</i>
<i>Figure 77 : Proposition de périmètre d'étude de Parc Naturel Marin (AAMP 2009)</i>	<i>207</i>
<i>Figure 78a : Points de suivi des réseaux sur la Baie de Vilaine</i>	<i>210</i>
<i>Figure 79a : Points de suivi des réseaux sur le traict du Croisic.....</i>	<i>212</i>
<i>Figure 80 : Présentation générale de la surveillance REMI et de ses conséquences (tirée des LER/MPL/NT et TM 2010).....</i>	<i>222</i>
<i>Figure 81 : Contamination bactériologique des palourdes sur le site de Pen Bé</i>	<i>223</i>
<i>Figure 82 : Evaluation du bon état d'une masse d'eau selon la DCE.....</i>	<i>230</i>
<i>Figure 83 : Réseau de surveillance DCE sur le secteur Loire/Vilaine et état écologique des masses d'eaux au 10/03/11</i>	<i>233</i>
<i>Figure 84 : Réseaux de surveillances des eaux côtières sur le littoral.....</i>	<i>238</i>
<i>Figure 85 : Localisation bouée MAREL large Vilaine (Aoustin 2007)</i>	<i>245</i>
<i>Figure 86 : Relevé des températures de fond et de surface données par la bouée Molit placées à l'entrée de la Vilaine (sur le site www.previmier.org).....</i>	<i>246</i>
<i>Figure 87 : Etat de l'eutrophisation sur le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)</i>	<i>254</i>
<i>Figure 88 : Relation entre les concentrations en Plomb par rapport à la teneur en aluminium dans les sédiments du Golfe de Gascogne (tiré du RNO 2005)</i>	<i>256</i>
<i>Figure 89 : Emplacement des stations d'échantillonnage de la faune benthique dans les étiers de la rive nord de l'estuaire de la Vilaine : Étier de Billiers (à gauche) et Étier de Kerdavid (à droite) (Caquet 2009).....</i>	<i>260</i>

<i>Figure 90 : Concentrations plasmatiques en vitellogénine des flets mâles (A) et femelles (B) de différents estuaires de la façade atlantique en janvier et juin. Les barres représentent les</i>	261
<i>Figure 91 : Apport d'atrazine par la Vilaine, et concentrations simulées par le logiciel MARS-2D à pleine mer en période de crue (Jeanneret et al. 2006)</i>	263
<i>Figure 92 : Les sources de contamination microbiologique (http://envlit.ifremer.fr/)</i>	264
<i>Figure 93 : Simulation des concentrations en coliformes fécaux</i>	266

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau des flux de nutriments issus de la Vilaine	27
Tableau 2 : Flux de nutriments issus de la Loire	47
Tableau 3 : Tableau résumant les impacts des dragages d'entretien de l'estuaire de la Loire (d'après Truhaus 2006)	69
Tableau 4 : Caractéristiques des bassins versants côtiers entre ceux de la Vilaine et de la Loire (selon Cap Atlantique 2009 et Jeanneret et al. 2006)	72
Tableau 5 : Évolution de la biomasse totale en kg/ha dans l'estuaire de la Loire depuis 1983	150
Tableau 6 : Principales espèces d'oiseaux marins répertoriées par Recorbet (1996) en fonction de la bathymétrie	157
Tableau 7 : Populations résidentes des 27 communes du territoire Loire/Vilaine considéré (d'après Wikipedia, données derniers recensement 2006-2007)	163
Tableau 8 : Population résidente et estivale et assainissement collectif	165
Tableau 9 : Autorisations en cours d'extraction de granulats marins au large de l'estuaire de la Loire	198
Tableau 10 : Récapitulatif des suivis sur le littoral	215
Tableau 11 : Normes microbiologiques des eaux de baignade dans les masses d'eaux côtières ou de transition	239
Tableau 12 : Importance des usages dans le secteur côtier Loire Vilaine	247
Tableau 13 : Importance des perturbations rencontrées dans le secteur côtier Loire Vilaine (d'après Baudrier 2002)	248
Tableau 14 : Evaluation des masses d'eaux côtières (état de l'évaluation selon atlas Ifremer, mars 2011)	249

VOLUME B : PARTIE V ANNEXES (181 pages)

- Annexe 1 : Programme SLMLV (résumé)
- Annexe 2 : Liste et présentation des acteurs et des programmes
- Annexe 3 : Liste des documents utilisés
- Annexe 4 : Compléments sur le bouchon vaseux et crème de vase en Loire
- Annexe 5 : Compléments sur les aménagements de la Loire
- Annexe 6 : Compléments sur le dragage d'entretien de la Loire
- Annexe 7 : Compléments sur le Sédiment/Benthos en Baie de Vilaine
- Annexe 8 : Phytoplancton
- Annexe 9: Benthos
- Annexe 10 : Poissons
- Annexe 11 : Oiseaux
- Annexe 12 : Habitats protégés
- Annexe 13: Compléments sur les activités humaines
- Annexe 14 : Compléments sur le RNO
- Annexe 15 : Compléments sur le REPHY
- Annexe 16: Liste des réglementations les plus importantes
- Annexe 17 : Compléments sur le REBENT
- Annexe 18 : Compléments sur la DCE
- Annexe 19 : Compléments sur l'eutrophisation

PARTIE I :
INTRODUCTION - DE LA TERRE VERS LA MER

I.1. Présentation des acteurs principaux et définition du périmètre de l'étude

I.1.1 Acteurs principaux

Une liste est présentée en Annexe 2 des acteurs principaux et autres parties prenantes sur le secteur Loire/Vilaine. Cette liste n'est pas exhaustive.

Parmi ces intervenants majeurs, nous avons identifié la liste suivante dont certains membres sont partenaires du présent programme SLMLV :

I.1.1.1 Etablissements Publics de l'Etat

➤ **Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB) (<http://www.eau-loire-bretagne.fr/>)**

Les agences de l'eau sont placées sous la tutelle du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM). L'agence de l'Eau Loire-Bretagne est chargée de la mise en œuvre du programme décidé par le Comité de bassin Loire-Bretagne en 2006, pour la période de 2007-2012 et qui repose sur :

- le respect de la directive « eaux résiduaires urbaines » qui fixe des objectifs de performance du traitement des eaux usées pour toutes les communes ;
- la DCE avec un objectif de qualité des eaux et des milieux aquatiques à l'horizon 2015 ;
- la loi sur l'eau et les milieux aquatiques,
- l'établissement du SDAGE et des SAGEs.

A ce titre, l'AELB traite avec des instituts comme Ifremer et d'autres intervenants pour l'application de la DCE sur les masses d'eaux côtières et de transition. Le responsable de ce programme est Philippe Fera. L'AELB participe au programme en cours SLMLV comme organisme financeur intéressé par les résultats sur le secteur Loire/Vilaine.

➤ **Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (www.ifremer.fr)**

L'Ifremer est un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), créé par un décret du 5/07/84 et placé sous la tutelle de 4 ministères. Il gère notamment tous les réseaux de suivis du milieu côtier. Il participe aux recherches sur le littoral, l'océanographie, et suit des activités comme la pêche et l'aquaculture. Sont concernés par l'étude SLMLV: les laboratoires côtiers de Nantes et la Trinité sur Mer, les centres de recherche de Brest et de Nantes et de La Tremblade. L'Ifremer participe au programme en cours SLMLV en tant que partenaire scientifique très impliqué sur le secteur Loire/Vilaine (avec H. Oger-Jeanneret comme responsable, laboratoire Morbihan-Pays de Loire).

➤ **Agence des aires maritimes protégées (AAMP) (www.aires-marines.fr/)**

Créée en 2006, l'AAMP pilote la mise en place des aires marines protégées sur le littoral français et les DOM-TOM. Une aire marine protégée (AMP) est un espace délimité en mer, sur lequel est fixé un objectif de protection de la nature à long terme. Cet objectif est rarement exclusif : il est souvent, soit associé à un objectif local de développement socio-économique, soit articulé avec une gestion durable des ressources. L'AAMP est placée sous la tutelle du MEEDDM. En lien avec le secteur Loire/Vilaine, l'AAMP propose la création d'un parc naturel marin, sur le Mor Braz, dont le périmètre exact n'est pas encore déterminé. Une mission d'étude pour ce futur parc marin devrait être mise en place d'ici fin 2010. L'AAMP participe au programme en cours SLMLV comme organisme financeur intéressé par les résultats sur le secteur Loire/Vilaine, en préparation du projet de futur parc marin.

➤ **Le Grand Port Maritime de (ex. Port Autonome) Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN) (www.nantes.port.fr/)**

Le port de Nantes Saint-Nazaire a été créé par le décret n° 65-938 du 8 novembre 1965. C'est un établissement public de l'Etat, à caractère industriel et commercial. Il est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Truhaus (2006) fait un historique du GPMNSM qui n'a pas toujours été autonome. Placé sous la tutelle du Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer, le Port Autonome est administré par un Conseil d'Administration, assisté d'un Contrôleur d'Etat (contrôle financier) et d'un Commissaire du Gouvernement (contrôle technique). Il est dirigé par un directeur nommé en Conseil des Ministres, à la fois exécutif du Conseil d'Administration et représentant du ministre pour les secteurs de sa compétence directe. Le Port Autonome est chargé, à l'intérieur des limites de sa circonscription des travaux d'extension et d'amélioration, de renouvellement et de reconstruction, ainsi que de l'exploitation, de l'entretien et de la police du port et de ses dépendances et de la gestion du domaine immobilier qui lui est affecté.

➤ **L'université de Bretagne sud (UBS), www.univ-ubs.fr/**

Créée en 1995, l'Université de Bretagne-Sud, UBS, est implantée sur 3 sites : Lorient, Vannes et Pontivy. L'équipe située à Vannes du laboratoire LabSTICC (D. Menier, P. Maé et E. Goubert) travaille plus particulièrement sur l'estuaire et la Baie de la Vilaine.

➤ **Université de Bretagne Occidentale (UBO) située à Brest (www.univ-brest.fr/)**

L'Université Bretagne Occidentale (UBO) est particulièrement investie dans les travaux de suivi du littoral. Elle est impliquée dans le REBENT, par les 2 laboratoires : le Laboratoire d'Écophysiologie et Biotechnologie des Halophytes et Algues Marines (LEBHAM) et le Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR).

➤ **Muséum National d'Histoire Naturelle: www.mnhn.fr**

Le siège du Muséum est à Paris. Le laboratoire intervenant notamment sur le REBENT (suivi de la faune et de la flore des fonds subtidiaux rocheux) est la Station de Biologie Marine de Concarneau (www.mnhn.fr/concarneau/), impliqué comme partenaire et prestataire dans le programme SLMLV en cours (avec Sandrine Derrien-Courtet). Le Muséum a été chargé par le MEEDDM d'effectuer les inventaires ZNIEFF en mer.

➤ **La station biologique de Roscoff (www.sb-roscoff.fr/)**

La station biologique de Roscoff est aussi impliquée dans le suivi du littoral, elle gère, entre autres, le programme Ekokelp sur les laminaires. Elle appartient au CNRS/Université de Paris VI.

➤ **Agrocampus à Rennes (www.agrocampus-ouest.fr/)**

L'Agrocampus Ouest est un établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPSCP), sous tutelle du ministère de l'Alimentation, de l'agriculture et de la pêche. Des équipes sont impliquées dans des programmes de recherche sur l'environnement, la pêche, la mer et le littoral. Le pôle halieutique (O. Lepape) a beaucoup travaillé en Baie de Vilaine.

➤ **Université de Nantes (letg.univ-nantes.fr/)**

L'UMR 6554 *Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique* regroupe quatre laboratoires rattachés aux universités de Bretagne Occidentale, Caen, Nantes et Rennes 2. Le projet scientifique de cet UMR est construit autour de trois équipes réunies sous une question de recherche générique commune concernant l'analyse et la modélisation des systèmes complexes à l'interface entre nature et société. Géolittomer est l'un des quatre pôles de l'UMR 6554 LETG - Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique., hébergé à l'Université de Nantes, et intervenant important sur le secteur Loire/Vilaine.

I.1.1.2 Services décentralisés de l'Etat

Ces services sont en cours de restructuration. Sont particulièrement concernés par le secteur Loire/Vilaine et l'étude :

- Action Sanitaire et Sociale (ex DDASS) ARS Agence Régionale de Santé
- Environnement (anciennement DIREN, maintenant DREAL) (www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr),
- Affaires Maritimes (DDTM Direction départementale des Territoires et de la Mer, DIRM Direction Interrégionale de la Mer)
- Service Maritime et de Navigation (SMN rattaché aux DDTM)

I.1.1.3 Collectivités Territoriales, Structures Intercommunales

➤ Collectivités Territoriales

- Conseils Régionaux (Région Bretagne, Région Pays de la Loire)
- Conseils Généraux (56, 44).

➤ Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI)

- **Communauté de commune du pays de Muzillac** dont Sarzeau, Surzur, le Tour-du-Parc, Damgan, Ambon, Billiers, Arzal.
- **Cap Atlantique** dont Camoël, Férel, Pénestin, Assérac, Mesquer, Piriac-sur-mer, La Turballe, Le Croisic, Batz sur Mer, Le Pouliguen, La Baule Escoublac.
Cap Atlantique a été nommé gestionnaire pour un certain nombre de sites Natura 2000 (à terre) (cf DOCOB 2006). L'équipe Environnement est très impliquée sur la qualité des eaux côtières, la préservation du patrimoine naturel et le soutien à des activités primaires comme l'agriculture (raisonnée ou biologique), la saliculture et la conchyliculture.
- **La Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire (CARENE)** dont Saint Nazaire, Montoir de Bretagne, Donges.
- **Communauté de communes Sud –Estuaire** dont Paimboeuf, Corsept, Saint Brevins les Pins, Saint Michel Chef Chef, La Plaine sur Mer

I.1.1.4 Etablissements Publics Locaux

➤ Institution d'Aménagement de la Vilaine (www.eptb-vilaine.fr/)

L'Institution d'Aménagement de la Vilaine (IAV) est un Etablissement Public Territorial de Bassin créé en 1961. Ses missions sont :

- la maîtrise du régime des eaux avec la protection des lieux habités et l'hygiène publique grâce au barrage d'Arzal
- la production d'eau potable et son adduction vers les départements du Morbihan, d'Ille-et-Vilaine et de Loire Atlantique,
- l'amélioration des communications,
- l'aménagement des infrastructures fluviales nécessaires au développement de la navigation et du tourisme,
- la préservation et la mise en valeur des milieux naturels, la restauration des migrations piscicoles.
- L'institution contribue à la production de 12 M de m³ d'eau potable pour les collectivités de Loire-Atlantique. Elle assure également la mise en oeuvre du Schéma d'Aménagement et de Gestion (SAGE) des Eaux de la Vilaine.

L'IAV participe au programme en cours SLMLV comme organisme financeur intéressé par les résultats sur le secteur Loire/Vilaine.

➤ **Groupement d'Intérêt Public Loire-Estuaire (www.loire-estuaire.org/)**

La Cellule de Mesures et de Bilans de la Loire Estuarienne a été créée en 1998 dans le cadre du premier Plan Loire Grandeur Nature et de la volonté des acteurs de l'estuaire de se doter d'un outil de capitalisation et de diffusion des connaissances sur la Loire et son estuaire.

En application d'une convention de préfiguration entre l'Etat et l'Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire (ACEL), la Cellule a été portée administrativement par l'ACEL jusqu'à sa transformation en Groupement d'Intérêt Public relevant de l'environnement (GIP), fin 2004.

Les partenaires du Groupement sont à parts égales l'Etat et ses établissements publics (Port Autonome de Nantes-Saint-Nazaire et Voies Navigables de France) et les collectivités et acteurs économiques locaux (Conseil Régional des Pays de la Loire, Conseil Général de Loire-Atlantique, Nantes Métropole, CARENE, Chambres de Commerce et d'Industrie de Nantes et de Saint-Nazaire, Union Maritime de Basse Loire).

Les missions du GIP Loire-Estuaire ont été élargies dans le cadre du nouveau Plan Loire Grandeur nature 2007 / 2013, la Loire estuarienne de la Maine à la mer est « plate-forme/grand projet ». Le Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire en est le « Pilote » et il est chargé de proposer une approche prospective cohérente et durable du territoire estuarien déclinée en 3 missions :

- poursuite, développement et diffusion de la connaissance et des suivis sur la Loire et son estuaire ;
- études de restauration à long terme de l'estuaire en aval de Nantes ;
- animation du SAGE,

Le GIP assistera les maîtres d'ouvrage pour les opérations de restauration, notamment la tranche expérimentale du scénario aval, le relèvement de la ligne d'eau en amont de Nantes et la restauration des marais estuariens. Le GIP animera le comité d'estuaire, lieu d'échanges, d'information et de concertation. Un comité scientifique accompagnera les réflexions et les travaux du GIP pour l'ensemble des programmes.

Beaucoup de documentation appartenant au GIP Loire Estuaire ont été consultés et cités pour cette étude.

I.1.1.5 Associations

➤ **Estuaires Loire/Vilaine : www.asso-loirevilaine.fr/**

Jean-Claude Menard et Eric Lauvray, deux plongeurs apnéistes, ont constitué l'association : « Estuaires Loire Vilaine » (ELV) en 2008 dont l'objet « L'étude, la préservation, la réhabilitation des fonds marins, et la qualité des eaux dans les estuaires et l'espace côtier LOIRE /VILAINE ». ELV est maître d'œuvre sur l'étude en cours et participe à l'acquisition de données sur les champs de laminaires sur le secteur Loire/Vilaine.

➤ **Bretagne Vivante (www.bretagne-vivante.org/)**

Bretagne Vivante, grande association de préservation de la nature, a contribué et contribue à plusieurs études et suivi sur l'avifaune sur le secteur Loire/Vilaine.

➤ **Ligue pour la Protection des Oiseaux (www.lpo.fr/)**

La section locale de la LPO a contribué et contribue à plusieurs études et suivi sur l'avifaune sur le secteur Loire/Vilaine.

I.1.1.6 Entreprises, secteur privé

➤ **Métiers environnement (Déchets –traitement des eaux)**

SAUR-SEPIG (Groupe Séché Environnement) (www.groupe-seche.com)

Le groupe Séché environnement est impliqué dans la gestion de l'eau et le traitement des déchets, actif dans le secteur Loire/Vilaine, en délégation du service public. Il est partenaire financier du projet SLMLV en cours.

➤ **Pétrochimie-énergie**

Le groupe Total est présent par sa raffinerie à Donges, et responsable de deux pollutions aux hydrocarbures sur le secteur Loire/Vilaine.

La Fondation d'entreprise Total (fondation.total.com/) exerce un mécénat financier et de compétences au bénéfice des programmes scientifiques liés à la biodiversité marine et côtière conduits par ses partenaires institutionnels. Elle soutient aussi les projets apportés par les collaborateurs et les filiales du Groupe. Elle constitue le principal financeur du programme en cours sur le secteur Loire/Vilaine, le projet étant suivi par Madame Laure Fournier. Elle a aussi beaucoup contribué à soutenir financièrement le réseau REBENT en Bretagne.

➤ **Bureaux d'études, centres de recherche**

- Bio-Littoral, Nantes (<http://www.bio-littoral.fr/>)

Bio-Littoral est une Start up de l'université de Nantes, dirigée par A.L. Barillé, bureau d'études spécialisé en biologie et écologie marine. Bio-Littoral est prestataire dans l'étude en cours SLMLV. Bio-Littoral conduit beaucoup d'études dans le secteur Loire (estuaire et large) pour el compte de plusieurs organismes (Ifremer, AELB, PANSN-GMPNSN, GIP-LE...). Il agit aussi en tant qu'expert scientifique pour l'élaboration d'indicateurs.

- STERMOR

R. le Gouvello (dirigeante de cette société de conseils et expertises en santé en aquaculture et dans le milieu aquatique, basée à Pénestin), a participé au montage et la coordination du programme SLMLV. Conseillée par H. Oger-Jeanneret (Ifremer), R. le Gouvello a conduit tout le travail de compilation bibliographique sur le secteur Loire/Vilaine, et rédigé ce rapport.

I.1.2 Périmètre de l'étude

Le territoire de l'étude a été défini par ELV, sur un secteur littoral s'étendant de l'estuaire de la Vilaine à l'estuaire de la Loire selon la carte ci-dessous (Figure 1) et nous devons aussi vérifier la pertinence de ce choix dans ce présent travail.

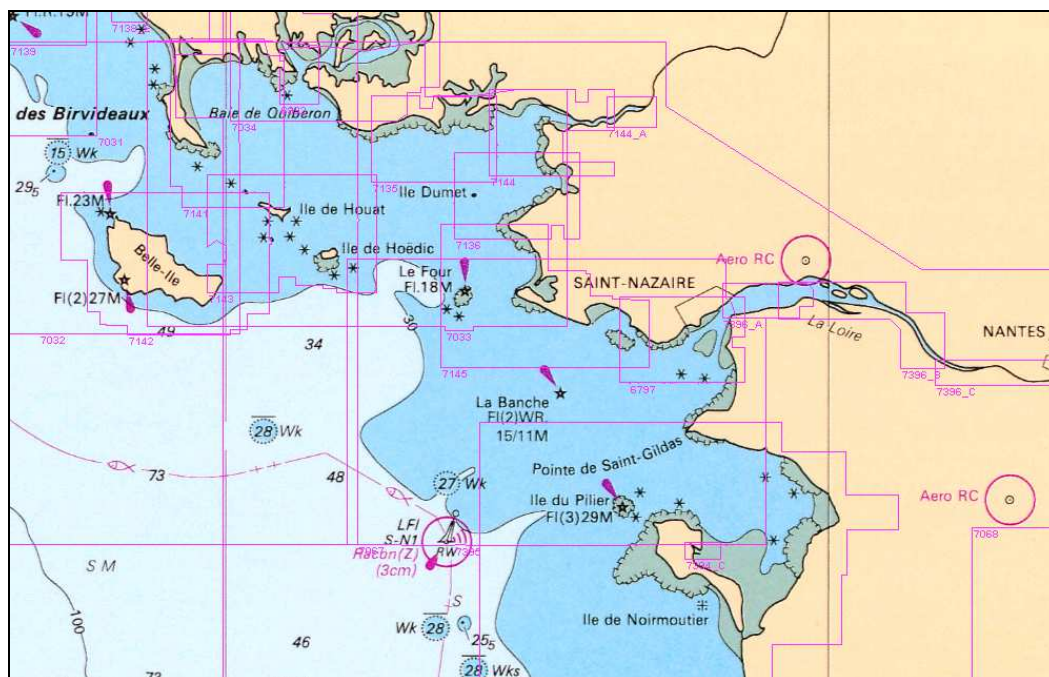


Figure 1 : Emprise géographique de l'étude

(d'après la carte du SHOM n°7033 - Ne pas utiliser pour la navigation)

Baudrier (2002) effectue une synthèse bibliographique sur un secteur littoral proche : « Etude intégrée du secteur Loire Vilaine : synthèse des connaissances et analyses des problématiques ». Il définit les limites de son territoire : « de la presqu'île de Quiberon à la Pointe de l'Herbaudière à Noirmoutier » qui comprend donc le Mor-Braz, l'estuaire externe de la Loire et la Baie de Bourgneuf (46,5° N à 47,4°N et 3,1°W aux rivages considérés).

Le territoire du futur parc marin en Bretagne sud (référence document de l'AAMP 2009) reprend les limites du Mor-Bras, de l'estuaire et la Baie de Vilaine, à la presqu'île de Quiberon, les îles (Belle-Ile, Hoat et Hoedic) et une limite sud au Croisic, sans englober donc l'estuaire de la Loire.

L'AELB définit des masses d'eaux côtières qui sont dans le périmètre de notre étude selon la figure ci-dessous (Figure 2):

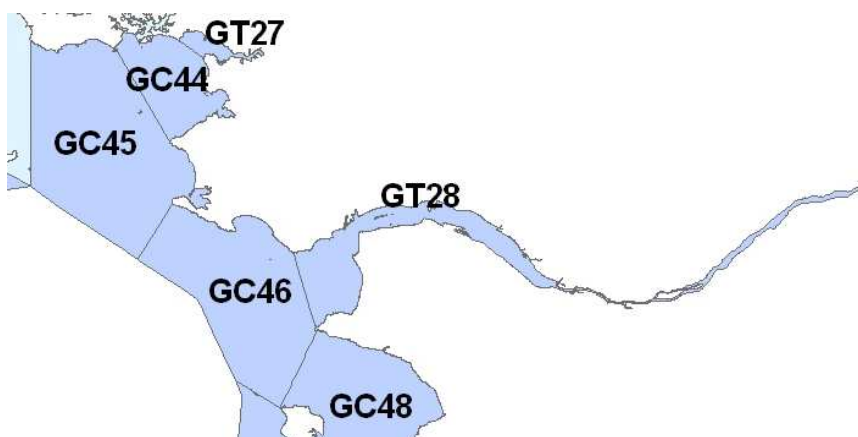


Figure 2 : Masses d'eaux côtières de l'étude

(source : atlas DCE littoral Loire Bretagne, Ifremer/AELB)

Les masses d'eaux qui nous concernent sont donc les suivantes :

- eaux de transition : GT27 (estuaire de la Vilaine), GT28 (estuaire de la Loire)
- eaux côtières : GC44 (baie de Vilaine), GC45 (Baie de Vilaine Large), GC46 (Loire Large)).

A la différence d'études précédentes de synthèse (Baudrier 2002 ; AAMP 2009), nous avons volontairement exclu de notre champ d'étude la Baie de Bourgneuf, le Golfe du Morbihan, la Baie de Quiberon, en considérant que ces zones côtières avaient un fonctionnement propre, et différent du reste de notre secteur. La masse d'eau très localisée de Pénérif (GT26) n'a pas non plus été incluse dans ce travail.

On peut noter d'ailleurs que dans un travail récent à la demande du COREPEM (comité de pêche local de la Turballe, le Croisic), Salvaing (2009) reprend quasiment le secteur proposé par ELV (Figure 3):

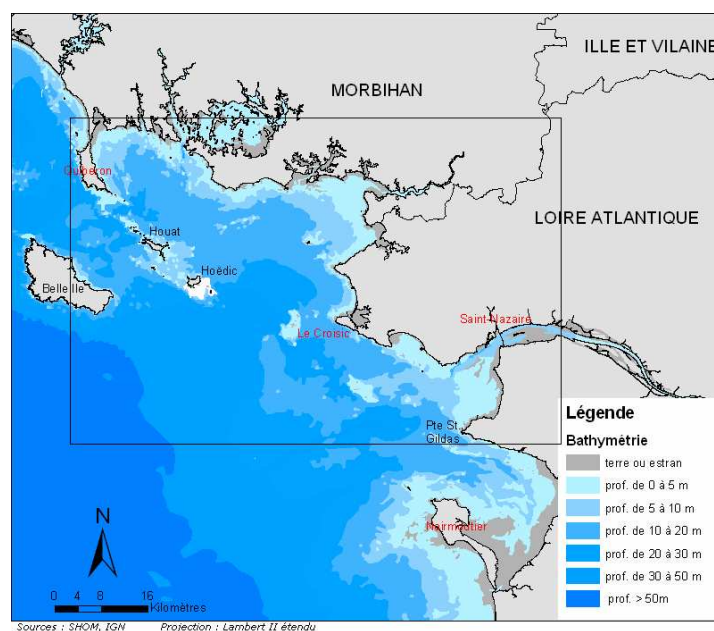


Figure 3 : Zone d'étude pour le COREPEM (Salvaing 2009)

I.2. De la terre vers la mer

Le secteur de l'étude englobe des zones littorales bien identifiées comme la Baie et l'estuaire de la Vilaine, l'estuaire de la Loire, et la côte entre ces 2 estuaires, notamment la « Côte d'Amour » de la Presqu'île Guérandaise. L'originalité du travail et de la vision de ELV est de considérer comme un ensemble côtier ce territoire et le secteur du large associé, avec les estuaires de ces 2 grands fleuves, afin de comprendre le fonctionnement des bassins versants et des estuaires.

I.2.1 La Vilaine, son estuaire et la Baie de Vilaine

I.2.1.1 Le bassin versant de la Vilaine

La Vilaine est le fleuve le plus important de Bretagne : 220 km de long, un bassin versant qui draine 4 départements (Morbihan, Ile et Vilaine, Loire Atlantique et Côtes d'Armor et quelques communes en Mayenne et Maine et Loire), un territoire à majorité agricole (78% selon Loyer 2001), caractérisé par de l'élevage hors-sol et bovin qui s'est intensifié au cours des 30 dernières années (Baudrier 2002 ; Briand 2009 ; Gailhard 2006 ; Goubert et Menier 2005; SAGE Vilaine 2003).

Le périmètre ainsi que le domaine du SDAGE Loire Bretagne, est constitué de l'intégralité du bassin versant de la Vilaine, auquel sont adjointes des rivières littorales se déversant dans l'estuaire maritime de la Vilaine. La surface totale de ce périmètre est de 11 190 km² (dont 10 500 km² "continentaux"). Le SAGE Vilaine, qui est le plus étendu des projets de SAGE en France, était désigné comme SAGE prioritaire par le SDAGE Loire Bretagne de 1996. Saunier (1985) dans les cahiers du Mor Braz estime la superficie des bassins versants littoraux du Mor Braz à 1200 km², soit 11% de la surface totale du bassin versant, et 15% du total des débits atteignant le Mor Braz.

Le bassin versant est essentiellement composé de terrain schisteux, qui constitue un substrat imperméable. La Vilaine a donc souvent été soumise à des crues violentes et des étiages sévères. Drouet (2001) précise que la nature des terrains traversés est à l'origine des vagues que la Vilaine charrie donnant cette couleur rouille de l'eau (d'où son nom). L'IAV sur son site préfère se référer au nom d'une déesse « VICENONIA » qui protégeait le fleuve (nom emprunté au gaulois), le personnifiait, déesse nommée « la victorieuse » ou « la combattante ». Le terme évolua en « Visnogne », « Visnègne » puis « Vislaine », d'où aujourd'hui « LA VILAINE ».

Le terrain est granitique plus en aval. Les précipitations de l'ordre de 800 mm/an ruissellent à 70%. Le bassin draine aussi des villes importantes comme Rennes et des industries autour des agglomérations de Rennes, Redon et Vitré.

I.2.1.2 Débits de la Vilaine

Selon plusieurs auteurs, le débit moyen de la Vilaine est estimé entre 75 et 90 m³/s ; 80 m³/s pour la plupart (Baudrier 2002 ; Briand 2009 ; Drouet 2001 ; Dussauze et Ménesguen 2008 ; Gailhard 2006 ; Goubert et Menier 2005 ; Guillaud *et al.* 2008 ; SAGE Vilaine 2003) mais il est effectivement très variable. Les extrêmes sont de quelques m³/s à l'étiage (<2m³/s en 1989) à plus de 1000 m³/s en crues (>1500 m³/s en 1995 ; 1850 m³/s selon ERAMM, 1995).

Les variations saisonnières et interannuelles sont importantes. Selon le SAGE Vilaine (2003), le bilan hydraulique annuel, c'est à dire la quantité d'eau apportée par la Vilaine, varie dans un rapport de 1 (1997) à 4 (1995), au cours de la période 1991-1998. Ce bilan annuel dépend directement de l'importance et de la durée des crues. Lors de la crue de 1995, il transitait certains jours près 140 millions de m³.

Salvaing (2009) reprend les variations saisonnières du débit moyen mensuel de la Vilaine à la Station hydrologique de Rieux (au sud de Redon). Les données sont calculées sur 31 ans (1970-2001) (source: <http://www.hydro.eaufrance.fr/>).

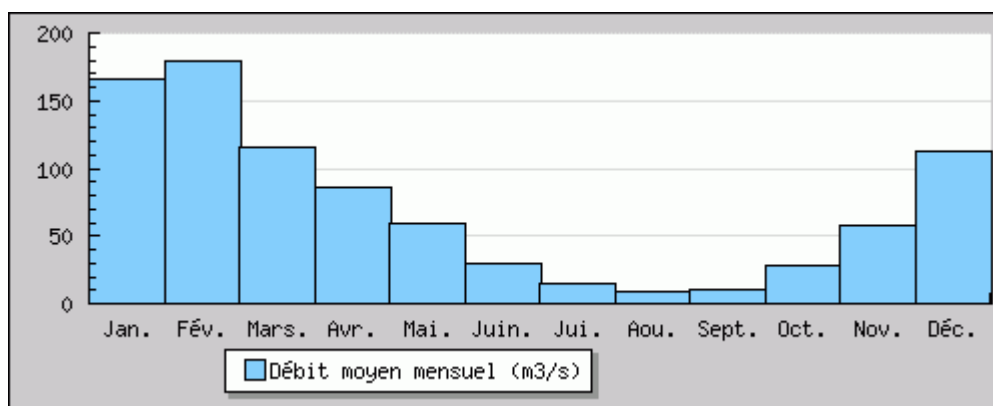


Figure 4 : Débit moyen mensuel (en m³/s) mesuré de la Vilaine (Salvaing 2009)

Ces variations de débit importantes et les inondations résultantes du bassin en amont sont notamment à l'origine de l'aménagement du barrage d'Arzal dont nous parlerons plus loin. Elles ont aussi un impact important sur les courants dans l'estuaire, ses variations de salinité et turbidité (Goubert et Menier 2005).

Dussauze et Ménesguen (2008) dans leur travail récent de modélisation montrent clairement l'extension géographique du panache de la Vilaine selon son débit. En période de débit normal, l'influence de la Vilaine est principalement localisée en Baie de Vilaine (apports dilués moins de 10 fois au niveau de son embouchure et dilués entre 100 et 200 fois au centre de la Baie de Vilaine). Son influence peut s'étendre jusqu'aux Glénan où ses apports sont dilués entre 200 et 1000 fois (cf figure 5 ci-dessous). Mais en période de crue, son influence peut s'étendre jusqu'aux abers (nord de Brest) où ses apports sont dilués entre 200 et 1000 fois.

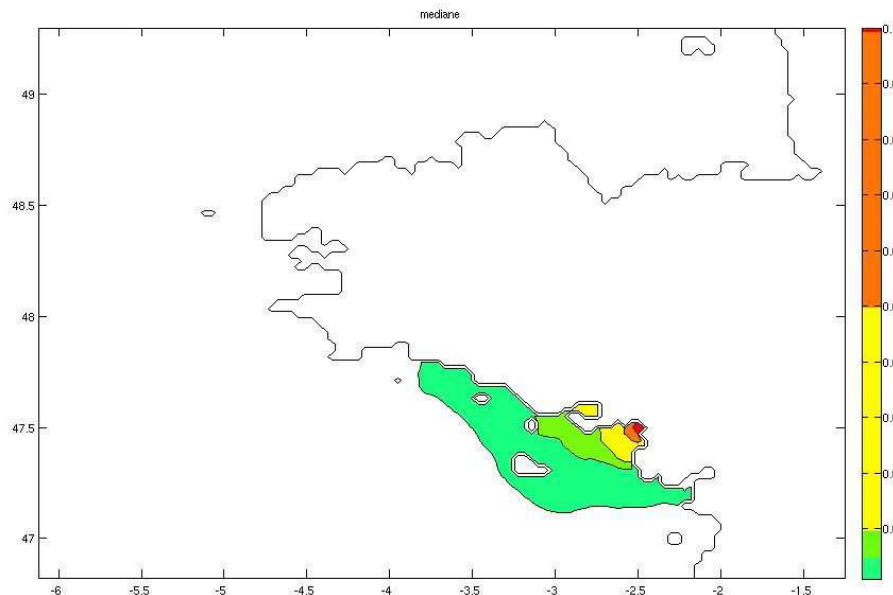


Figure 5 : Influence du panache de la Vilaine (médiane de la concentration d'un traceur de la Vilaine dans Dussauze et Ménesguen 2008)

I.2.1.3 Qualité d'eau de la Vilaine

I.2.1.3.1 Teneurs en nutriments (azote, phosphore)

Compte tenu de la nature de son bassin versant et de l'activité agricole dominante, il n'est pas étonnant de retrouver chez beaucoup d'auteurs un classement de l'eau de la Vilaine en « mauvaise » qualité. Mais comme le précise le SAGE Vilaine 2003, il s'agit d'un classement en « mauvaise et très mauvaise qualité globale nitrates ». Les concentrations de référence sont partout supérieures à 30 mg/l. Six sous-bassins (Seiche, Oust amont, Claie, Semnon, Oust aval, Lié, Yvel) sont classés en « très mauvaise qualité ». Déjà, en 1984, la Vilaine était estimée comme un milieu « eutrophe ».

Baudrier (2002) précise que l'azote est essentiellement d'origine agricole, en augmentation significative depuis 1970, le phosphore serait d'origine agricole ou urbaine (proportion 50/50), en augmentation au cours des années 1980 (Queguiner 1988).

Plusieurs auteurs calculent les flux d'azote et de phosphore sur la Vilaine. Ces chiffres sont à manipuler avec prudence. A notre sens, l'important est de noter les tendances. On peut résumer ces observations sur le tableau 1 :

Tableau 1 : Tableau des flux de nutriments issus de la Vilaine

Auteurs	Azote en t	Phosphore en t	Silicium en t	Observations
Clément (1987) dans Baudrier (2002)	16000	1030		
Asconit (2008)	30000 en 2000 20000 en 2007 fluctuations	800 en 2000 300 en 2007 Tendance diminution, remontée en 2005 ?		Basé sur débit à Rieux
ERAMM (1995)	30000 en 1994	1030 en 1994		Chiffres IAV
Aurusseau (2007)	16694 (depuis 2005)			Etude depuis 1980)
SAGE Vilaine (2003)	7000 à 31000			station Férel-Arzal
Briand (2009)	25000			embouchure
Guillaud <i>et al.</i> (2008)	15000	160	9000	Calcul sur 2004, comparaison avec Loire

Asconit (2008) reprend les calculs des flux de nutriments à partir des données des stations de Rieux et Férel et effectue une comparaison interannuelle sur la période 2000/2007. Ces variations interannuelles sont expliquées en quasi-totalité par celles du débit. Les données pondérées avec le débit indiquent une tendance à l'augmentation des flux d'azote nitrique, et inversement une diminution des flux de phosphore qui semblent tendre vers une limite asymptotique autour de 300-350 t/an depuis 2005.

D'une manière générale, en Bretagne, l'augmentation des concentrations en nitrate est confirmée (1 à 3 mg/L par an selon les bassins versants) jusqu'en 2000 environ (Porhel 1998). Toutefois, les apports azotés sont actuellement stabilisés, voire en diminution (CSEB 2006) et on commence à noter un effet des réductions de fertilisation (Guillaud et Bouriel 2007).

Le SAGE Vilaine (2003) précise que la décennie 1990-2000 est une période de stagnation ou de légère augmentation des concentrations en nitrates, à un niveau élevé. A Châteaubourg, les flux annuels sont compris entre 500 et 2200 tonnes de N-NO₃. A Arzal, ils se situent entre 7000 et 31000 tonnes. Les figures 6 et 7 tirées du document du SAGE Vilaine en cours de révision (communication de l'IAV 2010) montre bien à quel point le bassin versant joue le rôle de collecteur des excédents de nutriments avec une part importante des flux apportés par l'amont nord ouest, les affluents de la Lie et de l'Oust.

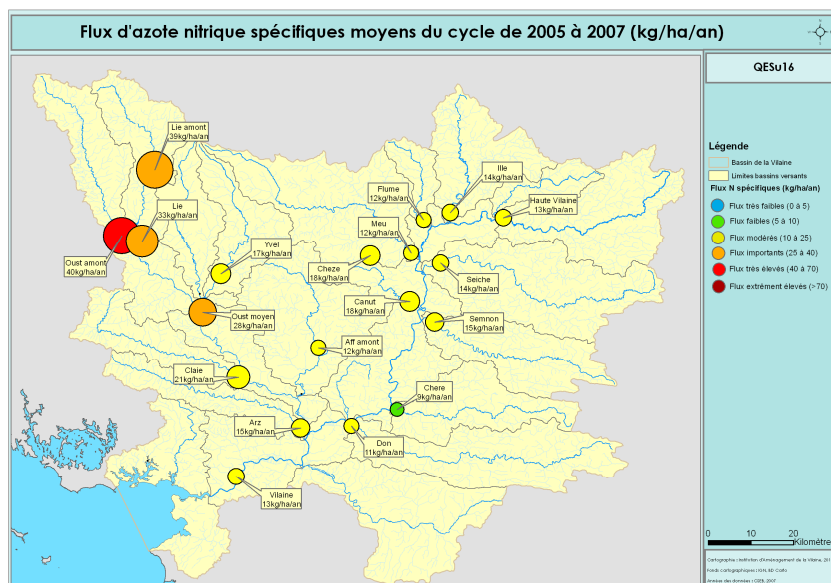


Figure 6 : Carte schématique des flux spécifiques en azote nitrique sur le bassin de la Vilaine (SAGE Vilaine révision en cours, IAV 2010)



les flux de Phosphore qui sont passés de 1 à 0,4 kg/ha entre 94 et 96, ce qui pourrait expliquer la tendance asymptotique observée par Asconit (2008).

Pour Salvaing (2009), la concentration moyenne en nitrate dans la Vilaine au niveau de St Dolay a augmenté significativement depuis 1976. Bien que présentant de fortes variations d'une année à l'autre, cette concentration passe d'une moyenne de 6 à 30 mg/l environ en 30 ans. Sur les phosphates, il note que la concentration mesurée à St Dolay augmente jusqu'en 1992 puis diminue. Il conclut sur le fait que cette diminution est peut-être liée à l'accord passé avec le Syndicat français des fabricants de lessives en 1989, visant à la diminution de l'utilisation des phosphates dans les lessives. Cet accord a d'ailleurs été conclu à la suite de la publication d'études qui avaient mis en évidence l'aggravation de l'eutrophisation des rivières et des plans d'eau continentaux français due aux rejets de phosphates entrant dans la composition des lessives.

L'ensemble de ces travaux montre à quel point il est important de continuer ces calculs sur la période en cours pour répondre clairement à cette question essentielle, avec les mesures prises en matière de gestion de l'agriculture et qualité des eaux sur le bassin versant de la Vilaine, assiste-t-on à une réelle réduction du taux de nitrate qui puisse avoir des répercussions sur l'état d'eutrophisation en aval, sur l'estuaire et la baie de Vilaine ? C'est d'ailleurs un point essentiel de la révision du SAGE Vilaine en cours (communication IAV 2010).

Cette question est d'autant plus compliquée par le fait qu'une réduction drastique des apports azotés en Vilaine devra aussi s'accompagner d'une réduction aussi très significative sur la Loire pour entraîner un réel effet sur le littoral aval, comme l'ont démontré Dussauze et Ménesguen (2008).

I.2.1.3.2 Qualité des eaux exploitées par l'usine de Férel

Selon les documents de synthèse des SAGE Vilaine (2003) et Estuaire Loire (2005), les eaux de la Vilaine exploitées pour la production d'eau potable sont de qualité médiocre tant sur la plan bactériologique que chimique, avec de fortes variations saisonnières. La qualité (notée A3¹) des eaux pompées en Vilaine nécessite un traitement complet pour permettre leur potabilité. Le captage de l'eau se fait dans la retenue au niveau d'une fosse de 16 mètres de profondeur deux kilomètres en amont du barrage d'Arzal. La retenue créée par le barrage est d'environ 50 millions de m³. La capacité de prélèvement est constituée de 3 pompes de 1 600 m³/heure.

En 2003, les caractéristiques des eaux brutes de l'usine du Drézet étaient les suivantes :

- Turbidité : De 2,1 à 28,0 NTU
- Nitrates : De 2 à 41 mg/l
- Chlorures : De 28 à 126 mg/l
- Nitrates : De 2,0 à 41,0 mg/l
- Fer : < 10** à 288 µg/l
- Manganèse : < 10* à 218 µg/l
- Atrazine : < 0,02* à 0,23 µg/l
- Diuron : < 0,02* à 0,44 µg/l
- Isoproturon : < 0,02* à 0,15 µg/l
- Glyphosate : < 0,05* à 0,39 µg/l
- AMPA : 0,07 à 0,25 µg/l

** seuil de détection

¹ La Directive « Eaux Brutes » de 2000 concerne les eaux douces superficielles destinées à la production d'eau potable. Elle classe les eaux brutes en trois catégories selon leurs caractères physicochimiques et bactériologiques, A1 étant la meilleure qualité et A3 la moins bonne. Moins la qualité de ces eaux est bonne, plus le traitement de potabilisation doit être complet.

I.2.1.3.3 Contamination par des pesticides

Comme l'indiquent plusieurs études, les eaux de la Vilaine peuvent être contaminées par de forts niveaux de pesticides (Forget 1998, Laroche *et al.* 2008 ; Marchand *et al.* 2004 ; SAGE Vilaine 2003), avec des pics de contamination surtout en saison estivale dépassant communément les 2 µg/l.

Marchand *et al.* (2004) rappellent que la norme CEE de concentration en pesticides dans des eaux courantes doit être inférieure à 500 ng/l (0,5 µg/l). Elle est souvent dépassée en estuaire. En Vilaine, les concentrations sont parfois au-dessus, entre 100 et 7000 ng/l.

Dans la révision en cours de SAGE Vilaine (IAV 2010 communication écrite), les fréquences de dépassement de la norme des 0,1 µg/l des pesticides recherchés sont analysées sur le bassin versant. Sur certains pesticides comme le Glyphosate et l'AMPA, des dépassements critiques sont observés. Un exemple de ces dépassements est indiqué sur l'AMPA par la figure 8.

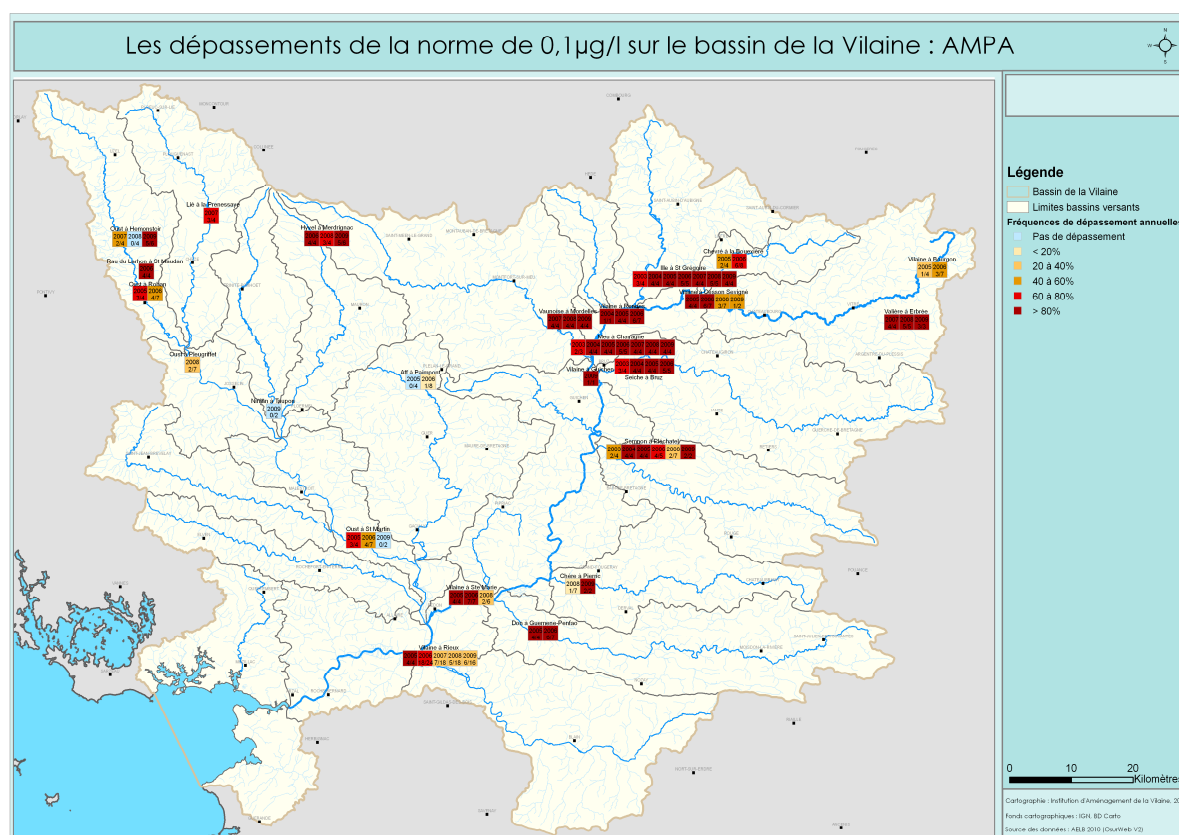


Figure 8 : Dépassement de la norme 0,1 µg/l sur le bassin de la Vilaine sur le pesticide AMPA (IAV 2010, communication sur le SAGE Vilaine révision en cours)

Sur l'estuaire (mesures à Férel), dans son analyse récente, le SAGE Vilaine (IAV 2010, communication sur la révision en cours) conclut clairement que l'usage des pesticides ne diminue pas : on retrouve aujourd'hui moins fréquemment les substances les plus connues, mais on retrouve leurs métabolites ou bien de nouvelles molécules.

L'analyse des principaux pesticides retrouvés à Férel depuis 2000 (Atrazine, Atrazine DE, Glyphosate, Diuron, Carbofuran, Isoproturon) montre une tendance à la diminution des concentrations de ces molécules depuis 2008, sauf pour l'isoproturon. Cependant l'analyse des pesticides totaux montre que la concentration totale ne chute pas en 2009. De nouveaux pesticides ont été suivis en 2009, cela expliquerait le fait que la concentration en pesticides totaux ne chute pas : de nouveaux pesticides ont été détectés (Cf Figure 9 ci-dessous).

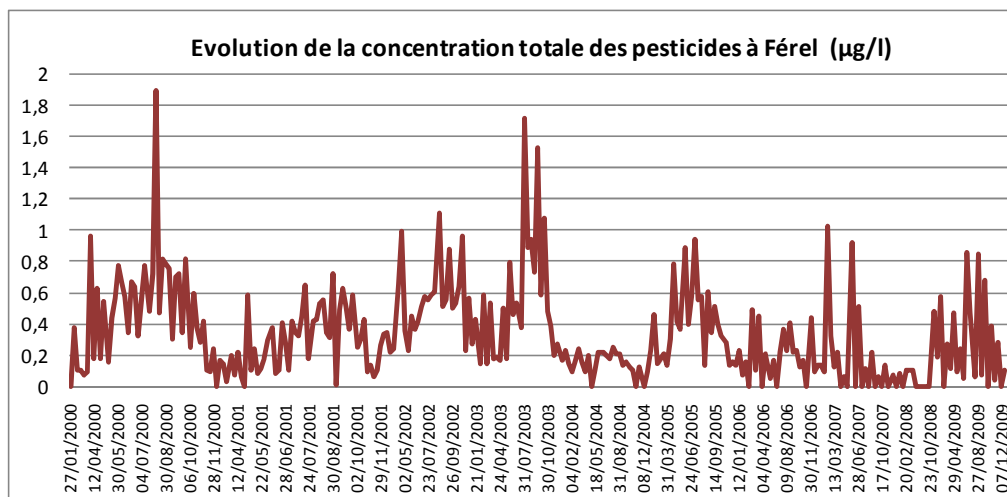


Figure 9 : Evolution de la concentration totale des pesticides à Férel (IAV 2010, communication sur le document de révision du SAGE Vilaine en cours)

I.2.1.4 Le barrage et ses conséquences

La partie aval de la Vilaine, son estuaire et la baie sont influencés par le barrage d'Arzal, sujet de nombreuses polémiques.

I.2.1.4.1 Rappels historiques :

A l'origine, le barrage d'Arzal a été construit en 1971 pour réduire l'impact des crues dans la zone sous influence des marées dynamiques jusqu'à Redon. Le projet visait également à accroître les activités agricoles dans les marais de Vilaine, et à assurer une liaison routière entre les deux rives. Par la suite, en 1972, une usine d'eau potable a été installée à un kilomètre en amont du barrage. L'eau salée ne devant plus pénétrer dans le bassin amont, les vannes ont alors été fermées et la Vilaine a perdu une cinquantaine de kilomètres d'estuaire.

Un rappel historique plus détaillé des faits est donné par Trivière (2005) dans une enquête sociologique auprès des riverains de l'estuaire de la Vilaine, dirigée par l'IAV. Trois grandes périodes peuvent se dégager qui expliquent et décrivent la création du barrage et les conséquences ensuite :

« L'avant-barrage »

- * 1936-1947 : Le pouvoir local est confronté aux risques d'inondations (crues majeures à Redon en 1936).
- * 1947-70 : La réflexion sur le projet de barrage est lancée en 1946. Les études démarrent. La décision sur le projet du barrage est prise en 1955. La possibilité de constitution d'une réserve d'eau douce (40 millions de m³) en amont du barrage est aussi retenue comme un argument pour justifier le barrage (ERAMM 1995) en sus de la gestion des inondations du bassin de Redon.
- * 1959 1960 : l'opposition au choix du site d'Arzal grandit, menée par les mytiliculteurs de Pénestin, la ville de la Roche Bernard et le député maire de Vannes mais la commission passe outre et le site d'Arzal est retenu. En 1970, le barrage est mis en service.

Le barrage et ses suites... Les institutions au devant d'une crise du territoire de 70 à 97

Le développement de la plaisance sur Arzal démarre à partir de 1980.

En 1974, les premières constatations d'envasement sont faites par les mytiliculteurs.

A partir de 1982-84 (mortalité massive de poissons en baie de Vilaine), les alertes écologiques se succèdent (crises anoxiques, proliférations de phytoplancton toxique...).

1990 : dispositif de siphons installé sur le barrage,

1991 : La capacité de l'usine d'eau du Drézet est portée à 90000 m³/j

1993 : l'IAV s'installe à la Roche Bernard, sa mission s'élargit à la gestion du barrage.

1995 : fortes crues, débordement du barrage

1996 : installation de la passe à poisson (selon Briand 2009 : 2 dispositifs pour les migrations des espèces amphihalines, soit une échelle à bassins successifs à fente verticale, dont le fonctionnement est régulé par un automate ajusté au niveau de la mer).

Vers une nouvelle gouvernance de 1997 à maintenant ?

1997 : création CLE Sage Vilaine et animation du SAGE par l'IAV

1999 : mise en place de la Commission Estuaire dans le cadre de l'élaboration du SAGE Vilaine

Mars 2000 : 27 préconisations de la CLE

2003 : publication du SAGE Vilaine et transformation de la Commission Estuaire en Comité d'estuaire permanent (réunion 3 à 4 fois/an)

2010 : révision du SAGE Vilaine démarrée

I.2.1.4.2 Le barrage et son fonctionnement

Le SAGE Vilaine 2003 décrit le barrage qui est composé de cinq éléments : une digue insubmersible, un ensemble de cinq pertuis (composés chacun d'une vanne wagon surmontée d'un volet déversant), une écluse, un dispositif de siphons et une passe à poissons.

En hiver, volets et vannes représentent la quasi totalité des volumes évacués, il n'en est pas de même en été, où les quantités transitant à la passe à poissons, aux siphons et à l'écluse peuvent dépasser 60 % du volume évacué. La gestion des volumes par l'ouvrage d'Arzal se fait en considérant le niveau de la Vilaine. Une cote journalière d'objectif est en effet définie pour le plan d'eau douce à l'amont du bief. Cette cote induit le mode de fonctionnement du barrage : selon le volume d'eau à évacuer, 1 à 5 vannes ou volets sont ouverts.

La gestion du barrage est réalisée conformément à un règlement d'eau validé par tous les acteurs. Elle implique donc des arrivées plus ou moins conséquentes d'eau douce sur l'estuaire. Le Hir *et al.* (1986) effectue un premier travail pour estimer les conséquences de ces ouvertures et chercher à les programmer. Son modèle montre que la stratification à l'aval et le flux entrant varie peu selon le régime des ouvertures des vannes. Mais la vitesse de courants en est très dépendante. Il préconise des lâchers à marée basse dans des situations critiques (morte eau et crues). En période de vive eau et de crues, les ouvertures peuvent se faire à marée basse pour provoquer un effet de chasse, un désenvasement. Mais elles peuvent aussi être réparties entre 2 niveaux de pleine mer.

I.2.1.4.3 L'envasement : une conséquence directe du barrage...

De nombreuses études ont été effectuées depuis la mise en place du barrage pour statuer sur l'envasement de la partie aval de la Vilaine. Certaines sont encore en cours (DHI 2009) à l'initiative de l'IAV qui en est le maître d'ouvrage.

La première étude majeure a été faite par le bureau d'études ERAMM en 1995 qui documente en particulier l'incidence de l'option zéro (celle qui consiste à ne pas intervenir sur l'estuaire, le « laisser faire ») et qui préconise des mesures pour lutter contre l'envasement.

ERAMM (1995) conclut clairement par rapport à une situation initiale de 1960 que l'estuaire de la Vilaine s'envase de manière beaucoup plus significative depuis que le barrage d'Arzal a été créé. Les volumes déposés de sédiment semblent évoluer vers un équilibre dynamique depuis les années 1990 (sauf cas exceptionnel de crues comme en 1995). Cet équilibre est caractérisé par un cycle de processus érosion-dépôt qui met en jeu un volume de vase pouvant atteindre un million de m³. La figure ci-jointe (Goubert *et al.* 2010) est particulièrement explicite sur cette évolution des dépôts vers un équilibre.

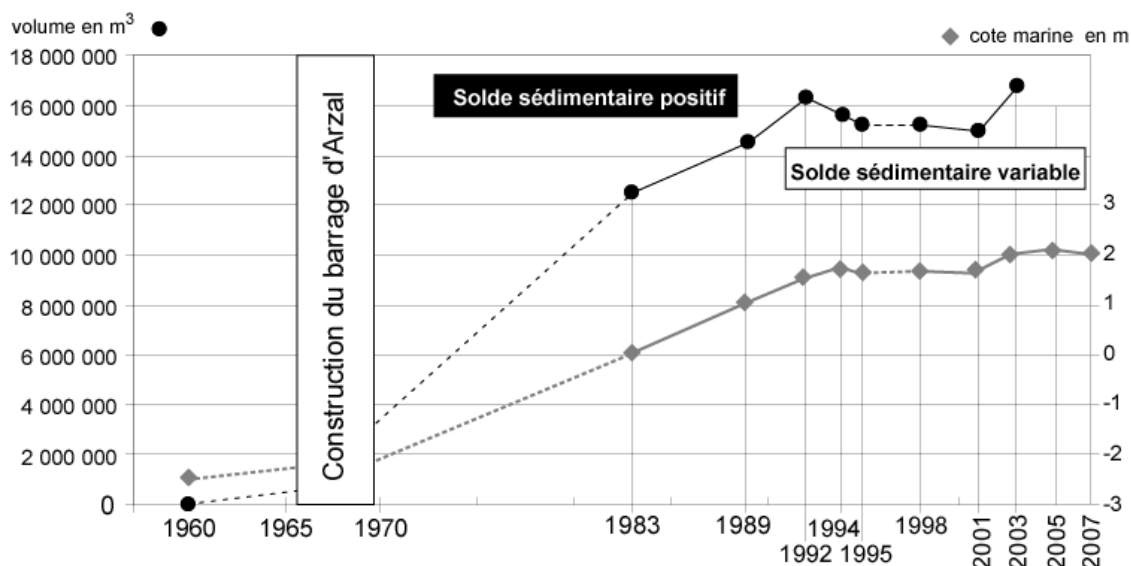


Figure 10 : Evolution des soldes sédimentaires calculés pour les secteurs interne et intermédiaire (d'après ERAMM-RIVAGES, 1995 et GOUBERT et MENIER, 2005) et évolution de l'altitude en cote marine du Banc du Strado (secteur des Altus). (Goubert *et al.* 2010)

Néanmoins, cette évolution vers un équilibre, confirmée par DHI (2009) par Goubert et Menier (2005) et par Goubert *et al.* (2010) n'est pas incompatible avec un processus lent et continu de colmatage de l'estuaire: végétalisation en amont, comblement des étiers, méandrisation, description reprise par Drouet (2001). Goubert et Menier (2005), Goubert *et al.* (2010) re-calculent les volumes de sédiments déposés/érodés de 1960 à 2003 et insistent sur le lien avec les débits enregistrés:

- 1960 – 1992 : solde toujours positif soit un total de **16 millions de m³ déposés**, avec une forte augmentation des volumes déposés depuis le barrage,
- 1992-2003: solde variable, selon les débits enregistrés, environ 1 millions de m³

Quand les débits moyens sont supérieurs à 500 m³/s, on assiste à un effet de chasse, pouvant éventuellement entraîner des dépôts sur les vasières.

Pour des débits moyens inférieurs à 500 m³/s, le taux de sédimentation est de 30-35 cm/an, entraînant une réduction moyenne du chenal de 15 m/an.

En l'absence de crues ou de débits importants, il n'est donc pas certain que cet état d'équilibre soit maintenu.

Goubert *et al.* (2010) insistent aussi sur le fait que le secteur du Banc du Strado, siège d'une accrétion à un rythme variable, montre qu'il y a encore de l'espace disponible dans l'estuaire de la Vilaine et qu'il est important de caractériser ses variations morphologiques en fonction des conditions hydrodynamiques (Figures 11 et 12). La comparaison des relevés de 1820 et 1960 montre que selon les secteurs, l'estuaire est caractérisé par un exhaussement global des fonds de 1 à 4 m, avec l'exhaussement maximal de 4 m observé au niveau de la vasière septentrionale (Banc du Strado). Goubert *et al.* (2010) résume d'ailleurs plusieurs travaux que l'équipe a mis en œuvre sur l'évolution de la bathymétrie sur l'estuaire de la Vilaine de 1820 à 2007.

Le profil bathymétrique en coupe transversale sur le Banc du Strado entre 1960 et 2003 est très significatif sur ce processus d'envasement (Figure 11).

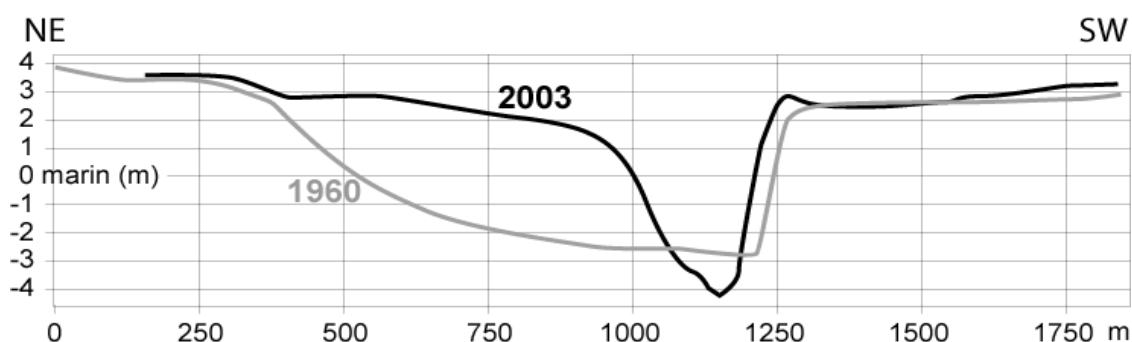


Figure 11 : Evolution en coupe du Banc du Strado entre 1960 et 2003 (coupe localisée sur les différentes cartes) (Goubert et al. 2010)

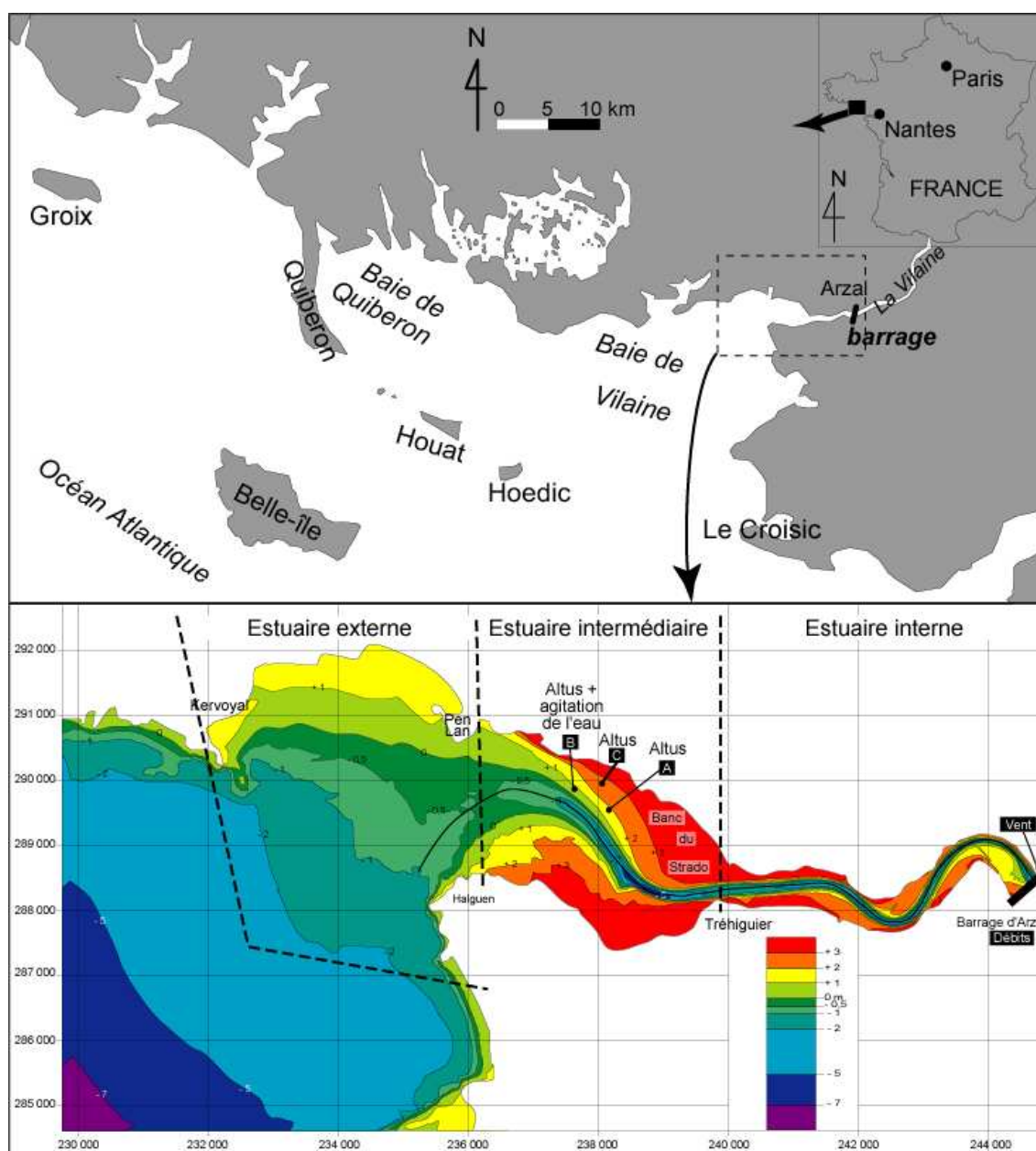


Figure 12 : L'estuaire de la Vilaine : localisation, bathymétrie (2007) et plan de position des stations de mesures (tirée Goubert et al. 2010)

Dans les conditions moyennes (crues et étiages modérés), ERAMM (1995) estime ces dépôts moyens annuels autour de **20000 m³**, d'où parmi les mesures retenues, celle des dragages tout en gérant leur calendrier en fonction des marées, des débits, etc... Pour Goubert *et al.* (2010), sur la période, de 1960 à 2003, les calculs des soldes sédimentaires, entre chaque suivi bathymétrique, révèlent que dans la zone estuarienne interne et intermédiaire, 16 millions de m³ ont comblé l'estuaire en environ 30 ans. **Depuis le début des années 1990, chaque année, entre 1 et 2 millions de m³ de sédiments sont érodés/déposés respectivement au niveau principalement du chenal et des vasières, en fonction des périodes de crues (1995), de tempêtes (1999 et 2000) ou de calme (de 2001 à 2003).**

Selon les calculs d'ERAMM (1995), une diminution de 70-80 % du volume oscillant créée par le barrage expliquerait cet envasement. Drouet (2001) explique qu'avant le barrage, les courants étaient plus forts en vive-eaux, au cours desquelles la marée faisait rentrer 60 millions de m³ et en morte-eau : 20 millions. Le barrage a réduit de 70% ce volume oscillant, soit approximativement de 20 et 6,5 millions de m³, selon la marée. En conséquence, les courants de jusant et de flots ont été en effet réduits (de 33 à 66%). L'estuaire est passé de 50 km (remontée des eaux salines jusqu'à Redon avant le barrage) à 12 km. La propagation de l'onde de marée a été modifiée avec une accentuation de sa dyssymétrie, réduction de la durée du flot et augmentation de celle du jusant, ce qui favorise la décantation des MES, d'autant plus en étiage, sans lâcher. Ces explication de l'envasement sont confirmées récemment par DHI (2009) et Goubert et. (2010).

Le transport sédimentaire dans l'estuaire de la Vilaine dépend des conditions hydrodynamiques ambiantes, c'est-à-dire de la marée, du débit de la Vilaine et des vagues formées par le vent, soit localement, soit à l'extérieur de l'estuaire, qui remettent en suspension les sédiments. Pour Goubert et. (2010), le déplacement de la zone de turbidité maximum s'est fait vers vers l'aval (estuaire intermédiaire), associé à la diminution de la valeur de la turbidité maximum et donc l'augmentation de la décantation des fractions fines dans ce domaine intermédiaire.

Pour Drouet 2001, seulement 1-12 % du sédiment viendrait de la Vilaine, le reste venant de la mer, de la Loire, de l'érosion, avec un rythme avant barrage de 2 temps d'érosion pour un temps de sédimentation, selon la marée. On est en situation quasi inverse depuis le barrage, d'où un dépôt accru de sédiment (estimation de 21 cm/an par rapport à 0,5 cm/an sur les 2500 dernières années). L'étude en cours (DHI 2009) confirme que l'origine des vases de l'estuaire de la Vilaine est presque exclusivement marine. L'érosion de berges ou de plages causée par une augmentation locale des courants ou des vagues peut également contribuer à l'augmentation du stock sédimentaire mobilisé dans l'estuaire. La réduction des courants a alors favorisé le dépôt des sédiments en suspension dans l'eau, entraînant le resserrement du chenal principal et une augmentation du stock de sédiments à l'extérieur de l'estuaire. La sédimentation importante après la construction du barrage a créé des vasières, qui sont sensibles à l'érosion par les vagues (DHI 2009), elle a aussi entraîné une forte diminution du bouchon vaseux. Dans une publication récente, Goubert *et al.* (2010) dont l'équipe scientifique est très impliquée dans la compréhension du fonctionnement de l'estuaire de la Vilaine, précise que les sédiments superficiels sont composés de vases sableuses, avec une fraction inférieure à 45 µm allant de 10 à 99% selon la saison. Les vases de la Baie et du domaine estuarien sont remises en suspension par la houle, les vagues de tempête et la mer de vent, puis elles sont transportées vers l'estuaire ou expulsées de l'estuaire selon la marée.

On relève, rapporté par ERAMM (1995) qu'apparemment, les modèles de l'époque avaient prédit cet envasement mais les recommandations faites sur les programmes de chasse d'eau n'ont pas été suivies, à l'époque.

Le SAGE Vilaine (2003) ne se le cache pas non plus : *« l'envasement de l'estuaire est lié à la construction du barrage d'Arzal. Le blocage de l'onde de marée à 12 kilomètres de l'embouchure de la Vilaine, a réduit le volume oscillant, et la rupture de l'équilibre de l'envasement de l'estuaire devenait une évolution prévisible et inexorable. En revanche, l'ampleur et la rapidité de cet envasement ont été accentuées dans des proportions qui n'avaient pas été prévues, suite à l'utilisation de la réserve d'eau douce. En effet, le mode de gestion du barrage qui en a découlé privilégie le stockage d'eau douce, au détriment du débit évacué en intersaison et en étiage. »*

La controverse de fait n'est plus sur l'envasement, conséquence directe du barrage mais sur les conséquences de cet envasement sur l'ensemble du socio-écosystème de l'estuaire et la baie de Vilaine ainsi que les mesures adoptées de gestion. Trivière (2005) souligne en effet que pour beaucoup d'acteurs encore, *« c'est la faute au barrage »* si la qualité des eaux se dégradent en baie de Vilaine, que les ressources vivantes sont affectées, les pollutions plus fréquentes, les équilibres sociologiques modifiés...

I.2.1.4.4 Quelques autres conséquences du barrage d'Arzal

Conséquences hydrologiques et biologiques

En aval immédiat du barrage s'est créée une zone pauvre en biomasse, témoignant d'une abondance et d'une richesse spécifiques. Cette zone est interprétée comme étant la conséquence du caractère eutrophe de l'estuaire et de l'apparition de conditions anoxiques en été et au début de l'automne dans la zone où la turbidité est maximale (Le Bris et Glémarec 1996).

Plus en aval, l'estuaire est une zone très productive avec une forte production phytoplanctonique. Il s'y produit une stratification haline légère, l'eau est suffisamment transparente pour permettre la pénétration de la lumière (Ménésien 2001 ; Guillaud *et al.* 2008).

Dans son étude sur les mortalités massives survenues en Baie de Vilaine en 1982 et l'apparition des proliférations de phytoplanctoniques toxiques (*Dinophysis* en 1983 et 1984), Merceron (1985) met en cause le barrage, surtout dans le fonctionnement de ses lâchers d'eau qui auraient favorisé un temps de séjour dans la retenue d'eau de 5 jours en période d'étiage, soit une accélération de l'eutrophisation en amont du barrage et un lâcher d'eau très chargée. Dans l'estuaire en aval, les temps de résidence sont en revanche très courts (entre 13,6 et 16,7 h selon le coefficient de marée), les flux de nutriments se retrouvent donc rapidement en baie de Vilaine en surface, situation qui peut conduire au bloom et au risque anoxique.

Le barrage a accentué la stratification haline (Le Bris et Glémarec 1996). Drouet (2001) précise que l'influence de la mer est plus importante en aval du barrage, où l'on note de faibles amplitudes de salinité, un fonctionnement de type « baie ». Cette situation change dès l'ouverture du barrage, avec des débits supérieurs à 300 m³/s, où l'on retrouve un fonctionnement normal d'estuaire.

Le fonctionnement du bouchon vaseux en Vilaine a aussi été grandement modifié puisqu'il reste cantonné en aval du barrage. Les concentrations en Matières en Suspension (MES) de 2-33 mg/l en baie de Vilaine peuvent monter jusqu'à 497 mg/l dans l'estuaire (Merceron 1985). Selon ce dernier, « *S'il est évident que ce n'est pas la seule présence du barrage d'Arzal qui a provoqué les mortalités de poissons en baie de Vilaine, il ne fait pas de doute qu'il y a cependant contribué. Ceci constitue un exemple concret de l'impact qu'un aménagement en estuaire peut exercer sur l'environnement côtier avoisinant.* »

On peut cependant souligner un point positif, l'extension des vasières a créé des zones très propices aux oiseaux, notamment des hivernants, ainsi que des aires de nourricerie pour les poissons plats comme la sole et le flet (Drouet 2001) et un substrat pour le naissain de coques.

Conséquences socio-économiques ;

Les conséquences socio-économiques du barrage sont aussi importantes. Dans Drouet (2001), une étude exhaustive est menée sur toute la vallée aval de la Vilaine.

Parmi ces effets, on peut citer la création du port de plaisance sur Arzal en 1978, qui compte 827 places en 2000. Plus de 14000 passages/an de bateaux sont notés à l'écluse. Ceci constitue un atout touristique, des activités portuaires sont apparues, une zone urbanisée s'est construite sur Arzal, l'ensemble étant considéré comme une source de profit surtout pour Arzal. Mais ce développement n'est pas sans conséquence sur l'environnement. Les études de Caquet (2009) montrent bien que l'activité de plaisance avec les produits antisalissures peut impacter la faune aquatique (cf partie III. 2.2.2.3 effet pesticides).

Plus en aval, en lien avec l'envasement, on a plutôt observé une diminution de la pêche à pied (exemple Billiers), une modification des plages (comme celle du Logo à Pénestin, les Granges à Billiers), et des difficultés de navigation dans l'estuaire.

Sur la pêche côtière, selon Drouet (2001), l'estuaire de la Vilaine est probablement un meilleur site depuis le barrage pour le naissain de coques car il y trouve un substrat vaseux favorable. Mais on note aussi plus d'aléas de mortalité sur ce naissain, qui pourraient être en lien avec les ouvertures du barrage entraînant de fortes dessalures (hypothèse restant à confirmer).

Briand (2009) dans sa thèse sur les civelles en Vilaine souligne l'impact important qu'a eu le barrage en bloquant la migration des espèces de poissons euryhalines comme l'anguille avant que la passe à poissons ne soit mise en place en 1996. Sur la pêche à la civelle (Briand 2009 ; Drouet 2001), la réduction de l'aire de pêche à 2 ha en aval direct du barrage, avec une concentration des bateaux sur une zone moins grande et une multiplication de leur nombre ((en 1999/2000 : 163 licences, 140 navires en pêche, dans Briand 2009) a d'abord entraîné une augmentation significative de l'effort de pêche, puis une diminution des prises totales. On assiste maintenant à une évolution en dents de scie comme sur l'estuaire de la Loire.

C'est sans contester sur la mytiliculture que le barrage d'Arzal a eu le plus de conséquences (Drouet 2001). A juste titre, la profession s'était opposée à l'époque au choix du site d'Arzal. Dès 1973, on notait une diminution drastique de la production, due à l'envasement des parcs à moules situés sur l'estuaire. Au total, 50 ha de bouchots ont disparu. Après quelques années difficiles, la profession s'est réorganisé et a pu se déployer progressivement à l'embouchure et sur les plages plus au sud. Mais ceci ne se fait pas sans créer d'autres problèmes, des conflits d'usage, entre mytiliculteurs et pêcheurs, entre touristes, plaisanciers et mytiliculteurs, plaisanciers.

Les populations locales réagissent à partir des années 1980. Depuis, le sujet de l'envasement de l'estuaire de la Vilaine et de ses conséquences est récurrent. Le fonctionnement des opérations de dragage, de désenvasement est aussi source de conflit.

Le SAGE Vilaine 2003 conclut :

« En préambule, La CLE note que la création du barrage estuarien d'Arzal a profondément modifié les équilibres sociaux et naturels de l'embouchure de la Vilaine. Toutefois son rôle indispensable dans la prévention des inondations et de la production d'eau potable est avéré et ne permet pas d'envisager sa suppression dans l'état actuel et prévisible des besoins en eau potable et des moyens de protection contre les crues. »

Ce qui en quelque sorte clôt toutes les discussions. Il ne s'agit pas de remettre en cause le barrage mais plutôt de voir comment son fonctionnement peut mieux s'intégrer à la gestion générale de ces socio-écosystèmes en aval.

Selon le SAGE Vilaine (2003), dans la Préconisation n°184, il s'agit "aboutir à la modélisation du fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire... pour une meilleure compréhension de l'envasement, pour prévoir son évolution, et tester des solutions curatives et préventives concrètes".

I.2.1.4.5 Dragages en Vilaine

A la suite des premiers travaux, notamment ERAMM (1995), une solution curative ponctuelle a été employée en 1999 sur trois sites (le port de Tréhigui, la cale de Vieille Roche et l'accès à l'écluse du barrage) par dragage et remise en suspension de 25.000 m³ de sédiment (SAGE Vilaine 2003). Cette technique a été employée de façon plus limitée en 2001 lors du dragage du sas de l'écluse pour rétablir son accessibilité (17.000 m³). La pérennisation de ces dragages a donc été envisagée.

Les véritables travaux de désenvasement ont été initiés en 2005 avec l'acquisition du rotodévaseur « Roche-Vilaine », et se poursuivent avec des résultats efficaces sur les quatre principaux secteurs dragués : Tréhigui (< 25 000 m³) la cale de Vieille Roche à Camoël (< 10 000 m³), Tréhudal (< 1 000 m³) et l'aval de l'écluse (<5 000 m³). Sur ces secteurs, ces travaux ont permis le maintien des activités de pêche et de plaisance.

Le chantier ponctuel de dragage du chenal d'accès au port de Billiers a permis de draguer les 23000 m³ prévus et de trier puis de redéposer 4000 m³ de sable sur la plage de Bétahon. Mais le chenal creusé s'est très vite recomblé en quelques mois.

Devant ces difficultés, le comité d'estuaire de la Vilaine a décidé d'approfondir les connaissances. Il a confié en 2006 une étude de modélisation du fonctionnement hydrodynamique et sédimentaire de l'estuaire au bureau d'étude DHI. La partie relative à l'hydrodynamisme s'est achevée en 2009 ; la partie relative au fonctionnement hydrosédimentaire sera achevée en 2011. Les premières conclusions sont présentées dans les parties ultérieures de ce rapport.

En attendant les résultats complets de l'étude DHI, les actions de désenvasement menées depuis 2005 continuent à la demande des élus et des usagers siégeant au Comité d'Estuaire selon un calendrier fixé au Comité d'Estuaire. Elles constituent des interventions ponctuelles qui concernent cinq lieux de l'estuaire :

- **le port de Tréhiguier** : la demande d'intervention émane des utilisateurs professionnels (pêcheurs et mytiliculteurs) et de la municipalité de Pénestin;
- **la cale de Vieille Roche à Camoël** : la demande d'intervention émane ici des pêcheurs professionnels et de la municipalité de Camoël ;
- **Tréhudal** : à la demande des plaisanciers et du professionnel du port à sec ;
- l'entretien de la voie d'eau navigable au niveau de **l'écluse du barrage d'Arzal** est assuré par autocurage par ouverture des portes de l'écluse et par un rapide passage du rotodévaseur. Les volumes sédimentaires à évacuer sont faibles (inférieurs à 8.000 m³).

Des campagnes annuelles de dragages ont donc lieu sur ces sites, d'octobre à mars, en vives eaux. Les sédiments sont remis en suspension par le rotodévaseur puis **évacués à l'extérieur de l'estuaire par les courants de marée et au jusant**.

Le bureau d'études DHI (2009) a étudié le comportement du panache turbide du rotodévasage. Les modélisations réalisées montrent que les conditions de vive eau, associées à un fort débit et à un vent d'ouest sont de bonnes conditions pour disperser le panache turbide provoqué par les travaux de dragage.

Pour le futur, pour améliorer la navigabilité de la Vilaine, DHI (2009) montre que d'un point de vue hydraulique, l'option de creuser un chenal sud sera la plus compatible avec le type d'écoulement de l'estuaire. Par exemple, les courants dominants de jusant dans certaines conditions sont en continuité avec le chenal, alors que pour le chenal nord il y a un risque accru de piégeage des sédiments localement.

Les sédiments remis en suspension par le rotodévaseur sont donc sujets à être expulsés du fleuve en Baie de Vilaine, plus ou moins au large, selon les conditions météorologiques, une partie revenant sur l'estuaire de la Vilaine.

I.2.1.4.6 Usine d'eau potable du Drézet

L'usine de production de Drézet à Férel gérée par l'Institution d'Aménagement de la Vilaine (IAV), construite en 1972, permettait la production journalière de 30 000 m³ et l'acheminement de l'eau jusqu'à l'usine de Sandun (Guérande) (SAGE Estuaire Loire 2005). Depuis cette date, l'usine n'a cessé de se moderniser sécurisant la production d'eau potable pour la Loire-atlantique à partir de l'Estuaire de la Vilaine (capacité de production portée à 90 000 m³/jour).

En complément des volumes produits sur le périmètre du SAGE, la production de l'usine du Drézet (Institution d'Aménagement de la Vilaine) pour le Département de Loire-Atlantique s'est montée à 11764 M m³ en 2002. Les volumes produits sont globalement stables depuis 5 ans.

Compte tenu des variations en qualité d'eau, l'usine du Drézet dispose d'une filière complète de traitement des eaux. Celle-ci permet la production d'une eau répondant aux normes de potabilité. La vulnérabilité sur le plan quantitatif est faible. Sur le plan qualitatif, elle est moyenne à forte (propagation rapide des flux polluants, stock de polluants dans la retenue, bassin de grande dimension aux pollutions difficilement maîtrisables) (SAGE Estuaire Loire 2005). Les périmètres de protection sont en place depuis 1972.

Le pompage et l'usine d'eau du Drézet (Férel) exploitent un plan d'eau douce entre Malon (Vilaine), La Potinais (Oust) et Arzal. Cette retenue artificielle au niveau fluctuant a un volume estimé supérieur à 50 millions de m³ (SAGE Vilaine 2003).

L'exigence "eau potable" implique pour les chlorures une valeur normative de concentration inférieure à 200 mg/l (les usages industriels locaux l'exigeant à des valeurs inférieures à 100 mg/l). Lors d'étiages sévères et prolongés de la Vilaine, comme ce fut le cas en 1989, les concentrations peuvent dépasser ces valeurs. L'utilisation de l'écluse (qui est la voie de pénétration des eaux marines) est alors réduite, voire annulée. La mise en place en 1990 d'un dispositif de siphons permettant la reprise dans le plan d'eau des lentilles d'eau salées et leur évacuation à l'aval du barrage, a permis de réduire en partie les effets des intrusions. Cependant l'utilisation du siphon reste contraignante pour la navigation (nombre limité d'éclusages, horaires d'éclusage tenant compte des marées mais non adaptés aux contraintes de navigation en estuaire en période de "vives eaux") et surtout est responsable d'une perte d'eau douce importante qui peut atteindre 400.000 m³/jour en marées de vives eaux constituant alors la partie prépondérante des volumes "perdus" du plan d'eau. L'économie de ces volumes demeure un préalable à tout projet d'augmentation du prélèvement de l'usine d'eau potable.

I.2.1.5 L'estuaire de la Vilaine

I.2.1.5.1 Description générale de l'estuaire de la Vilaine

Selon le SAGE Vilaine (2003), le périmètre du territoire estuarien correspond aux limites des sous-bassins versants des rivières côtières se jetant en Baie de Vilaine, d'une superficie estimée à 680 km², pour un périmètre estimé de 170 km. Cette zone est délimitée à l'est par le barrage d'Arzal et à l'ouest par une ligne joignant les pointes de Penvins (ou plus exactement Bécudo) sur la commune de Sarzeau et du Castelli à Piriac-sur-mer. Mais pour d'autres auteurs, l'estuaire est plus restreint, il s'arrête à une droite tirée entre la pointe de Penn Lann ou Kervoyal et celle du Halguen sur Pénestin (Figure 12).

Le relief du bassin de l'estuaire de la Vilaine est le résultat d'érosions produites au cours des temps géologiques. Le trait de côte ne cesse d'évoluer sous l'effet combiné de la houle, de la dérive atlantique, des courants de marées et des vents, d'où la mise en œuvre de certains travaux d'aménagement : travaux de fixation des digues (cas de Damgan ou de Mesquer) et d'enrochement (cas de Pénestin).

Pour Goubert et Menier (2005), l'estuaire de la Vilaine est un estuaire macrotidal, avec une orientation globale est-ouest, soumis à l'action de la houle, de la marée et des débits sortant du barrage. A l'Est sa morphologie est de type méandriforme. L'Ouest est d'une forme plus rectiligne qui s'évase. Il s'agit donc d'un domaine intermédiaire entre un estuaire dominé par les vagues partiellement ouvert et un estuaire dominé par la marée. (Goubert *et al.* (2010)).

ERAMM (1995) distingue 3 parties dans l'estuaire sur 13 km:

- Zone interne : du barrage – Pointe du Scal
- Zone Intermédiaire : Scal – Halguen
- Zone Externe : Pointe de Penlan- Pointe de Kervoyal

Goubert et Menier (2005) précisent et décrivent ces 3 secteurs :

- secteur amont, situé entre 8-6 km de l'embouchure, chenal méandrique, étroit et profond de 3 m/0 marin,
- secteur médian à 4 km de l'embouchure (Tréhiguier), avec un chenal de marée assez rectiligne et bordé de vasières intertidales (ex. banc du Strado),
- secteur aval au niveau embouchure, large chenal peu profond (1m), se terminant par un delta, dont la partie externe est remaniée par la houle. Y existent 2 chenaux de navigation qui encadrent la partie centrale: chenal de la Grande Accroche au NW et chenal de la Varlingue au SE.

Goubert *et al.* (2010) indiquent que la limite entre l'estuaire intermédiaire et la zone externe, entre les pointes de Pen Lan et du Halguen, est marquée par un haut fond vaseux, dont l'amplitude altimétrique est de 10 à 40 cm. Une forme de type delta sous-marin, de faible épaisseur, caractérise cette zone externe.

I.2.1.5.2 Fonctionnement hydrodynamique et hydrosédimentaire de l'estuaire de la Vilaine

DHI (2009) dans son étude pour une modélisation de l'hydrodynamisme de l'estuaire a apporté une meilleure connaissance du fonctionnement de l'estuaire. Les conclusions sur le volet hydrodynamique sont les suivantes :

Le transport sédimentaire dans l'estuaire de la Vilaine dépend des conditions hydrodynamiques ambiantes, c'est-à-dire de la marée, du débit de la Vilaine et des vagues formées par le vent, soit localement, soit à l'extérieur de l'estuaire, qui remettent en suspension les sédiments.

Il est à rappeler que la principale source de sédiments provient de l'océan, tandis que les apports fluviaux sont secondaires. L'érosion de berges ou de plages causée par une augmentation locale des courants ou des vagues peut également contribuer à l'augmentation du stock sédimentaire mobilisé dans l'estuaire.

La construction du barrage a évidemment modifié les conditions hydrodynamiques de l'estuaire et a donc bouleversé les mécanismes du transport sédimentaire :

1. La construction du barrage a bloqué la remontée de la marée, réduisant le volume oscillant dans l'estuaire. Cette réduction du volume oscillant a alors généré une diminution des courants de marée. La réduction des courants a alors favorisé le dépôt des sédiments en suspension dans l'eau, entraînant le resserrement du chenal principal et une augmentation du stock de sédiments à l'extérieur de l'estuaire.
2. L'accélération du dépôt et la réduction des remises en suspension des sédiments se traduisent par une diminution des concentrations maximales de sédiment en suspension de quelques grammes par litre à une centaine de milligrammes par litre après la construction du barrage. La construction du barrage a donc entraîné une forte diminution du bouchon vaseux.
3. L'estuaire était plus large, et les courants plus importants avant la construction du barrage. La réduction des courants a favorisé la sédimentation et la formation de bancs de vase le long de l'estuaire. Aujourd'hui, la présence des bancs de vase a réduit la section du chenal entraînant une augmentation des vitesses qui aura tendance à entraver les dépôts : le système hydrosédimentaire de l'estuaire tend progressivement vers un nouvel équilibre.

4. L'apport de sédiments par la Vilaine reste très faible, mais la régulation du débit de la Vilaine et la diminution des courants de marée entraînent une expulsion des sédiments vers le large plus faible et favorise une dominance par le flot de l'estuaire, qui facilite l'apport de sédiments du large.
5. La sédimentation importante après la construction du barrage a créé des vasières, qui sont sensibles à l'érosion par les vagues.

Par ailleurs, l'exploitation des différents modèles hydrodynamiques permet de conclure principalement aux points suivants :

1. La circulation des masses d'eau de la baie de la Vilaine est fortement contrainte par les conditions de vent. Lorsque le vent d'ouest est fort le panache de jusant est plaqué au sud et les courants de flot sont plus importants au nord. En vent d'est, ces tendances sont inversées (courant de flot plus important au sud et courant de jusant prépondérant au nord). Ces phénomènes peuvent expliquer en partie les variations saisonnières de la sédimentation dans l'estuaire.
2. Les simulations confirment l'influence non négligeable du débit de la Vilaine. Un débit fort pourrait être susceptible de provoquer une expulsion des sédiments jusqu'au chenal externe.
3. L'estuaire est plus stratifié par vent d'est que par vent d'ouest. Les vents d'est, poussant le panache de la Vilaine en surface, favorisent la stratification de la masse d'eau, et peuvent alors s'accompagner d'une augmentation des phénomènes chimiques de type floculation des sédiments. En l'absence de vent et de forts débits et en mortes eaux, l'estuaire ne semble pas ou peu stratifié.
4. Il existe des tourbillons derrière les pointes et les caps au Nord de la baie, notamment derrière les roches de Kervoyal et de Penlan. Ces tourbillons, provoqués par le décollement de l'écoulement des courants, peuvent être le siège privilégié de zone de piégeage de sédiments. En fonction de la direction des vents, les zones tourbillonnaires ne sont pas les mêmes et peuvent expliquer les modifications saisonnières de l'envasement observées sur le terrain.

Pour Goubert *et al.* (2010), il est possible de préciser les relations entre le vent, les hauteurs significatives des vagues et la dynamique sédimentaire.

A chaque coup de vent d'Ouest de plus de 10 m/s, quelles que soient les autres conditions, l'agitation du plan d'eau ($H_s > 20$ cm) entraîne une phase d'érosion dont l'ampleur verticale et horizontale dépend de la vitesse du vent, des conditions de marée, des débits et l'état de surface de la vasière (Figure 13). Le devenir des matières remises en suspension dépend de l'ensemble des conditions hydrodynamiques. Si l'on est en phase de revif, les matières en suspension vont décanter moins rapidement ou être transportées hors de la vasière. Si les débits sont importants, les matières en suspension seront expulsées de l'estuaire. A l'opposé, lors d'épisodes de vents d'Est ou de vents faibles de secteur Ouest, l'agitation du plan d'eau est faible ($H_s < 20$ cm) et la tendance est à l'engraissement de l'ensemble de la vasière (Figure 13).

Dans les deux cas, les conditions de marée et de débit semblent moduler la durée et l'ampleur des phases d'érosion et de dépôts. De plus, l'impact d'une même série de climat hydrodynamique est différent selon le passé morphologique de la vasière : présence ou absence de seillons et de banquettes.

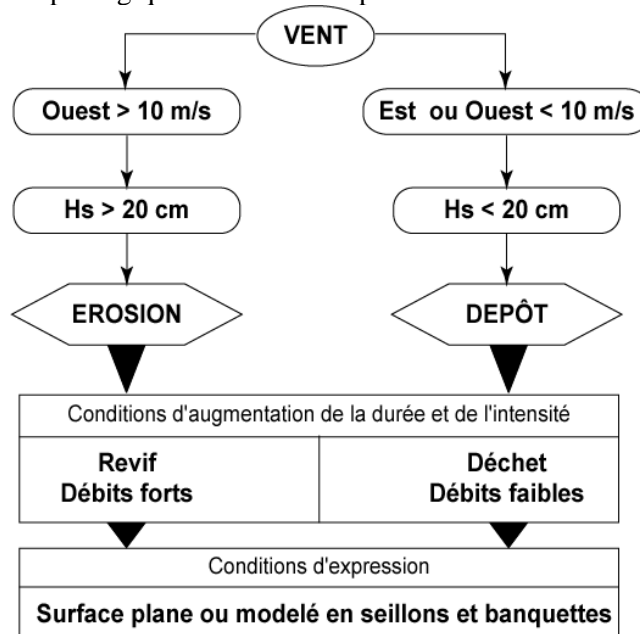


Figure 13 : Synthèse de l'enchaînement et de l'impact des climats hydrodynamiques sur l'altitude de la vasière intertidale de l'estuaire de la Vilaine (Goubert et al. 2010)

I.2.1.6 La Baie de Vilaine

Une description de la Baie de Vilaine est faite par beaucoup d'auteurs : Ehrhold *et al.* (2008), Desaunay et Guérault (2003), Gailhard (2006), Lebris et Glémarec (1996), Menier (2003), Goubert et Menier (2005), Merceron (1986), Salvaing (2009).

Au débouché de l'estuaire, la Baie de Vilaine s'étend sur 200 km², avec 16 km de large à son maximum. Elle fait partie du vaste ensemble du Mor-Braz qui s'étend de la presqu'île de Quiberon jusqu'au Croisic. Pour Desaunay et Guérault (2003), la zone étudiée couvre 330 km², entre la sortie de l'estuaire et l'isobathe des 35 m.

La Baie de Vilaine est séparée du large (le Golfe de Gascogne) par un arc de presqu'îles (Presqu'île de Rhuys et de Quiberon), d'îles (Houat, Hoedic, Dumet) et des hauts fonds (plateau du Four, île Calebasse). Au sud-ouest, cette baie est partiellement protégée du large par les plateaux de Piriac et l'île Dumet, limités par la faille de Guérande et le plateau de l'Artimon (Menier 2003 ; Salvaing 2009).

La baie est formée d'une couche de sédiments sablo-vaseux (0 à 50% de vase) d'une épaisseur inférieure à 10 mètres, qui se raccorde aux vasières situées plus au sud (plus de 50% de vase) protégées par le plateau du Four au large du Croisic. Menier (2003) la décrit comme encadrée par des plateaux de socle cristallin (Plateaux de St Jacques et de la Recherche, séparés par une vallée), ou de calcaires bartoniens peu profonds (Plateau du Four et Artimon), en grande partie constituée comme une vasière argileuse, traversée par 2 types de vallées, soit un prolongement de rivières soit des chenaux de vidange de marée.

La profondeur moyenne de la Baie de Vilaine est faible (moyenne de 7-12 m selon les auteurs), maximale à 15 ou 30 m. 64% des fonds sont compris entre 5 et 15m selon Merceron, 1986.

La côte est plutôt de type « plages sableuses » avec quelques pointes rocheuses.

I.2.2 La Loire et son estuaire

Sur la Loire et son estuaire, nous disposons d'une base de données très importantes apportées par le GIP Loire Estuaire, et des programmes tels le SAGE Estuaire Loire (2005), le Plan Loire Grandeur Nature (Annexe 2) dont nous reprenons dans les paragraphes ci-joints les points qui nous paraissent importants dans le cadre de notre étude, complétés par d'autres travaux.

I.2.2.1 Le bassin versant-le fleuve

La Loire, est le fleuve le plus long en France (1020 km). Il prend sa source en Ardèche et se jette dans le sud de la Bretagne, dans les Pays de la Loire. Son bassin de plus de 117000 km² occupe plus d'un cinquième du territoire français. Il est soumis à de multiples conditions climatiques qui lui confèrent un régime hydrologique et sédimentologique très complexe. Pour Laroche *et al.* (2008), la Loire présente un bassin versant fortement urbanisé (11,5 millions d'habitants, recensement 1999) et industrialisé (Port de St Nazaire, Montoir, Donge) et sur lequel sont produits 50% de la production nationale céréalière.

Ce grand fleuve présente un caractère particulier, lié à ses fluctuations de débits. Les crues de Loire ont marqué l'histoire, ainsi que les inondations des pays de la Loire. On a aussi tenté de le domestiquer, car la Loire a toujours constitué une voie de transport fluvial importante.

Le fleuve se distingue par une topographie particulière avec :

- **Le chenal principal ou chenal ligérien** (ou lit principal, lit vif ou chenal d'étiage) en eau toute l'année, où transitent environ plus des deux tiers du débit.
- **Les bras secondaires** sont connectés en amont et en aval au bras principal duquel ils sont séparés par des îles. A l'étiage, ils présentent de vastes plages de sable alors qu'en période de hautes eaux, ils peuvent devenir des bras principaux. Nombre d'entre eux sont barrés par des digues ou des chevrettes en enrochements renvoyant, en-deçà d'un certain débit, les eaux dans les bras navigables.
- **Les îles** sont formées selon la dynamique du fleuve, par engraissement progressif des atterrissements. Elles sont de ce fait séparées des rives (ou francs-bords) par de l'eau répartie plutôt inégalement entre le chenal principal et un bras secondaire. Elles sont exposées au remaniement sédimentaire par les crues qui s'effectuent principalement par l'érosion des berges et des têtes d'îles, lorsqu'elles ne sont pas consolidées par des empierrements.
- **Les boires ou bras morts** sont déconnectés du lit principal. Sur le plan hydraulique, ce type d'annexe ne participe à l'écoulement des eaux qu'en période de débit moyen ou de crue. Ils reçoivent fréquemment les eaux des affluents ou sont alimentés par les nappes alluviales.

I.2.2.2 Débit de la Loire

Compte tenu de la taille de son bassin versant, les quantités d'eau, tant en débits moyens qu'en flux écoulés sont éminemment variables d'une année à l'autre.

Selon les documents du SAGE Loire Estuaire (2005), une année type moyenne montre un débit moyen de 856 m³/s. Mais en 1988, il était de 1219 m³/s, et en 1989, une année sèche, 423 m³/s. Il est par conséquent assez difficile de trouver un chiffre précis et consensuel pour un débit moyen annuel de la Loire. Selon les auteurs, le débit moyen annuel de la Loire est autour de 700 à 900 m³/s (Baudrier 2002 ; Dussauze et Ménesguen 2008 ; Guillaud *et al.* 2008 ; Migniot et le Le Hir 1997 ; GIP Loire Estuaire 2005).

Les crues de Loire peuvent intervenir à tout moment de l'année, sauf sur les mois d'étiage, juillet et août. Les débits instantanés extrêmes furent enregistrés en décembre 1910 (crue de 6 300 m³/s) et en août 1949 (étiage de 49 m³/s). Une telle irrégularité, directement perceptible par les riverains, fonde l'image d'une Loire "dernier fleuve sauvage d'Europe". Pour Dussauze et Ménesguen (2008), le débit de la Loire pour l'année 2002 est en moyenne de 755 m³/s compris entre 250 m³/s en période d'étiage à 2600 m³/s en période de crue.

Salvaing (2009) reprend les variations du débit moyen mensuel de la Loire (en m³/seconde) mesuré à la station hydrologique de Saint-Nazaire, sur des données calculées sur 16 ans (source : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>) (Figure 14). Bien que le choix de la station hydrologique de St Nazaire soit moins pertinent que celle Montjean (en amont de Nantes) en raison de l'influence de la mer, il montre aussi une variation du débit moyen mensuel entre quelques centaines de m³/s et 1800 m³/s.

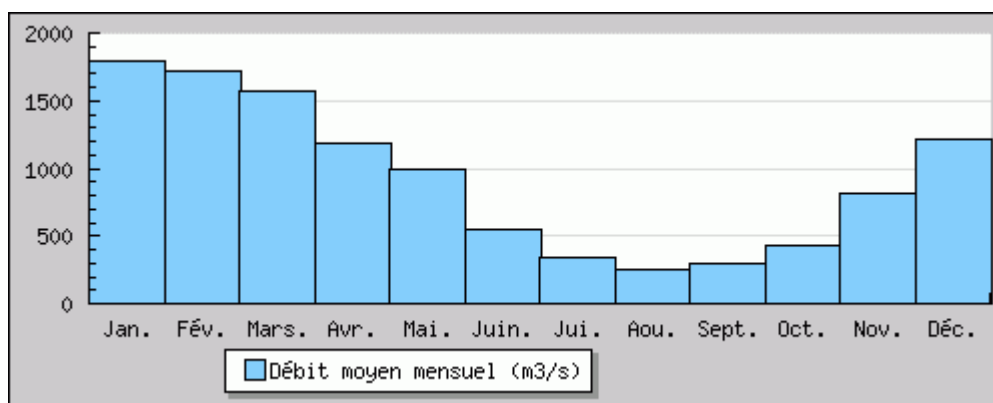


Figure 14 : Débit moyen mensuel de la Loire (en m³/seconde) mesuré à la station hydrologique de Saint-Nazaire, données calculées sur 16 ans (source : <http://www.hydro.eaufrance.fr/> dans Salvaing 2009)

Migniot et Le Hir (1994) étudient les variations du débit de la Loire entre 1866 à nos jours et concluent que dans l'évolution de l'estuaire, il semble donc que l'on doive s'attacher beaucoup plus aux variations cycliques des débits de la Loire, sur des périodes relativement courtes de quelques années - avec les variations annuelles importantes que cela comporte - qu'à une modification de l'hydraulicité de la Loire depuis un siècle qui semble très peu probable.

Malgré ces fluctuations interannuelles et saisonnières, le débit moyen annuel serait assez stable selon Migniot et Le Hir (1994) qui s'appuient sur une valeur de 825-850 m³/s.

Le GIP Loire Estuaire dans sa fiche indicateur L1C1 (« Les apports d'eau douce dans l'estuaire ») conclut cependant à une évolution de ce débit. Sur les 21 dernières années, le module (moyenne des moyennes annuelles) du débit mesuré à Montjean est de $898 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $50 \text{ m}^3/\text{s}$ environ de plus qu'au cours des 6 dernières années et sur le très long terme (1843-2001). Il serait plus lié à un accroissement de l'apport d'eau douce par les affluents de la Loire.

L'eau douce apportée par la Loire et ses affluents reste stockée dans l'estuaire en quantité et en durée variables suivant les conditions hydrologiques.

D'après des études menées entre 1976 et 1981, ce volume stocké variait de 117 millions de m^3 en étiage et vives eaux, à 230 millions de m^3 en crue ($5000 \text{ m}^3/\text{s}$), entraînant des temps de renouvellement de l'eau douce respectivement de 19,3 et 0,5 jours, du même ordre que dans l'estuaire de la Seine mais nettement inférieurs à ceux de la Gironde.

Dussauze et Ménesguen (2008) rappellent l'influence du panache de la Loire, qui, quel soit son débit, vient enrichir la bande côtière bretonne principalement la zone du sud de la Bretagne qui s'étend de son estuaire jusqu'aux Glénan (apports dilués entre 20 et 100 fois en Baie de Vilaine; apports dilués moins de 10 fois au niveau de son embouchure). Toutefois, il faut relativiser « l'enrichissement » dans les zones les plus éloignées (dilution de 100 à 1000 fois dans les zones vert clair et vert foncé). De plus, il s'agit dans cette étude d'un traceur conservatif, qui ne reproduit pas exactement le comportement réel des nutriments.

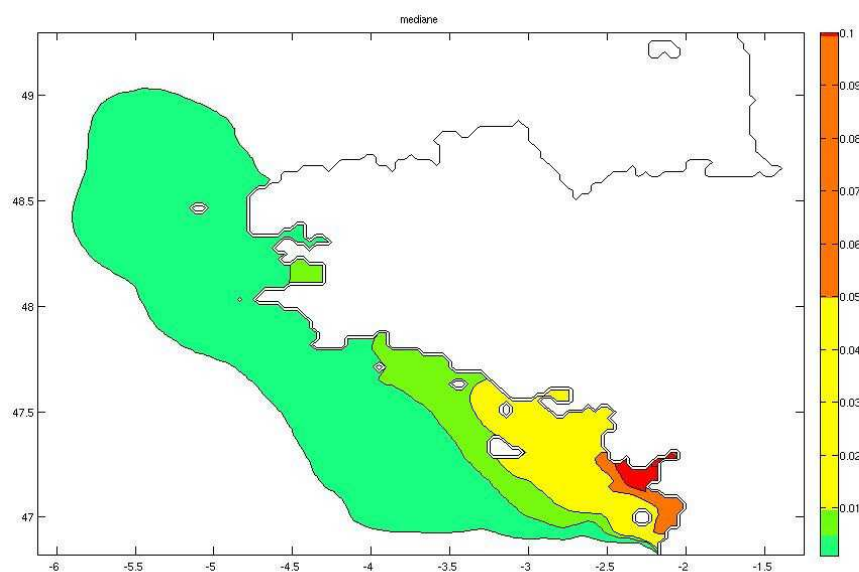


Figure 15 : Influence du panache de la Loire vers la Bretagne (médiane de la concentration d'un traceur issu de la Loire) (Dussauze et Ménesguen 2008)

I.2.2.3 Qualité d'eau de la Loire

I.2.2.3.1 Teneur en nutriments/chlorophylle

Flux de nutriments

La Loire traversant de grandes étendues agricoles et des villes importantes (comme Nantes, Angers, St Nazaire..), il est évident que les flux de nutriments seront conséquents et variables, suivant les variations de débit.

Selon Baudrier (2002), près de 40 % du phosphore serait d'origine urbaine, surtout en étiage. Les flux de nutriments n'augmentent pas significativement en hiver (moyenne de 24,8 mg de nitrates en hiver selon Loyer 2001), ce qui indiquerait une origine diffuse avec un important lessivage des sols. Baudrier (2002) précise aussi que si le taux de phosphates varie avec les débits (> 0,47 mg/l en hiver et 0,09-0,19 mg/l en été), celui de phosphore serait assez stable en raison de la rétention dans les sols.

Comme pour la Vilaine, nous avons tenté de résumer l'évolution et l'évaluation de ces flux sur un tableau selon les divers auteurs revus. Mais l'exercice est délicat compte tenu des variations dans les méthodes employées d'évaluation. Les chiffres sont très variables. On retiendra donc les tendances.

Tableau 2 : Flux de nutriments issus de la Loire

Auteurs	Azote en t	Phosphore en t	Silicates en t	Observations
RNO rapporté par Baudrier (2002)	67000, en augmentation constante depuis 1975	3900		En 1970 ?
Sauriau <i>et al.</i> (1994)	400000 t/n NO ₃ (900000 t en 88 !) 2000 à 4000 t/an ammonium (doublement)	6 000 à 10 000 t/an. Phosphates 8000-10000 t/an P stables	600000 en 81 300000 en 87	Etude de 84 à 94
Guillaud <i>et al.</i> 2008	115000	3100	125000	Année 2004, comparaisons avec Vilaine
IFEN rapporté par GIP Loire Estuaire (2005) fiche L2A2a	Augmentation de 90000 à 110000 de 89 à 2002	Diminution constante sauf 2002 : 10000		
SAGE Estuaire Loire (2005)	41000 à 200000 t (NO ₃) 1500 à 3900 t/an en NH ₃ -NH ₄	4000 à 10000 t/an		Chiffres sur 1984 à 98, amélioration en aval sur nitrate, pas sur phosphates
SAGE Estuaire Loire (2009)	41000 à 173000 t/an	7500 t/an		

Sauriau *et al.* (1994) fait un bilan sur la qualité des eaux de Loire de 1984 à 1994, en amont du bouchon vaseux, vers Ste Luce. Il indique que les concentrations de nitrate et d'ammonium sont croissantes. Les concentrations de phosphate varient avec les saisons (minima estivaux et maxima hivernaux avec une stabilité des apports de phosphore. Les concentrations de silicate dépendent étroitement du débit et de la température. Les flux annuels de silicate seraient décroissants de 7 % par an. Sur ces sels nutritifs, il conclut à un mieux général, positionnant la Loire au milieu par rapport aux 2 autres grands fleuves avec estuaires importants (Gironde et Seine) mais se pose des questions quant à l'impact de ces nutriments sur le littoral de l'estuaire externe. En étudiant les chiffres en aval de l'estuaire, il conclut cependant à une augmentation significative du taux de nitrates dans l'estuaire de la Loire depuis 1974. Pour lui, comme pour Ménesguen (2001), en partie liées à ces apports en sels nutritifs, une eutrophisation accompagnée d'événements hypoxiques modérés peuvent être observés sur cet estuaire.

Pour le SAGE Estuaire Loire (2005), sur la période 1997 – 2003, dans l'estuaire de la Loire, les concentrations en nitrates ont globalement varié entre 2 et 25 mg/l.

Les concentrations les plus faibles sont relevées pendant les périodes d'étiages et les plus fortes pendant les périodes de hautes eaux. La cyclicité saisonnière observée au niveau des concentrations en nitrates se retrouve de manière moins lisible sur les nitrites. Les concentrations dépassent régulièrement 0,2 mg/l, notamment au niveau de Paimboeuf. La même tendance se retrouve en ce qui concerne les concentrations en ammonium. Les concentrations les moins bonnes se retrouvent à l'aval de l'estuaire.

C'est sur le paramètre azote Kjeldhal (cumul de l'azote organique et de l'azote ammoniacal) que la dégradation est la plus notable. Sur la partie aval de l'estuaire, les concentrations relevées sont fortes, presque toujours supérieures à 5 mg/l.

De même que pour les matières azotées, les matières phosphorées dégradent surtout la partie aval de l'estuaire. Plus en aval, au niveau de Paimboeuf, les concentrations sont plus élevées et peuvent dépasser 1 mg/l. Les pics supérieurs à 1 mg/l semblent devenir moins fréquents depuis l'année 2001.

En ce qui concerne le paramètre phosphore total, les concentrations sont régulièrement élevées et des pics supérieurs à 2 mg/l sont fréquemment relevés dans la partie aval de l'estuaire (au niveau de Paimboeuf).

Pour le GIP Loire Estuaire (2005), dans sa fiche indicateur L2A2a (« Les nutriments », l'azote fluvial augmente avec le débit sans dépasser à Ste Luce la valeur objectif du SDAGE de 25 mg/l. Pour le phosphore, on a plusieurs valeurs au-dessus du seuil objectif du SDAGE de 0,2 mg/l, notamment à Paimboeuf, certainement en raison d'un piégeage du phosphore avec les matières en suspension dans l'estuaire.

Sur le long terme, avec les corrections nécessaires sur tous ces calculs de flux, on a plutôt tendance à diminution du phosphore et une augmentation des nitrates. L'effluent du Maine fonctionne comme un réservoir à nitrates. Pour Baudrier (2002), les efforts effectués sur les rejets industriels et urbains expliquent cette tendance à la diminution en phosphore total.

Dussauze et Ménesguen (2008) prennent comme teneur moyenne de la Loire en nitrate pour l'année 2002 la valeur de 13,5 mg/L (minimum: 4 et maximum : 23), ce qui semble proche des valeurs proposées par le SAGE Estuaire Loire (2005) (1,7 à 25,3 mg/l à Mauves sur Loire et 6,3 à 20,7 mg/l à Ancenis).

Salvaing (2009) regarde les variations de la concentration en nitrate dans la Loire varient entre 1985 et 2007, mais la régression linéaire n'est pas significative, on ne peut donc pas conclure sur une augmentation ou une diminution de cette concentration. En comparant des niveaux mesurés à des stations placées sur l'estuaire de la Loire, il démontre cependant que la différence interannuelle est plus nette sans dilution (salinité proche de 0) : pour une salinité de 5, la concentration en nitrate est de 75 $\mu\text{mol/L}$ environ en 1975. En 1985 elle atteint les 150 $\mu\text{mol/L}$, en 1995 190 $\mu\text{mol/L}$ environ, en 2000 elle atteint un maximum de 250 environ. La droite correspondant à l'année 2005 est sensiblement confondue avec celle de 1995. L'augmentation semble s'être stabilisée pour les années les plus récentes.

Dans le bulletin RNO (2003), il est indiqué sur la période 1985-2003 une stabilité du phosphate et une tendance à l'augmentation des concentrations hivernales en nitrate de 1985 à 1997, puis une diminution depuis 1998 (290 $\mu\text{mol/l}$ en 2003).

Il ressort donc de ces divers auteurs les mêmes tendances qu'en Vilaine. Sur les dernières décennies, le flux de phosphates-phosphore semble s'être stabilisé, voire diminué alors que celui liée à l'azote (nitrates, ammonium) serait toujours en augmentation. Mais il se pourrait que sur ces dernières années, il soit en train de se stabiliser voire diminuer.

Chlorophylle *a*

Dans son travail sur l'évolution de la qualité des eaux de la Loire, Sauriau (1996) met en avant le fait que l'on peut considérer qu'une grande partie du cours de la Loire est eutrophisée comme en témoigne la concentration en chlorophylle *a* mesurée à l'étiage de l'amont vers l'aval (Figure 16 ci-dessous). Mais il faut cependant garder en tête que les valeurs seuil proposées de chlorophylle *a* en eau douce et eau marine sont très différentes (seuil à 100 µg/l en eau douce).

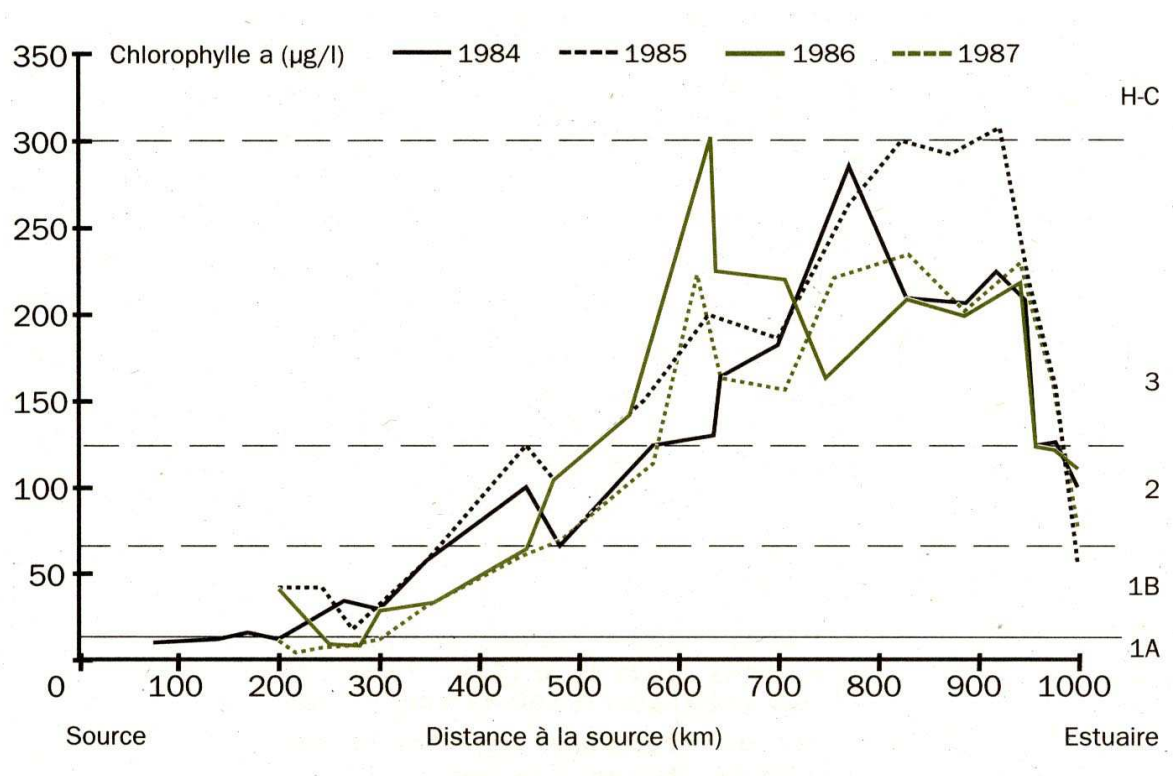


Figure 16 : Eutrophisation de la Loire (Valeurs estivales de 1984 à 1987)

Note : Teneurs maximales en chlorophylle (µg/l) le long d'un profil amont-aval en Loire en conditions estivales (1984 à 1987) et correspondance avec les classes de qualité des eaux (1A, 1B, 2, 3 et H-C) Repris de Vinçonneau et al. (1990) et cité par Sauriau (1996).

Pour le GIP Loire Estuaire (2005) dans sa Fiche indicateur L2A4 (« Vitalité du plancton végétal »), quelques points essentiels sur la vitalité du phytoplancton et la mesure de la chlorophylle *a* sont donnés de l'aval vers l'amont. La vitalité du phytoplancton est exprimé par le ratio : concentration en chlorophylle *a*/concentration en pigment (chlorophylle dégradée) et phéopigment. Le suivi de la vitalité est représenté par une figure dans la fiche montrant les concentrations en chlorophylle *a* (en µg/l), et ce ratio, de l'aval vers l'amont. Les chiffres sont les suivants :

- Haute mer : entre 1 et 5 µg/l → vitalité >>1
- Littoral : entre 2 et 10 µg/l → vitalité = 1
- Estuaire : entre 10 et 50 µg/l → vitalité <1
- Fleuve : entre 30 et 200 µg/l → vitalité > 1
-

L'eutrophisation apparaît à partir de 7,5 µg/l de chlorophylle *a* en eau de mer et 100 µg/l en eau douce. (Note : 1 µg/l de chlorophylle correspond à 35 µg/l de carbone algal).

I.2.2.3.2 Autres critères de qualité

Pour le SAGE Estuaire Loire (2005), « *ne nous voilons pas la face* » la qualité des eaux de la Loire est médiocre sur le plan bactériologique et chimique avec de fortes fluctuations saisonnières sur de nombreux paramètres. On retrouve notamment des contaminants pesticides comme le montrent les valeurs indiquées ci-dessous :

Caractéristiques des eaux brutes à Mauves-sur-Loire (2003) et Ancenis (2002), respectivement

- Atrazine : Maximum de 0,141 et 0,290 µg/l
- Diuron : Maximum de 0,210 et 0,124 µg/l
- Isoproturon : Maximum de 0,135 et 0,373 µg/l

Le SAGE Estuaire Loire (2009) insiste sur l'altération de la qualité d'eau due à présence de pesticides quasi systématique, notamment avec le Glyphosate et son métabolite l'AMPA et également le Diuron et des Triazines (dont l'atrazine qui est interdite).

Dans son document, le SAGE reprend des calculs d'Ifremer entre 1992 et 95 pour estimer les flux de Triazines apportés par la Loire à l'océan et rapporte le chiffre de flux de pesticide de 3,5-4 t atrazine/an, 1,5 t atrazine DE/an, 1 t Simazine/an

Sauriau *et al.* (1994) mettent en avant la problématique des polluants type métaux lourds (plomb) et PCB que le SAGE Estuaire Loire (2005) reprend aussi.

Laroche *et al.* (2008) cite les résultats du réseau RNO (que nous verrons dans le chapitre III) et insiste sur le fait que l'estuaire présente donc une contamination diffuse lourde, caractérisée par un mélange de métaux lourds, de HAPs, PCBs et pesticides (selon le bulletin RNO 2003). Mais ce point sera repris en détail dans le paragraphe III.2.2.2.2 car selon les suivis mis en place, l'estuaire de la Loire ne semble parmi les moins contaminés du littoral français (à l'exception du paramètre Argent en Loire).

I.2.2.4 L'estuaire : son état, son fonctionnement (bouchon vaseux)

I.2.2.4.1 Description général de l'estuaire de la Loire

Dans le document du SAGE Estuaire Loire, état des lieux fait en 2005, il est précisé que le territoire du SAGE est établi à l'échelle de l'estuaire de la Loire et de son bassin versant et non pas à l'échelle administrative (département, communes, etc.), soit un territoire de 3844 km², depuis le Croisic jusqu'à la limite extrême de la remontée de la marée en amont de la Loire (Anetz), représentant 3% du bassin versant de la Loire, divisé en 17 sous bassins versants dont 5 sur le secteur qui nous intéresse :

- le secteur « Brière-Brivet », 714 km², 18,6% du total,
- le secteur Nazairien , 27 km², 0,7 % du total,
- le secteur du Bilho, 186 km², 4,9 % du total,

Les zones littorales situées de part et d'autre de l'estuaire de la Loire ont donné lieu à la délimitation de deux bassins versants :

- la rive sud « Boivre-littoral du pays de Retz », 118 km², 3,1%
- la rive nord « Littoral Guérandais », 107 km², 2,8 %

Selon le GIP (2006), l'estuaire de la Loire est divisé en 2 tronçons dont la limite est Paimboeuf et caractérisés, respectivement décrit comme :

Estuaire externe:

- sable-vase
- géométrie ouverte
- grandes surfaces de vasière

Estuaire interne :

- vase
- sections fortement convergentes
- rives à pentes importantes

L'ensemble du territoire de l'estuaire est caractérisé par une zone de faible altitude, grande plaine alluviale qui favorise échanges eau-terre, avec des zones humides et des marais (SAGE Estuaire Loire 2005). Quelques pointements rocheux émergent, alignés suivant la direction générale des failles, forment des goulets étroits qu'emprunte le lit maintenant unique du fleuve : Port-Launay - Le Pellerin, Donges - Paimboeuf et Saint-Nazaire - Mindin. Ces rétrécissements expliquent la forme d'entonnoir donnée à l'estuaire de la Loire.

En aval de Saint-Nazaire, la Loire se termine en un delta sous-marin, siège d'une sédimentation vaseuse et sableuse accrochée à de nombreux écueils rocheux. C'est là que se trouve la barre des Charpentiers, grande ride de sable résultant de l'opposition du fleuve et de l'océan, marquant l'extrémité aval de l'estuaire, et passage redouté des navigateurs.

Jusqu'en 1890, on était donc plutôt sur un type "estuaire à barre" qu'illustrait la Loire, caractérisé par l'importance de la sédimentation avec un vaste développement des vasières, par une grande largeur et une faible profondeur. Les déplacements des chenaux y étaient fréquents et les courants violents, rendaient la navigation périlleuse. Sont ensuite intervenus de nombreux aménagements pour tenter de réguler le cours de la Loire et permettre une navigation plus facile (cf paragraphe I.2.2.5).

Dans le GIP Loire Estuaire (2004 fiche L1D3), des précisions sont apportées sur les surfaces marnantes de l'estuaire équivalent aux estrans littoraux, recouvertes et découvertes par les eaux suivant le coefficient de marée. Leur rôle dans le fonctionnement hydraulique, écologique et sédimentaire de l'estuaire est fondamental. La superficie totale des surfaces marnantes, de Saint-Nazaire à Bellevue, après une longue période de régression liée à l'aménagement de l'estuaire, semble stabilisée depuis 1982 autour de 2330 ha. La partie aval de l'estuaire est de loin la plus riche : 80% en aval de Cordemais dont les deux tiers entre Saint-Nazaire et Paimboeuf, notamment grâce à la présence des vasières du secteur de Bilho dont la surface soumise à marée oscille de 340 à 1230 ha suivant les coefficients. Une attention particulière est portée à l'évolution de ce secteur sur le moyen et court terme.

I.2.2.4.2 Marée dynamique, volume oscillant et limite de salinité

Volume oscillant

A chaque marée, le volume d'eau (marine en quasitotalité) qui entre et qui sort de l'estuaire est appelé volume oscillant ou volume de flot. Il est égal, pour un cycle de marée au volume d'eau de pleine mer moins le volume d'eau de la basse mer précédente. Au cours d'une année, il pénètre et sort de l'estuaire de la Loire 140 milliards de m³ d'eau (Migniot et Le Hir, 1997), alors que la Loire apporte entre 20 et 50 Milliards de m³ d'eau douce par an soit entre 1/6 et 1/3 du volume oscillant.

Dans la fiche indicateur L1A2 du GIP Loire Estuaire (2004) (« L'amortissement du volume de flot ou volume oscillant »), les volumes d'eau qui entrent et sortent de l'estuaire sont de l'ordre de 75 Mm³ en mortes eaux à 280 Mm³ en vives eaux. Suivant les situations hydrologiques, le volume maximal d'eau (pleine mer) dans l'estuaire varie de 310 à 430 Mm³ tandis que le volume minimal (basse mer) varie de 150 à 235 Mm³.

La marée dynamique

Le marnage de la marée est de 2,4 à 6 m à St Nazaire (SAGE estuaire Loire 2005). La propagation de l'onde de marée induit une incursion de l'eau marine dans l'estuaire. Actuellement, le point extrême d'extension de l'onde de marée se trouve à 5 km au-dessus d'Ancenis ou à 95 km de Saint-Nazaire, soit 24 km plus en amont qu'au début du siècle. Par crue de 4 000 m³/s, l'extension de la marée dynamique diminue de 30 km. L'onde de marée ne conserve pas la même amplitude tout au long de l'estuaire. En vives eaux moyennes, le plus grand marnage se trouve vers Le Pellerin où avec 5,85 m, il dépasse de 0,85 m le marnage à l'embouchure. En mortes eaux, le maximum est à Nantes avec 3,45 m soit 1 m de plus qu'à Saint-Nazaire.

Les déplacements de la masse d'eau ou volume oscillant, dépendant de l'amplitude de la marée et du débit fluvial, diminuent en fonction de la distance à l'embouchure. Il sera maximal lors des marées de vives eaux en périodes d'étiage et minimal lors des marées de mortes eaux en périodes de crue. Le bief entre Saint-Nazaire (PK 3) et Paimboeuf (PK 15) contribue à l'essentiel (> 50%) des volumes en jeu lors des marées de vives eaux et mortes eaux extrêmes indiquées (respectivement 154,5 et 42,4 Millions de m³). Ce n'est qu'en fortes crues (> 5 000 m³/s) que les eaux fluviales sont expulsées hors de l'estuaire en une seule marée. La plupart du temps, elles sont mues d'un mouvement alternatif, vers l'aval lors du jusant et vers l'amont lors du flot. Ainsi, en été, une molécule d'eau peut séjourner pendant un mois dans l'estuaire interne avant de rejoindre la mer. Cette situation est préjudiciable à la qualité des eaux.

La marée de salinité

L'estuaire est le lieu du mélange des eaux. La dilution des eaux salées marines par les eaux douces fluviales n'est pas toujours homogène de la surface au fond au long de l'estuaire et suivant la période.

La marée saline pénètre moins loin dans l'estuaire que la marée dynamique. La limite de salinité (soit une concentration en sel de 0,5 g/l) se situe en conditions moyennes au dessus de Cordemais ; elle se déplace vers l'amont quand les coefficients augmentent et vers l'aval quand les débits fluviaux croissent. Sa position extrême, en vives eaux exceptionnelles et étiage, se trouverait actuellement à Thouaré, soit à 18 km plus en amont qu'en 1953. A ces variations saisonnières du front de salinité, se superposent des déplacements journaliers au gré des marées, le trajet parcouru entre la basse mer et la pleine mer augmentant quand le débit fluvial décroît.

Pour Gallenne (1974) cité dans Marchand *et al.* (1983), Migniot *et al.* (1997) et Truhaus (2006), la salinité de l'estuaire de la Loire se découpe en quatre domaines différents (Figure 17), le domaine marin (salinité > 30 psu), le domaine polyhalin (18 < salinité < 30 psu), le domaine mesohalin (5 < salinité < 18 psu) et le domaine oligohalin (0,5 < salinité < 5 psu).

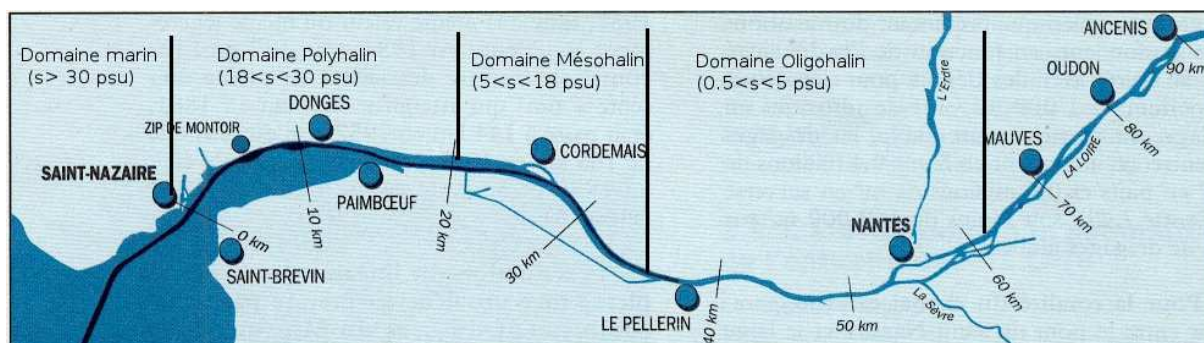


Figure 17 : Estuaire de la Loire de Saint-Nazaire à Ancenis découpé en 4 sections selon la salinité (modifié, d'après Migniot *et al.*, 1997 dans Truhaus 2006)

I. 2.2.4.3 Bouchon vaseux et crème de vase

La formation du bouchon vaseux ou/et de la crème de vase de la Loire

Romana (1994), Truhaus (2006), le SAGE Estuaire Loire (2005) et le GIP Loire Estuaire sur son site (2010) ainsi que dans sa lettre n°11 (2010) rappellent les principes de formation d'un bouchon vaseux dans un grand estuaire comme la Loire. Nous en retenons les points essentiels dans ce paragraphe. Pour plus d'information, on peut se reporter à l'Annexe 4 ou sur le site du GIP : www.loire-estuaire.org.

La rencontre eau douce eau salée y induit des conditions physico-chimiques favorables à la floculation des particules les plus fines argilo-silteuses. Cette particularité concourt à faire sédimer précocement les particules fines jusque là maintenues en suspension. Les particules sédimentaires, jusque-là maintenues en suspension s'agglomèrent sous forme de flocons et tombent sur le fond à la faveur des étales de basse mer lorsque les vitesses moyennes passent sous le seuil de 0,50 m/s c'est-à-dire une marée de coefficient inférieur à 60 ou 70. Cette masse très turbide s'entretient et se déplace dans l'estuaire interne suivant le coefficient de marée et le débit de la Loire, sous deux formes remarquables, le bouchon vaseux et la crème de vase.

On peut considérer, pour l'estuaire de la Loire, que l'on se trouve en présence du bouchon vaseux, pour des turbidités supérieures à 50 mg/l : les teneurs moyennes des suspensions en amont oscillant entre 20 et 40 mg/l. En Loire, le bouchon vaseux peut s'étendre sur 45 kilomètres pour un faible débit. Il représenterait une masse sédimentaire de 0,8 à 1 millions de tonnes, soit 1 à 3 ans d'apports de sédiments par le fleuve selon Romana (1994). **Pour le GIP Loire Estuaire, la quantité de sédiments piégés varie de 0,5 à 1,5 million de tonnes.** C'est ce stock, qui explique les fortes turbidités rencontrées en milieu estuarien. Les concentrations de matières en suspension rencontrées au sein du bouchon vaseux sont de 100 à 500 fois plus importantes que celles que l'on peut trouver dans le fleuve ou en mer.

La Crème de Vase est « une zone de forte concentration, véritable boue liquide, située sur le fond et dans le chenal. Sa turbidité y est supérieure à 20 g/l, mais peut atteindre des valeurs élevées : 400 – 500 g/l. Elle résulte de l'accumulation au fond de sédiments en suspension issus du Bouchon Vaseux » (Gallenne, 1974 cité par le GIP, 2010). La crème de vase est donc une couche visqueuse pouvant atteindre 1 à 3 m d'épaisseur et s'étendre sur plusieurs kilomètres (jusqu'à 20 km) avec une concentration en matières en suspension pouvant atteindre 200 g/L (entre 100 et 400 selon les auteurs). La crème de vase ne se forme qu'en mortes eaux, quand les courants atténués et la durée accrue des étales favorisent le dépôt des sédiments du bouchon vaseux. Son "poids" est estimé à 100 000 tonnes. La crème de vase se déplace très peu au cours de la marée. Au-dessus, subsiste un bouchon vaseux très discret et réduit.

Les circonstances qui mènent à la formation du bouchon vaseux ou de la crème de vase sont résumées par le GIP Loire Estuaire (sur le site, lettre n°11 2010) et sont placées sous l'influence concomitante des marées et des débits.

L'alternance bouchon vaseux - crème de vase est un facteur de sédimentation rapide dans l'estuaire. Quand les coefficients de marée augmentent, les courants remettent en suspension les sédiments immobilisés dans la crème de vase qui vont alimenter le bouchon vaseux. Quand les coefficients décroissent, l'inverse se produit. Cette "respiration" est essentielle dans l'évolution sédimentaire de l'estuaire et pour la qualité de ses eaux.

Déplacement du bouchon vaseux, évolution du système

Le bouchon vaseux se déplace d'amont en aval suivant le débit du fleuve et le moment de la marée (flot ou jusant). Quant au stock en suspension, il augmente et diminue en fonction du cycle lunaire de la marée. Truhaud (2006) reprend des auteurs plus anciens pour expliquer qu'en période d'étiage, le système bouchon vaseux - crème de vase se déplace vers l'amont provoquant l'envasement du port de Nantes. A l'inverse, en cas de crue, il est situé très en aval voire, expulsé vers l'extérieur de l'estuaire. Sa position dans l'estuaire est vraiment fonction du débit. Sauriau (1996) propose la figure suivante pour le positionnement du système :

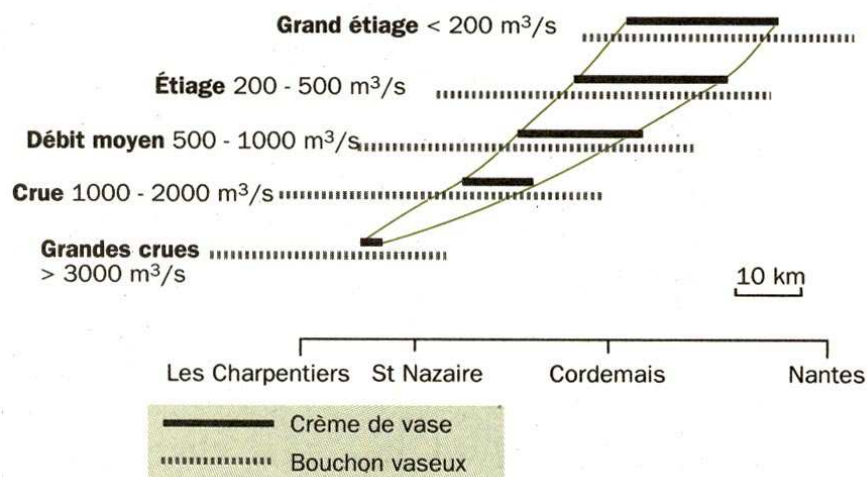


Figure 18 : Déplacement du bouchon vaseux en Loire en fonction du débit fluvial et du coefficient de marée (repris de Gallenne 1974 par Sauriau 1996)

Conséquences du fonctionnement du bouchon vaseux/crème de vase en Loire

Ce stock, où la concentration des sédiments est très forte joue probablement un rôle fondamental dans une éventuelle dégradation de la qualité du milieu (Romana 1994). En effet, parmi d'autres conséquences :

- les micropolluants adsorbés sur les sédiments viennent s'accumuler dans le bouchon vaseux ;
- l'oxydation du stock important de matière organique particulaire biodégradable accumulé dans le bouchon vaseux peut conduire à un sérieux déficit en oxygène dissous en période estivale. C'est actuellement le cas de l'estuaire de la Loire, où l'accumulation dans le bouchon du stock de matière organique issue des lessivages des sols en amont ou générée par l'eutrophisation du fleuve, induit des sévères anoxies de l'eau en période estivale, au moment où l'ensemble des sédiments est en suspension. En période de mortes eaux, l'oxygène dissous remonte à des teneurs proches de la saturation ;
- le bouchon vaseux accumule les bactéries d'origine animale ou humaine ;
- sa forte turbidité limite considérablement la pénétration lumineuse, et réduit, par conséquent, la production primaire.

Ce phénomène est décrit en détail dans la fiche N°L2A1 « L'oxygène de l'eau » du GIP Loire estuaire, téléchargeable sur leur site.

Le risque d'anoxie lié au fonctionnement du bouchon vaseux est aussi repris par Sauriau (1996). De plus, pour lui, les tendances climatologiques à l'horizon 2050-2100 prédisent une probabilité accrue d'étiages sévères et un renforcement du rôle de la marée dans les estuaires, d'où une plus grande rétention du bouchon vaseux dans la Loire et un risque accru de fortes crises d'anoxie dans l'estuaire.

Pour le GIP Loire Estuaire (site et lettre n°11 2010), les mécanismes d'envasement du chenal qui nécessitent des interventions de dragage d'entretien généralement dans la zone du bouchon vaseux sont issus de la sédimentation de cette crème de vase qui est en quantité plus importante aujourd'hui par rapport à des situations entre 1960-1990, sans que l'on s'explique la raison pour l'instant.

I.2.2.4.4 L'origine des sédiments en Loire

Pour le GIP Loire Estuaire (2010) (www.loire-estuaire.org), les apports solides de la Loire se présentent sous trois formes :

- La première, dissoute dans l'eau, se compose essentiellement de sels minéraux. Le flux ainsi transporté est le plus important tant en poids, plusieurs millions de tonnes/an, que par son rôle vis-à-vis de la vie estuarienne et côtière.
- La deuxième forme, les matières en suspension (MES), se compose de deux phases : l'une minérale (silts, argiles et sables fins) de taille inférieure à 0,5 mm, et l'autre organique (débris végétaux et algues), en proportion variable suivant la saison. Les plus fortes concentrations sont enregistrées lors de la montée de la première crue, période de lessivage intense pendant laquelle le quart ou le tiers du transit annuel peut être apporté en quelques jours. Le flux annuel de MES est estimé à 1,5 million de tonnes en année moyenne.
- Enfin, la troisième forme du transit sédimentaire a lieu sur le fond, par succession de sauts (saltation) ou par roulement, et concerne les éléments les plus lourds (sables et graviers). Ce processus dynamique entretient les seuils et les mouilles caractéristiques du lit de la Loire qualifiée de "rivière à fond mobile", et génère la lente descente des sables vers l'aval. Son flux moyen serait de l'ordre de 150000 tonnes/an, soit 10 % du transport en suspension, et aurait beaucoup diminué avec les extractions de matériaux en lit mineur.

Dès que les eaux fluviales sont freinées par la marée dynamique, l'estuaire de la Loire fonctionne comme un piège à sédiments » qui s'amplifie au fur et à mesure que le régime proprement estuarien s'accroît. En conséquence, un rééquilibrage est nécessaire, pour réguler ces déplacements de sédiments, et permettre une navigation correcte.

I.2.2.5 Les aménagements de la Loire

I.2.2.5.1 Nature des aménagements de la Loire

Justifiés en grande partie pour améliorer la navigabilité du fleuve jusqu'à Nantes (voire Paris par le canal de Briare ou plus modestement jusqu'à Orléans selon M. Staebler, comm. orale), les aménagements sur la Loire ont été réalisés sur les siècles derniers. Ils ont été considérables, visant à transformer radicalement la géométrie du fleuve et supprimer tout ce qui pouvait entraver la circulation des eaux, en amont eaux du fleuve et en aval, pénétration de la marée (GIP Loire Estuaire, www.loire-estuaire.org). Cette « doctrine » a surtout conduit à l'abaissement du niveau des basses mers et de l'étiage, un chenal unique et la création d'un bassin de marée en amont de Nantes. Elle a ainsi permis la remontée en amont de navires de plus en plus importants.

Un historique plus précis de ces aménagements est donné par le GIP Loire Estuaire (2005), Migniot et le Hir (1997), Truhaus (2006) et les divers rapports récents du GIP Loire Estuaire, issus du Programme Loire Grandeur Nature (cf Annexe 5). Migniot et le Hir (1997) y ajoutent des calculs de bilan sédimentaire pour chaque tranche historique.

I.2.2.5.2 Conséquences de ces aménagements

Nombreux sont les travaux, et rapports concernant les aménagements de la Loire et leurs conséquences : GIP Loire Estuaire, SAGE Estuaire Loire 2005, et Baudrier 2002, Migniot et Le Hir 1997, Truhaus 2006 (Annexe 5).

Ils concluent tous à des conséquences importantes au-delà de ce que visaient les ingénieurs à l'époque:

Incidence sur l'hydrodynamisme, la morphologie du fleuve, ses équilibres

Les aménagements de la Loire et notamment l'approfondissement du canal ligérien ont effectivement entraîné une remontée de la marée dynamique jusqu'à Nantes (24 km de plus en amont qu'au début du 20^{ème} selon le GIP (2002)), un abaissement de fonds de plusieurs mètres par endroit, l'accroissement du volume oscillant à Nantes, un abaissement de la ligne d'eau du fleuve, une chenalisation unique par suppression des bras secondaires, une augmentation de la vitesse de courants, tous ces effets étant plus ou moins désirés.

Le SAGE Estuaire Loire (2005) énonce très clairement des conséquences très importantes sur l'équilibre transversal de la Loire. « Les aménagements réalisés sur la Loire ont figé la géométrie du fleuve :

- le lit majeur est endigué par des levées et le lit mineur est canalisé entre les épis (rallongés jusqu'en 1995) qui augmentent la vitesse du courant,
- des annexes hydrauliques ont été complètement ou partiellement déconnectées. Cette perte de connexion des annexes altère leur capacité hydraulique d'écoulement des crues et leur fonctionnalité écologique,
- des zones d'écroulement des crues ont été déconnectées, comblées et végétalisées. Elles ont perdu leur fonction hydraulique, augmentant les risques de ruptures brutales des digues et d'inondations catastrophiques,
- des accumulations importantes de sable sont observées entre les épis,
- des habitations et des cultures sont apparues sur les zones traditionnellement inondables,
- les grèves sableuses anciennement mobiles se végétalisent et se fixent aux rives,
- les liaisons rivières-forêt alluviale ont été supprimées.
- Equilibre « fleuve-mer » est rompu.

Le creusement du chenal de navigation en aval de Nantes et la création d'un bassin à marée à l'amont ont eu pour effet de favoriser l'intrusion de la mer dans l'estuaire, ainsi l'équilibre estuarien a été rompu. »

L'extraction de granulats en amont de Nantes a aussi contribué à modifier le cours du fleuve et creusé son lit (Baudrier 2002 ; Truhaus 2006).

En conclusion, le SAGE Estuaire Loire (2005) souligne les priorités de « contre » aménagements de la Loire pour les décennies futures. La priorité actuelle est donc de relever le niveau de la ligne d'eau d'étiage. Ces points sont aussi développés dans les scénarios du GIP (2006) avec des modélisations en 3 D qui montrent l'incapacité de l'estuaire de la Loire à se restaurer lui-même. Si rien ne se fait, les évolutions constatées au cours du 20^{ème} siècle vont se prolonger, soit :

- Un abaissement de la ligne d'eau de basse mer à l'aval de Nantes,
- Une élévation du niveau de la mer de 13 cm sur la façade maritime, amplifiée dans l'estuaire jusqu'à 20 cm à Nantes, (prévisions pour 2040 en lien avec le réchauffement climatique),
- Une progression de la salinité et turbidité vers l'amont lors des étiages,

- Une perte accrue de surfaces de vasières.

Incidences sur les vasières en aval

Pour Truhaus (2006), les vasières et les roselières de la rive nord entre Montoir et Donges ont pratiquement disparu suite aux remblais de 700 hectares de terre-plein lors du creusement du chenal (Truhaus 2006 et GIP Loire Estuaire). Les travaux d'aménagement ont entraîné une réduction des surfaces d'estran et des zones de nourricerie pour les jeunes poissons.

Globalement, la zone intertidale, constituée de vasières et de bancs de sable est passée de 5423 ha en 1821 à 1950 ha actuellement avec une perte de 35% sur les quarante dernières années.

Sauriau (1996) rappelle à propos des vasières et des roselières leur rôle fondamental et les conséquences qui résultent de leur réduction sur les écosystèmes. Par comparaison avec l'estuaire de la Seine, cet auteur soulève l'hypothèse que la disparition des vasières intertidales dans l'estuaire pourrait avoir des conséquences non seulement sur la biodiversité, la ressource vivante (pêcheries affectées) mais aussi provoquer un positionnement plus aval du bouchon vaseux, un envasement (création vasières subtidales) du littoral voisin, notamment de toutes les plages, ainsi qu'une dégradation bactériologique de la qualité des eaux. Tous ces points soulevés à l'époque sont de fait complètement d'actualité comme nous le verrons.

Ces points sont d'ailleurs repris récemment par le GIP, dans ses travaux de prospective dans le cadre du programme Plan Loire Grandeur Nature, impliquant une réhabilitation de certains habitats essentiels comme les vasières intertidales.

Sur le plan hydrodynamique, les grosses transformations de l'estuaire aval entre Paimboeuf et Saint-Nazaire ont fortement modifié la répartition des écoulements entre la rive sud et la rive nord, mais faiblement les sections d'écoulement des eaux à mi-marée.

Une tentative de bilan est faite sur l'île de Bilho et son secteur qui a été créée entre novembre 1979 et février 1981 par déversement, sur un banc de sable de sédiments issus des dragages d'établissement du chenal de grande navigation d'accès à Donges (GIP Loire Estuaire 2004 fiche L1D3). Sur le court terme, de 1994 à 2002, l'érosion l'emporte sur le dépôt en superficie alors qu'en volume, le bilan – partiel – semble équilibré.

I.2.2.6 Le dragage du chenal

Le dragage d'entretien du chenal de la Loire est une problématique importante de l'estuaire de la Loire, aussi l'avons-nous détaillé en Annexe 6.

I.2.2.6.1 Historique et justification du dragage de l'estuaire de la Loire

Un historique du dragage de l'estuaire de la Loire est donné par Migniot et Le Hir (1997) et replacé dans le contexte de tous les aménagements sur la Loire (cf paragraphe 2.2.5 et Annexe 5).

Il semble clair que l'ensemble des divers aménagements faits sur la Loire au cours du siècle dernier ait contribué à augmenter la masse de sédiments qui circulent et se déposent sur la partie aval de l'estuaire, rendant obligatoires les opérations de dragage.

I.2.2.6.2 Evolution des techniques

Migniot et Le Hir (1994), Truhaus (2006) et le GIP (2007) soulignent des différentes techniques de dragage et leur évolution. Les dragues, qui ont été renouvelées au fur et à mesure des nécessités portuaires, sont de plusieurs types qu'il est important de détailler pour comprendre leurs impacts.

La DAS (Drague Aspiratrice Stationnaire).

Ces dragues sont en général non automotrices. Ces engins sont fixés sur le sol par des pieux ou des ancrs. Leur déplacement est assuré par un navire de servitude ou un remorqueur. Les produits dragués sont ainsi directement “refoulés” à proximité, soit près du fond de l’estuaire pour être ensuite repris partiellement par une drague aspiratrice en marche, soit à terre ou éventuellement dans des barges.

La DAM (Drague Aspiratrice en Marche)

Contrairement à la DAS, la DAM est mue par des engins automoteurs. Les dragages d’entretien du chenal de la Loire sont effectués par la DAM Samuel de Champlain. En complément de cette DAM, le GIE Dragages-Ports dont le PANSN est membre, dispose d’autres dragues de capacités différentes ainsi que des sabliers dont le recours est ponctuel. La DAM utilise deux techniques de devenir des produits dragués: le dragage transport- clapage avec recours éventuel à la surverse de densification (technique qui disparaît en 2005) et le dragage par surverse, dit à l’américaine. Cette dernière pratique est désormais interdite, sauf circonstances exceptionnelles à justifier auprès de la police de l’eau, notamment lorsque la situation météorologique ne permet pas d’accéder à la Lambarde. Le volume incriminé dans ce type de dragage n’excéderait pas $1,7 \text{ Mm}^3$, chiffre qui semble contesté par d’autres auteurs (Truhaud 2006).

Le dragage-transport-clapage

Les techniques utilisées aujourd’hui privilégient le clapage avec exportation de sédiments. L’objectif du dragage-transport-clapage est de draguer le sédiment, le charger en puits et le claper en zone de vidage. Au niveau de l’estuaire de la Loire, la fosse de clapage principale est la zone de la Lambarde sud où les sédiments sont rejetés juste sous la surface (Figure 19).

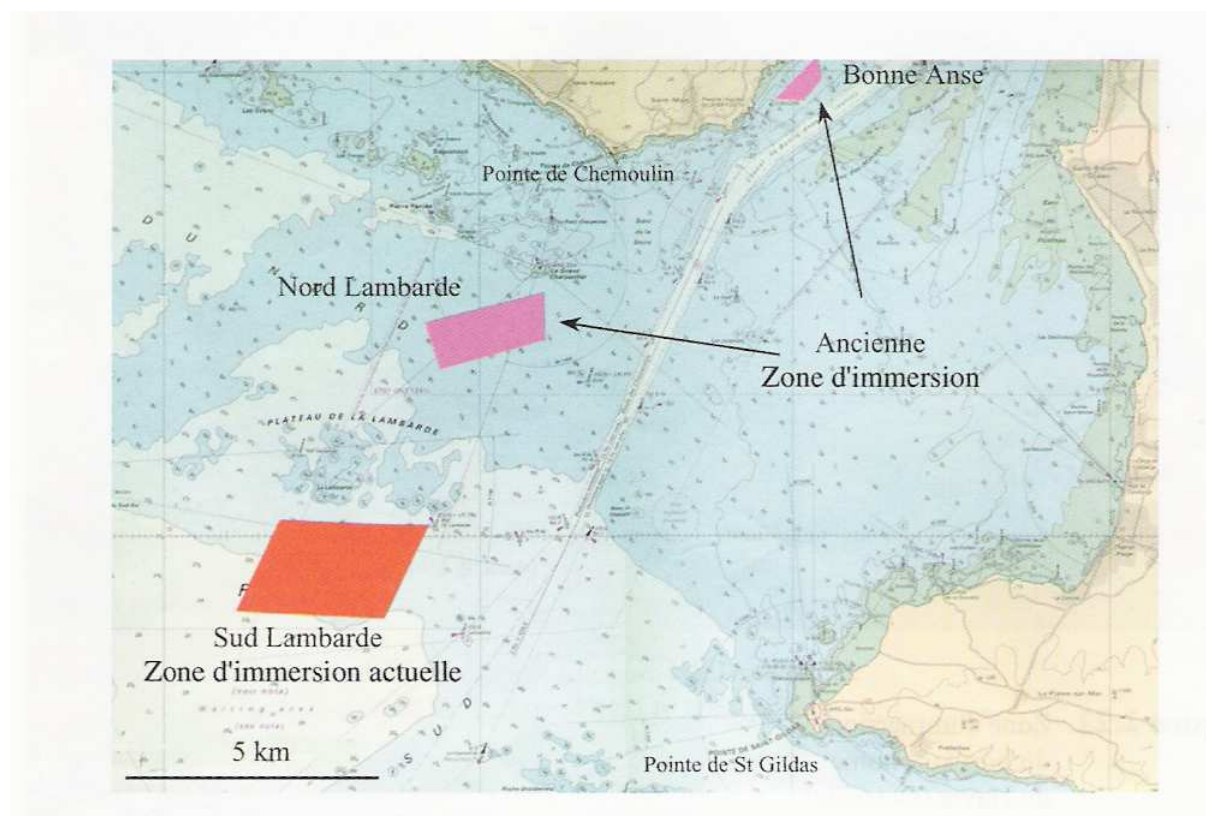


Figure 19 : Zone de clapage des sédiments dragués dans l'estuaire de la Loire
(dans Truhaud 2006)

I.2.2.6.3 Mise en oeuvre des dragages

Le GIP (2005) souligne que les dragages interviennent surtout dans les périodes de forts débits, selon une cote de référence. Quand le débit du fleuve est élevé, il transporte davantage de sédiments. En général, les apports sont plus conséquents de novembre à avril (débits plus forts) que de mars à novembre. Ce phénomène est accentué lors des crues du printemps, mobilisant les sédiments fins du bassin versant. Les volumes dragués dépendent également des besoins du PANSN pour l'accueil des navires et en particulier des évolutions de la cote de référence pour la navigation. Cette cote est établie mensuellement en fonction de la conjonction de la sédimentation et des moyens de dragage mobilisables.

Les différences interannuelles des volumes dragués reflètent en grande partie l'hydraulicité de la Loire, mais dépendent également de la capacité de dragage. Ainsi, d'importants volumes dragués alors que l'hydraulicité est faible, s'expliquent par le retard pris sur les dragages, par exemple en 2004.

I.2.2.6.4 Lieux et volumes de dragages

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que le dragage est nécessaire et se fait sur la partie aval de l'estuaire. Migniot et Le Hir (1997) indiquent notamment les zones de dragage d'entretien et montrent que la majorité des volumes dragués se fait dans les sections en aval, autour du port de Montoir. Pour le GIP (2007), le dragage est prépondérant dans les chenaux maritimes et aval, où il représente en moyenne, autour de 90% des volumes dragués dans le chenal et pour les accès aux installations portuaires, la plupart des postes étant implantés à l'aval. Truhaus (2006) détaille les méthodes de dragage employées en fonction des différentes sections.

Il est plus difficile de comprendre exactement l'évolution des volumes dragués, en fonction aussi des techniques.

Pour le GIP (2007), les volumes dragués annuellement sont irréguliers. Deux périodes sont pointées : le volume total dragué augmente de 6 millions de m³ (Mm³) en 1986 à plus de 17 Mm³ en 1996, année où il est à son maximum. Depuis 10 ans, une inversion de la tendance est observée, avec environ 7 Mm³ en 2006.

Le clapage représente en moyenne annuelle, entre 1984 et 1995, plus de 3 Mm³. Ce chiffre a presque doublé dans les années suivantes. Cette moyenne annuelle recouvre des clapages irréguliers : au minimum 2,5 Mm³ en 1990, et au maximum 8,6 Mm³ en 2003.

Plus loin, le GIP (2007) donne un chiffre de 6 millions de m³/an clapés à la Lambarde et explique que la quantité de sédiments exportée hors de l'estuaire a varié depuis 1996, avec un minimum de 4 Mm³ en 2002 et près de 8 Mm³ en 2004 (due au rattrapage des avaries printanières de dragues). Depuis ce pic, les quantités de matériaux exportés à la Lambarde sont en diminution avec près de 4,5 Mm³ en 2006, soit 3 Mt/an.

Pour Migniot et le Hir (1997), les dragages d'entretien globaux sont donc de 6,5 millions de m³ par an dont la moitié environ provient des dragages par surverse.

Truhaus (2006) utilise les résultats de l'étude d'incidence du dragage sur la zone Natura 2000 du chenal de la Loire pour retracer l'évolution des quantités draguées lors des dragages d'entretien entre 1984 et 2003. Ces volumes dragués ne diminuent pas et restent autour de 10 millions de m³ par an pour ces dix dernières années. La part des rejets par surverse serait de 5 millions de m³. Il faut ajouter les volumes clapés dans les fosses de Grant Pont et Port Lavigne qui sont remis en suspension par les courants de vive-eau. Un peu plus loin, dans le même rapport, Truhaus indique que sur les 12 millions de m³ de sédiments dragués dans l'estuaire chaque année, environ 7 millions de m³ sont déposés à la Lambarde.

Il conclut sur un point très important : les quantités de sédiments rejetés par surverse, au niveau de l'estuaire en général, restent trop élevées pour éviter des impacts néfastes sur les organismes et leur habitat. Les quantités de sédiments dragués (10 millions de m³ en moyenne), restent très importantes comparées aux apports sédimentaires annuels venant de l'amont du fleuve et qui sont évalués à 1-2 millions de m³.

De ces différents rapports, on peut conclure que le volume total dragué sur l'estuaire de la Loire est autour de 10-12 millions de m³ en moyenne (mais maximum atteint de 17 millions), dont au moins la moitié est clapée sur le site de la Lambarde (jusqu'à 7 millions), le reste étant traité par la DAS ou à des dragages par surverse-densification voire à l'américaine. Nous n'avons pas pu recueillir d'informations sur les proportions de sédiments extraits par ces techniques. Les dragages à l'américaine auraient été définitivement abandonnés, ainsi que les fosses de clapage de Grand Pont et Port-Lavigne, ce qui témoignerait d'une volonté de progrès de la part du GPMNST (PANSN).

I.2.2.6.5 Origine et devenir des produits dragués

Selon le GIP (2007), la plupart des sédiments exportés hors de l'estuaire sont clapés à la Lambarde, pour un volume moyen de 3 Mt/an, dans l'estuaire externe à environ 20 km de Saint-Nazaire. Les sédiments du chenal amont sont clapés ou refoulés (par la DAS) dans les fosses de Grand Pont et de Port-Lavigne (pas plus de 8% du volume annuel).

Truhaus (2006) pose la question essentielle de l'origine des sédiments dragués. Les apports sédimentaires par la Loire sont évalués à 1 à 1,5 millions de m³ par an alors que les volumes dragués sont en moyenne de 10 millions de m³. L'hypothèse selon laquelle, les sédiments dragués, qu'ils soient rejetés dans les fosses de clapage ou rejetés par surverse reviennent ou restent dans le chenal n'est donc pas à négliger. Ces chiffres comparés à ceux de l'estuaire de la Gironde, posent de nombreuses questions quant à l'efficacité de gestion des opérations de dragage au niveau de la Loire.

Plusieurs hypothèses sont émises :

- 1) Tout ce qui est dragué par surverse reste dans l'estuaire et donc ne s'en irait pas comme prévu avec le courant dans l'estuaire externe. Ceci va générer des dépôts, un piégeage des sédiments au niveau du bouchon vaseux, accentuant la sédimentation des vasières.
- 2) Les matériaux rejetés dans les fosses de Grand Pont et Port Lavigne sont aussitôt remis en suspension. En effet, on ne note aucun engraissement de ces zones, les matériaux déversés sont donc remis en suspension dans le chenal selon la SOGREAH dans Truhaus (2006), ce que confirme le GIP en 2007.
- 3) Les matériaux clapés à la Lambarde reviennent dans l'estuaire sous l'influence de la houle. La direction des houles (Figure 20) au niveau de l'estuaire externe donnée par un modèle mathématique intégrant l'influence des vents principaux (ouest et sud-ouest), montre des courants susceptibles de renvoyer les dépôts de matériaux clapés à la Lambarde dans l'estuaire. Pour le GIP (2007), plus des trois-quarts des volumes rejetés à la Lambarde, sont repris par les vagues et les courants, puis dispersés. Plus de 80% des sédiments clapés à la Lambarde en repartiraient selon les études d'impact réalisées dans le cadre des dragages (H. Oger-Jeanneret, com. pers. reportée dans Baudrier 2002 ; Truhaus 2006).

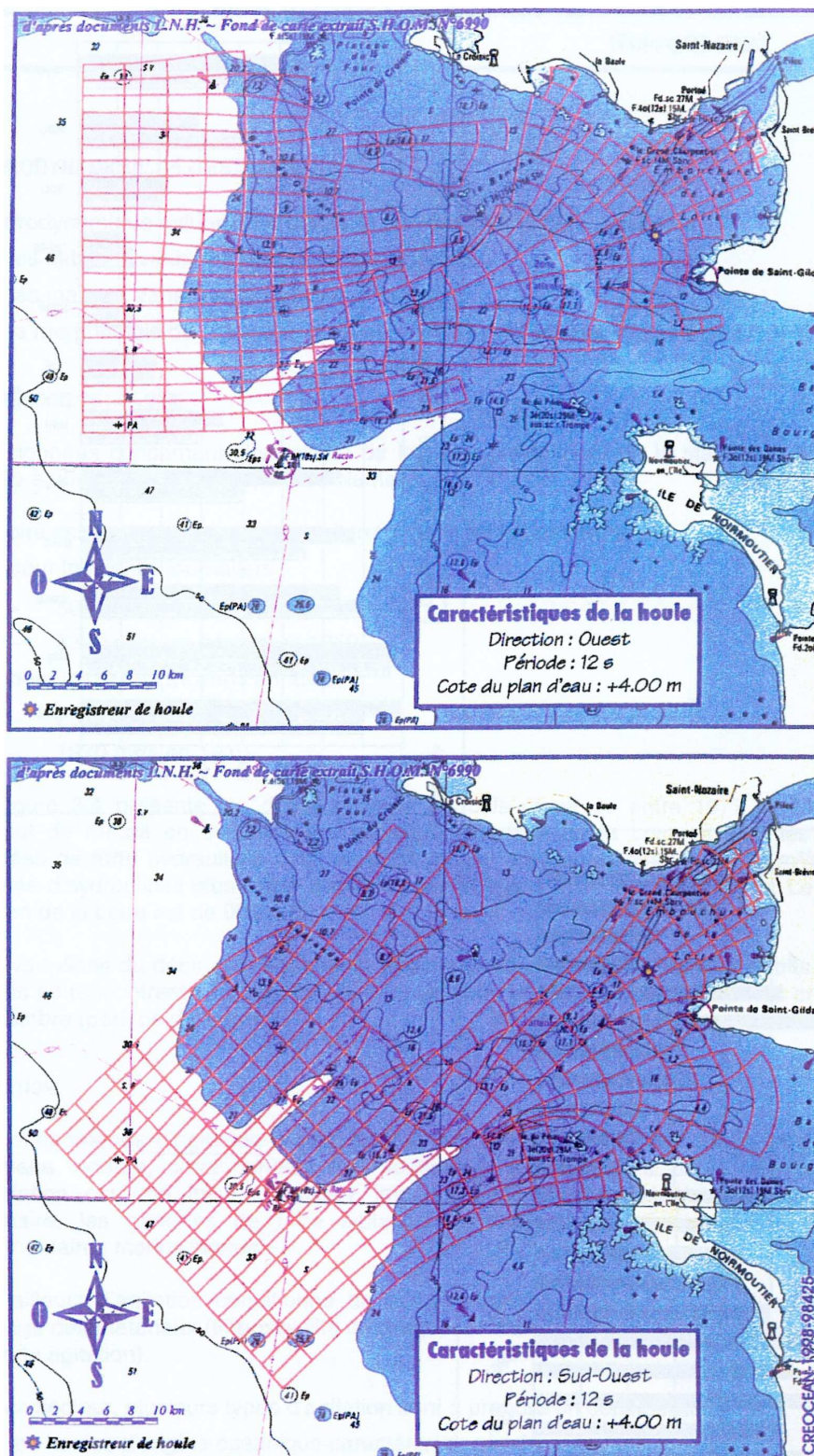


Figure 20 : Propagation de la houle vers l'estuaire de la Loire
 (SOGREAH 2004, cité dans Truhaus 2006)

Si le GIP sur son site (2010) ne discute pas le fait de l'influence de cette houle vers l'estuaire résultant en une « reprise » sédimentaire, il tempère néanmoins les propos précédents à propos des chiffres. Selon le GIP, l'estimation exacte de ce retour du sédiment à l'estuaire de la Loire est délicate (1 million de tonnes/an ?), il souligne l'importance des transports solides dans les échanges avec la mer.

Ces échanges sont aussi liés également au niveau moyen de la mer dont des observations de longue durée révèlent un exhaussement de 1,5 à 2 mm/an. Or, partout dans le monde, on constate un colmatage sédimentaire accéléré des baies et des estuaires.

Dans ces perspectives du Programme Loire Grandeur Nature, le GIP en tire un schéma simplifié du fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire de la Loire, selon la Figure 21 ci-dessous :

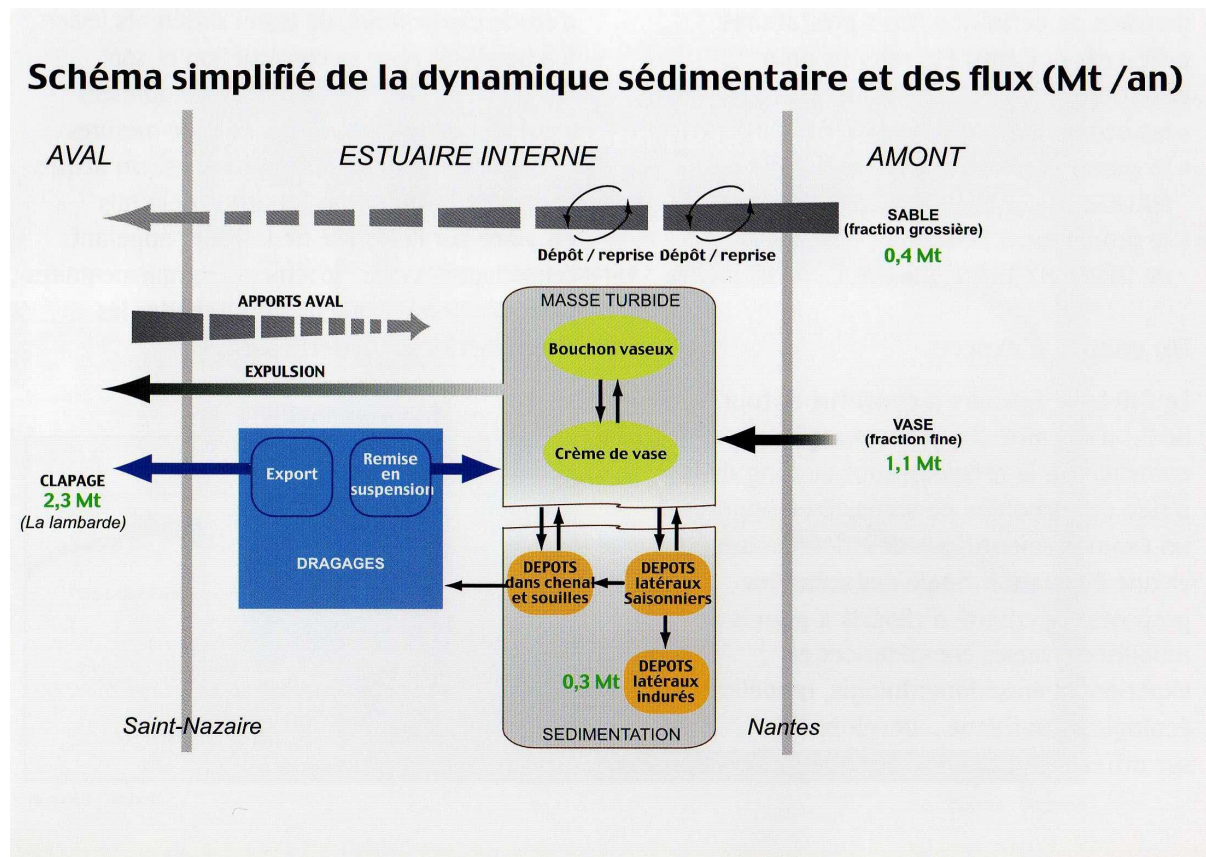


Figure 21 : Schéma simplifié de la dynamique sédimentaire et des flux (Mt/an) sur l'estuaire de la Loire (Programme Loire Grandeur Nature, GIP Loire Estuaire, www.loire-estuaire.org)

Selon ce schéma, on comprend bien les processus en cours. Mais les chiffres reportés sur ce schéma ne correspondent pas à d'autres sources y compris celles du GIP, notamment en terme de volume dragué et clapé à la Lambarde. Au final, le GIP conclut d'ailleurs sur ce document à une augmentation des dépôts de vase dans l'estuaire qui signe une dégradation de la situation.

Pour le Hir (comm. personnelle), **il est de fait bien clair qu'il y a un réel besoin d'éclaircir la question de la dynamique sédimentaire dans l'estuaire de la Loire, les échanges avec le large, la quantification des volumes de sédiments en jeu.** Les études entreprises jusqu'à maintenant ont systématiquement conduit à des hypothèses hasardeuses pour "fermer" le bilan sédimentaire de l'estuaire. Pour lui, les dragages importants pratiqués dans le chenal de Donges, majoritairement déversés sur le site de la Lambarde, sont probablement accrus du fait d'une remontée partielle de sédiments vaseux depuis le site de rejet vers le chenal de navigation sur-creusé.

I.2.2.6.6 Réglementation du dragage et clapage

Selon le GIP (2007), les opérations de dragages sont encadrées réglementairement par :

- Un arrêté préfectoral d'avril 2006 qui autorise les dragages d'entretien ;
- Un arrêté interpréfectoral, pris en 2003, qui autorise le PANSN à immerger les déblais de dragages à la Lambarde, pendant 10 ans.

Dans Baudrier (2002), le clapage sur le plateau de la Lambarde, une zone de 5900 ha, est annoncé pour 6 millions m³/an. Une demande pour un permis d'immersion des déblais de dragage pour un volume de 10 millions m³ serait en cours d'instruction. Le PANSN aurait une utilisation provisoire pour des zones de l'estuaire naturelles ou artificielles pour des dépôts des matériaux dragués: une zone en amont St Nazaire, une zone de clapage Nantes-Le Pellerin, une zone de dépôt à terre à Cheviré..

Après avoir soulevé les risques liés à la nature des sédiments dragués, Truhaus (2006) précise la réglementation mise en place concernant les niveaux de pollution des sédiments dragués. Cette réglementation a été récemment révisée et complétée par 3 textes de réglementation en 2000 et 2001.

L'Arrêté du 14 juin 2000 pose les niveaux de référence, les seuils de contamination des sédiments dragués autorisant l'immersion. Au-dessous du niveau 1, l'impact potentiel est, en principe, jugé d'emblée neutre ou négligeable, les teneurs étant comparables au bruit de fond environnemental, autrement dit aux concentrations dites normales trouvées dans un milieu non pollué. Entre le niveau 1 et le niveau 2, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction de l'importance du projet considéré. Au-dessus du niveau 2, une étude spécifique est nécessaire avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment.

Le Décret n° 2001-189 du 23 février 2001 stipule que la teneur à prendre en compte est la teneur maximale mesurée, mais que des dépassements peuvent être tolérés selon le nombre d'échantillons analysés. Ceci est assorti d'une réserve: les teneurs mesurées sur les échantillons dépassant le seuil ne doivent pas atteindre 1,5 fois les niveaux de référence considérés.

L'Arrêté du 23 février 2001 fixe les dispositions techniques spécifiques à la zone de rejet. Elle doit être éloignée des espèces et habitats protégés, le rejet ne doit pas altérer la qualité des eaux nécessaire aux différents usages tels que la baignade, la conchyliculture ou les cultures marines. Le déclarant établit un plan de dragage et de rejet pour limiter l'impact de l'opération et doit s'assurer par tout moyen approprié qu'il n'y a pas d'impact significatif sur les autres usages du milieu marin.

I.2.2.6.7 Nature des produits dragués

Ce point délicat est abordé par Truhaus (2006). En effet, les vases argileuses des sédiments estuariens ont la propriété de fixer des substances chimiques transportées par le fleuve. Ces substances auront des répercussions sur l'environnement plus particulièrement sur la faune benthique de part leur propriété toxique. Le dragage de ces éléments pose le problème de la remise en suspension de ceux-ci et donc de la biodisponibilité des substances toxiques pour les organismes vivants proches ou éloignés de ces sites de dragage. Les paramètres physico-chimiques les plus influant sur la remobilisation de ces polluants sont le pH, le potentiel d'oxydo-réduction, le contenu en matière organique et la salinité. Les matériaux dragués en Loire correspondent à des sédiments fins qui ont une teneur en matière organique élevée et qui contiennent une quantité grande de sulfures, les rendant anoxiques. Ce sont ces conditions qui vont favoriser l'immobilisation de nombreux contaminants. Les sédiments grossiers, qui sont généralement pauvres en matière organique, ont une faible capacité de rétention des contaminants organiques et des métaux.

En conformité avec les arrêtés préfectoraux, l'analyse des divers polluants par le PANSN (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc, tributylétain, PCB et HAP) est effectuée annuellement par l'Institut Pasteur de Lille au cours de diverses campagnes d'échantillonnage réalisées par le PANSN. Les résultats traités ci-dessous concernent la campagne d'échantillonnage de 2004, effectuée sur 142 points repartis tout au long de l'estuaire entre Nantes et Saint-Nazaire (Figure 22) indiquant la nature du polluant dont la concentration est supérieure au niveau 1 selon la réglementation. Globalement, les sédiments de l'estuaire de la Loire ne sont pas très pollués, ce que le suivi RNO confirmera, du moins pour l'aval. Seuls le TBT, l'Arsenic, le Chrome et le Nickel dépassent le niveau 1 en quelques points repartis le long de l'estuaire externe et de la section de transition jusqu'à Paimboeuf.

Du fait de la toxicité des métaux, la DRIRE des Pays de Loire a incité les entreprises à diminuer ces rejets voir même à les stopper entièrement. Grâce à cela, diverses actions furent engagées par les principaux émetteurs qui ont vu leurs rejets métalliques diminuer de presque 90 % en seulement quelques années. Les sources de rejets métalliques sont les ateliers de traitement de surface, les tanneries (chrome) et les entreprises réalisant des synthèses de produits chimiques.

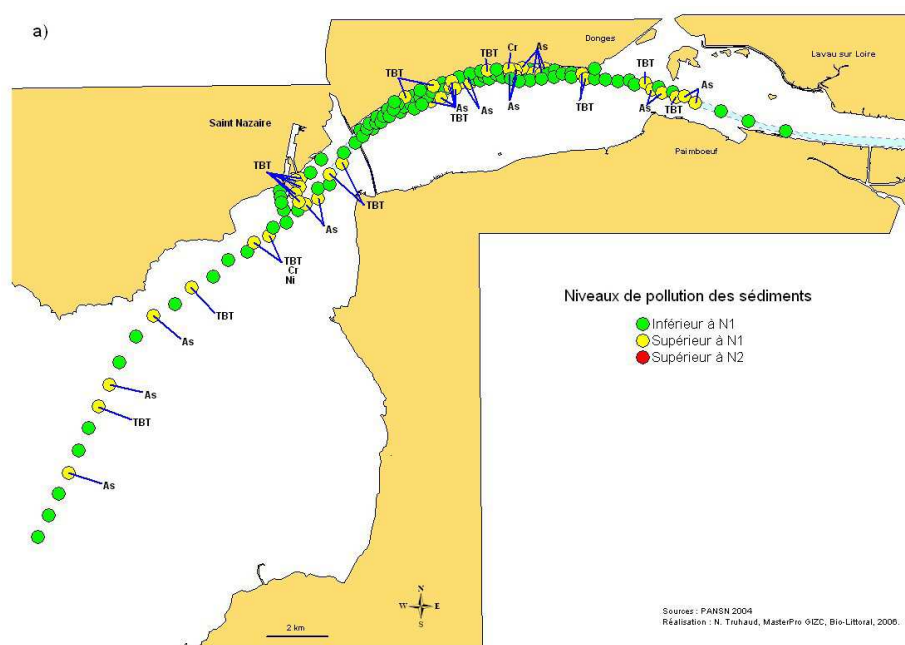


Figure 22 : Situation des points d'échantillonnage et niveaux de pollutions des sédiments de l'estuaire de la Loire de Nantes à St-Nazaire effectués pour un contrôle réglementaire (PANSN 2004 cité dans Truhand 2006)

En 2007, le GIP-LE conclut que l'analyse de toxicité réalisée à l'aide de la démarche Géodrisk, indique que les sédiments dragués possèdent une nocivité faible et sont donc aptes à l'immersion.

De fait, on peut conclure que ce n'est pas la qualité des sédiments de l'estuaire de la Loire qui pose un réel problème mais plutôt leur quantité, surtout compte tenu du manque de connaissances sur les transferts sédimentaires à l'embouchure de l'estuaire.

I.2.2.6.8 Coût des dragages

Selon le GIP (2007), le coût annuel des dragages a varié entre 15 et 25 millions € sur ces dix dernières années et s'élevait à près de 20 millions €, en 2006. Le financement se partage entre le Port et l'Etat, à hauteur de 15 millions d'euros annuel pour l'Etat (Truhaus 2006).

I.2.2.6.9 Impact des dragages

Truhaus (2006) recense les différents impacts du dragage et en tire une synthèse. Sauriau (1996) avait déjà abordé cette question critique. Parmi les impacts du dragage, on peut donc lister :

a) Impacts directs

* *L'impact direct des dragages* sur le milieu vivant concerne l'action directe de la drague, au moment de la prise des sédiments et au moment du rejet dans les fosses de clapage.

Sur le milieu vivant in situ, les opérations de dragage passent forcément par la destruction d'organismes benthiques (fuite devant les engins, risque de blesser...). Mais, conclut l'auteur, compte tenu des résultats des dernières études indiquant que le chenal de l'estuaire de la Loire est quasiment azoïque, les opérations de dragage auront donc un impact direct faible sur les organismes benthiques du chenal.

* *Impact direct du clapage*

Les sédiments rejetés par les dragues, dans les fosses de clapage, en l'absence de courants, vont tomber au fond dans un périmètre restreint. L'impact local sera donc fort. Les peuplements benthiques vivant à ce niveau seront ensevelis sous la masse sédimentaire, avec un risque de mortalité. L'incidence du clapage dépend donc de la quantité de matériel déposé et de son temps de résidence sur site.

b) Impacts indirects sur la turbidité des eaux

Rejets continus

Au niveau de l'estuaire de la Loire, les rejets continus sont principalement effectués par DAS. A ces rejets par DAS, s'ajoutent également ceux des techniques de surverses de densification et à l'américaine et par les DAM. L'ensemble de ces rejets continus est dirigé dans le courant du fleuve. L'impact de ces techniques sera nettement plus faible en vive-eau, car le sédiment est dilué par le courant. Le devenir de ces rejets sera influencé par les courants et débits.

En période de crue (automne, hiver), quand le débit est maximal, la remise en suspension est diluée par le courant et donc les rejets vont s'éloigner en aval. L'impact local est donc faible. Cependant, cette matière en suspension va aller sédimenter les vasières aval et augmenter la turbidité au niveau de l'estuaire externe.

Tous ces processus sont intensifiés en période d'étiage. Le bouchon vaseux est alors localisé en amont et dans le meilleur des cas, les matériaux dragués sont déposés dans les fosses de Grand Pont et Port Lavigne. Ces sédiments sont remis en suspension par les courants de vive-eau.

Les sédiments ne se déposeront pas seulement dans le secteur de rejet, en période de flot, ils iront se déposer en amont; en jusan en aval. Les conséquences sont les mêmes qu'en période de crue. Les incidences générées par le rejet continu sur la turbidité des eaux sont donc fortes. Son augmentation induit des effets potentiels sur la production de phytoplancton et la macrofaune benthique par manque de pénétration de la lumière.

Cette conclusion de Truhaus (2006) est d'ailleurs confortée par le GIP en 2007, qui insiste sur les dragages de la DAS pour expliquer cet effet sur la turbidité, considérant que les surverse à l'américaine et de densification doivent être vraiment abandonnées. L'impact sur la dynamique estuarienne générale reste toutefois à préciser. Les incidences sur la bathymétrie sont suivies sur les trois zones de clapage.

Pour Migniot et le Hir (1997), à une époque où les dragages par surverse sont encore très employés, leurs calculs montrent que, par un cumul des différents effets, la masse turbide de l'estuaire, évaluée en 1982 entre 500 000 tonnes et 1 000 000 de tonnes, serait augmentée de 300 000 tonnes environ provenant de la réduction des berges (moins de surface donc moins de dépôt), de 300 000 tonnes provenant des particules fines contenues dans les sédiments extraits en amont de Nantes, de 250 000 à 300 000 tonnes provenant des reprises des vases draguées par surverse et remontées dans l'estuaire en étiage. La "masse turbide" de l'estuaire pourrait ainsi atteindre 1,5 millions de tonnes et avoir des conséquences appréciables non seulement sur la qualité des eaux, le colmatage des zones limitrophes, les installations de prélèvements des eaux mais aussi sur la faune et la flore vivant dans l'estuaire.

Clapages

Selon un modèle hydrodynamique bidimensionnel de la SOGREAH, Truhaus (2006) explique que les sédiments fins sont rapidement remis en suspension par les courants de marée. La houle dominante, de secteur Ouest Sud-Ouest, ramène ce sédiment vers l'embouchure de la Loire (cf Figure 20).

Dans l'estuaire, le flot est plus court donc plus puissant que le jusant (GIP, *com.pers.*). La résultante hydrosédimentaire du transport par la marée sera donc une accumulation vers l'amont du fleuve. L'impact des clapages sera donc fort sur le site de la Lambarde lors des périodes de faible courant.

c) Impact indirect par la remise en suspension de sédiments pollués

Quel que soit la technique utilisée, les sédiments dragués se retrouvent en suspension. Apportés par le courant, les divers polluants peuvent se retrouver au niveau des vasières là où la biomasse et la biodiversité sont les plus importantes. Compte tenu de la nature de ces sédiments (cf paragraphe 2.2.6.7), on a donc un risque de dissémination de métaux lourds ou autres polluants contenus dans les sédiments vers le milieu environnant.

A partir des résultats de l'étude du PANSN, pour Truhaus (2006), des compléments d'étude doivent être conduits car l'impact des opérations de dragages d'entretien sur la dissémination des polluants est donc potentiellement fort pour l'Arsenic et le TBT. La toxicité de l'Arsenic sur l'environnement n'est pas forcément admise par tous les auteurs (RNO 1994), mais en revanche, celle du TBT est reconnue par tous. De plus, la présence du TBT est rémanente.

d) Engraissement du bouchon vaseux

Les opérations de dragage d'entretien se déroulent toujours dans la zone du bouchon vaseux. Il y a risque d'engraissement potentiel de ce bouchon vaseux surtout par les remises en suspension générées par DAS ainsi que les surverse de densification et à l'américaine par les DAM.

e) Exhaussement des vasières

Les vasières de l'estuaire de la Loire ont une tendance naturelle à s'exhausser, cependant, la remise en suspension par le dragage augmente cet effet (Figure 23). Un exhaussement modéré des vasières peut être favorable pour la faune benthique s'il entraîne un accroissement des surfaces. Cependant, un exhaussement trop accru peut entraîner une disparition de cet habitat au profit des roselières qui sont des habitats remarquables mais elles n'ont pas le même rôle fonctionnel que les vasières. Les vasières de l'estuaire de la Loire représentent de vastes zones de nourricerie pour de multiples espèces comme la sole. L'incidence des dragages sur l'exhaussement des vasières est donc potentiellement forte.

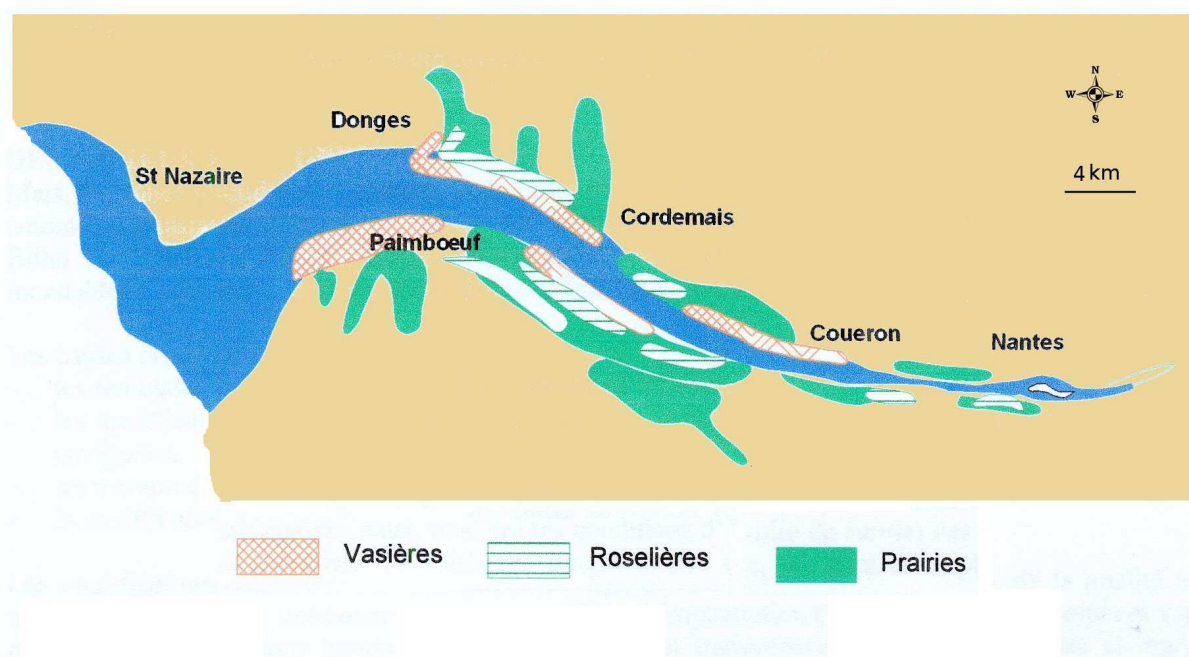


Figure 23 : Habitats remarquables de l'estuaire de la Loire susceptibles d'être influencés par les opérations de dragage d'entretien (modifié, GIP 2000 dans Truhaus 2006)

f) Impact sur l'oxygénation des eaux de l'estuaire

Lors des opérations de dragage, des quantités importantes de matériel organique particulaire possédant un fort potentiel de demande en oxygène sont remises en suspension dans l'eau, une petite part de ces particules est dégradée, consommant ainsi de l'oxygène. Les dragages remettent également des bactéries en suspension qui vont participer à la déplétion en oxygène.

L'eau contient également des sels nutritifs azotes et phosphates, qui au moment du relargage par surverse, vont se diluer dans les eaux du chenal et pourront ainsi intensifier, avec la matière organique minéralisable, les phénomènes d'eutrophisation de la Loire en période d'étiage.

En période estivale, les opérations de dragage se concentrent en amont dans le bouchon vaseux, là où les concentrations en oxygène sont les plus pauvres. En vive-eau, les remises en suspension par les surverses ou par le clapage à Grand Pont et Port Lavigne vont accentuer ce phénomène d'anoxie. Il n'est pas impossible qu'ils aient alors une part de responsabilité dans la mort des poissons migrateurs. Copépodes et Mysidacées appartenant au zooplancton peuvent aussi être impactées par cette déplétion en oxygène en période estivale lors des remises en suspension de sédiments.

L'impact des dragages d'entretien sur la qualité des eaux est donc moyen à fort sur la déplétion en oxygène. En revanche, les activités de dragage ne semblent ne pas avoir d'impact sur la contamination bactérienne du littoral.

g) Impact sur la biodiversité

Soulignés à plusieurs reprises dans les paragraphes précédents et par le rapport de Truhaus (2006), l'impact des dragages d'entretien sera important et négatif pour la biodiversité de l'estuaire de la Loire, par ses effets sur la turbidité, l'exhaussement des vasières, la déplétion en oxygène, la dissémination de polluants...

Sur la zone de clapage de la Lambarde, peu d'éléments sont effectivement disponibles. Pourtant, comme le rapporte Lhorty (2008) qui cite J. C. Ménard, et E. Lauvray, responsables de l'association ELV qui gère cette étude en cours :

« Actuellement, si études il y a, leurs contenus et leurs résultats ne sont pas connus. Or nous savons par les exposés de MM Eric LAUVRAY et Jean-Claude MENARD, plongeurs apnéistes depuis 1970, en particulier sur le plateau de La Lambarde, que cette zone qui abritait dans le passé une biodiversité très intéressante est pratiquement déserte aujourd'hui du fait très certainement des clapages effectués depuis des lustres : disparition de la flore et de la faune du fait de l'appauvrissement des eaux en oxygène (effet des bactéries développées dans les boues), turbidité locale des eaux allant jusqu'à l'opacité totale, extension de la turbidité aux eaux de la baie de LA BAULE,... (article publié dans l'Echo de la Presqu'île, intervention à l'assemblée générale du GRSB le 7 août 2008)... »

h) Propositions de mesures de gestion

Pour optimiser les opérations de dragage de l'estuaire de la Loire, et ainsi limiter leurs impacts, quelques propositions de gestion sont apportées par Truhaus (2006) sur lesquelles le PANSN a répondu.

1) Pour éviter au maximum la remise en suspension des sédiments lors des surverses par la DAS, il faudrait pratiquer celles-ci lors de très faibles courants afin que les sédiments se déposent directement au fond; ainsi ils pourraient être repris par la DAM qui devrait systématiquement passer toujours après celle-ci pour ramasser ce qui est rejeté dans le chenal. Il faudrait donc opérer en morte-eau d'étiage.

→ Selon le PANSN : Pratiquer les surverses en période de faible courant pour éviter la remise en suspension des matériaux vaseux inclut un calendrier très restreint, alors que ces opérations de dragage doivent être réalisées toute l'année. Un pas vers une meilleure gestion vient récemment d'être effectué car les surverses de densification et à l'américaine des DAM sont maintenant interdites suite à l'arrêté du 28 avril 2006 sauf cas exceptionnels à justifier auprès de la cellule de qualité des eaux. Ceci témoigne d'une prise de conscience environnementale permettant le développement durable de l'activité portuaire respectueuse des organismes et de leur habitat.

2) La DAS agit également en période de crue, donc pour éviter les remises en suspension des sédiments rejetés, il faudrait envisager une technique incluant un rejet des matériaux issus de la DAS directement dans des chalands motorisés qui iraient claper les matériaux à la Lambarde.

→ Selon le PANSN, pour les surverses issues des DAS, le fait d'employer des chalands motorisés pour récupérer les sédiments et les claper à la Lambarde inclut des engins énormes du fait des quantités draguées (PANSN, *comm.pers.*). De plus ces opérations de dragage par surverse sont souvent liées à des situations d'urgence et donc la technique employée actuellement semble la plus adaptée pour cela. Il faudrait donc prévoir une meilleure gestion passant par un planning à long terme.

3) Les clapages à la Lambarde devraient être réalisés plus au large pour éviter d'être ramené dans l'estuaire par la houle. A quelques kilomètres à l'ouest de la Lambarde, se trouve la limite orientale de la fosse du Grand Trou qui a une profondeur de 30 à 70 m alors que la Lambarde ne fait que 10 à 15 m de profondeur. Le prix du m³ dragué/transporté/clapé ne serait d'environ que de 30 centimes d'euros de plus (BIO-LITTORAL, *comm.pers.*). Mais cette option serait à valider de nouveau en fonction du coût du carburant. Il faudra aussi vérifier l'impact de ce changement de zone.

→ Selon le PANSN : Eloigner la fosse de clapage, actuellement située à la Lambarde, plus au large induirait des cycles de transport-clapage beaucoup plus longs, pendant lesquels les DAM ne travailleraient pas, à moins d'en faire travailler plusieurs à la fois, là aussi le PANSN se heurte à des problèmes de rendement.

Cependant, ces coûts de transport seront plus importants la première année, mais, à court terme, la diminution du stock sédimentaire à draguer en Loire devrait justifier la rentabilité économique de cette option.

4) Il faudrait étudier au plus près les fosses naturelles de Grand Pont et Port Lavigne qui ne s'engraissent pas malgré le rejet régulier de matériaux sédimentaires. Ceci prouve que ces sédiments sont remis en suspension dans le chenal. Peut-être serait-il envisageable d'arrêter d'y claper, leur approfondissement étant impossible du fait de la nature rocheuse de ces fosses.

5) Le projet de déposer les déblais de dragage à terre a déjà été envisagé par le PANSN, celui-ci n'est pas réalisable compte tenu de la fluidité du matériel dragué et de la contamination de ces sédiments (SOGREAH 2004 rapporté par Truhaus 2006).

i) Conclusions sur les impacts

Truhaus (2006) utilise le schéma Figure 24 et le Tableau 3 suivants pour récapituler tous les impacts des dragages d'entretien qu'il considère comme significatifs.

Tableau 3 : Tableau résumant les impacts des dragages d'entretien de l'estuaire de la Loire (d'après Truhaus 2006)

Impacts directs	nul	faible	moyen	fort
Dragage sur milieu vivant		x		
Clapage sur milieu vivant		x		
Qualité des eaux			x	
Impacts indirects				
Diminution de la photosynthèse		x		
Dissémination des polluants			x	
Augmentation de la turbidité				x
Engraissement du bouchon vaseux				x
Exhaussement des vasières				x
Déplétion en oxygène				x
Remise en suspension de bactéries	x			
Envasement des étiers			x	

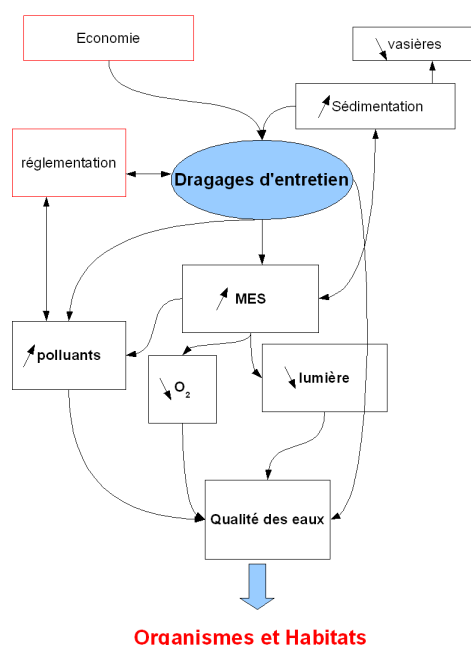


Figure 24 : Schéma de synthèse des impacts des opérations de dragage d'entretien sur l'estuaire de la Loire (Truhaus 2006)

Les dragages d'entretien sont responsables de la remobilisation des matières en suspension qui vont alors amplifier un phénomène naturel à l'origine des dragages, la sédimentation. Cette remise en suspension entraîne différents impacts causant à plus ou moins long terme la dégradation des organismes et de leur habitat.

Quel que soient les auteurs, l'impact des dragages d'entretien sur le milieu est jugé important. Pour autant, les mesures proposées n'ont pas été suivies dans leur ensemble, pour des raisons économiques. Le développement et le maintien des activités portuaires sur l'estuaire de la Loire est jugés prioritaire, ce que dénoncent certaines associations et usagers.

1.2.3 Bassins versants intermédiaires

1.2.3.1 Descriptif des bassins versants intermédiaires

Entre les embouchures des 2 grands fleuves de la Loire et la Vilaine et sous leur influence existe tout un territoire côtier qui, comme le souligne la Communauté d'Agglomération de Cap Atlantique (2009) constitue une entité avec des bassins versants cohérents entièrement compris dans son périmètre (cf carte Cap Atlantique en Figure 25).

Au total, 3 principaux bassins versants côtiers sont répertoriés auxquels s'ajoutent celui de la Vilaine au nord et celui de la Loire au sud :

- Le bassin versant des Marais Salants Guérandais (7 100 ha), qui se différencie en deux sous-bassins versants par la présence de deux exutoires, à savoir le bassin des Traicts du Croisic (à l'Ouest) et celui de l'étier du Pouliguen (à l'Est),
- Le bassin versant du Mès (13 240 ha),
- Le bassin versant de Pont Mahé (2 500 ha).

De plus, de petits ruisseaux côtiers drainent le territoire. Leurs bassins hydrographiques (< à 100 hectares) sont indépendants et se jettent dans l'Océan. Ils sont parfois à écoulement temporaire. Il s'agit du ruisseau de Mazy (La Baule), ruisseau du Brandu (Piriac-sur-mer – La Turballe), ruisseau de la Noë (Piriac-sur-mer), marais de Branzais (Pénestin), étier de Tréhudal (Pénestin – Camoël), étier du Palud (Camoël), de la Coulée de Kérestel (Férel), ...

Les éléments descriptifs et enjeux principaux sont repris dans le tableau suivant tiré d'un rapport de Cap Atlantique (2009).



*Figure 25 : Carte des bassins versant côtiers sur le territoire de Cap Atlantique
(source Cap Atlantique)*

Tableau 4 : Caractéristiques des bassins versants côtiers entre ceux de la Vilaine et de la Loire (selon Cap Atlantique 2009 et Jeanneret *et al.* 2006)

bassin versant	Pont-Mahé	Mès	Guérande
Dominante	agricole	Agricole (polyculture élevage)	urbaine
Superficie en ha	2500	13 500	7 100
Population	450 habitants environ Urbanisation très localisée, sur la partie aval littorale	10344 habitants	42 636 Habitants Une urbanisation dense et de fortes variations saisonnières.
Exutoire	en mer (Baie de Pont-Mahé)	en mer (Baie de Pen Bé)	Traits du Croisic (à gauche) et Etier du Pouliguen (à droite)
Milieu	transition eau douce – eau salée	transition eau douce – eau salée	transition eau douce – eau salée
Masse d'eau	FRGR1025	FRGR1557	FRGR2200
Débit		2 m ³ /s (jusqu'à 10 m ³ /s)	
enjeux	Présence de zones tampons naturelles (Marais de Pont-Mahé).	Présence de zones tampons naturelles (prés salés inondables)	Pas de zone tampon naturelle
	Estuaire sous l'influence de la Baie de la Vilaine et de la Loire, en période de crue	Estuaire sous l'influence de la Baie de la Vilaine et de la Loire, en période de crue.	Sous l'influence de la Loire, notamment en période de crue.

Jeanneret *et al.* (2006) décrit plus précisément le bassin versant des traits du Croisic qui s'étend sur les communes de Batz sur Mer, Le Croisic, La Turballe et Guérande. Il couvre une superficie relativement modeste de 4050 ha et forme le bassin occidental des marais salants guérandais. Ce bassin versant, fortement urbanisé, peut être divisé en trois grands secteurs de l'amont vers l'aval :

- La ceinture urbaine de Guérande au Croisic : zone présentant un coteau agricole, sans cours d'eau principal, mais avec un ensemble de petits ruisseaux à écoulement temporaire, non soumis à l'influence des marées. Lomakine (2005) dénombre une vingtaine de bassins versants élémentaires qui alimentent les étiers des marais salants. Dans le secteur du Croisic et de Batz-sur-mer, le réseau hydrographique est quasiment inexistant, et les écoulements se font en général par le réseau d'évacuation des eaux pluviales.
- Les marais salants guérandais : zone sans relief soumise à la marée, aménagée pour l'activité salicole et séparée du Domaine Public Maritime (DPM) par une digue.
- Les traits du Croisic (696 ha) : partie du DPM occupée par l'activité conchylicole (production de palourdes, de moules, d'huîtres et surtout de coques).

Pour Jeanneret *et al.* (2006), le bassin versant du Mès peut être subdivisé en quatre secteurs d'amont en aval :

- Le haut bassin du Mès : zone à vocation agricole de type polyculture-élevage, ponctuée de mares et d'étangs. On y trouve la source du Mès (à Crémeur) qui est un fleuve côtier alimenté par des ruisseaux pérennes.
- La vallée moyenne : zone de prés et de marais inondables, à vocation d'élevage agricole. Elle comporte un réseau dense de canaux et fossés.
- La basse vallée : zone d'influence permanente à l'eau salée, dédiée aux activités salicoles et conchylicoles. Son état initial a été nettement modifié à cet effet (endiguements, construction de levées, dispositifs de prélèvement et rejet d'eau...).
- Les traits de Mesquer et de Pen Bé : l'activité aquacole y est très importante, la moitié de la surface du DPM étant occupée par des parcs d'élevage d'huîtres et de moules. Ce secteur, en partie envasé, est largement découvert à marée basse.

I.2.3.3 Débits relatifs de ces bassins versants intermédiaires

Dans la même étude, Jeanneret *et al.* (2006), les volumes oscillants de chaque site sont calculés. Ils donnent des valeurs comprises entre 5 Mm³ (Millions de mètres cubes) en période de morte-eau pour le site de Pen-Bé, et 20 Mm³ en période de vive-eau pour le site du Croisic. Ces volumes d'eau sont donc comparables à ceux qui transitent par un fleuve du gabarit de la Vilaine sur une période de deux jours.

Dans les traicts du Croisic, les étiers sont de petite taille, avec des débits n'excédant pas 0,3 m³/s sur la période étudiée. Leur rôle se fait essentiellement ressentir à marée basse et leur zone d'influence est limitée. Ils permettent alors à un polluant de se diffuser et d'irriguer l'ensemble du traict lorsqu'il est découvert, étendant ainsi largement la zone d'impact couverte par chaque affluent. Les eaux de la Loire contribuent également à abaisser la salinité dans les traicts du Croisic et peuvent contribuer à l'apport de diverses substances dissoutes.

Le traict de Pen-Bé reçoit les apports de la Vilaine et de l'étier de Pont d'Arm dont les débits, en périodes de fortes pluies, peuvent atteindre respectivement 1300 m³/s (données IAV) et 10 m³/s.

Il est proposé aussi à juste titre de prendre en compte la notion de renouvellement des eaux en plus de celles des débits (Gendronneau comm. orale). A titre d'exemple dans les Traicts du Croisic 2/3 des eaux se renouvellent en vive-eau et seulement 1/3 en morte-eau.

I.2.3.2 Qualité d'eau de ces bassins intermédiaires

Dans Jeanneret *et al.* (2006) sont rapportés les résultats de plusieurs études (notamment des suivis récents en 2003-200) sur la qualité des eaux originaires des bassins versants du Mès et de Guérande.

La plupart des eaux sont soumises à de fort échauffement de température en été, elles montrent une salinité variable selon l'étier, et un taux d'oxygène satisfaisant.

Les mesures réalisées sur les matières en suspension (MES) en 2003 et 2004 confirment, pour toutes les stations suivies, l'augmentation des teneurs en MES après un épisode pluvieux, qui correspond à un lessivage des sols sur les bassins versants et à la remise en suspension des sédiments des étiers en amont. Les plus fortes valeurs enregistrées varient de 250 à 300 mg/l, tandis que les plus faibles sont inférieures à 10 mg/l. Les taux de nutriments sont faibles.

En revanche, le suivi du germe test de contamination *Escherichia coli* montre des fluctuations très importantes/ Les contaminations peuvent être très faibles (10 *E. coli*/100 mL), et atteindre des valeurs seuils de 10 /100 ml, ce qui confirme pour ces bassins versants l'existence de secteurs à risque.

Les pollutions liées à des produits phytosanitaires sont aussi significatives. Sur plus de cent molécules recherchées, 31 ont été détectées au cours du suivi 2003-2004. Les périodes où l'on détecte le plus grand nombre de molécules dans les cours d'eau correspondent essentiellement aux périodes d'épandage et de plus forte pluviométrie (avril à juillet 2004).

D'après une enquête menée par CAP Atlantique, les quatre molécules les plus utilisées par les communes sont également celles qui ont été le plus souvent détectées au cours du suivi. Il s'agit du diuron (88%) qui a une origine urbaine (désherbage des espaces verts, talus,...), du glyphosate (40%), de l'aminotriazole (42%) et de l'oxadiazon (40%). Ce résultat montre le fort impact des pratiques communales et urbaines sur la qualité du milieu. Parmi les substances détectées, cinq figurent sur la liste prioritaire établie par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, cf paragraphe III.1.7.) et quatre molécules sont concernées par les retraits d'usages déclarés en 2003 (directive 91/414/CEE). La plupart des autres molécules font également l'objet de restrictions d'usages. Cependant, mis à part le diuron, que l'on retrouve dans près de 90% des prélèvements réalisés, les autres substances actives présentent des taux de quantification le plus souvent inférieurs aux moyennes régionales et nationales. Il faut souligner que les résultats de ce travail ont conduit la majorité des communes de Cap Atlantique à abandonner les pesticides et procéder à un désherbage à la vapeur.

Le SAGE Estuaire Loire (2005) reporte les différents éléments sur la qualité de ces eaux en nutriments. Dans le Trait du Croisic et le Marais Guérandais, les suivis effectués par le SMN/CQE et le laboratoire de Pen Avel permettent de suivre les paramètres azotés depuis 1992. Que l'azote soit sous forme oxydée (nitrates, nitrites) ou réduit (ammonium), il n'y pas de problème notable. Depuis 1992, les concentrations en nitrates relevées par le SMN n'ont jamais dépassé 10 mg/l et les concentrations maximums atteintes sont à la baisse ces 5 dernières années.

Dans les autres petits étiers, des concentrations importantes de nitrates, ammonium et phosphates peuvent être ponctuellement observées et nécessitent une surveillance, surtout pendant les mois d'été et une recherche sur les origines des pollutions.

1.2.4 Secteur au large

Dans leur atlas, Chassé et Glémarec (1976) donnent une description précise du secteur qui intéresse cette étude. Cette description est reprise par Baudrier (2002) (Figure 26).

Géomorphologie du secteur Loire Vilaine

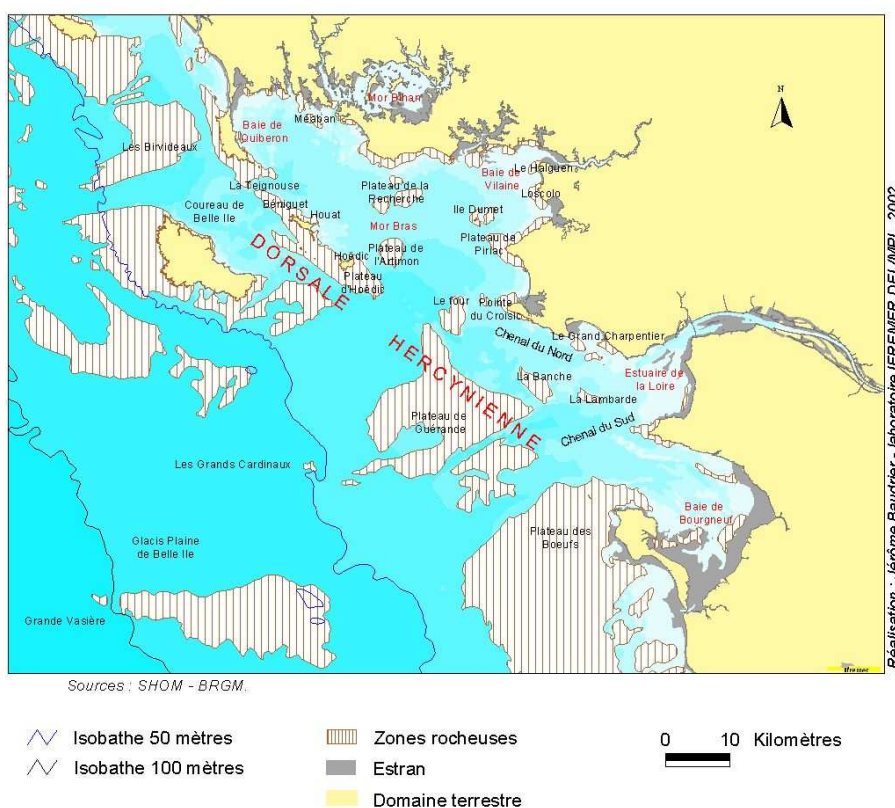


Figure 26 : Géomorphologie du secteur Loire/Vilaine (dans Baudrier 2002)

Le secteur d'étude est situé dans le massif armoricain émergé (Bretagne-Vendée), parallèle à un autre secteur encore plus au large constitué par les plateaux sédimentaires tertiaires du nord du bassin d'Aquitaine. Les isobathes, 80 m au nord, 50 m au centre (Belle-Ile), 20 m aux abords de la Loire et plus au sud, séparent les deux domaines.

Ce domaine armoricain partiellement submergé, large de 20 à 40 km, est formé de compartiments, les uns effondrés, les autres surélevés et basculés. Au large, se retrouve l'« échine dorsale rocheuse hercynienne » large de 10 à 20 km d'où émergent des îles de granits, de micaschistes ou de schistes en plusieurs arcs ou alignements distants de la côte de 10 à 20 km ; ce sont pour le secteur qui nous intéresse du nord-ouest au sud-est : Quiberon, Houat, Hoedic, Belle-Ile, Noirmoutier.

Cette échine rocheuse abrite des houles du large une "dépression pré littorale" de 10 à 20 km, peu profonde (seulement de 10 à 30 m), formée d'une série de cuvettes de décantation colmatées de sédiments sablo-vaseux d'autant plus riches en vase qu'elles sont à la fois plus profondes, plus abritées, et situées aux débouchés d'estuaires plus importants.

Baudrier (2002) divise en 2 parties la dépression pré littorale de notre secteur Loire/Vilaine: la partie nord, correspondant au nord du Mor-Braz vers Quiberon, moins turbide, et celle plus sud, suite de cuvettes, et chenaux, dont la dépression plus ample et de faible hydrodynamisme de la Baie de Vilaine, plusieurs marges rocheuses et caps (Halguen, Loscolo, Croisic, plateau de Piriac, haut fond de Dumet). La dépression du Croisic (une des plus vastes de vase fine de France-Atlantique). Tout au sud, se retrouvent 3 dépressions soumises à de grandes variations, correspondant au chenal Nord Loire, chenal Sud Loire (estuaire externe et chenal des Bouquets).

Chassé et Glémarec (1976) donnent une typologie des différentes parties de la dépression pré littorale en :

1. Terrasses de matériel hétérogène d'origine terrestre, formations reliques conservées en pseudotombolo ou en plates-formes en arrière des îles.
2. Tomboli vrais construits sous le vent des îles dont le double tombolo, aujourd'hui émergé, de la presqu'île guérandaise, de Pembron et de La Baule, reliant les anciennes îles granitiques de Batz et du Croisic, aux falaises de Guérande.
3. Deltas sous-marins dunaires profluviaux, au débouché des rivières actuelles (Vilaine, la Loire) ou anciennes, tel l'ancien cours de la Loire lorsqu'elle se jetait dans la Vilaine après avoir traversé l'actuelle "Grande Brière", les dunes de Hoedic et de Guérande.

Collectant les eaux des fleuves côtiers, de la Vilaine et de la Loire, l'ensemble de cette vaste dépression pré littorale subit des influences estuariennes accentuées du fait de son relatif isolement :

- La turbidité est variable mais toujours élevée (2 à 5 m de visibilité du disque de Secchi), limitant la profondeur d'extension des Laminaires (algues) de 2 à 30 m, parfois moins, au voisinage des estuaires qui larguent leurs eaux turbides, "bouchons vaseux", lors de grande marées et de crues.
- La dessalure de surface en période de crue peut être importante.
- Une thermocline estivale juste au-dessus du fond s'établit dans les cuvettes de décantation, emprisonnant, au contact du fond, une nappe d'eau plus froide.
- L'apport fertilisant des eaux continentales en sels nutritifs et matière organique se traduit par une productivité élevée exprimée notamment dans la richesse en azote des vases décantées dans la dépression.
- L'augmentation de la population humaine sur la marge côtière (tourisme) semble en relation avec les premiers indices d'une eutrophisation artificielle de la dépression littorale qui se traduit notamment par l'augmentation des biomasses de fonds suivis par la progression dans beaucoup de secteurs des moulières et des peuplements de littorines (presqu'île guérandaise), alors que des peuplements plus sensibles aux pollutions semblent se raréfier.

Sur ce point, Certain (2007) ajoute que si les eaux des panaches fluviaux se confinent à la côte (environ 20 km) en hiver, le changement de régime des vents qui se produit au printemps peut faire dériver ces lentilles d'eau moins salée jusqu'au talus continental.

Plus au large de ce domaine armoricain submergé se retrouve, jusqu'aux fonds de 160 m, une vaste plate-forme large de 100 à 150 km, en pente générale douce.

Dans sa partie médiane occupée par la "Grande Vasière", caractérisé par ses sables fins et vases molles, entre les isobathes 100 et 140 m, il y a une distance moyenne de 50 km, soit une pente de 0,6 m/km. Cet ensemble est large de 100 km devant Groix (entre les isobathes 60 m et 130 m), de 25 km seulement à Rochebonne (entre 90 m et 120 m). Les limites de la "Grande Vasière" ne sont pas franches, de longues digitations vaseuses coulent vers le large dans les anciens thalwegs.

Dans sa partie interne, donc en contact avec le socle armoricain sur une largeur de 5 à 20 km, une série de plateaux tabulaires bas morcelés de grès calcaires tertiaire éocène déchirent et alternent avec les restes des terrasses fluviatiles anciennes à surfaces érodées, transformés en "glacis-plaine", en "rampe sédimentaire de triage et de migration", avec des sables minéraux grossiers roux-piquetés de noir, éluviaux au bas de la pente, progressivement plus fins et plus dunaires en position plus élevée, moins profonde. A ces niveaux, les courants de marée sont négligeables, seules les houles longues les plus pénétrantes assurent cette lente action de triage et de transport.

Des cuestas de quelques mètres de commandement limitent les diverses strates de ces plateaux vers la terre, des falaises paléo-littorales les bordent vers le large ; des vasières s'abritent parfois entre les bancs. Les plateaux les plus profonds s'ennoyent de plus en plus sous le tapis sédimentaire, surtout au nord-ouest. Parmi ces principaux plateaux calcaires, on répertorie les plateaux d'Artimon, de Guérande, les banches à l'ouest d'Yeu, ...

1.2.5 Conclusions de la Partie I

La zone de cette étude est clairement sous l'influence des 2 estuaires de la Loire et de la Vilaine, dont les points suivants nous intéressent :

➤ **Les caractéristiques physiques, bassins versants, débits :**

- Ils sont chacun le réceptacle de grands bassins versants, plutôt des terres agricoles avec quelques grandes agglomérations, de l'ordre de 10000 km² et 100000 km², respectivement pour la Vilaine et la Loire. Le secteur industriel est important sur le bassin de la Loire et son estuaire.
- Les débits moyens sont très variables, de l'ordre de 80 et 800 m³/s, respectivement.

➤ **Qualité de l'eau**

- Les apports en nutriments sont très importants, les 2 fleuves et les deux estuaires sont qualifiés de milieux eutrophes.
- Si une amélioration a été notée sur les flux de nutriments sur les 2 fleuves, en matière de phosphore sur les dernières décennies, il n'en serait pas de même pour les flux d'azote qui ont plutôt tendance à augmenter. Certains auteurs notent cependant une amélioration des flux de nitrates sur les 2 fleuves depuis quelques années. En aval, les taux de nitrates sont inférieurs à 50 mg/l mais toujours importants (10-30 mg/l).
- Des micropolluants polluants se retrouvent à leur embouchure, notamment des pesticides pour les 2, et des métaux lourds pour la Loire selon certains auteurs. Mais selon d'autres, l'estuaire de la Loire est l'un des secteurs du littoral français les moins contaminés par les métaux lourds et autres contaminants.

➤ **Aménagements**

- Le cours de ces 2 fleuves a été profondément modifié par l'homme, par le barrage d'Arzal sur la Vilaine en 1970, et par divers aménagements sur la Loire, surtout au 20^{ème},
- Ces aménagements sont sujets à controverses car ils ont entraîné de grandes modifications de la dynamique hydrosédimentaire des 2 fleuves, et des effets consécutifs à ces changements.

➤ **Aval, influence des panaches :**

- Les panaches de ces 2 fleuves ont une influence importante vers le nord, allant jusqu'aux îles des Glénan pour la Vilaine, et Douarnenez pour la Loire.
- Le secteur côtier des embouchures de ces 2 fleuves est une zone très touristique et fortement urbanisée dans sa partie sud.

Deux sujets émergent de ces constats : l'envasement de l'estuaire de la Vilaine, et l'augmentation de la turbidité sur l'estuaire de la Loire, impliquant des mesures sujettes à discussion: la gestion du barrage en Vilaine (des lâchers d'eau douce) et du désenvasement par un rotodévaseur, et les dragages d'entretien sur le chenal de la Loire.

Entre ces deux fleuves se situe un secteur côtier soumis à l'influence des 2 fleuves mais aussi à celle de plusieurs petits bassins versants, ce qui lui confère un fonctionnement particulier.

Administrativement, le territoire de l'étude concerne au moins 4 communautés de communes, 2 régions, 2 départements, et 2 SAGE (cf carte Figure 27).

Les 27 communes **littorales** directement concernées du Nord au Sud représentent un territoire côtier total de 633 km² et 180 476 habitants (résidents à l'année, recensement 2006-2007). Les communes sont les suivantes :

- Communauté de commune du pays de Muzillac (16501 habitants pour 204 km²):
Sarzeau, Surzur, le Tour-du-Parc, Damgan, Ambon, Billiers, Arzal.
- Cap Atlantique (44512 habitants pour 186 km²)
Camoël, Férel, Pénestin, Assérac, Mesquer, Piriac-sur-mer, La Turballe, Le Croisic, Batz sur Mer, Le Pouliguen, La Baule Escoublac,
- La Carène (94024 habitants pour 156 km²)
Pornichet, Saint Nazaire, Montoir de Bretagne, Donges.
- Communauté de communes Sud -Estuaire (25439 habitants pour 86 km²)
Paimboeuf, Corsept, Saint Brevins les Pins, Saint Michel Chef Chef, La Plaine sur Mer

Pour rendre plus cohérente l'approche territoriale littoral-mer, on pourrait ajouter à ces communautés de communes celles des îles (Belle île, Hoat, Hoedic) et celle de Quiberon (pour sa presqu'île) qui servent de frontière nord-ouest au territoire.

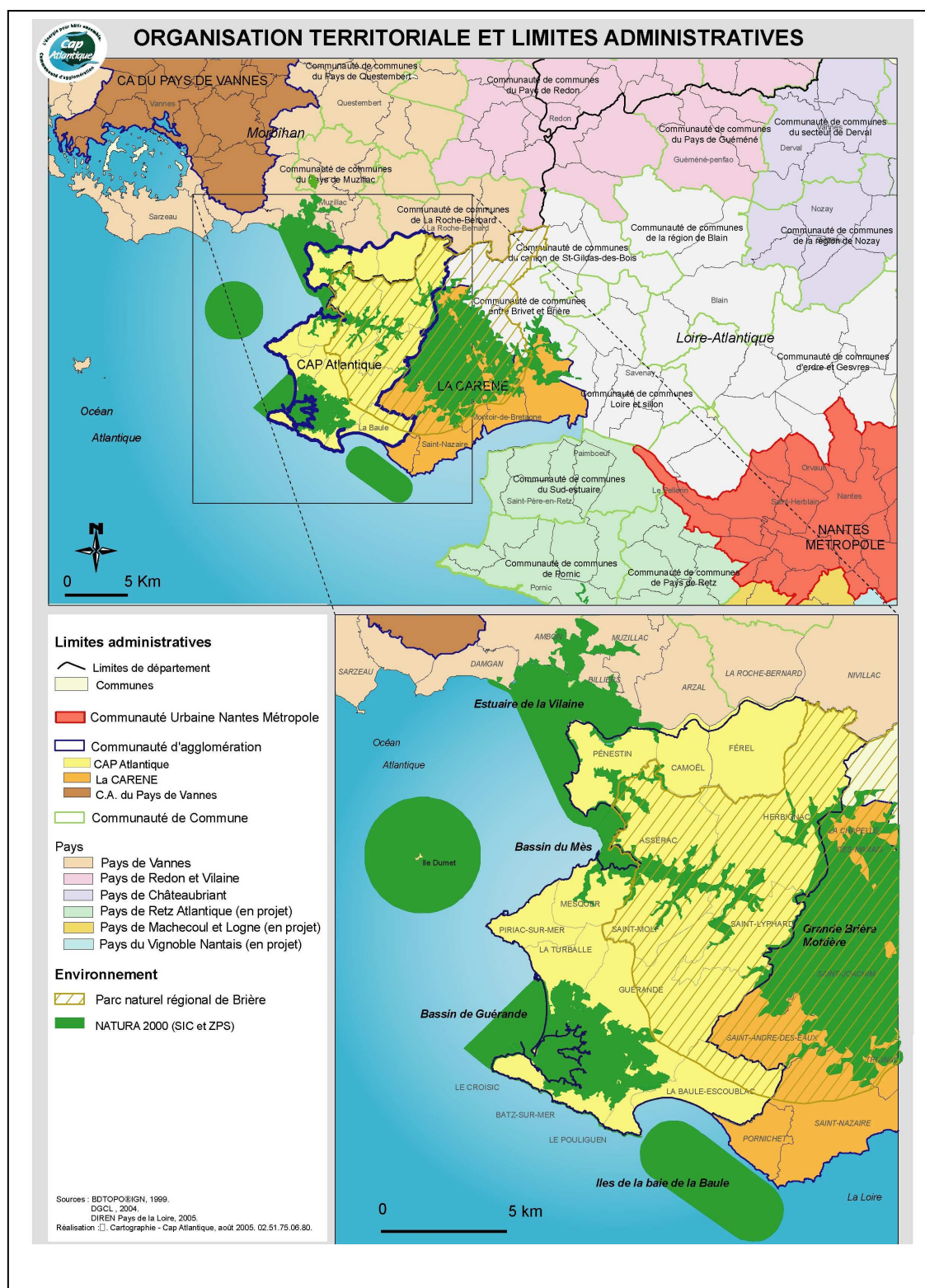


Figure 27 : Organisation territoriale et limites administratives de secteur de l'étude
(source : Cap Atlantique)

PARTIE II

DESCRIPTION DU SECTEUR DE L'ETUDE

II.1. Le milieu physique

II.1.1 Climatologie

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005), Drouet (2001), Jeanneret *et al.* (2006), Baudrier (2002), le secteur Loire/Vilaine est placé dans une zone relativement homogène au niveau climatique, caractérisée par un climat océanique, tempéré et doux, avec des variations mineures.

Les moyennes mensuelles minimales de précipitations se situent aux alentours de 35-40 mm entre juillet et août alors que les maxima sont observés en décembre-janvier et se situent autour de 90 mm. Le littoral est moins pluvieux que l'intérieur de la Bretagne. Les précipitations sont variables selon les années, le mois, et le lieu précis, par exemple 653 mm/an à La Baule, 812 mm/an à Mesquer, 877 à Vannes (données Météo France reportées par plusieurs auteurs). Le maximum des pluies s'observe sur une période allant du mois d'octobre au mois de février (80 à 95 mm/mois).

Les moyennes de températures mensuelles estivales sont de 19-20°C alors que durant l'hiver, les valeurs moyennes tournent autour de 6-11,5 C° en moyenne. Les vents dominants sont ceux des secteurs Ouest-Sud -Ouest et Nord-Est (Figure 28).

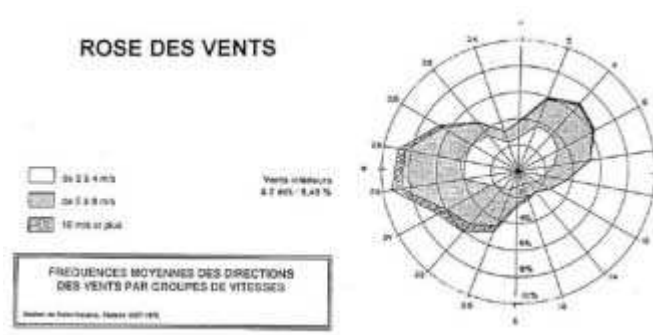


Figure 28 : Rose des vents de l'estuaire de la Loire
(dans SAGE Estuaire Loire 2005)

Ils présentent une valeur moyenne maximum de 15,8 km/h au mois de janvier et une valeur moyenne minimale de 11,5 km/h au cours du mois d'août. Jeanneret *et al.* (2006) donne des données météorologiques de la station de Saint-Nazaire (données 1971-2000) qui montre que la vitesse de vents la plus souvent rencontrée dans le secteur est comprise entre 2m/s et 4m/s (50% des enregistrements).

Selon Drouet (2001), 22% des vents sont du secteur Ouest. Les vents d'Est et Sud/Est se retrouvent en été et début d'automne associés à une houle longue. Les secteurs Est, Nord et Nord/Est sont caractéristiques de conditions anticycloniques.

Les vents de Sud/Suest, Ouest et Nord/Ouest sont fréquents en fin d'automne, et hiver, associés à des conditions météorologiques perturbées et dépressionnaires, une forte houle du large et une mer creusée par le vent vers la côte.

Le SAGE estuaire Loire 2005 indique que selon une étude de Météo France entre 1960 et 1980, 63,7% des houles observées proviennent du secteur Ouest-Sud-Ouest, tandis que 23,2% viennent du secteur Sud-Ouest.

II.1.2 Géologie du secteur

En complément des éléments géomorphologiques donnés dans le paragraphe précédent (Part. I 2.4), on ajoutera selon Baudrier (2002) (Figure 25) que le précontinent armoricain immergé est donc constitué par une zone pré littorale façonnée dans les roches du socle hercynien et un plateau externe formé de terrains secondaires et tertiaires, prolongement des terres émergées, et traces de nombreuses palléovallées. Le plateau continental est caractérisé par des reliefs modérés.

Le socle armoricain immergé est constitué surtout de roches cristallophyliennes (misaschiste et gneiss) et granitoïdes variés.

La Baie de Vilaine est une couverture sédimentaire sur un substratum de roches magmatiques et métamorphiques. Les principaux affleurements de leucogranites se retrouvent à Dumet et sur la rade Croisic.

L'histoire géologique du secteur est vraiment marquée par l'évolution des 2 fleuves. Les anciennes vallées ont créé cette vaste dépression pré littorale. Il y a 10000 ans, le rivage entre le sud de Quiberon et Hoëd était caractérisé par la confluence des 3 rivières (Auray, Vannes et Noyal) à la sortie du Golfe du Morbihan, constituant un affluent de la Vilaine qui se jetait en mer à la Teignouse.

Pour Ehrhold *et al.* (2008), le domaine maritime de la Bretagne Sud possède une géomorphologie complexe à laquelle est associée une couverture sédimentaire d'une grande diversité. Les bassins abrités littoraux, comme le Mor Braz, constituent une zone de décantation marquée par un envasement important. Celui-ci a démarré il y a 15000 ans au cours de la transgression flandrienne, menant à l'émersion de certaines zones internes et dégageant les sédiments fins de la zone intermédiaire. La très proche composition en minéraux argileux de ces vasières et de la Grande Vasière montre une probable origine commune, dérivant d'un ancien dépôt continental progressivement enrichi et transformé en milieu marin. Les conditions hydrodynamiques actuelles seraient une poursuite des remaniements et des échanges entre les vasières. Mais les apports fluviaux seraient trop faibles pour expliquer à eux seuls l'accrétion actuelle des vasières côtières.

Baudrier (2002) décrit l'ensemble du secteur Loire/Vilaine comme une côte variée, qui alterne de longues plages sableuses, des pointes rocheuses, des rias et les 2 estuaires de la Loire et de la Vilaine.

Un descriptif du linéaire côtier est donné par SAGE Estuaire Loire (2005) sur la partie sud du secteur : Le linéaire de côte est d'environ 90 km de la Pointe de Castelli au nord à la Pointe de Saint-Gildas au sud. La moitié correspond à des plages de sable, la plupart du temps entretenues artificiellement. Le reste du littoral est composé essentiellement de côtes rocheuses avec des falaises plus ou moins prononcées (2-10 m). Des systèmes dunaires sont également présents et essentiellement localisés entre la Turballe et la Pointe de Pen Bron et au sud de Saint-Brévin-les-Pins.

Ce trait de côte comprend des zones très artificialisées de la Pointe de Penchâteau (Pouliguen) au port de Pornichet-La Baule où la côte est entièrement artificialisée, protégeant ainsi un rivage urbanisé dans sa totalité (Penchâteau, Le Pouliguen, La Baule-Escoublac et Pornichet). L'orientation sud-ouest de la plage de La Baule la met à l'abri des houles d'ouest. Elle est également protégée de la houle grâce aux îlots et récifs qui servent de brise-lames.

Le secteur situé entre le port du Croisic et Port aux Rocs se situe dans une zone de convergence des houles. C'est pourquoi, la côte a été aménagée par une succession de talus, digues et d'ouvrages de défense pour lutter contre l'érosion ou abriter les zones de marais salants. En 1991, selon une étude citée par le SAGE Estuaire Loire (2005),

- au moins 80% des côtes de Loire-Atlantique sont rendus stables pour le moyen terme,
- 30 à 40% des côtes sont équipés en ouvrages de défense,
- rares sont les secteurs en recul sur une distance de plus de 1 km.

Cette protection extrême entraîne des coûts d'entretien importants mais également la dégradation des paysages.

Sur le secteur plus au nord, nous avons continué la description du linéaire côtier. Moins urbanisé, ce linéaire côtier est constitué par une succession de plages sablo-vaseuses, dunes et petites pointes rocheuses, avec des falaises plutôt argileuses comme celle la Mine d'Or, soumise à une érosion importante. La rive nord de la Baie de Vilaine alterne dunes/plages, rias et zones urbanisées.

II.1.3 Bathymétrie

Selon de nombreux auteurs, la caractéristique fondamentale du secteur Loire/Vilaine est liée à sa faible profondeur, en général inférieure à 30 m (cf cartes Figure 1 et Figure 29 ci-dessous).

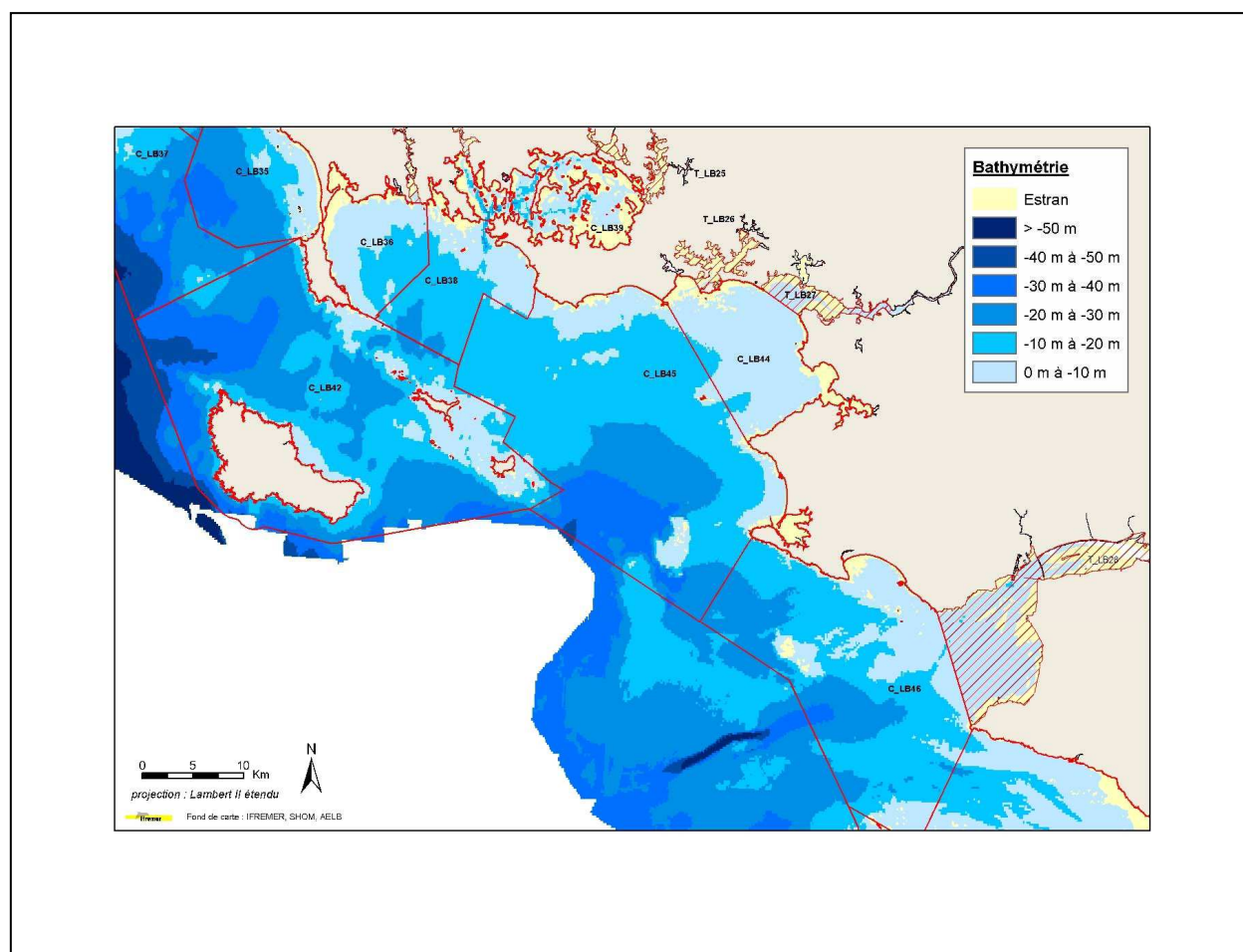


Figure 29 : Carte bathymétrique du secteur Loire/Vilaine
(tirée de Guillaumont et al. 2006b)

Pour Recorbet (1996) qui a plutôt travaillé à l'échelle du Mor Braz, l'isobathe 30 m ne se rapproche des terres qu'à l'ouest et sud ouest des îles de Belle Ile et l'Île d'Yeu. Les fonds de 30 à 50 m forment une vaste étendue au sud ouest du Mor Braz jusqu'au plateau du Four. Vers le sud, ils forment une bande plus étroite. Au sud de la Banche, une mini-fosse remonte profondément l'estuaire externe de la Loire. Les fonds de 10 à 20 m couvrent la majeure partie du Mor Braz et forment une bande continue sauf au niveau de Quiberon, de la Banche et le pont d'Yeu. Le banc de Guérande constitue une entité bien individualisée et cernée par des fonds plus importants sauf à l'est. Les hauts fonds rochers de la Banche, plateau du Four et la Chaussée aux Bœufs près de Noirmoutier sont des zones particulièrement dangereuses à la navigation.

La Baie de Vilaine est particulièrement peu profonde comme indiquée précédemment (Part.I 2.1.6), le plus souvent entre les isobathes 0 à 20 m.

II.1.4 Hydrodynamisme

En raison de l'influence des panaches des 2 fleuves, et de la faible profondeur moyenne de la zone d'étude, une compréhension de la courantologie est fondamentale.

Elle a fait l'objet de nombreuses études, les plus récentes faisant appel à des modèles à 3 dimensions (3D), certaines sont encore en cours (exemple DHI 2009 et thèse dirigée par Le Hir 2007).

L'hydrodynamisme du secteur Loire/Vilaine est fortement lié à l'influence combinée de la marée, du vent et des débits fluviaux.

II.1.4.1 La marée et son influence

Les marées sont de type semi-diurne. Le marnage est modéré de 2,4 à 6 m par rapport à la Bretagne Nord (mesure à St Nazaire rapporté par le GIP Loire Estuaire 2005). Le cycle de marée, sur la façade atlantique, dure 12 h 25 mn. Au large, elle est symétrique mais à Saint-Nazaire, la marée montante en vives eaux dure moins longtemps que la marée descendante. La succession des coefficients de marée ne se reproduit pas à l'identique d'une année à l'autre. L'amplitude théorique de la marée varie à Saint-Nazaire de 1,90 m par coefficient de 35 (mortes eaux) à 6 m par coefficient de 115 (vives eaux). Jeanneret *et al.* (2006) cite un marnage dans la région de l'ordre de 3 m pour des marées moyennes. Il est, au Croisic, respectivement de 4,7m et 2,3m en périodes de vive et morte-eau moyenne (Carte SHOM n°7033 P, 1991).

Ces niveaux ne sont pas affectés par les débits de la Loire. Par contre, la pression atmosphérique et surtout les vents modifient de manière non négligeable les niveaux d'eau en générant des décotes ou des surcotes. Dans Jeanneret *et al.* (2006), un calcul de surcote montre par exemple une surélévation du niveau d'eau de l'ordre de 50 cm à pleine mer, à proximité du port de la Turballe, pour un vent de secteur Ouest-Sud-Ouest de 90 km/h.

II.1.4.2 Circulation générale

Ehrhold *et al.* (2008) et beaucoup d'autres auteurs, soulignent que la circulation de la marée dans la zone Loire-Vilaine est complexe, intensifiée autour des îles et des hauts fonds. Les faibles courants de marée dans l'ensemble de la Bretagne Sud font que la circulation est fortement influencée par les vents mais aussi par les gradients de densité générés principalement par la Loire et la Vilaine.

Baudrier (2002), Chauvin (1988) insistent sur la faiblesse des courants (< 20 cm/s) et la forte influence des vents en Baie de Vilaine et sur l'ensemble du Mor Braz. Il en résulte un temps de renouvellement des eaux de la baie de Vilaine d'une semaine par des vents de secteur Est à 50 jours pour des vents des secteurs ouest/sud ouest.

Pour Saunier (1985), dans la passe de la Vilaine, le courant alternatif avec la marée peut monter jusqu'à 3 nœuds. Sur l'estuaire de la Loire, il est plus important. Il est sensible dans la partie nord de l'estuaire jusqu'au plateau du Four. Au jusant, il provoque un effet de chasse des eaux de la Loire vers le large, orientées Sud Ouest (le long de la rive sud) et Nord Ouest. Les courants côtiers du flot sont plutôt perpendiculaires à la côte en Baie de Vilaine.

Le schéma de circulation résiduelle de la marée en estuaire de la Loire et Baie de Vilaine proposée par Salomon & Lazure (1988) dans Sauriau (1996) (Figure 30) montre bien cette complexité de courants côtiers liés à la marée dans le secteur Loire/Vilaine, leur relative faiblesse, et la possibilité de zones d'accumulations de sédiments et de contaminants dans certains tourbillons locaux. Mais ce modèle est à revoir avec des données plus récentes obtenues par satellite.

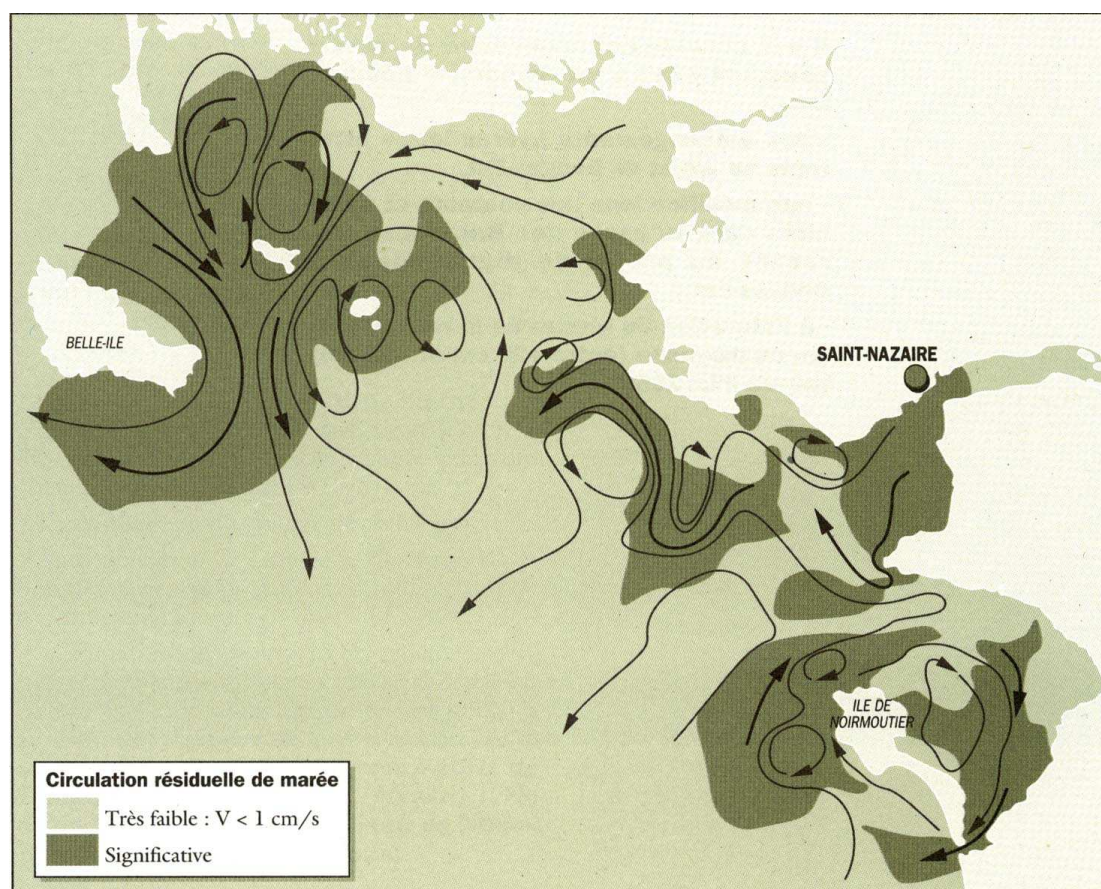


Figure 30 : Circulation résiduelle de la marée en Baie de Bourgneuf, estuaire de la Loire, Baie de Vilaine et en baie de Quiberon (repris de Salomon & Lazure 1988, dans Sauriau 1996)

Sur le site du GIP Loire Estuaire (2010), il est souligné que l'embouchure de la Loire se situe sous le régime général des vents d'Ouest dont dépendent les mouvements des eaux superficielles océaniques, mouvements qui se retrouveront localement modifiés par la présence du plateau continental et l'orientation des côtes. Les figures présentées par le modèle SOGREAH et citées dans le rapport Truhaus (2006) (Figure 20, Part.I 2.2.6.5) montre bien cette influence océanique, et cette « rentrée » des eaux du large vers l'estuaire de la Loire.

Pour Baudrier (2002), la circulation générale des eaux dans le secteur montre une pénétration des eaux marines, au Nord Ouest entre Belle Île et Quiberon, et au Sud Est au large de Noirmoutier. Le retour au large se fait au Sud Est de Belle Île, par le goulet de Fromentine et la zone centrale près du Croisic. Saunier (1985) parle d'une circulation giratoire générale, orientée sur la droite (sens inverse des aiguilles d'une montre), et de courants alternatifs à proximité des côtes.

II.1.4.3 Influence des fleuves

Pour Baudrier (2002) et Ehrhold *et al.* (2008), l'hydrodynamisme du secteur très complexe est effectivement aussi influencé par le débit des 2 fleuves et les stratifications thermiques et halines saisonnières qui prennent place, nécessitant alors une énergie plus forte pour être dissipées. Les zones plus turbulentes, avec des courants plus forts de marée se retrouvent autour des îles et sur l'estuaire de la Loire. Les secteurs les plus stables et en quelque sorte « stagnants » sont en Baie de Vilaine et Baie de Bourgneuf.

En période de stratification, le Mor Braz et l'estuaire de la Loire peuvent se retrouver isolées des zones du large par une barrière d'eau mélangée entre Quiberon et Noirmoutier.

En période de crue, une circulation haline peut se mettre en place. Les apports d'eau douce provoquent des gradients de densité, une circulation vers l'ouest et le nord ouest à la sortie des 2 estuaires, aussi importante qu'un courant créé par un vent moyen. En période de vent (automne, hiver), le fort brassage qui en résulte homogénéise les eaux du secteur.

Les eaux de Loire en dehors des crues empruntent une voie au sud de l'estuaire, sans trop pénétrer en Baie de Bourgneuf selon ces auteurs. Une partie partirait au Nord Ouest au Croisic, puis vers le large. Une faible partie est évacuée au Nord, en transitant dans le Mor Braz. Lorsque les débits de Loire sont importants, cette circulation vers le Nord est renforcée. Selon Saunier (1985), à l'étiage, il faut 4 à 5 cycles de marée pour refouler les eaux de la Loire au-delà de la ligne de l'estuaire externe (ligne St Gildas-Pointe de Penchateau). Le mélange eaux fluviales et marines est bon à St Nazaire. Par débit moyen de la Loire, les eaux fluviales atteignent la limite de l'estuaire externe, mais la baie de la Baule n'est pas touchée. En crues de la Loire, 2-3 cycles de marée suffisent pour refouler les eaux ligériennes hors de l'estuaire, par une circulation rive nord, le long des côtes de la La Baule-Le Pouliguen, avec risque de diffusion vers le Mor Braz.

Les eaux de la Vilaine s'évacuent lentement par l'Ouest, le long de la presqu'île de Rhuys (Baudrier 2002). Elles sortent du Mor Braz à proximité de l'île de Houat.

Kerdreux *et al.* (1986), avec des flotteurs placés en dérive dans le secteur Loire Vilaine en début d'été montre la possibilité de pénétration des eaux de Loire en Vilaine, selon certaines conditions météorologiques, un facteur déterminant. Il faut aussi un minimum de débit pour la Loire pour observer cette tendance.

Dans leurs travaux de modélisation, Dussauze et Ménesguen (2008) ont effectivement confirmé l'influence géographique plus ou moins nord des 2 panaches de la Vilaine et de la Loire, en fonction des débits respectifs de chaque fleuve (cf Figures 5 et 15, Part.I dans les paragraphes 212 et 222).

II.1.4.4 Focus en Baie de Vilaine

Tessier *et al.* (2007) travaille sur un modèle pour la Bretagne Sud, correspondant au Mor Braz qui intègre courants, houle, sédiment.

La Figure 31 de Tessier *et al.* (2007) illustre une distribution des houles en situation de tempête. Le rôle d'abri du Mor Braz par les îles et Quiberon est clair, mais la baie de Vilaine reste exposée et les vitesses orbitales (et donc le frottement sur le fond) n'y sont pas négligeables. Dans ce type de zone peu profonde au fond sédimentaire facilement remobilisable, l'action des houles joue un rôle

important dans la génération des turbidités côtières. Les courants de marée y sont faibles mais sont responsables du mélange vertical et du transport des particules remises en suspension par les houles.

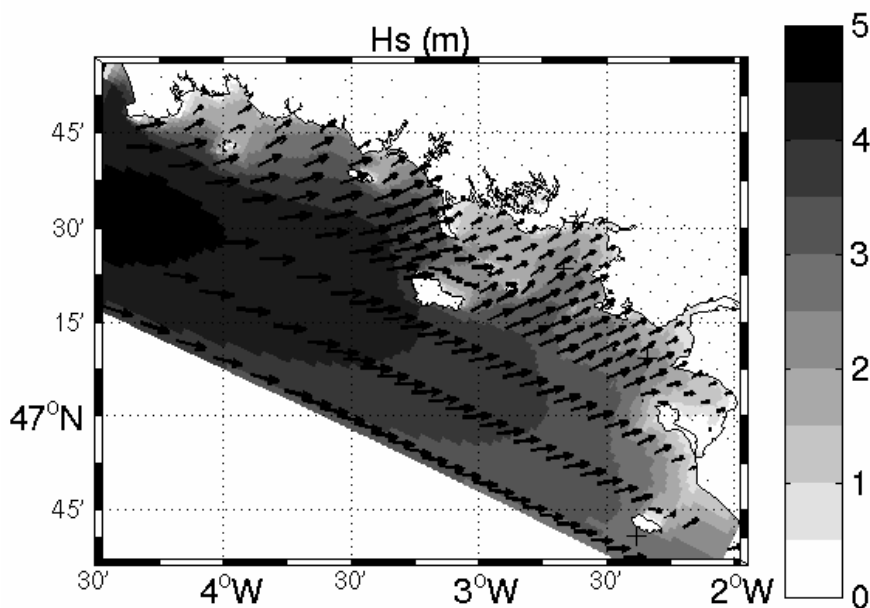


Figure 31 : Simulation SWAN $kN=0,3$ m, sortie du 14/10/2004 00:00:00. Hauteur significative (m) et incidence des houles (haut) (Tessier et al. 2007)

La circulation générée par le vent est elle-même dépendante des conditions de stratification qui sont liées aux apports fluviaux (la Vilaine, mais aussi le panache de la Loire).

Dans un travail sur la Baie de Vilaine, Ehrhold *et al.* (2008) soulignent que par régime de forts vent de Sud-Ouest, un courant important de retour au fond, de presque 10 cm/s, accentue la vidange du centre de la baie (cf figures en simulation Figure 32). Il crée une veine d'eau dessalée très localisée, qui s'oriente vers Belle-Ile à la sortie du Mor Braz. Les houles y génèrent de fortes tensions de fond, supérieures à 1,3 N.m-2 à la côte et 0,75 N.m-2 dans la baie de la Vilaine, soit 4 fois plus fortes que pour les courants de marée seuls.

Le bureau d'études DHI dans son travail de modélisation sur l'estuaire de la Vilaine (DHI 2009) apporte des compléments sur la circulation de la houle en baie de Vilaine. Les houles en provenance de ouest-sud-ouest sont réfractées dans l'estuaire de la Vilaine par la remontée des fonds, et s'orientent alors vers le sud-sud-ouest au nord de l'estuaire, ou l'ouest à l'est de l'estuaire.

Les houles sont amorties dans le secteur Nord Est de la Baie de Vilaine, les hauteurs diminuant de 2,5 m à l'entrée de la baie, à moins d'un mètre au droit de Kervoyal. L'influence des houles du large est quasiment nulle à partir de Pénestin, jusqu'au barrage. Si les conditions de houles peuvent remettre en suspension les vases de l'estuaire externe, elles sont donc trop faibles en revanche au-delà de Pénestin et sur les rives nord de l'estuaire entre Kervoyal et Penlan. Ces conditions peuvent expliquer en partie la différence de comportement de l'envasement entre le nord et le sud de la baie de la Vilaine avec un envasement plus important des plages du Nord de la Baie de Vilaine (secteurs de Damgan, Billiers par exemple).

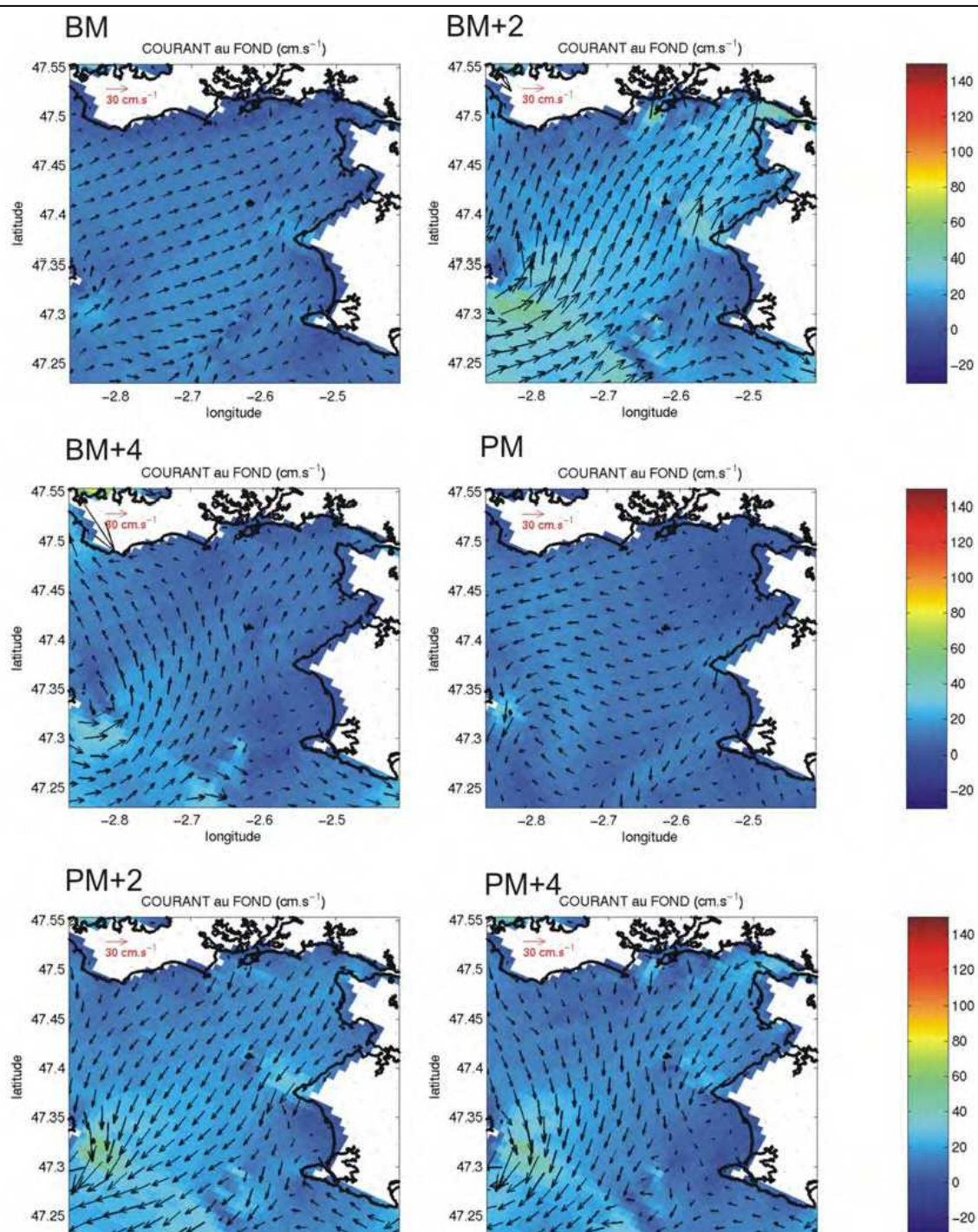


Figure 32 : Planche des courants de marée au fond

(Simulations Mars-3D, coef. 101, heure Saint-Nazaire ; Tessier 2006, reporté dans Ehrhold et al. 2008)

Cette étude DHI en cours confirme très nettement qu'en Baie de Vilaine, la circulation des masses d'eau de la baie de la Vilaine est fortement contrainte par les conditions de vent. Lorsque le vent d'ouest est fort le panache de jusant est plaqué au sud et les courants de flot sont plus importants au nord. En vent d'est, ces tendances sont inversées (courant de flot plus important au sud et courant de jusant prépondérant au nord). Ces phénomènes pourront expliquer en partie les variations saisonnières de la sédimentation dans l'estuaire.

DHI (2009) montre également qu'il existe des tourbillons derrière les pointes et les caps au Nord de la baie, notamment derrière les roches de Kervoyal ou de Penlan (Figure 33). Ces tourbillons, provoqués par le décollement de l'écoulement des courants, peuvent être le siège privilégié de zone de piégeage de sédiments. En fonction de la direction des vents, les zones tourbillonnaires ne sont pas les mêmes et peuvent expliquer les modifications saisonnières de l'envasement observées sur le terrain.

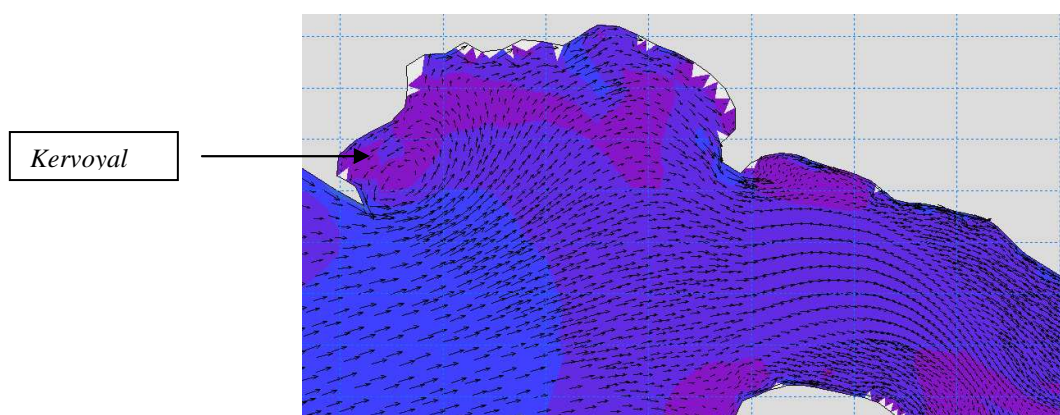


Figure 33 : Formation d'une zone de tourbillon au Nord de la Baie de Vilaine (simulation, Ex. type A flot PM-3 à PM-1 tiré de DHI 2009)

II.1.4.5 Focus sur les secteurs du Croisic et Pen Bé

Dans une étude de modélisation pour les pesticides, Jeanneret *et al.* (2006) fait un focus sur les secteurs du Croisic et de Pen Bé.

L'équipe note que la configuration du secteur de Pen-Bé en fait un site plus exposé à la houle et au vent qu'au Croisic. Des houles de 4 m peuvent atteindre Pont-Mahé en cas de vent relativement fort (15 m/s) en provenance des secteurs Ouest-Sud-Ouest. Selon l'exposition, une partie plus ou moins importante de la houle va s'introduire dans le traict, limitée alors par la hauteur d'eau.

Une importante circulation d'eau est mise en évidence au Nord-Ouest de la pointe du Croisic par la visualisation des débits résiduels. Les masses d'eau se déplacent d'Est en Ouest, de la jetée du Tréhic à la pointe du Croisic. A l'extérieur des traicts se forme un tourbillon au cours de chaque renverse. L'un d'eux est visible au large de la pointe du Croisic (cap NW) à la renverse flot/jusant, et est probablement dû aux aspérités rocheuses du fond marin. Le second apparaît à la renverse jusant/flot à proximité immédiate de la jetée du Tréhic et tourne en sens opposé à celui du premier.

Une des particularités des courants dans la baie de Pont-Mahé est liés au fait qu'ils sont orientés orthogonalement à la côte. La circulation résiduelle y est alors minime. Les vitesses maximales dans le traict de Pen-Bé sont de l'ordre de 1,3 m/s dans le chenal central et l'étier de Pont d'Arm.

Les taux de renouvellement des eaux des traicts du Croisic et de Pen Bé sont aussi estimés par Jeanneret *et al.* (2006) sur des points précis en lien avec le réseau REMI (cf Partie III). Ils sont relativement importants (temps de renouvellement moyens au bout de 5 cycles de marée de 30-58% sur les traicts du Croisic, et 41-92% sur ceux de Pen Bé).

Tant sur le traict du Croisic que de Pen Bé, les simulations faites dans l'étude de Jeanneret *et al.* (2006) montrent la possibilité selon les régimes de vent que les panaches respectivement de la Loire et la Vilaine (avec les lâchers d'eau douce) suivent la côte et viennent jusqu'à l'entrée des 2 traicts sans toutefois y pénétrer, observation non confirmée par l'association ELV (Ménard comm. personnelle).

On retiendra de ce chapitre la complexité du système hydrodynamique du secteur, liée à l'influence des 2 fleuves, et celle prépondérante des vents sur la marée en raison de la faible profondeur moyenne de l'ensemble du secteur.

Les courants sont donc plutôt faibles, avec des contrecourants qui peuvent se former localement et en profondeur par rapport à certains reliefs et par réflexion. Ce profil hydrodynamique favorise des processs locaux de stratification haline et thermique, ce qui aura des conséquences biologiques importantes.

*Des études aussi détaillées que celles revues sur la Vilaine (DHI 209 et autres) et les secteurs du Croisic/Pen Bé (Jeanneret *et al.* 2006) existent certainement aussi pour l'estuaire de la Loire, ne serait-ce que pour répondre aux études d'impact des clapages à la Lambarde et l'extraction de granulés sur le site des Charpentiers. Mais nous n'avons pu y avoir accès. Le travail en cours de LeHir (2007) sera fondamental.*

II.1.5 Sédimentologie

II.1.5.1 Nature et répartition des sédiments

Chassé et Glémarec dans leur atlas (1976) apportent des éléments de référence sur le sédiment et le benthos du littoral breton qui seront repris et précisés par Baudrier (2002) (Figure 34).

Les fonds marins de la zone qui nous concerne sont constitués en majorité de roches sédimentaires récentes. Les vases occupent des surfaces importantes en Baie de Vilaine et l'estuaire interne de la Loire. Les sables dominent au débouché de la Loire, formant un large chenal vers le sud-ouest. On en retrouve aussi dans l'ouest du Mor Braz, et entre le banc de Guérande et Belle-Île.

Les graviers occupent de vastes étendues entre l'isobathe 40m et 80 m. Ils tapissent aussi certaines parties du Mor Braz, la pointe du Croisic et le banc de Guérande.

Les formations calcaires sont absentes. Les roches tertiaires forment deux entités importantes : le haut fond du Plateau de Guérande bien individualisé et son prolongement vers l'Île d'Yeu. Les roches de l'ère primaire sont localisées au Plateau de La Recherche et à l'est de l'Île Dumet.

Carte des sédiments superficiels de la région Loire Vilaine.

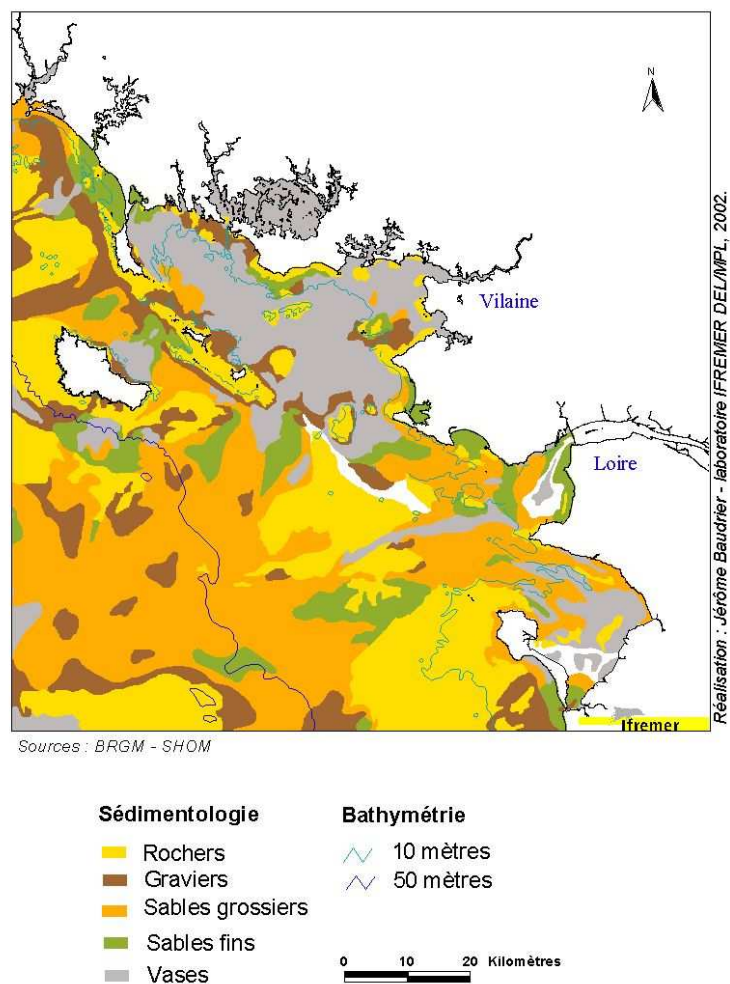


Figure 34 : Carte des sédiments superficiels dans le secteur Loire/Vilaine
(d'après Baudrier 2002)

II.1.5.2 Focus sur les sédiments en Baie de Vilaine

Ehrhold *et al.* (2008) dans une étude exhaustive sur le benthos en Baie de Vilaine en 2007 décrit en détail la distribution des sédiments dans la partie orientale de la Baie de Vilaine qui fait apparaître deux principales limites hydrologiques en relation avec l'intensité des agents hydrodynamiques (courants et houles) (cf détails en Annexe 7).

Ces limites séparent ainsi trois provinces morpho-sédimentaires sur la Baie de Vilaine :

- A l'ouest de l'alignement entre la pointe de Kervoyal et l'île Dumet, dans la rade de Penerf, le fond remonte en pente très douce vers la côte et la couverture sédimentaire se compose d'une vase homogène noire (plus de 95 % de pélites² en moyenne dans le poids des sédiments analysés). Le sédiment est recouvert d'une crème de vase oxydée de quelques millimètres d'épaisseur en surface dans laquelle on peut parfois distinguer des horizons coquilliers.
- La seconde correspond à la passe de la Grande Accroche au nord de l'île Dumet. La vase y est mélangée à du sable fin en proportion variable, mais toujours supérieure à 25 % et localement à des sédiments plus grossiers (sable, gravier voire cailloutis). Ces derniers constituent des placages sous la forme de lambeaux dont la direction et l'épaisseur évoluent progressivement vers l'estuaire.
- Pour Ehrhold *et al.* (2008), au droit de la passe de la Varlingue, entre la pointe du Bile et l'île Dumet, le resserrement entre l'île et le continent se traduit par une dépression topographique entaillée de couloirs de sédiments grossiers (graviers et cailloutis) et d'une nappe graveleuse ridée qui occupent l'essentiel du chenal.

Il constate ainsi un gradient transversal d'affinement des sédiments vers l'ouest, en direction du plateau de la Recherche, zone naturellement plus protégée de l'action des houles du large par la barrière rocheuse de Houat-Hoëdic. La remise en suspension des vasières du Mor Braz et des apports directs de la Vilaine, par l'agitation des vents locaux, contribue à disperser dans le milieu, les matériaux les plus fins sur toute la région, lesquels peuvent se déposer temporairement sur les sédiments grossiers au sud-est.

Ehrhold *et al.* (2008) constate peu ou pas de changement dans la sédimentation de la zone occidentale argileuse depuis une étude faite en 1966. L'environnement de la partie orientale de la baie, est donc le siège d'instabilités sédimentaires qui déplacent temporairement les dépôts lenticulaires vaseux, sableux et gravo-caillouteux.

D'après plusieurs études récentes et qui reprennent des résultats antérieurs, il semble que le taux de pélites¹ du sédiment croît au fur et à mesure que l'on se rapproche de cet axe d'ouverture de l'estuaire de la Vilaine, le taux en matière organique est alors assez élevé (4,95%) (ERAMM 1995 ; Gentil *et al.* 2006 ; Ehrhold *et al.* 2008).

En raison de l'absence de suivi de type REBENT sur la Loire Atlantique, comme nous le verrons dans la Partie III, nous ne disposons pas malheureusement de données aussi récentes que celles de Ehrhold *et al.* (2008) sur les sédiments au large de la Loire.

² Pélite : particules fines (éléments de 50 à 63 microns au plus) constitutives des vases littorales et présentant un rapport très faible entre leur masse et leur surface de contact. Elles collent (s'agglutinent) facilement entre elles et servent de liant entre les particules plus grossières. Elles sont facilement remises en suspension et peuvent voyager très loin avant redéposition. Au cours des temps géologiques, elles ont donné naissance à des roches sédimentaires également qualifiées de pélites. Les pélites sont donc des roches sédimentaires détritiques à grain très fin. Tiré du lexique environnement d'Ifremer (www.ifremer.fr/envlit).

II.1.5.3 Problématique des échanges de sédiments Loire/Vilaine/Large

Pour Ehrhold *et al.* (2008), il faut intégrer le fait que les apports de la Vilaine en particules fines seraient de l'ordre de 0,1 million de tonnes par an. Une partie est piégée dans l'estuaire et le reste est advecté par les courants. Entre l'île d'Hoëdic et le Croisic, des échanges de 100000 tonnes peuvent avoir lieu vers l'intérieur ou l'extérieur, en fonction des circulations induites par les vents et des conditions de houles.

Il faut aussi avoir en tête les points soulevés dans le paragraphe I.2.1 sur l'estuaire de la Vilaine et son envasement soulignés par DHI (2009) et Goubert *et al.* (2010) et de nombreux autres auteurs que l'origine des vases en Vilaine est presque exclusivement marine. Le transport sédimentaire en Baie et dans l'estuaire de la Vilaine dépend principalement des facteurs qui influencent l'hydrodynamie du secteur, à savoir les courants de marée, les vents et les vagues formées par les vents, ainsi que les débits de la Vilaine (en lien avec la gestion du barrage).

Pour Baudrier (2002), il est important de retenir qu'en moyenne 1/3 des sédiments est piégé dans les estuaires. Pour les estuaires de la Loire et de la Vilaine, on aurait près de 10 millions de t/an transportés par les 2 fleuves et 600000 t transférés vers le milieu marin.

Une confusion apparaît dans les chiffres proposés par les divers auteurs apparaît du fait que l'on parle de tonne ou mètre cube de sédiments.

La problématique des échanges de sédiments entre la Loire et le large est aussi très complexe et loin d'être résolue. Des études hydrosédimentaires ont dues être conduites sur l'estuaire de la Loire, comme nous avons pu le voir dans le paragraphe 2.2 de la partie I, pour répondre aux exigences réglementaires d'aménagements de la Loire, des dragages, du clapage à la Lambarde ou des extractions de granulats. Mais ces études ne sont pas accessibles au public.

Pour Migniot et Le Hir (1994), la dynamique sédimentaire de l'estuaire de la Loire est vraiment le reflet des actions hydrodynamiques sur les fonds et des échanges incessants entre l'amont et l'aval de l'estuaire suivant que l'on est en crue ou en étiage avec une remontée des vases vers l'amont sous forme de "bouchon vaseux" ou de "crème de vase" en étiage et évacuation vers l'aval à des distances d'autant plus grandes que les débits de crue sont plus importants. D'une façon générale, les vases transportables ont des diamètres moyens de l'ordre de 1 à 3 micromètres et peuvent être mélangées en proportions variables à des silts. Les aménagements en Loire et les dragages et leurs conséquences comme cela a été évoqué dans le paragraphe 2.2 sont clairement des éléments fondamentaux à intégrer pour la compréhension du fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire de la Loire et le littoral adjacent aval.

Pour illustrer ces échanges entre la Loire et le large, Migniot et le Hir (1994) indiquent que des mesures faites *in situ* en décembre 1981 et février 1982 sur un alignement compris entre Saint-Nazaire et Mindin montraient que les échanges sédimentaires entre l'estuaire et le large s'effectuaient presque uniquement par le chenal de navigation (85 %), le chenal Sud représentant des déplacements de vases en suspension très faibles (15 %). Pour une marée de vives-eaux et un débit fluvial voisin de 1000 m³/s, les débits solides passant dans cette section variaient entre 150000 et 200000 tonnes en flot et en jusant avec une valeur sensiblement supérieure en jusant qu'en flot. En début de crue "l'expulsion" des M.E.S. atteindrait 30 à 35 % alors qu'en décrue elle ne serait que de 6 %.

En aval de l'estuaire de la Loire, il semble difficile d'estimer le volume exact de la masse de sédiments qui circulent. Dans le paragraphe Part.I 2.2.4.3, il est reporté par le GIP un volume de 0,5 à 1 millions de tonnes, qui circule « naturellement », en lien avec le bouchon vaseux. Mais la prise en compte des volumes tirés des dragages d'entretien (cf paragraphe Part.I 2.2.6.4) montre bien que l'on a des volumes de l'ordre de 10-12 millions (voire des maximaux de 17 millions) de m³ qui circulent entre l'estuaire de la Loire et la zone côtière adjacente, dragués, clapés, et susceptibles de créer des turbidités très élevées près des côtes.

Pour avancer sur cette interface Estuaire Loire/eaux côtières sur le plan sédiment, Le Hir (Ifremer) proposait en 2007 un projet de thèse intitulé « Echanges particuliers entre l'estuaire de la Loire et les eaux côtières adjacentes », projet de recherche qui a démarré récemment. Comme le rappelle Le Hir, des modèles hydro-sédimentaires ont déjà été implantés sur l'estuaire de la Loire, permettant en particulier de simuler le bouchon vaseux mais aucun d'eux n'a été capable de restituer la dynamique des sédiments pendant plus de quelques mois, pour des conditions de débits quelconques. « *Une raison probable de cette insuffisance est une représentation trop rustique des apports potentiels par le large* » souligne Le Hir qui liste toutes les questions qui se posent encore en matière de dynamique sédimentaire en aval de la Loire. **De fait, la quantification des échanges de matériel sédimentaire à l'embouchure de la Loire est devenue une préoccupation majeure des acteurs concernés par l'environnement de la Loire et de la mer adjacente.**

Outre le fait d'avoir à mieux cerner ce fameux bilan sédimentaire de l'estuaire de la Loire, il importe de comprendre que **le flux de sédiments fins sortant de l'estuaire est susceptible de contribuer à l'envasement des baies adjacentes et du littoral concerné, en baie de Bourgneuf et en baie de Vilaine.** Les échanges entre l'estuaire et la mer sont extrêmement variables, et dépendent des conditions de forçages représentés par le débit fluvial, les conditions météorologiques, l'intensité de la marée et les forçages anthropiques que constituent les dragages.

II.2 Hydrologie cotière et océanique

II.2.1 Températures

Baudrier (2002) étudie les profils de température de l'eau dans le secteur Loire/Vilaine sur une année (année 1999). Les températures sont plutôt plus élevées que sur le reste de la Bretagne. Mais elles sont très variables. Au large, au-delà de l'isobathe -30m, une thermocline est présente en été.

Entre -30m et -15m, deux situations sont possibles selon la climatologie qui induit un brassage plus ou moins important de la colonne d'eau. Une thermocline peut donc se former ou l'ensemble est à la même température de surface et de fond. La température des eaux littorales (0 à -15m) est sujette à de grandes variations saisonnières, selon la marée et les conditions climatiques.

En hiver, les eaux sont plus chaudes au large, proches en température de l'isotherme du fond. Au printemps se produit le réchauffement, les températures du large et de la côte sont proches. L'inversion thermique a lieu en mai avec des eaux côtières plus chaudes qu'au large, et une stratification thermique surface/fond en cas de non brassage. L'été accentue ces phénomènes. En automne, une situation inverse au printemps se met en place. Dans les estuaires, on a en plus une inversion des couches thermiques surface/fond en raison des différentiels de salinité.

Guillaud *et al.* (2008) précise que la stratification thermique (et haline) qui se met en place au printemps dure entre mai et sept peut induire des stratifications jusqu'à -50m.

II.4.2 Salinité

Comme il a été souligné à plusieurs reprises déjà, l'ensemble du secteur Loire/Vilaine, du fait de l'influence des 2 fleuves, sera soumis à des variations de salinité importantes, d'autant que l'on se rapproche des 2 estuaires.

Au printemps, avec les apports d'eau douce, se met en place une stratification haline et thermique, en lien avec les apports de nutriments, avec des conséquences importantes au niveau développement phytoplanctonique (Guillaud *et al.* 2008). Cette influence des eaux dessalées se retrouve tout au long de la côte et jusqu'à 50-100 km au large (Baudrier 2002).

Baudrier (2002) fait une description de l'installation de cette stratification haline. En hiver avec des faibles débits et des vents d'ouest, la distribution en température et salinité est homogène. Les pluies d'hiver associées à des vents de secteur sud est, est, nord est et nord entraînent une stratification haline et légèrement thermique. La couche en surface près des côtes est dessalée et plus froide. Au printemps, avec des pluies, un réchauffement se produit de la surface vers le fond, le pycnocline est toujours là. Il agit comme une vraie barrière entre les eaux du fond et de la surface, ce qui favorise le refroidissement des couches superficielles. En été, le différentiel de salinité surface/fond s'atténue. Le réchauffement progressif des eaux de surface se fait du large vers la côte et du sud vers le nord. Il induit une stratification thermique qui devient de plus en plus prépondérante, surtout à l'étiage des fleuves. L'augmentation de la stratification permet aux eaux de surface de glisser vers le fond et le large.

Au niveau de l'estuaire de la Loire, au moment de brusque changement de vent et courant, Baudrier (2002) signale la formation de grandes bulles d'eau douce, sorte de « lentilles » d'eau dessalée, qui s'étendent de la surface à 40m de fond, sur 50 à 100 km et peuvent durer jusqu'à une semaine.

Gailhard (2006) illustre par une série de figures (Figure 35) les variations inter-annuelles de l'extension du panache de la Loire sur le plateau continental : en 1991, les eaux dessalées en provenance de la Loire restent confinées dans la zone côtière, alors que pour les autres années et en particulier en 1995, année de très fortes crues, des baisses de salinité sont observées dans les zones plus au large.

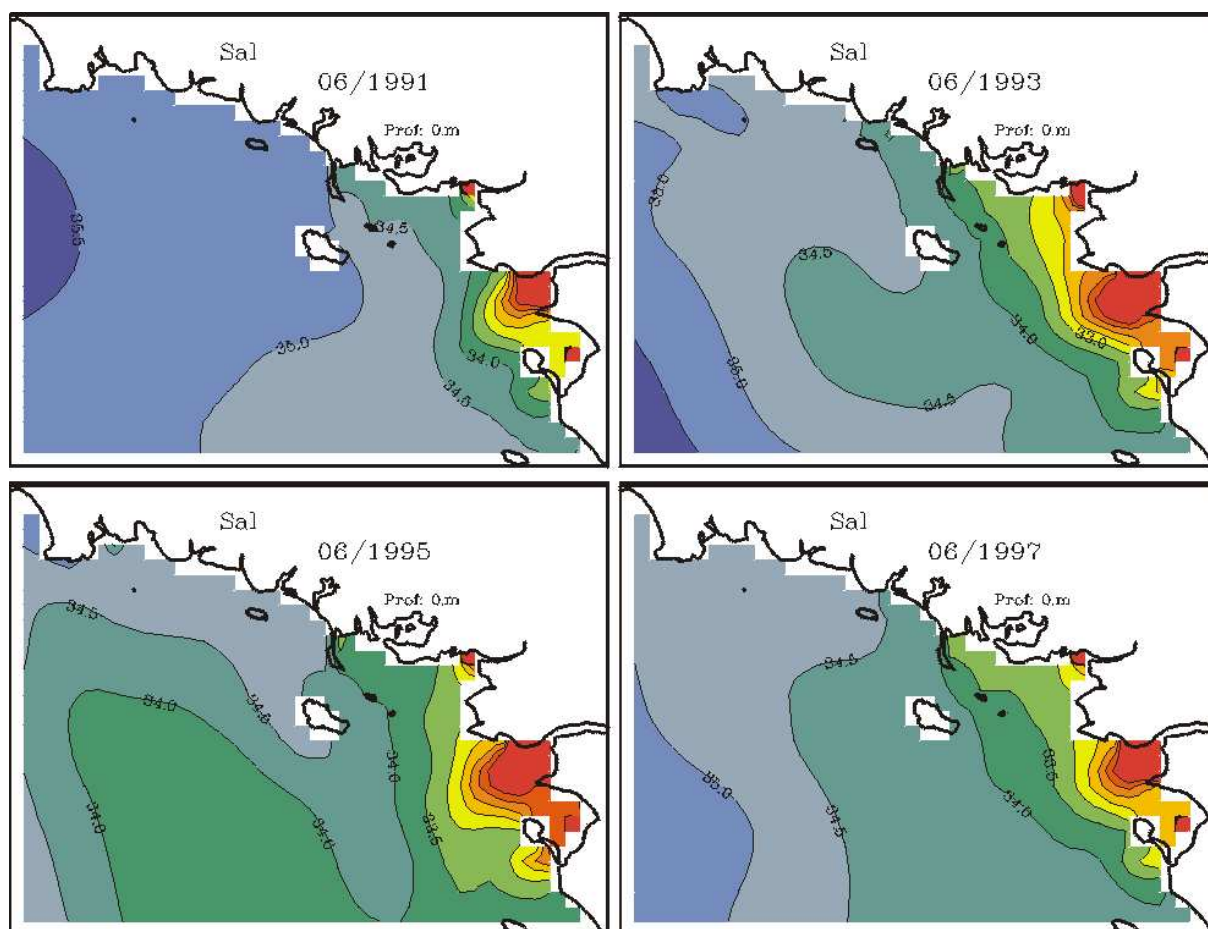


Figure 35 : Représentation de la salinité mensuelle moyenne estimée par le modèle pour le mois de juin et pour 4 années différentes (1991, 1993, 1995 et 1997) sur le secteur Loire Large.

Note : Les salinités les plus importantes sont représentées en bleu, les dessalures sont représentées en rouge (Gailhard 2006)

Gailhard (2006) avec son modèle conclut que la stratification est principalement induite par la salinité, excepté pour l'année 1991 (année pour laquelle la figure avait déjà mis en évidence le confinement des eaux dessalées en provenance de la Loire dans les zones côtières). Il note que les zones côtières, sous l'influence d'eaux dessalées et réchauffées (Figures 35 et 36) sont cependant peu stratifiées (Figure 36).

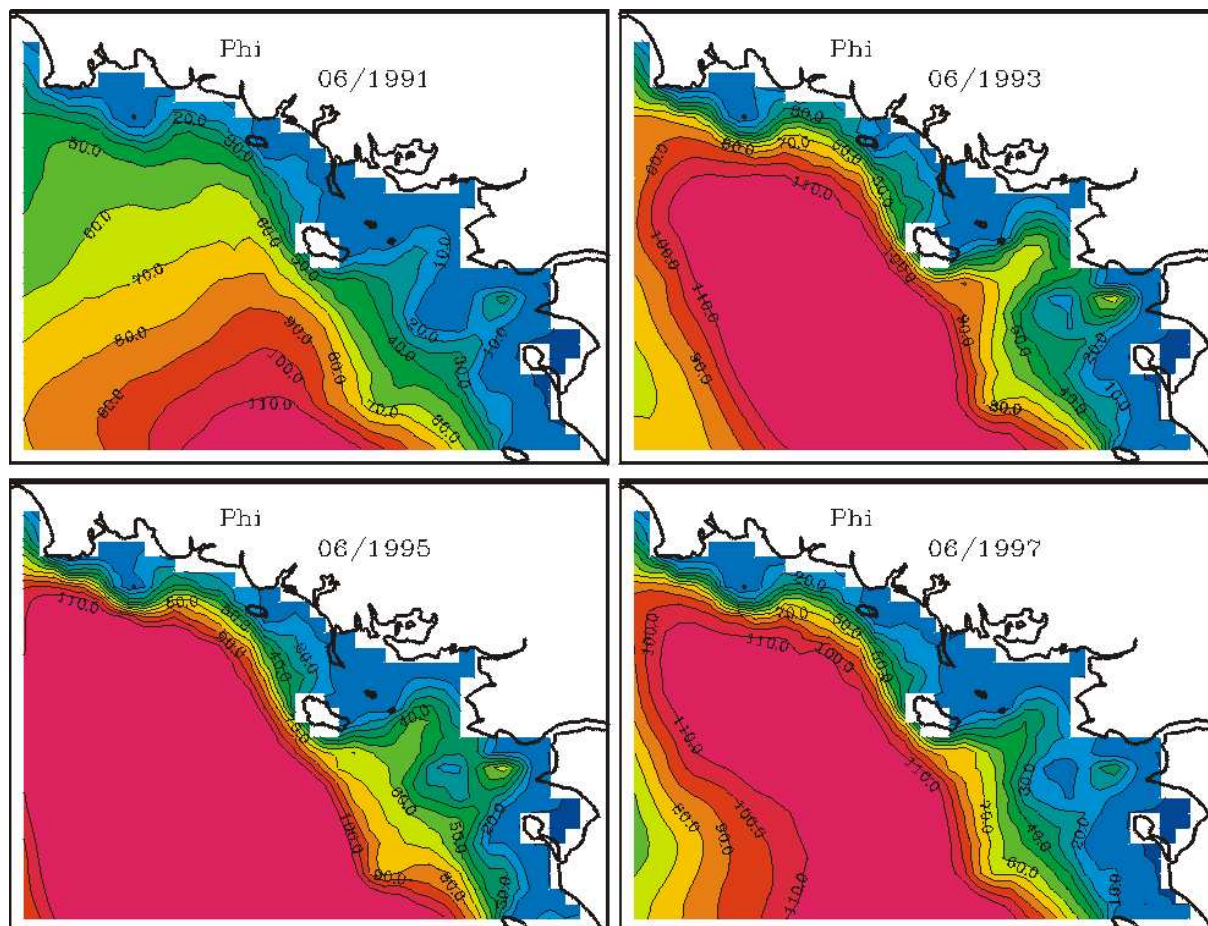


Figure 36 : Représentation du déficit d'énergie potentielle moyen estimé par le modèle pour le mois de juin et pour 4 années différentes (1991, 1993, 1995 et 1997) sur le secteur Loire/Vilaine (Gailhard 2006)

Note : Les eaux stratifiées sont représentées en rouge, les eaux mélangées en bleu.

II.2.3 Turbidité/Taux de matières en suspension

Baudrier (2002) illustre les variations de la turbidité³ du secteur Loire/Vilaine par des images satellite de situation en hiver et été. Il montre que la turbidité est soumise à des grandes variations saisonnières, et selon le degré d'éloignement de la côte, du fait des panaches turbides de deux fleuves, signalés par de nombreux autres auteurs. En hiver, le taux de MES est en général supérieur à 15 mg/l, beaucoup plus élevés dans les estuaires : 10-20 mg/l près des côtes, 1-5 mg/ au milieu du plateau continental, 100 mg/l à l'embouchure de la Loire avec un fort débit. Selon Merceron (1985), les MES varient de 2-33 mg/l en Baie de Vilaine et peuvent monter jusqu'à 497 mg/l dans l'estuaire.

Les conditions météorologiques, les débits respectifs influant sur l'hydrodynamisme et la circulation des sédiments en suspension seront de fait déterminantes. En été, le taux de MES peut diminuer nettement en estuaire.

Du fait de la complexité du site étudié, exposé aux houles du large et aux panaches des fleuves (Loire, Vilaine), le modèle de Tessier *et al.* (2007) a montré la sensibilité des turbidités au vent, à la structure thermohaline, qui contribuent ensemble à modifier le transport et le mélange, et donc le flux de remise en suspension des sédiments fins.

Les variations de turbidité auront des conséquences très importantes sur la faune et la flore de l'ensemble du secteur. Le Bris et Glémarec (1996) font ainsi une étude de la composition benthique en fonction de la turbidité. Pour ELV, Barillé *et al.* (2010), c'est le facteur prépondérant qui explique les évolutions des fonds marins à proximité de la Loire sur ces dernières décennies.

Mais il faut dans cette valeur de la turbidité inclure la quantité de matières en suspension vivantes liées notamment au phytoplancton que nous verrons dans les paragraphes suivants. Les échanges sédimentaires ne sont pas les seuls responsables des très grandes variations de turbidité observées dans le secteur Loire/Vilaine.

³ La turbidité de l'eau se réfère à son opacité. Autrement dit, on mesure le degré de non pénétration de la lumière dans une colonne d'eau, en raison de la présence de matières en suspension (MES). Ces MES sont constituées de divers éléments inertes (particules d'argile, limon, matière organique et minérale) ou vivants (plancton) (http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/turbidite/quid_turbid.htm).

Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minérale ou organique). La turbidité correspond à la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est diffusée ou absorbée. Il s'agit d'un paramètre dont la signification dépend de la technique de mesure utilisée. Plusieurs mesures optiques rendent compte de la turbidité. On la mesure en général par néphélométrie, le résultat exprimé en NTU. Le disque de Secchi est aussi un moyen simple de mesurer la turbidité de l'eau ponctuellement. Des corrélations existent entre turbidité et disque de Secchi en milieu côtier. On approche aussi la mesure de la turbidité en extractant les MES (particules > 0,5 µm) d'un échantillon d'eau, mesure alors définie en mg/l. Selon les sites, des corrélations peuvent ainsi être établies entre mesure de turbidité (en NTU) et de MES (en mg/l). Aminot et Kerouel (2004) parlent d'une correspondance moyenne (avec 20% d'erreur) de :

$$\text{Turbidité (NTU)} = 0,5 \times \text{MES (mg/l)}$$

Mais cette relation entre les 2 paramètres devra être validée particulièrement dans les milieux où la turbidité peut varier beaucoup en raison de flux sédimentaires ou de blooms phytoplanctoniques saisonniers, comme c'est le cas dans le secteur Loire/Vilaine.

II.2.4 Nutriments

II.2.4.1 Azote

Loyer (2001) rapporte des teneurs en nitrates à l'embouchure de la Loire caractérisées par une forte saisonnalité : $>150 \mu\text{mol/l}$ en hiver à $5 \mu\text{mol/l}$ en été. De fortes variations interannuelles sont observées et s'expliquent par les conditions climatologiques d'une année à l'autre. Il rapporte des valeurs plus élevées en Baie de Vilaine ($50 \mu\text{mol/l}$) avec des pics proches de $200 \mu\text{mol/l}$ dans l'estuaire).

Salvaing (2009) calcule des moyennes mensuelles des concentrations en nitrate⁴ mesurées au point ouest Loscolo entre 1998 et 2008 et dans la Loire au niveau de la bouée Heuler (période de 1975 à 2007) et leur écart type (source : données REPHY IFREMER et RNO/IFREMER). Les courbes établies montrent la variation saisonnière sur 2 points de mesure sur 10 ans ou plus.

Les nitrates mesurés au point ouest Loscolo représentent jusqu'à 95% des apports d'azote minéral de la Vilaine. Après un calcul des moyennes des valeurs mesurées entre 1977 et 2008, Salvaing (2009) trouve une concentration mensuelle moyenne de $22,8 \pm 4,8 \mu\text{mol/L}$ (intervalle de confiance à 95%). En Baie de Vilaine, le pic est atteint sur les mois de janvier à mars, à plus de $50 \mu\text{mol/l}$ ou l'équivalent. La concentration en nitrates diminue très rapidement sur les mois de printemps, pour être quasi nulle en été août/septembre, et remonter progressivement sur l'automne. Cette saisonnalité est donc importante : des crues inhabituelles en mars/avril et des apports plus forts entraîneront un risque d'efflorescence bien plus important qu'un brusque apport en hiver.

La concentration en nitrate mesurée dans l'estuaire de la Loire, au niveau de la bouée Heuler est supérieure à celle mesurée en Vilaine (pic $>60 \mu\text{mol/l}$). Mais les deux valeurs ne peuvent être comparées qu'à salinité égale, ce qui n'était pas le cas.

L'allure des deux courbes annuelles est quasiment identique. Pour la Loire, les concentrations sont variables de juin à septembre, avec un minimum en juillet et août (anova sur les rangs; $P < 0,001$), et à partir de septembre les concentrations réaugmentent en même temps que les débits des fleuves.

Salvaing (2009) étudie les mesures de salinité et de concentration en nitrate de 5 stations de mesure RNO de la Loire de l'amont vers l'aval (Carnet, Brillantes, Chantier Naval, Villes-Martin et Bouée Heuler, fig. 9) pour 6 années (tous les 5 ans de 1975 à 2005). En toute logique, il montre que plus la salinité augmente, plus la concentration en nitrate diminue avec un effet dilution. Des variations interannuelles apparaissent selon les points.

Sauriau (1984-94) avait fait le même travail en 1984-94 sur la Loire. Les schémas de dilution établis à partir des radiales, réalisées depuis 1992 par le PANSN, donnent des indications sur le comportement du nitrate et du phosphate. Les mesures du RNO dans l'estuaire permettent d'estimer l'évolution de ces schémas depuis 1975. Sauriau (1994) cite une droite de dilution moyenne établie par le RNO (1990) en hiver (Figure 37). Depuis 1984 les droites de dilution sont toutes au-dessus de cette droite de référence ce qui traduit une augmentation des concentrations en nitrate, et ce qui est en cohérence avec les observations sur l'estuaire (cf paragraphe Part.I 2.2.3.1). Les données du RNO (1990) montrent que les concentrations en aval de l'estuaire sont de l'ordre de 1 mg/l ($16,13 \mu\text{mol/l}$).

⁴ 1 mg/l de nitrate = $16,13 \mu\text{mol/l}$ ou $1 \mu\text{mol/l} = 0,062 \text{ mg/l}$.

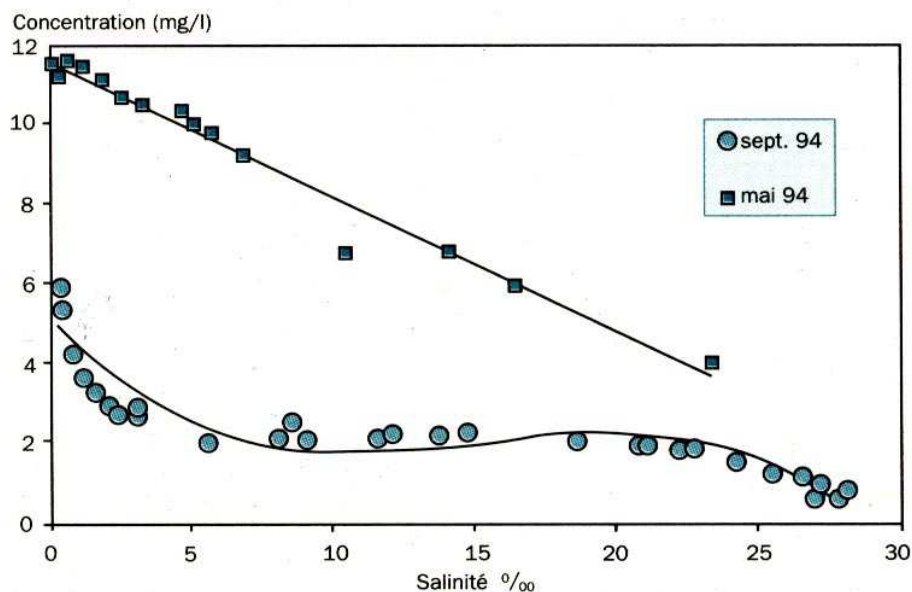


Figure 37 : Courbe de dilution du taux de nitrates en fonction de la salinité
(dans Sauriau 1994)

Pour Sauriau (1994), l'estuaire de la Loire joue un rôle de dénitrification. Mais on assisterait à une évolution croissante dans l'estuaire de ces concentrations depuis 1974.

II.2.4.2 Phosphore

Selon Loyer (2001), les variations des concentrations en phosphates⁵ à l'embouchure de la Loire sont aussi saisonnières et interannuelles comme pour les nitrates : maximum observé de 3,3 mol/l en hiver en 1996, pour 0,5 $\mu\text{mol/l}$ en été.

Salvaing (2009) étudie également les variations saisonnières des taux de phosphates en $\mu\text{mol/l}$ en calculant des moyennes entre 1998 et 2008 sur le point Ouest Loscolo en Baie de Vilaine (données REPHY) et entre 1975 et 2008 sur le point Bouée Heuler en estuaire de la Loire (données RNO).

Bien que les courbes montrent les mêmes tendances saisonnières que pour les nitrates (valeurs entre 0,2 et 1 $\mu\text{mol/l}$ en Baie de Vilaine et 0,5 et 2 $\mu\text{mol/l}$ sur l'estuaire de la Loire), Salvaing (2009) conclut avec des tests statistiques plutôt à l'absence de cycle saisonnier sur le phosphate. En été, les valeurs ne sont pas nulles car le stock n'est pas épuisé. Contrairement à l'azote, le cycle du phosphore est un cycle sédimentaire. Un stock très important de phosphore est piégé dans les sédiments et peut ensuite être remobilisé et utilisé par le phytoplancton. Un flux de phosphore assez faible, d'origine urbaine et industrielle (il est lié au nombre d'habitants) peut également persister. La droite des concentrations est moins régulière pour la Loire que pour la Vilaine : pour certains mois, on ne dispose que de peu de points de mesure (en été en particulier).

Les fluctuations interannuelles sont aussi importantes pour les 2 sites de Salvaing (2009). La concentration moyenne en Loire au point RNO «Bouée Heuler » subit par exemple de grosses variations, pouvant passer du simple à plus du triple en un an (1990 1991). On a cependant l'impression que les maximums ont tendance à diminuer (si on excepte la valeur de 1995). La forte augmentation advenant certaines années serait peut-être due au relargage du phosphate par les sédiments.

⁵ 1 $\mu\text{mol/l}$ de phosphate = 0,062 mg/l

Pour Sauriau (1994) dans ces travaux antérieurs, les données du PANSN révèlent que les concentrations en phosphate dans l'estuaire sont régies à la fois par les rejets nantais en amont, et par les accumulations turbides au sein de l'estuaire, source de phosphate. Selon Sauriau (1994), les résultats du *RNO (1990)* montrent aussi une forte variabilité interannuelle des concentrations dans l'estuaire, mais n'indiquent pas d'évolution significative par rapport à la droite de dilution établie pour la période de référence 1974-1984. Les concentrations en aval de l'estuaire sont de l'ordre de 0,1 mg/l (1,06 $\mu\text{mol/l}$).

II.2.4.3 Silicium

Poursuivant son étude pour comprendre les inflorescences phytoplanctoniques sur le milieu côtier Loire/Vilaine, Salvaing (2009) souligne que la production photosynthétique de l'océan mondial dépend aussi beaucoup des apports de silice dissoute. Le principal apport vient de la silice issue de l'érosion par les fleuves. Les diatomées l'utilisent pour former leurs membranes externes. Il a donc comparé les mesures de silice aux points : Ouest Loscolo (source : REPHY), et Loire (point chantier Naval à Saint Nazaire, source RNO, car les mesures n'étaient pas disponibles pour le point bouée Heuler).

Il observe notamment les variations saisonnières obtenues sur des moyennes interannuelles (1988-2008) à Loscolo et 1976-1984 à Saint Nazaire.

Le cycle de la silice ressemble à celui des nitrates : il note une diminution régulière de janvier à mai, un minimum jusqu'à juillet puis, à partir de septembre, le stock se reconstitue régulièrement en Vilaine au point ouest Loscolo ; en revanche le stock n'est pas complètement épuisé l'été (variations entre 8 à 32 mg/l approximativement).

Dans la Loire, il note le minimum en mai, juin juillet et août (anova, $P < 0,001$). Après cette deuxième diminution, le stock se reconstitue. Les valeurs semblent beaucoup plus importantes (entre 40 et 11 mg/l).

Pour Sauriau (1994), les droites de dilution du silicate, pour lesquelles, seules les données du RNO sont disponibles, montrent une stabilité interannuelle du schéma de dilution avec des concentrations en aval de l'estuaire inférieures à 3 mg/l.

II.2.4.4 Consommation des nutriments sur les zones estuariennes

D'une manière générale, rappelle Salvaing (2009), l'azote et le phosphore sont cruciaux pour le développement du phytoplancton. Le phytoplancton se développe jusqu'à ce qu'il ait utilisé tout l'azote ou tout le phosphore disponible. Si un des deux éléments est épuisé, son développement est stoppé, l'élément épuisé est alors appelé facteur limitant. De fait, souligne l'auteur, dans la majeure partie des océans, le développement du plancton est limité par l'azote. Le silicium est un autre élément important qui est utilisé par les diatomées. En revanche le manque de silicium n'est pas un facteur limitant pour la croissance du plancton : si le milieu est épuisé, seules les diatomées vont stopper leur développement, d'autres populations de phytoplancton vont prendre le relais, comme les dinoflagellés. (cf paragraphe à suivre Part.II.3.1).

Le rapport Redfield N/P permet de définir l'élément limitant entre azote et phosphore: si le rapport est inférieur à 16/1, l'azote est limitant. Ce rapport est significatif car il prend en compte le stock de phosphore éventuellement biodisponible adsorbé sur les matières en suspension. Ce calcul a été effectué en 1984 lors de l'étude « Férel » (Cahier du Mor Braz » n°21, 1987 cité par Salvaing 2009) au niveau du barrage d'Arzal et donne un rapport de 24,4, ce qui classerait ce site dans la catégorie des retenues à production primaire limitée par le phosphore.

Pour les valeurs mesurées dans les estuaires, les concentrations en phosphates ne sont pas nulles en été: c'est donc a priori les nitrates qui sont limitants en Baie de Vilaine (les valeurs en août et en septembre sont quasi nulles) et sur l'estuaire de la Loire.

Baudrier (2002) et Loyer (2001) décrivent l'évolution des sels nutritifs sur le plateau continental sud armoricain et soulignent également la diminution de l'hiver vers l'été des valeurs d'azote, phosphore et silice, avec des tendances plus fortes près des côtes. Les concentrations de sels diminuent plus tardivement plus près des côtes car il y a les apports directs des fleuves.

Le repos « biologique » hivernal induit un renouvellement des sels nutritifs au large. Au printemps, le phosphore et le silicium deviennent vite limitants avec les premiers développements de phytoplancton. Le stock de nitrates est épuisé en été. Azote et phosphore sont alors limitants. Les premiers coups de vents à l'automne entraînent un brassage, et une régénération du silicium, de nouveaux blooms peuvent advenir.

La diminution saisonnière observée dans les concentrations en silicates, nitrates et phosphates sur la côte est donc due à la consommation du phytoplancton. A partir des mois d'été, plus de la moitié de la production primaire est alors basée sur la régénération de nutriments, due à la minéralisation de la matière organique et un relargage des sédiments. Au printemps et à l'automne, ce sont les apports des bassins versants qui prédominent dans la croissance du phytoplancton.

Guillaud *et al.* (2008) étudient le gradient d'apport en nitrate d'origine fluvial jusqu'à l'isobathe -100 m. Avec la stratification haline et thermique dans le secteur Loire/Vilaine, se met en place un développement du phytoplancton (Guillaud *et al.*, 2008 ; Lampert *et al.*, 2002 et Loyer *et al.*, 2006).

En fin d'hiver, la plupart des nutriments en Loire peuvent être exportés vers l'estuaire externe, car la forte turbidité en Loire bloque la photosynthèse phytoplanctonique et la consommation de ces nutriments en amont. Mais cela ne serait pas le cas sur l'estuaire-baie de la Vilaine où les faibles courants favoriseraient un développement sur place. Les ratios N/P sont importants sur les 2 fleuves à la fin de l'hiver et au printemps, mais pas en été. Le développement consécutif, spatialisé du phytoplancton prend place, avec une influence des panaches jusqu'à la salinité 34 ppt.

Le 1^{er} bloom de diatomés advient dans cette zone soumise au panache, « profitant d'une fenêtre », à la fin de l'hiver, avec une stratification haline et thermique en cours. Au printemps, l'influence en nutriments des 2 panaches sur le Golfe de Gascogne est moindre, car il y a consommation sur place des nutriments au niveau des estuaires. En été, la croissance du phytoplancton dans la zone d'influence des 2 fleuves est plutôt limitée par le phosphore, ce qui semble en contradiction avec Salvaing (2009) et Baudrier (2002).

II.2.5 Teneurs en chlorophylle

Le suivi de la teneur en chlorophylle *a* comme mesure de la croissance et biomasse phytoplanctonique repose sur l'hypothèse que les estimations des taux de croissance obtenues à l'aide de la mesure de la variation de la concentration en chlorophylle *a* sont bien représentatives du «comportement moyen» des taxons dominants du phytoplancton (Gailhard 2006). Il sous-entend aussi que les espèces constitutives de la communauté sont semblables au plan de leur physiologie. Comme le souligne l'auteur, ces hypothèses simplificatrices sont nécessaires à la modélisation des cycles biogéochimiques et à la quantification des flux de matière et de nutriments dans l'écosystème.

Dans l'esprit de pouvoir modéliser la dynamique saisonnière phytoplanctonique, Baudrier (2002) rapporte les résultats de la thèse de Lampert (2001) sur les populations planctoniques dans l'Atlantique nord. Les plus fortes concentrations en chlorophylle *a* dans les eaux de surface ont été enregistrées dans les estuaires internes, avec une bonne concordance entre forte concentration en chlorophylle *a* et faible salinité.

Les teneurs en chlorophylle *a* sont directement en lien avec le développement du phytoplancton. Elles sont maintenant indirectement suivies par satellites (mesure de la fluorescence), ainsi que par les mesures in situ *faites* dans le réseau REPHY ou pour la DCE (cf Part. III).

En hiver et automne, les concentrations sont faibles, comprises entre 1 à 2 µg/l sur la côte. Au large, elles sont inférieures à 1 µg/l. Au printemps se produisent les premiers blooms phytoplanctoniques. La concentration en chlorophylle *a* augmente rapidement, de la côte vers le large, avec un décalage de près de 2 mois entre les deux. Les valeurs observées sur la côte (> 15 µg/l parfois) sont beaucoup plus élevées que celles du large. Des variations interannuelles sont aussi observées en fonction des conditions météorologiques.

Ménèsquen *et al.* (2001) indiquent qu'au large de l'estuaire de la Loire (à l'aval du pont de Saint-Nazaire et à l'intérieur d'une ligne Pointe du Croisic-Pointe Saint-Gildas) les mesures du RNO montrent que les points les plus au large, non directement soumis aux apports ligériens de chlorophylle, n'ont dépassé 15 µg/l de chlorophylle *a* en surface que durant l'année 1977.

Dans Salvaing (2009), la Figure 38 ci-dessous représente la moyenne des concentrations en chlorophylle-*a* calculée pour chacun des pixels mesurés dans la zone d'étude entre 2003 et 2008. Les concentrations les plus élevées en chlorophylle *a* (> 2 mg/m³) sont trouvées d'abord en baie de Vilaine, puis dans les rades du Croisic et du Pouliguen. La différence entre l'estuaire de la Loire et de la Vilaine s'explique en partie par l'orientation des panaches des deux fleuves ainsi que par l'hydrodynamisme local : le panache de la Loire vient s'additionner à celui de la Vilaine dans une zone d'accumulation (Mor Braz) comme l'ont démontré Dussauze et Ménèsquen (2008). Il est donc logique d'y retrouver les plus fortes concentrations.

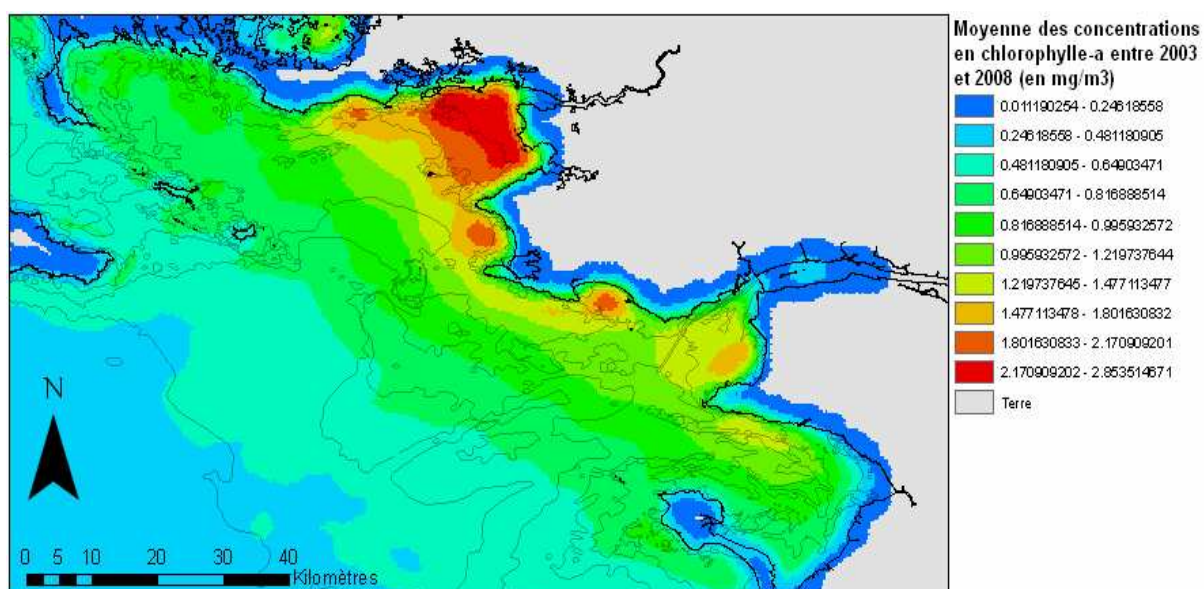


Figure 38 : Moyenne des concentrations en chlorophylle *a* enregistrées entre 2003 et 2008 dans le secteur Loire/Vilaine (valeurs en mg/m³, dans Salvaing 2009)

Le site d'Ifremer www.previmier.org grâce à un modèle ECO-MARS3D Bretagne permet maintenant de visualiser en ligne les prévisions de concentrations en chlorophylle *a* sur différentes zones. Il donne aussi des estimations ponctuelles sur des sites particuliers avec les bouées MOLIT.

II.2.6 Oxygène dissous

Les eaux côtières sont en général bien oxygénées. Seul des conditions particulières peuvent conduire à des conditions hypoxiques voire anoxiques comme nous le verrons dans la Part. III, paragraphe 2.2.1 (Eutrophisation) en Annexe 19.

Il n'en est pas de même pour des eaux continentales, plus ou moins stagnantes, ce qui peut être le cas de la Vilaine, en conséquence de son hydrodynamisme faible, et en aval de la Loire, à l'étiage, en été. Dans des milieux très eutrophisés, l'oxygène dissous peut être surconsommé notamment pendant la nuit par les populations de phytoplancton en excès. Sur le fond, une surconsommation s'installe aussi en raison d'un excédent de matière organique.

Le taux d'oxygène dissous est mesuré en différents points sur le secteur Loire/Vilaine en surface et sur le fond. Une mesure en continu est disponible en Baie de Vilaine. Un exemple ci-dessous est donné via le site www.previmer.org où l'on voit que déjà au mois de juin, le taux de saturation en oxygène dissous est descendu à 40 % sur le fond (Figure 39).

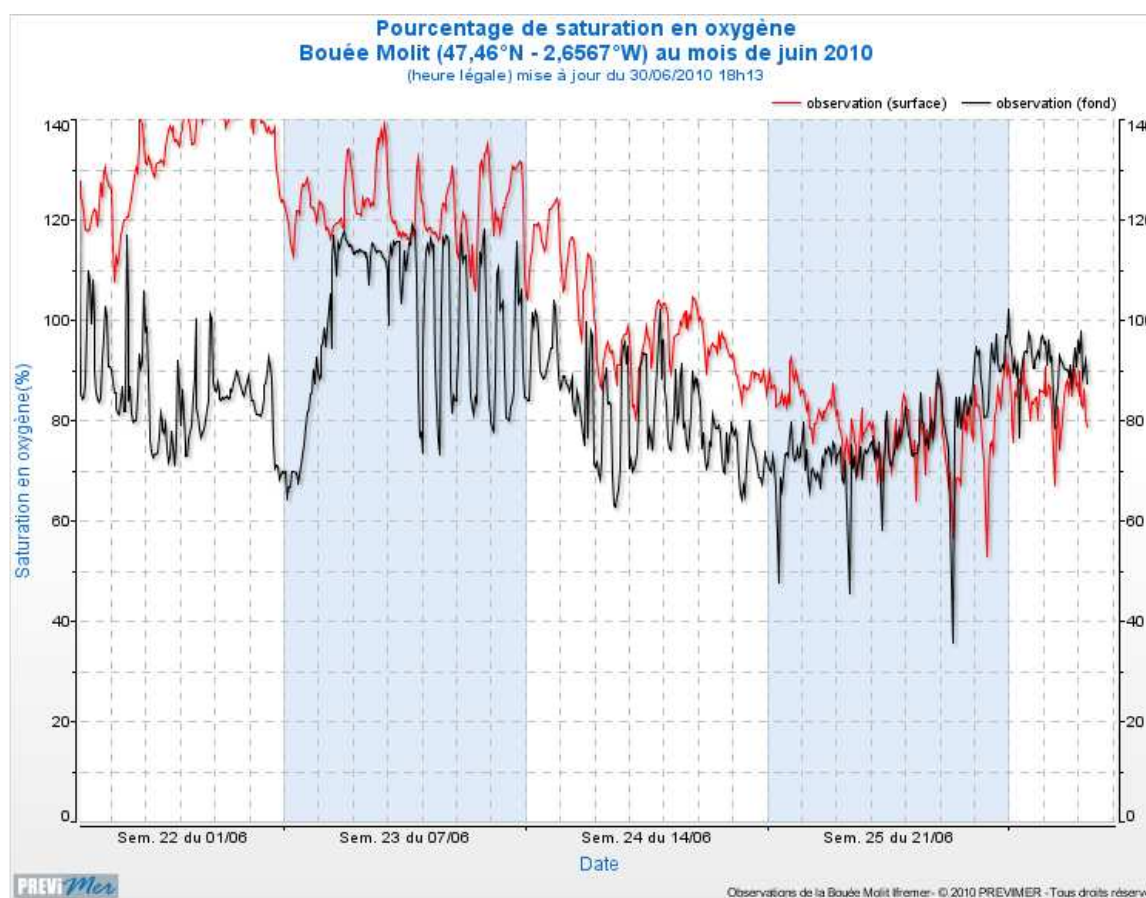
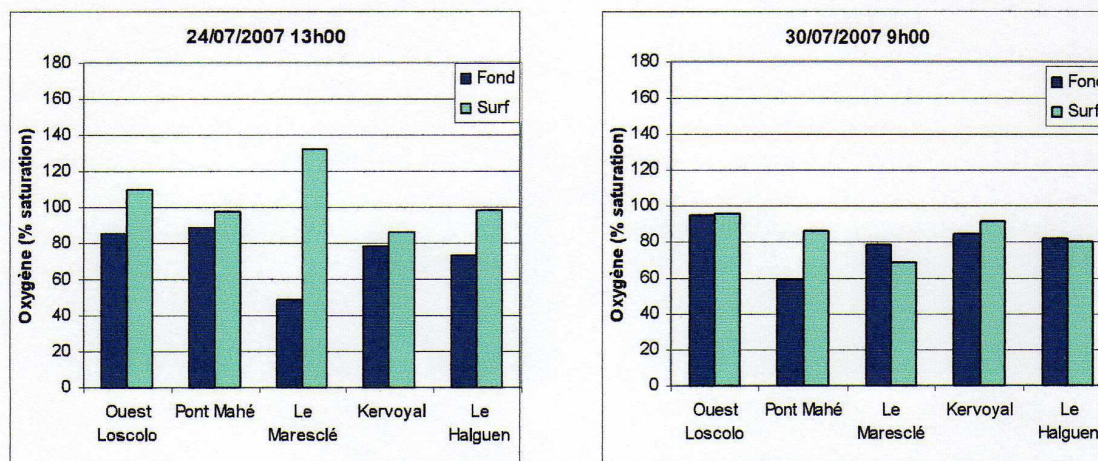


Figure 39 : Mesures en continu du taux de saturation en oxygène en surface et sur le fond à la Bouée MOLIT Dumet en juin 2010 (source www.previmer.org)

En Baie de Vilaine, des crises anoxiques ont été observées, notamment en 1982, associées à des mortalités importantes. Selon Merceron (1987), comme le taux d'oxygène n'était pas encore mesuré en routine en Baie de Vilaine, ils ont travaillé en conditions de laboratoire et pu calculer qu'une chute à 1,5 mg/l sur le fond en Baie de Vilaine avait pu se produire en 1982. Ce qui a ensuite été montré par des enregistrements.

Des séries de mesures en Baie de Vilaine montrent effectivement des fluctuations importantes du taux d'oxygène, notamment sur le fond, parfois très localisées. Divers exemples rapportés ci-dessous montrent bien un appauvrissement en oxygène dissous sur le fond durant l'été où s'est produit une efflorescence très importante en *Lepidodinium chlorophorum* mais surtout le point « Maresclé » (LER/MPL/TM 2008). Ce point sera discuté dans la partie III 2.2.



Concentration en oxygène dissous en % de saturation en baie de Vilaine.

Figure 40 : Concentration en oxygène dissous (% de saturation surface et fond) en différents points de mesures en Baie de Vilaine en juillet 2007 (tirée du bulletin LER/PML/TM 2008)

Par des mesures du réseau RNO, Baudrier (2002) rapporte des valeurs à l'embouchure de la Loire de 5-9 mg/l en surface, alors que sur le fond, des concentrations aussi basses que 1,5-2 mg/l sont observées. Les mesures sur l'estuaire sont très variables.

Dans Ménesguen *et al.* (2001), au large de l'estuaire de la Loire (à l'aval du pont de Saint-Nazaire et à l'intérieur d'une ligne Pointe du Croisic-Pointe Saint-Gildas) les mesures du RNO montrent que les pourcentages de saturation en oxygène dissous dans les eaux de fond à ces mêmes stations restent supérieurs à 60 % (correspondant à une concentration en oxygène de 5 mg/l dans les conditions du milieu).

Afin de mieux rendre compte de l'état d'oxygénation des eaux de l'estuaire, le GIP Loire-Estuaire dans le cadre des « Etudes prospectives aval » a cherché à rendre compte des variations d'oxygène en profondeur et au cours d'une journée (cf. indicateur L2A1 : l'oxygène de l'eau – GIP Loire Estuaire). Les 5 années d'observations (1996 à 2000), ont permis de suivre le cycle saisonnier de l'oxygène dans l'estuaire :

- En période hivernale, les eaux sont bien oxygénées de Saint- Nazaire aux Ponts-de-Cé (en dehors du périmètre du SAGE).
- En période estivale, à l'aval de Basse-Indre, les concentrations descendent au-dessous du seuil de 5 mg/l pendant 4 à 7 mois suivant les années, avec des périodes d'anoxie (absence d'oxygène) pouvant affecter des sections du fleuve sur 20 à 40 km. Au-dessus de Sainte-Luce-sur-Loire, aucun déficit n'est enregistré.

Au-delà de ces variations spatiales, les concentrations en oxygène dissous varient quotidiennement en fonction de la marée. Ces variations de concentrations peuvent produire des déficits de courtes durées mais parfois très sévères (passage de 6 mg/l à 1 mg/l sur une même marée). Un suivi réalisé sur la répartition de l'oxygène dissous permet de prendre la mesure d'un autre phénomène : la variation des concentrations en fonction de la profondeur. Il s'avère en effet qu'une bonne oxygénation de surface puisse masquer une anoxie des fonds.

Dans le Traict du Croisic et le Marais Guérandais, le suivi réalisé par le SMN témoigne d'une bonne oxygénation des eaux entre 5,5 et 7 mg/l pour les niveaux les plus faibles enregistrés. Dans les autres étiers, les conditions d'oxygénation restent acceptables avec cependant l'existence ponctuelle de phases de perturbations où les concentrations en oxygène dissous relevées peuvent descendre à 3 ou 4 mg/l (Jeanneret *et al.* 2006).

L'ensemble de ces observations sur l'estuaire de la Loire montre un risque potentiel de conditions anoxiques pouvant perturber la faune aquatique et créer des mortalités.

II.3 La Biodiversité

II.3.1 Phytoplancton

Note ndlr : Il est aussi possible de lire ce chapitre puis celui sur le REPHY (III.1.2) puis celui sur l'eutrophisation (III.2.2).

II.3.1.1 Bases sur le phytoplancton

Il importe de garder en tête que, parmi les grands domaines océaniques et écologiques cités par Longhurst (1995) rapporté dans Gailhard (2006), le domaine à régime de vents d'ouest sur l'Atlantique nord est caractérisé par le fait que les variations saisonnières de la profondeur de la couche de mélange sont principalement déterminées par un équilibre entre l'énergie solaire qui réchauffe la couche superficielle et les facteurs permettant le mélange de la colonne d'eau (la tension du vent en surface principalement). Ces facteurs permettent le «démarrage» d'une efflorescence algale printanière (nord Atlantique). Une augmentation de la production primaire peut également être observée à l'automne, cette deuxième croissance phytoplanctonique étant liée à une diminution de la prédation qu'exerce le zooplancton.

Dans le domaine côtier correspondant, les eaux côtières sont également soumises aux cycles saisonniers de variation thermique et photopériodique, ainsi qu'aux variations saisonnières de la profondeur de la couche de mélange, mais de nombreux autres facteurs peuvent également influencer sur le développement des populations phytoplanctoniques (*e.g. upwellings* côtiers, fronts de marée, apports d'eau douce).

En milieu côtier, les apports terrigènes permettent le maintien de concentrations élevées en sels nutritifs dans le milieu et plusieurs *blooms* successifs peuvent être observés. La dynamique du phytoplancton est ainsi plus complexe en domaine côtier, plusieurs facteurs pouvant agir sur la croissance de sa biomasse. Elle est d'autant plus complexe en milieu eutrophisé où l'excédent de nutriments potentialise les effets côtiers.

II.3.1.1.1 Diversité du phytoplancton

Le phytoplancton est constitué d'un ensemble hétérogène de microalgues unicellulaires, les cellules pouvant être solitaires ou groupées en colonies (Gailhard 2006). Les organismes phytoplanctoniques sont majoritairement autotrophes, mais certaines espèces, principalement des Dinoflagellés, peuvent être temporairement hétérotrophes, *i.e.* synthétiser de la matière organique à partir de substances organiques dissoutes (osmotrophie) ou particulières (phagotrophie).

La taille des cellules phytoplanctoniques varie de quelques microns ($< 20 \mu\text{m}$) jusqu'à quelques centaines de microns ($200 \mu\text{m}$). Leur forme est extrêmement variée, la diversité morphologique étant souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison et mouvements verticaux).

Le nombre d'espèces phytoplanctoniques marines a été estimé à près de 4000 espèces. Les deux classes de phytoplancton marin les plus riches en espèces sont celles des Diatomées et des Dinoflagellés. Les diatomées, sont caractérisées par leur enveloppe siliceuse. Elles forment une grande famille de microalgues puisqu'elles représentent 90% du plancton végétal. Elles jouent donc un rôle primordial dans la vie des écosystèmes marins et sont à l'origine des réseaux alimentaires de nombreuses espèces (www.plancton-du-monde.org).

II.3.1.1.2 Dynamique générale de la croissance phytoplanctonique

Gailhard (2006) souligne les spécificités de la zone océanique du Golfe de Gascogne (large et côte) dans laquelle se mettent en place de stratifications thermique et haline en été en lien avec les apports d'eaux douces des grands fleuves français débouchant sur l'Atlantique. Celles-ci sont très importantes pour l'évolution des populations phytoplanctoniques (Baudrier 2002, Loyer 2001, Gailhard 2006).

Le brassage de la colonne d'eau en hiver et au printemps, puis la stratification estivale, créent des conditions favorables au schéma classique de succession saisonnière des communautés phytoplanctoniques dans les eaux côtières tempérées caractérisé par une progression saisonnière de communautés dominées par les Diatomées en hiver et au printemps vers des communautés dominées par les Dinoflagellés en été. La stratification estivale est favorable au développement des Dinoflagellés, classe à laquelle appartiennent la majorité des unités taxinomiques identifiées comme caractéristiques de cette zone. En automne, le brassage des eaux et l'apport de nouveaux nutriments permettent de nouvelles inflorescences, y compris de Diatomées.

La concomitance des Diatomées et de Dinoflagellés est typique des situations de forte biomasse phytoplanctonique associée à l'enrichissement en nutriments observées dans certaines zones côtières du littoral atlantique français, semi-fermées et soumises à d'importants apports en eau douce (comme par exemple, la baie de Vilaine).

Les facteurs régulant le taux de croissance cellulaire d'une espèce de phytoplancton et le taux de croissance de la population ne sont pas forcément les mêmes. Le broutage et l'advection, par exemple, influent sur le taux de croissance de la population, mais sont sans effet sur le taux de croissance cellulaire. *A contrario*, la concentration en nutriments agit directement sur le taux de croissance cellulaire, mais n'a qu'un effet indirect sur la croissance de la population (augmentation du taux de division cellulaire, influence sur la capacité trophique du milieu,...). Les taux de croissance sont variables d'une espèce phytoplanctonique à l'autre. Les Diatomées ont un taux de croissance journalier supérieur à celui des Dinoflagellés.

Loyer (2001) dans son travail sur la modélisation de la croissance phytoplanctonique dans la zone côtière atlantique insiste plus particulièrement sur l'importance du « broutage » par le zooplancton (notamment les Diatomées) qui contrôle ainsi les niveaux de population, la concentration résultante en chlorophylle, et les excréments de ce système trophique.

Un autre facteur pourrait importer dans la dynamique des populations phytoplanctoniques est lié à la consommation des coquillages qui se nourrissent du phytoplancton. Il semblerait que les fortes densités d'huîtres en baie de Quiberon contribuent à y limiter le développement phytoplanctonique (Baudrier 2002).

Dans une étude de modélisation sur le rôle de organismes filtreurs dans la Baie du Mont St Michel basée sur les stocks de sauvages, cultivés et invasifs de moules, huîtres creuses et crépidules, Cugier *et al.* (2007) estime que les stocks de filtreurs (notamment moules et crépidules) par leur consommation en phytoplancton contribuent à maintenir le taux de chlorophylle *a* lié au blooms de phytoplancton printaniers à un niveau modéré de 5 à 10 µg/l. Sans ces filtreurs, ils calculent que le niveau de chlorophylle pourrait dépasser 20 µg/l.

Aucune étude équivalente n'a été faite en Baie de Vilaine ni sur l'estuaire de la Loire. On n'a pas non plus d'estimation précise des stocks de filtreurs sauvages, aussi bien des moulières sauvages qui se sont étendues près de l'estuaire de la Loire, au dire des plongeurs d'ELV, que des stocks de l'huître creuse considérée comme quasi invasive, et que des crépidules de plus en plus fréquentes et que des stocks réels de moules élevés sur la Baie de Vilaine. Il serait très intéressant d'appliquer ce type d'approche intégrée à l'ensemble de l'écosystème du secteur Loire/Vilaine.

La question pivot est aussi l'explication des facteurs qui vont favoriser la dominance d'une population par rapport à une autre à l'intérieur d'une communauté.

Compte tenu des conditions hydrodynamique et hydrologiques soulignées dans les paragraphes précédents, la Baie de Vilaine constitue un milieu particulièrement propice aux inflorescences phytoplanctoniques, engendrant la possibilité d'une situation de blooms quasi permanente du mois d'avril jusqu'au mois de novembre, comme l'indique le bulletin côtier du LER/MPL/TN (2009) pour 2008 pris comme exemple. La succession des Dinoflagellés aux Diatomées est aussi bien observée au printemps-été, pouvant engendrer des nuisances.

II.3.1.1.3 Le rôle des facteurs environnementaux

Gailhard (2006) et Ménesguen *et al.* (2001) recensent les facteurs environnementaux qui interviennent dans le développement du phytoplancton. Les conditions hydrodynamiques sont très importantes comme cela a déjà été signalé. Plus précisément, la turbulence stimule la croissance des Diatomées, les Dinoflagellés se développant, à l'inverse, lorsque la colonne d'eau est stratifiée, les flagellés ont de plus la capacité d'effectuer des mouvements verticaux leur permettant d'accéder aux ressources nutritives en profondeur (nitracline), et à l'énergie lumineuse près de la surface.

La présence de nutriments et leur composition est aussi déterminante. Les espèces de Dinoflagellés responsables de HAB ont un coefficient d'affinité pour les nutriments élevé, et ont développé des stratégies adaptatives pour leur acquisition qui leur permettent de se multiplier là où d'autres périssent.

Il apparaît donc que, fréquemment, des conditions hydrodynamiques particulières, telles que la présence de fronts ou de stratifications thermiques ou halines, confèrent au milieu une plus grande stabilité verticale, stabilité qui est vraisemblablement une condition nécessaire au développement des efflorescences de dinoflagellés. En plus de ces caractéristiques physiques propices au développement des dinoflagellés, de nombreux auteurs évoquent l'accroissement des apports en nutriments, en particulier d'azote et de phosphore, comme cause possible de ce développement.

En outre, des interactions peuvent se produire entre différentes populations de phytoplancton, la croissance «excessive» d'une population peut entraîner un dysfonctionnement de l'écosystème (et de nombreuses nuisances). De fait, les conditions environnementales qui favorisent le développement d'une population plutôt qu'une autre sont complexes et encore mal comprises.

II.3.1.1.4 Simulation du développement phytoplanctonique côtier en fonction des apports fluviaux

Loyer (2001) et plus récemment Dussauze et Ménesguen (2008) ont développé des modèles pour simuler la croissance du phytoplancton en fonction des apports en nutriments des fleuves.

Sur des hypothèses de réduction des apports ligériens de 50 à 100% en nitrates, le modèle de Loyer (2001) montre que l'effet sur la production primaire phytoplanctonique n'est pas linéaire.

- Une réduction en Loire de 0 à 50% induit une chute de 26% de la production en aval de la Loire, et moins de 10% sur le Mor Braz par rapport à une situation de référence.
- Une réduction de 50 à 100 % des nitrates en Loire entraîne une diminution supplémentaire de 47% de la production en aval de la Loire.

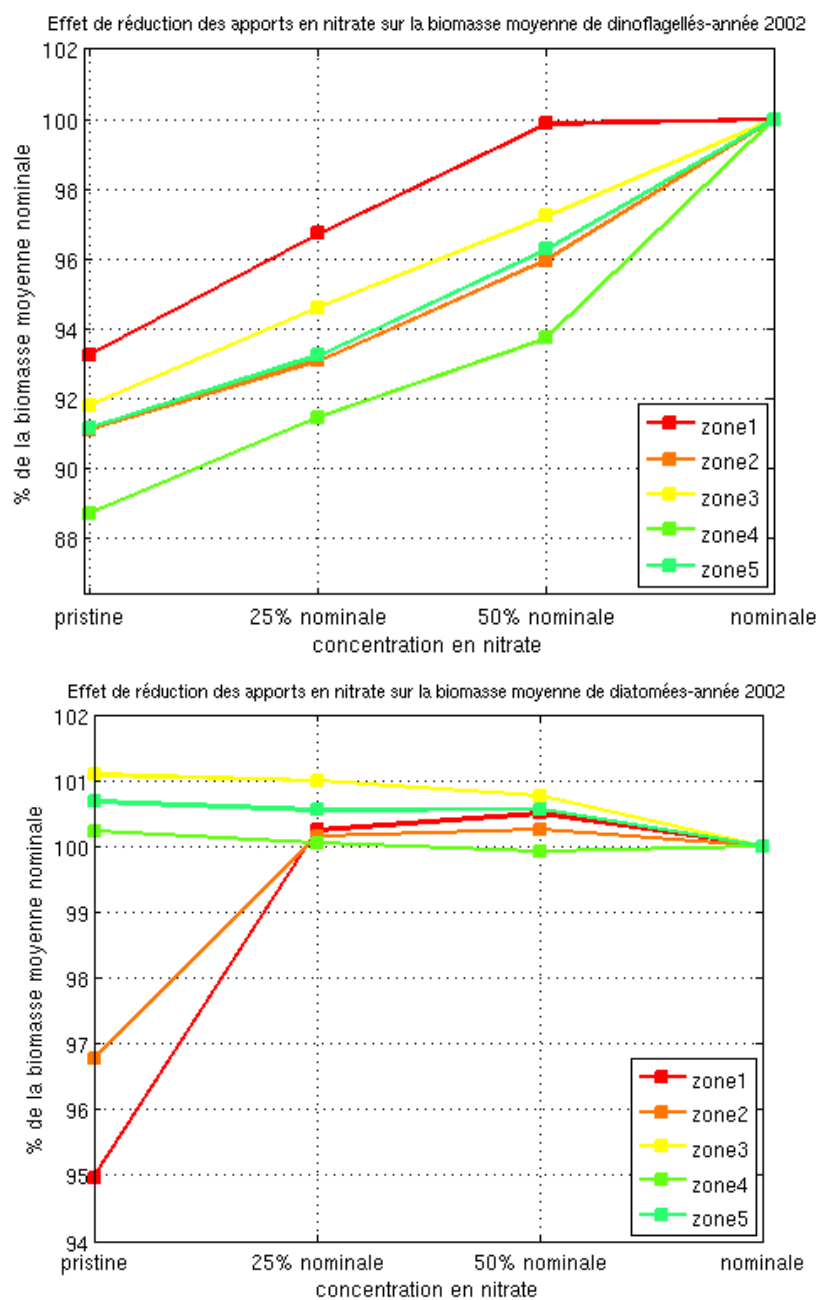
Ménesguen *et al.* (2001) met au point en Baie de Vilaine un modèle des cycles d'Azote et du Phosphore dans l'eau/sédiment simple, couplé à un modèle hydrodynamique. Il confirme que la production primaire sur ce site est fortement influencée par les apports de la rivière et limitée par le phosphore au printemps, quand la Vilaine est en crue, et par l'azote en été, la Vilaine étant en étiage. Sur un bilan annuel, une réduction de 70 % des apports d'azote induit une baisse de 25 % de la production phytoplanctonique, tandis qu'une réduction de 70 % des apports de phosphore induit une baisse de 10 % de la production. Le modèle a également permis de souligner l'importance de la connaissance des stocks sédimentaires en phosphore qui peuvent influencer les résultats précédents.

Dans leurs modèles plus récents qui confirment aussi l'influence du panache de la Loire dans le Mor Braz, Dussauze et Ménesguen (2008) sont plus précis. Le retour improbable à une situation « pristine » (situation originelle où l'influence de l'homme était nulle) correspondrait à des rejets théoriques de 1,5 mg/L pour le nitrate et 0,05 mg/L en phosphate pour toutes les rivières étudiées. Ils montrent que quelle que soit l'emprise (modèle global à l'échelle de la Bretagne ou modèles locaux), le retour à des rejets « pristines » pour le nitrate et le phosphate a un effet sensible de diminution des concentrations moyennes annuelles en chlorophylle, diatomées et dinoflagellés. L'effet sur les diatomées est moins marqué bien qu'il soit notable, notamment en Bretagne Sud, largement enrichie par la Loire et la Vilaine.

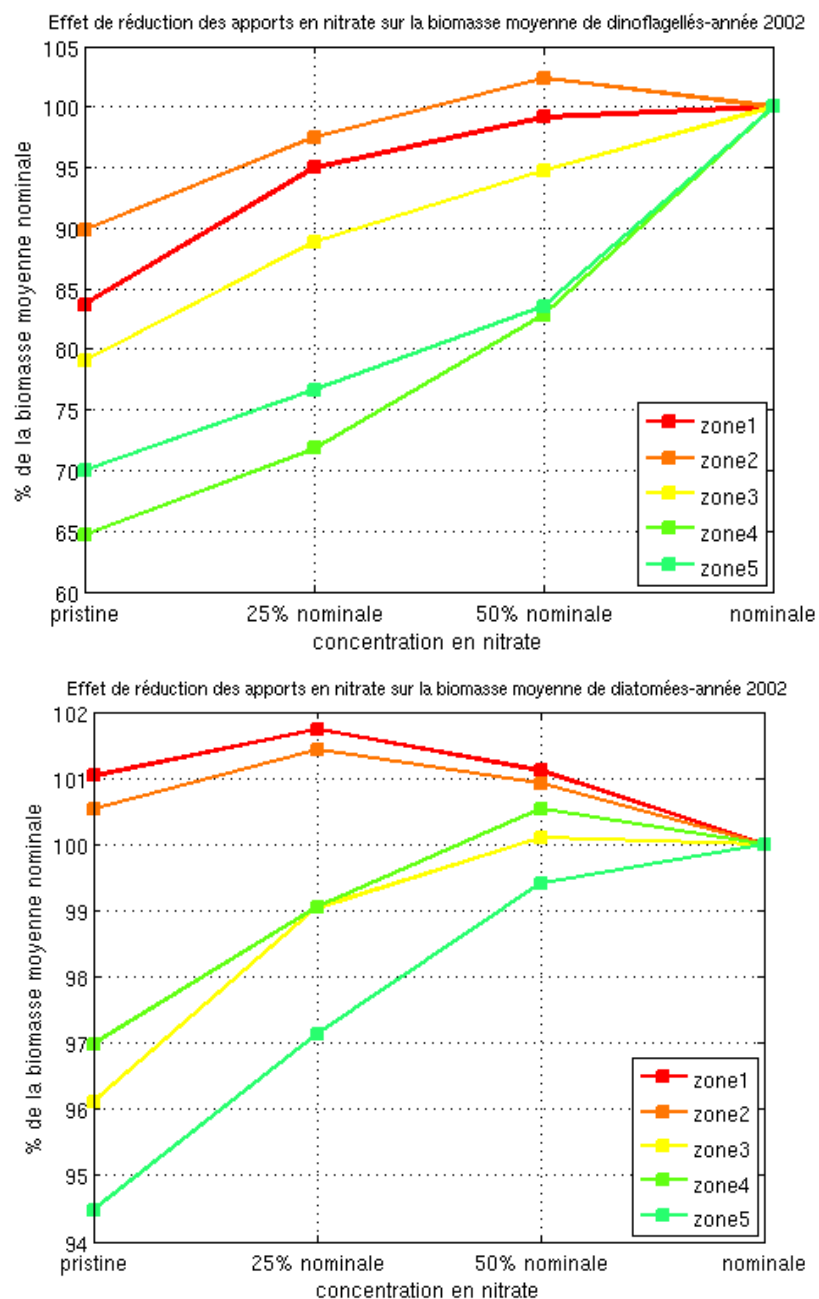
Compte tenu de l'influence du panache de la Loire sur toute la Bretagne sud, (cf paragraphe I.2.2.2), une diminution seule des apports de la Vilaine (en phosphates et nitrates) aura peu d'effet sur la biomasse en phytoplancton, notamment sur les populations de dinoflagellés. L'effet sera plus visible dans le cas d'une diminution des apports de la Loire (20-25% d'abattement du maximum de dinoflagellés au niveau de son estuaire pour un retour à des rejets en nitrate de l'ordre de 1,5 mg/L; 35% en Baie de Vilaine) (cf figures ci-dessous Figures 41 et 41bis). Par conséquent, une diminution des apports en nitrate et phosphate de la Vilaine seulement sera peu utile si elle n'est pas couplée à une diminution des apports de la Loire. Une diminution cumulée des apports en nitrate et phosphate de la Loire **ET** de la Vilaine serait nécessaire pour observer une diminution sensible en Baie de Vilaine.

Ce résultat est fondamental et montre bien à quel point le secteur Loire/Vilaine forme un tout.

Pour les dinoflagellés, l'effet d'abattement de nitrates est un peu plus sensible mais n'est visible qu'à partir d'une **diminution d'au moins 75% des apports d'une rivière.**



Figures 41 : Effet des réductions des apports de nitrate par la Vilaine sur la moyenne annuelle de la biomasse en dinoflagellés et diatomées ($\mu\text{g/L}$) relativement à la situation de référence et pour chaque zone du panache de dilution en situation médiane (dans Dussauze et Ménesguen 2008)



Figures 41_{bis}: Effet des réductions des apports de nitrate par la Loire sur la moyenne annuelle de la biomasse en dinoflagellés et diatomées ($\mu\text{g/L}$) relativement à la situation de référence et pour chaque zone du panache de dilution en situation médiane (dans Dussauze et Ménesguen 2008)

II.3.1.2 Les espèces microphytoplanctoniques toxiques et nuisibles

II.3.1.2.1 Bases sur les HABs

Parmi le phytoplancton marin, certaines espèces, notamment parmi les Dinoflagellés, sont capables d'engendrer des perturbations sur les écosystèmes, ou sur les animaux ou les humains qui consomment des coquillages et autres espèces aquatiques qui se sont nourris sur ces espèces de phytoplancton.

Ces phénomènes sont connus de longue date pour certains (Gailhard 2006). Ils sont aujourd'hui rassemblés sous l'appellation internationale «*Harmful Algal Bloom*» (HAB), qui remplace de plus en plus la terminologie très utilisée dans le passé de «*Red Tides*» (marées rouges). Les nuisances engendrées par ces événements ne sont pas nécessairement liées à une augmentation significative de la biomasse : de nombreuses espèces responsables de HABs sont «nuisibles» à faible concentration (quelques centaines de cellules par litre). Ainsi deux groupes d'organismes impliqués dans des phénomènes HAB peuvent être distingués : les organismes producteurs de toxines (phycotoxines) qui peuvent être nocifs même à faible concentration d'une part, et les organismes qui ne produisent pas de toxines, mais qui ont un effet néfaste sur l'environnement ou sur les organismes marins d'autre part.

Parmi les 4000 espèces microalgales planctoniques marines recensées à travers le monde, 60 à 78 espèces productrices de toxines ont été recensées (soit 1,8 à 1,9 % de la «microflore pélagique mondiale») (Gailhard 2006). Au cours des dernières années, l'observation accrue d'efflorescences «toxiques ou nuisibles», liée à l'extension des usages du domaine côtier, a vu l'augmentation de la liste des espèces suspectes.

Belin et Raffin (1998), Belin (2010) distinguent deux types de phycotoxines selon leur cible :

- a) certaines phycotoxines sont libérées dans l'eau et sont donc directement toxiques pour les espèces marines, végétales ou animales, les exotoxines
- b) d'autres phycotoxines s'accumulent dans les organismes qui se nourrissent de phytoplancton (coquillages, certains poissons...), les endotoxines.

Dans le deuxième cas, une classification est ensuite opérée en fonction des impacts sur la santé humaine. Le tableau Aide-Mémoire en Annexe 8 récapitule les points les plus importants sur ces phycotoxines d'après des informations sur le site d'Ifremer/envlit), Belin et Rafin (1998), le guide DSP d'Ifremer (2006), Belin (2009), Belin (2010).

II.3.1.2.2 Cas particulier du *Dinophysis* (et plus particulièrement dans le Mor Braz)

En raison des épisodes récurrents (depuis les années 1980) de *Dinophysis* spp. sur la Baie de Vilaine, et la Bretagne sud en général, bloquant la commercialisation des coquillages en fin de printemps et été (notamment les moules en Baie de Vilaine), le développement des Dinoflagellés *Dinophysis* spp a été particulièrement étudié dans le Mor Braz (synthèse par Gailhard 2006). Selon Belin (2003), la zone côtière de la Baie de Vilaine totaliserait 726 jours de fermeture de vente des moules entre 1984 et 2003. Il s'agit clairement d'une zone à risque avec une période à risque pour les DSP de mai à juillet, ce qui induit une stratégie de surveillance systématique pour le réseau REPHY (cf paragraphe III.1.2). Sur le trait du Croisic, le risque est moindre, les chiffres suivants sont donnés par Belin (2003) entre 1984 et 2003: 138 jours de fermeture due au DSP en juin, juillet, octobre. Sur l'estuaire de la Loire, il en est de même pour le risque DSP : 163 jours de fermeture en juin et juillet. Mais on a un risque d'ASP sur un gisement au large de coquille en janvier et novembre.

Un rappel est fait en Annexe 8 sur les éléments de biologie et compréhension du cycle de développement du *Dinophysis*. Les facteurs qui permettent son installation spécifique ou son développement dans un écosystème côtier sont encore mal maîtrisés, d'autant que l'abondance dans l'eau et la présence de toxine dans l'espèce sentinelle de coquillage (la moule) ne sont pas forcément corrélées. Les récents travaux du culture in vitro en présence d'un cilié dont le *Dinophysis* se nourrirait devraient permettre d'avancer (Gil Park *et al.* 2006).

La distribution de *Dinophysis* dans le Mor Braz a été étudiée par plusieurs campagnes successives entre 1985 et 1990 et semble très liée à la stratification qui se met en place en Baie de Vilaine. (Sauriau *et al.* 1984-94 ; Gailhard 2006).

Les concentrations maximales de *Dinophysis* ont été observées à des profondeurs de -3 à -5 m. L'influence du plateau rocheux compris entre l'île Dumet et la pointe de Piriac est mise en évidence: les zones d'accumulation de nombreux Dinoflagellés, dont *Dinophysis*, ont lieu au nord de ce plateau rocheux, où les concentrations en Dinoflagellés les plus importantes sont situées à proximité du fond. L'envasement des fonds dans cette zone peut constituer un milieu favorable à la déposition des pseudo-kystes de Dinoflagellés. D'autres campagnes ont montré une large distribution de *Dinophysis* spp. à plus de 100 km de la côte, avec un gradient décroissant de concentration vers le large. Une zone préférentielle d'accumulation apparaît au sud de l'estuaire de la Loire, au sud d'une ligne Noirmoutier/Belle Ile en relation avec une zone stratifiée à fort gradient thermique.

Dans l'établissement de son modèle *Dinophysis* sur le Mor Braz, Gailhard (2006) distingue 3 zones homogènes, chacune est caractérisée par différents descripteurs :

- la zone de Quiberon est associée à des apparitions plus tardives du genre *Dinophysis*,
- la baie de Vilaine est caractérisée par les concentrations les plus importantes, aussi bien en moyenne qu'en maximum (valeur moyenne de 1100 Cellules.L-1 environ, et valeur maximale de 24400 Cellules.L-1 pour toute la période d'observation). C'est la zone soumise aux dessalures les plus importantes (en provenance de la Vilaine), aux températures de surface les plus élevées et donc aux stratifications les plus importantes.
- la zone du Croisic est associée à des fluctuations importantes de concentrations durant la période de présence annuelle du genre. C'est la zone côtière qui présente le plus de similitudes avec le large, en températures de surface et en salinité. De même qu'en Vilaine, des stratifications halines peuvent être observées, traduisant l'influence du panache de la Loire.

II.3.1.2.3 Le phytoplancton toxique sur les organismes marins

Certaines espèces responsables de HABs peuvent avoir un impact direct sur les populations marines (poissons ou invertébrés) (Belin et Raffin 1998 ; Gailhard 2006 ; Belin 2010). Les mortalités de poissons ou d'invertébrés marins sont généralement consécutives à la production de toxines extracellulaires mais des lésions mécaniques peuvent également être engendrées comme le colmatage des branchies par la production de mucus (*e.g. Chaetoceros convolutus*), ou l'altération des branchies par les excroissances de certaines espèces phytoplanctoniques (épines, soies). La réduction de la teneur en oxygène associée à l'extinction d'un bloom peut également entraîner des mortalités importantes, ce que l'on qualifie de crise anoxique.

Parmi ces 60 espèces phytoplanctoniques dangereuses pour les organismes marins, certaines sont donc capables de libérer des toxines affectant directement les animaux marins : neurotoxines, hépatotoxines, hémolysines, cytotoxines ou ichthyotoxines. Des poissons peuvent être touchés, en particulier les poissons d'élevage, mais aussi les coquillages et d'autres organismes marins.

Le recensement des cas de mortalités d'animaux marins enregistrés en France depuis 1982-84 montre que l'un ou l'autre de ces trois modes d'action a été effectivement mis en cause lors de ces épisodes advenus dans le secteur Loire/Vilaine.

Des mortalités d'animaux marins associées à des proliférations phytoplanctoniques ont été observées en 1982 (mortalité massive en Baie de Vilaine, poissons, coquillages, crustacés, liée à crise anoxique), en 1984 (rade et traict du Croisic, mortalité de naissain de coque due à *Gymnodinium splendens* Oxyrrhis marina Cryptophycées), en 1991 (même zone, mortalité des jeunes soles, cette fois attribuée à crise anoxique due à la prolifération de *Gymnodinium chlorophorum*), 1992 (Baie de Vilaine, prolifération de *Gymnodinium*, mortalité naissain et palourdes), et 1995 (mortalité sur le secteur et tout le littoral breton).

Selon Belin (2006), les seuils de présence critiques pour ce type de phytoplancton sont de l'ordre de 1 million de cellule/l.

Belin et Raffin (1998) précisent les mortalités de 1995, avec des eaux colorées d'un brun rouge très prononcé, liées à *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* et *Gyrodinium* cf. *aureolum* :

- en Baie de Vilaine (juillet) : mortalités d'arénicoles, coques, palourdes, congres, soles, mulets, anguilles et bars, congres, moules sur parcs et bassins, mortalités de congres, mulets, autres poisson plats,
- Estuaire de la Loire (début juillet) : nombreuse mortalités d'éperlans, arénicoles, plies, anguilles, soles.

II.3.1.2.4 Les eaux vertes/eaux colorées

En 1988, des proliférations très importantes formant des eaux colorées d'un vert très intense ont été observées sur une grande partie du littoral atlantique (Belin et Raffin 1998 ; Salvaing 2009, bulletins côtiers des LER TM et NT ; Sauriau *et al.* 1984-94 ; Belin 2010). L'espèce de dinoflagellé en cause fut identifiée comme une espèce du genre *Gymnodinium*, différente de toutes les espèces décrites jusqu'alors, et baptisé *Gymnodinium* "sp 1982 », puis *Gymnodinium chlorophorum*. Depuis 2007, ce petit dinoflagellé est appelé *Lepidodinium chlorophorum*.

Sur le littoral français, des eaux vertes ont été fréquemment observées, plus particulièrement sur le secteur Loire/Vilaine, sur une base très régulière (1982, 1983, 1985 à 1989, 1991, 1998, 1999, 2001, 2006, 2007).

En 1988, 1991, 2006, des mortalités ont été enregistrées durant les blooms mais les effets nocifs sur la faune marine semblent liés à une crise anoxique. Loyer (2001) reporte un bloom de *L. chlorophorum* en Baie de Vilaine où plus 16 millions de cellules/l ont été dénombrées.

De fait, Belin (2010) donne des exemples des conséquences nuisibles de cette espèce de phytoplancton sur le secteur Loire/Vilaine :

- 1991 : Baie de Vilaine, 5 millions de cellules/l, avec mortalité de poissons
- 1999 : Le Croisic, 17 millions de cellules/l, problème sur coquillages et poissons
- 2001 : Vilaine et Rhuis, eaux colorées vert intense, dépôt muqueux gênant pour la faune.

Le bulletin côtier LER/MPL/NT (2008) nous donne une description très précise de l'épisode 2007 qui fait apparaître une succession de blooms très importants au Croisic quasi-monospécifiques des diatomées *Skeletonema costatum* puis *Leptocylindrus* en avril-mai (respectivement 3 et 1 millions de cellules/94% et 83% de la flore totale). En juillet apparaissent les eaux vertes, dues à l'espèce *Lepidodinium chlorophorum* 1 qui est dénombrée à 3 300 000 cellules/L le 2 juillet puis à 7 500 000 le 9 juillet. La teneur en chlorophylle *a* le 9 juillet 2007 atteint le chiffre record de 65 µg/L. Enfin, le dernier pic de phytoplancton à mi septembre est dû de nouveau à l'espèce *Leptocylindrus*.

Dans son étude pour le comité des pêches, Salvaing (2009) revient sur l'occurrence des « eaux colorées » en Bretagne sud, en signalant qu'entre 1996 et 2008, 31 colorations anormales de l'eau ont été signalées dans la zone d'étude, particulièrement en baie de Vilaine, mais aussi en baie de la Baule, Pornichet et dans le reste du Mor Braz. Pour les pêcheurs, ces eaux brunes, colorées entraîneraient des phénomènes de fuite de la ressource halieutique du secteur affecté.

Parmi les gros évènements d'eaux colorées enregistrés dans la zone correspondant à la surveillance du laboratoire de la Trinité sur Mer, Salvaing (2009) répertorie :

- printemps 2006 : une eau colorée marron est observée sur l'ensemble de la Vilaine. L'espèce responsable est *Heterocapsa triquetra* (de 8 à 10 millions de cellules par litre d'eau de mer),
- été 2006, une eau colorée brune est observée à l'intérieur de l'estuaire de la Vilaine, l'espèce responsable est *Kryptoperedinium foliacum* (7 millions de cellules par litre d'eau de mer). Le 18 septembre 2006, une eau colorée verte à *Gymnodinium chlorophorum* est observée depuis la Vilaine jusqu'à Groix (jusqu'à 10 millions de cellules/L), avec des mortalités de fausses palourdes et de coques.

Il opère une différenciation entre les « eaux brunes » et « eaux vertes ». Il compare la durée des évènements et trouve que les « eaux vertes » durent en moyenne deux fois plus longtemps (3 semaines) que les « eaux brunes » qui semblent être des évènements plus brefs et plus ponctuels. Les eaux colorées pour Salvaing (2009) sont donc plutôt des eaux colorées du rouge au marron et liées à des inflorescences des espèces suivantes recensées par le réseau REPHY :

- *Leptocylindrus* (diatomée)
- *Chaetoceros armatum* (diatomée)
- *Karenia mikimotoi* (dinoflagellé)
- *Noctiluca scintillans* (dinoflagellé)
- *Scrippsiella hangoei* (dinoflagellé)
- *Prorocentrum micans* (dinoflagellé)
- *Heterocapsa Triquetra* (dinoflagellé)
- *Mesodinium rubrum* (cilié)

Les eaux brunes liées à *S. costatum*, à *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* et *Gyrodinium* cf. *aureolum* ne sont pas listées par Salvaing (2009). Pourtant, elles pourraient l'être car il est fort possible d'avoir des comportements de fuite du poisson avant de connaître des crises anoxiques ou des mortalités par libération des toxines (du moins pour les 2 dernières citées).

Salvaing (2009) reprend tous les facteurs environnementaux déjà cités dans les paragraphes précédents pour expliquer l'apparition de ces eaux colorées. Mais ces phénomènes sont encore mal connus, d'où l'importance du suivi particulier qui est mis en place à la suite de premier travail sur des points plus au large que le réseau REPHY et avec des prélèvements effectués par des pêcheurs.

Belin en 2010 fait un distinguo entre les espèces de phytoplancton capable de provoquer des eaux colorées et celles qui sont toxiques. Près de 250 espèces seraient en fait capables de provoquer des eaux colorées. Mais parmi celles-ci, seulement approximativement 70 seraient parmi les HABs. Les autres provoquent des eaux colorées, comme par exemple *Mesodinium rubrum* appelée maintenant *Myrionecta rubra*, pour lesquelles aucun signe de toxicité n'a été retenu.

Belin (2010) propose une nouvelle classification sur la base suivante:

- eaux colorées non nuisibles (exemple : eaux à *Noctiluca scintillans*),
- eaux colorées accompagnées d'anoxie ou de nuisances (consommation d'oxygène la nuit, exemple *Gymnodinium-Lepidodinium chlorophorum*),
- eaux colorées toxiques pour l'écosystème (mortalités d'animaux marins, toxines extracellulaires, exemple *Karenia mikimotoi*),
- eaux colorées toxiques pour l'homme (accumulation d'endotoxines par les coquillages, les poissons ou les crustacés),
- absence d'eaux colorées, mais toxicité rémanente dans les coquillages (micro-algues à taux de division bas).

Le SAGE Estuaire Loire (2005) signale aussi lors de la campagne de surveillance 2002, des proliférations d'algues qui ont été recensées sur différentes plages du littoral. Ces proliférations se sont accompagnées de nombreuses demandes d'informations des usagers concernant la qualité des eaux sur ces sites. Elles étaient dues à des algues rouges non toxiques (*M. rubra*) et des algues filamenteuses sur les plages de La Baule Escoublac – Pornichet – St Nazaire.

De toute évidence, que ce soit par son abondance, sa diversité, la prolifération d'espèces nuisibles à l'environnement, ou celles gênant la consommation des coquillages, le phytoplancton est un élément essentiel et critique de qualification du bon ou mauvais état de santé du secteur Loire/Vilaine.

II.3.2 Les populations zooplanctoniques pélagiques

Les données disponibles sur le zooplancton pélagique sur le secteur Loire/Vilaine sont très limitées. Pourtant, le zooplancton caractérisé par le meroplancton (zooplancton temporaire constitué par les larves d'autres organismes, tels que les mollusques, crustacés, échinodermes) et l'holoplancton (zooplancton permanent (constitué par des espèces planctoniques durant tout leur cycle de vie) est un maillon essentiel des chaînes trophiques des écosystèmes aquatiques (www.plancton-du-monde.org). Le zooplancton permanent se reproduit par accouplement, se multiplie, et à chaque taille de sa croissance est une proie facile pour les espèces supérieures. Dans le cas du zooplancton temporaire; pour de nombreux animaux qui se déplacent comme les vers, les mollusques, les oursins, la longue errance à l'état larvaire est un excellent moyen de conquérir de nouveaux territoires.

Le plancton animal regroupe des organismes uni- ou pluricellulaires.

Les animaux unicellulaires appartiennent au vaste ensemble des protozoaires. Ce sont principalement des zooflagellés incolores ont la taille varie entre un et quelques dizaines de microns. Les protozoaires ciliés, plus grands (30 à 500 microns), sont équipés de cils vibratiles. Beaucoup se nourrissent de matière organique en suspension, de bactéries ou de microalgues.

Les animaux pluricellulaires sont principalement représentés par les crustacés, tant en nombre d'espèce qu'en terme de biomasse. Il n'est pas rare qu'ils représentent 70 à 90% de la masse totale.

Parmi ceux-ci, les crustacés copépodes constituent souvent l'élément dominant du zooplancton, et jouent de ce fait un rôle fondamental dans le cycle biologique des mers. Dans les couches superficielles vivent des centaines d'espèces dont la plupart ne dépassent pas 3 à 4 mm. Les copépodes rassemblent 9 ordres totalisant plus de 200 familles et plus de 14 000 espèces. Deux des 9 ordres sont constituées d'espèces parasites ou commensales. Selon les espèces, les saisons, les milieux ou encore l'âge des individus, l'alimentation des copépodes est très variable. Ils peuvent être herbivores, carnivores ou omnivores. Les copépodes herbivores se nourrissent principalement de plancton végétal (diatomées, mais aussi dinoflagellés, chrysophycées, ou cryptophycées) qu'ils filtrent. Les copépodes carnivores, à contrario, capturent leurs proies (larves, autres espèces de zooplancton). Les copépodes sont consommés par les méduses, les crevettes et les poissons, de la sardine au requin pèlerin.

Il se produit chaque année 40 milliards de tonnes de chair de Copépodes, très loin devant les 260 millions de tonnes de notre production mondiale de viande d'élevage. Les mysidacés ressemblent à de minuscules crevettes (5 à 30 mm) et à divers décapodes nageurs, désignés collectivement sous le nom de crevettes et qui sont très sensibles aux baisses d'oxygène (mortalité à partir de 4 mg/l rapporté dans Truhaus 2006).

Baudrier (2002) reprend une étude sur le Golfe de Gascogne par Beaudouin en 1975 sur la répartition saisonnière des copépodes dans le nord du Golfe de Gascogne. Selon ses observations, la population dominante de copépodes sur le secteur Loire/Vilaine, serait associée à deux espèces : *Temora longicornis* et *Acartia clausi*. Trois autres espèces plus océaniques, mais capables de migrer vers la côte sont aussi signalées : *Rhincalanus nasutus*, *Candacia armata* et *Oncaea* sp.

Truhaus (2006) signale que les Mysidacées et les Copépodes forment 80 à 90 % du zooplancton de la Loire. Les Copépodes sont concentrés dans le bouchon vaseux.

Jocelyne Martin (Ifremer Nantes) confirme dans une communication personnelle que très peu de travaux ont été conduits sur les copépodes, le zooplancton pélagique sur le secteur Loire Vilaine, par manque de moyens et aussi, ce qu'il faut souligner, par manque de connaissances taxonomiques, car de moins en moins de chercheurs s'intéressent à ce domaine.

Pourtant, un suivi des populations zooplanctoniques pourrait être très important compte tenu de leur place dans les chaînes trophiques, les liens étroits soulignés récemment avec les populations phytoplanctoniques (exemple dans le paragraphe précédent sur *Dinophysis* capable de se nourrir d'un cilié zooplanctonique *Myrionecta rubra*, Gil Park *et al.* 2006).

Les espèces zooplanctoniques peuvent aussi être des indicateurs précieux, tant en suivi de la qualité des eaux que comme indicateurs de changement profond tel que le réchauffement climatique.

Forget *et al.* (2003) dans des travaux en écotoxicologie, utilise un modèle copépode échantillonné en Vilaine pour tester l'effet de certains pesticides sur l'activité de l'enzyme Acétylcholine estérase (AChE). Ses sites sont les suivants : le témoin est près du Croisic, les autres sites (contaminés) sont sur l'estuaire de la Vilaine et la baie de Vilaine.

Dans un rapport Européen sur l'effet des changements climatiques en mer, les auteurs prennent comme exemple le suivi des populations de copépodes. La migration d'espèces réputées pour être en eau chaude est observée vers l'Angleterre, l'Atlantique Nord Est, concomitante avec une migration vers le Nord des espèces d'eaux froides (Hoepffner *et al.* 2006, cf figures ci-dessous), voire une disparition pour certaines, ce qui ne sera pas sans conséquence sur les prédateurs de ces espèces.

Dans le réseau SOMLIT, la station biologique de Roscoff a mis en place un suivi du phytoplancton et zooplancton, en lien avec un suivi des différents paramètres hydrologiques. Les points de surveillance sont dans le Finistère (<http://www.sb-roscoff.fr/Somlit>).

Appartiennent aussi au zooplancton, les méduses et les siphonophores armés de cellules urticantes contenant des poisons parfois violents et pouvant occasionner des brûlures vives, voire des accès de fièvre et qui font des apparitions de plus en plus fréquentes sur certaines parties du littoral français. Elles sont souvent signalées sur le secteur Loire/Vilaine, mais aucune donnée n'est disponible.

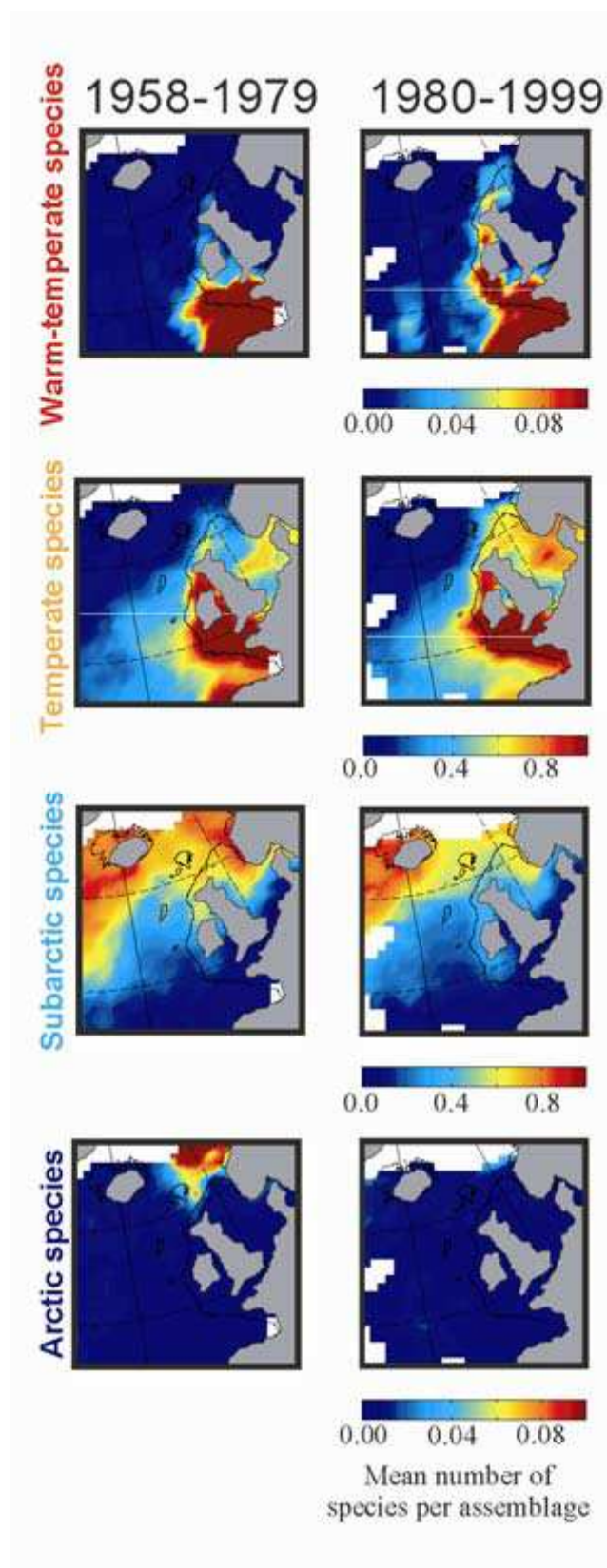


Figure 42 : Changements à long terme de la distribution spatiale des copépodes (calanidés) autour de l'Angleterre et sur l'Atlantique Nord Est

Note : La migration vers le Nord d'espèces d'eaux chaudes est associée avec une diminution des populations d'eaux froides. (Tiré de Nicolas Hoepffner et al. 2006)

II.3.3 Benthos

On s'appuiera dans ce chapitre sur des données anciennes et des données récentes acquises dans les cadres des réseaux REBENT (Bretagne) et DCE (cf Chapitre III).

II.3.3.1 Généralités-Définitions

II.3.3.1.1 Définitions

Des rappels fondamentaux sont donnés en Annexe 9 sur le benthos.

D'après la définition donnée sur le site REBENT (www.rebent.org), le benthos regroupe « l'ensemble des organismes vivant en relation étroite avec les fonds subaquatiques. On distingue le benthos végétal ou phytobenthos (algues et phanérogames), du benthos animal ou zoobenthos (vers, mollusques, crustacés, poissons, etc.). Par ailleurs, la faune située en surface (ou épifaune) qui peut être fixée ou libre se différencie de celle qui vit à l'intérieur du sédiment (endofaune). »

Le REBENT, réseau de surveillance du benthos en Bretagne (cf Part.III 3.5) s'intéresse uniquement au macrobenthos marin (organismes dont la taille est supérieure à 1 mm) dans la zone de balancement des marées (zone intertidale ou estran) et les petits fonds côtiers de France métropolitaine. Sur cette zone, les organismes benthiques se répartissent verticalement en fonction de leur capacité à résister aux fluctuations du milieu : durée d'émersion, intensité et durée de l'éclairement... déterminées par le rythme des marées. Les étages définis permettent ainsi de classer le benthos selon les étages suivants:

- Etage supralittoral
L'étage supralittoral, zone de transition entre le domaine marin et terrestre est situé au-dessus du niveau des hautes mers de vives-eaux moyennes (marées de coefficient compris entre 90 et 105).
- Etage médiolittoral
L'étage médiolittoral est localisé entre le niveau des hautes mers de vives-eaux moyennes et le niveau des basses mers de mortes-eaux moyennes (marées de coefficient entre 35 et 50) . Il correspond à la majeure partie de la zone intertidale. Une augmentation du nombre d'espèces est généralement observée du haut vers le bas de l'étage où les conditions sont beaucoup moins exigeantes du fait de la faible durée d'émersion.
- Etage infralittoral (subtidal)
L'étage infralittoral correspond à la zone immergée dont la frange supérieure peut cependant être exposée à l'air aux grandes marées de vives-eaux (coefficients compris entre 110 et 115). Le facteur structurant déterminant dans cet étage est la lumière. La température y joue également un rôle important (fluctuation journalière potentielle de quelques degrés, fluctuation saisonnière est supérieure à 10°C).
- Etage circalittoral
L'étage circalittoral est toujours immergé. C'est un milieu à faible variabilité environnementale (essentiellement des variations de températures saisonnières inférieures à 10°C).

L'étage subtidal (mot dérivé de l'anglais) correspond à l'infralittoral (supérieur et inférieur) plus le circalittoral (côtier et du large).

II.3.3.1.2 Les biocénoses benthiques remarquables

Les conditions d'environnement, conjuguées aux relations de dépendance entre les organismes benthiques (nourriture, abris, ...), déterminent des associations caractéristiques : les biocénoses dont certaines sont remarquables comme :

➤ Les herbiers à zostères

Zostera marina et *Zostera noltii*, les seules phanérogames marines rencontrées sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique, présentent un intérêt écologique et patrimonial reconnu au niveau international. On les retrouve plutôt sur les substrats meubles.

➤ Les forêts de laminaires

La zone infralittorale rocheuse exposée des côtes occidentales européennes est dominée par la présence de grandes algues brunes dont la taille dépasse souvent deux mètres. C'est la biocénose des laminaires qui atteint une vingtaine, voire une trentaine, de mètres en profondeur, selon la clarté de l'eau. Six espèces de laminaires, toutes représentées en Bretagne, constituent ces formations ; leur importance varie en fonction de leurs exigences vis à vis des conditions de milieu et notamment vis-à-vis de la pénétration de la lumière (Barillé et Derrien-Courtél 2010).

Les forêts de laminaires sont des milieux très riches, hébergeant une flore et une faune variées, représentées par des espèces fixées ou mobiles. A l'image des forêts terrestres, elles présentent une stratification constituée par des organismes végétaux et animaux, de port et de taille différents. Elles abritent de manière permanente ou passagère des espèces animales d'intérêt commercial.

Dans le cadre de notre travail, l'état de santé des champs de laminaires dans le secteur Loire/Vilaine constitue une question majeure. Barillé et Derrien-Courtél (2010), dans une revue bibliographique précisent les services écosystémiques attribués aux champs de laminaires. Les laminaires sont au cœur d'un réseau trophique complet. Les forêts de laminaires constituent aussi une zone privilégiée de frayères et de nurserie pour de nombreuses espèces. Elles doivent aussi contribuer à séquestrer le gaz carbonique. Mais cette fonction n'a pas encore beaucoup été étudiée.

Très abondantes sur les côtes bretonnes, surtout en Mer d'Iroise et exploitées dans le Finistère depuis le 17^{ème} (en alimentation animale et humaine, fertilisation, cosmétique...), la dynamique de populations de laminaires est encore méconnue. Un grand programme international de recherche est actuellement en cours (« Ecokelp »), mené par la station biologique de Roscoff pour les recenser et chercher à estimer leur « valeur économique et sociale », afin de déterminer les conditions d'une exploitation durable.

Les menaces qui pourraient peser sur les champs de laminaires sont liées à des activités humaines mais aussi à des évolutions du milieu. Derrien-Courtél *et al.* (2009) et Barillé et Derrien-Courtél (2010) en soulignent les principales :

- Une surexploitation éventuelle en Mer d'Iroise,
- La pêche professionnelle par dragage, peut avoir un impact important sur la biodiversité de la sous strate faune/flore, suite à l'arrachage des blocs. Ce n'est pas une menace sur le littoral Loire/Vilaine car les champs de laminaires, limités par la turbidité se développent sur des reliefs trop accidentés pour permettre la pratique de ce type de pêche.
- La surpêche des prédateurs (comme le bar) pourrait provoquer une augmentation des organismes brouteurs et entraîner le développement d'algues opportunistes au détriment des laminaires et de leurs épiphytes.

- Une augmentation excessive des nutriments peut altérer l'écosystème en éliminant les espèces les plus sensibles à l'eutrophisation. L'excédent de turbidité résultant de la prolifération phytoplanctonique peut bloquer la pénétration de la lumière, gêner, voire bloquer la croissance des laminaires. Outre l'atténuation de la lumière, les pêcheurs et la communauté scientifique s'interrogent sur la toxicité directe ou indirecte de ces blooms sur d'autres organismes (peuplements halieutiques, faune benthique). La dégradation de cette importante biomasse microalgale pourrait entraîner une baisse de l'oxygénation du milieu, notamment en profondeur et ainsi déséquilibrer l'écosystème basé sur les champs de laminaires.
- Les espèces invasives comme l'éponge *Celtodoryx girardae* pourrait présenter une menace en termes de compétition spatiale avec les jeunes laminaires.
- La forte turbidité de l'eau qu'elle soit d'origine anthropique ou naturelle, la forte turbidité de notre zone d'étude apparaît comme un facteur déterminant pour son impact sur la pénétration de la lumière. D'origine anthropique, elle peut être le résultat du dragage du chenal de navigation en estuaire externe de la Loire, du clapage de sédiment sur le site de la Lambarde, du dévasage en Vilaine ou de l'extraction de granulats marins. Ces actions sont récurrentes et les volumes importants. Plus ponctuellement, il peut y avoir des aménagements littoraux qui pourront engendrer très localement des panaches de turbidité et des zones de fortes sédimentations de matériel fin. L'envasement des sites rocheux peut aussi être une conséquence de ces activités humaines, les rendant alors impropres à la fixation des jeunes pousses et favorisant l'implantation d'espèces opportunistes comme la moule.
- L'augmentation globale de la température (augmentation de plus d'1°C des eaux du littoral des Pays de la Loire depuis 50 ans, données IFREMER), peut avoir pour conséquence la disparition sur nos côtes des espèces les plus froides (comme *Laminaria hyperborea* ou *Laminaria digitata*). A contrario, ce réchauffement peut favoriser la remontée vers le nord des espèces d'affinité méridionales comme *Laminaria ochroleuca*. Exacerbé dans des milieux peu profonds en période estivale, ce réchauffement favorise le développement d'espèces introduites telles qu'*Undaria pinnatifida* comme cela a été observé sur le littoral morbihannais (Derrien-Courtel, 2009).
- Interaction température et turbidité. Dans les zones de fortes turbidités et lors des périodes de canicules où la température de surface dépasse 25-26°C, la linaire *Saccorhiza polyschides* pourrait être remplacée par des espèces mieux adaptées aux milieux anthropisés comme *Halidris siliqosa*, *Sargassum muticum*, *Desmarestia ligulata* ou *Solieria chordalis*. Un tel phénomène a été observé en Californie avec une diminution des densités de *Macrocystis pyrifera* (espèce également annuelle et à caractère opportuniste, comme *Saccorhiza polyschides*) s'accompagnant d'un important recrutement de *Desmarestia ligulata*.
- Polluants divers: outre l'excédent de nutriments qui peut constituer une menace pour les laminaires, il est possible que certains composés chimiques, pesticides rémanents dans le milieu, puissent impacter les forêts de laminaires. Ce point fait l'objet de recherche, ainsi que l'isolation d'éventuels agents pathogènes.

Cette sensibilité à divers impacts rend particulièrement intéressant le suivi des populations de laminaires, qui sont maintenant considérées comme un bioindicateur précieux de la qualité des eaux côtières et a conduit à la construction du programme SLMLV dont ce rapport constitue une étape.

➤ Les bancs de maërl

Développés sur certains fonds sédimentaires de l'étage infralittoral, les bancs de maërl du littoral Manche-Atlantique sont constitués d'algues rouges calcaires de la famille des corallinacées, non fixées. Ils constituent, avec les herbiers de zostères, l'une des biocénoses les plus originales et les plus diversifiées de l'Atlantique Nord qu'il importe de préserver. Car ils sont menacés à divers endroits.

➤ Bancs d'hermelles

Les récifs d'hermelles, formés par l'agrégation de tubes de l'annélide polychète *Sabellaria alveolata*, se rencontrent très localement dans les niveaux moyens et inférieurs de la zone de balancement des marées. Ils constituent aussi des biocénoses exceptionnelles, menacées sur une partie du littoral atlantique.

➤ Les fucales intertidales

Les Fucales (correspondant au goémon) caractérisent de grands espaces découvrants dont la fréquentation est recherchée par un large public amateur de pêche à pied. Elles constituent en effet selon les endroits sur la côte bretonne une couverture végétale très dense sur l'estran, installée sur des substrats rocheux, permettant à de multiples autres organismes de s'y abriter et se développer (Dion *et al.* 2009).

II.3.3.1.3 L'évaluation de la biodiversité et de l'état de populations benthiques

L'évaluation de la biodiversité et de l'état de santé des peuplements benthiques a fait l'objet de nombreux travaux dans le cadre de la mise en œuvre du REBENT en Bretagne et puis de l'application de la DCE en Europe (arrêté du 25/01/10, Hily 2006 et références spécifiques, cf Annexe 9). Des protocoles sont maintenant définis de manière rigoureuse pour appréhender la biodiversité de benthos sur tous les étages du littoral et les divers types de substrats, soit :

- le benthos (invertébrés) sur les sédiments meubles subtidiaux ou intertidaux,
- le benthos (invertébrés et macrophytes) sur des substrats durs intertidaux ou intertidaux.

II.3.3.2 Etat des connaissances sur le benthos du secteur Loire/Vilaine

II.3.3.2.1 Aperçu général

Guillaumont *et al.* (2006a) reprend les données historiques, notamment celles de Chassé et Glémarec (1976) (carte Chassé et Glémarec 1976 en Annexe 9).

Elle donne un aperçu de l'ensemble du secteur selon la carte ci-dessous focalisée sur le secteur Loire/Vilaine, et qui constitue une actualisation des données répertoriées dans l'atlas Chassé et Glémarec (1976) (Guillaumont *et al.* 2006a).

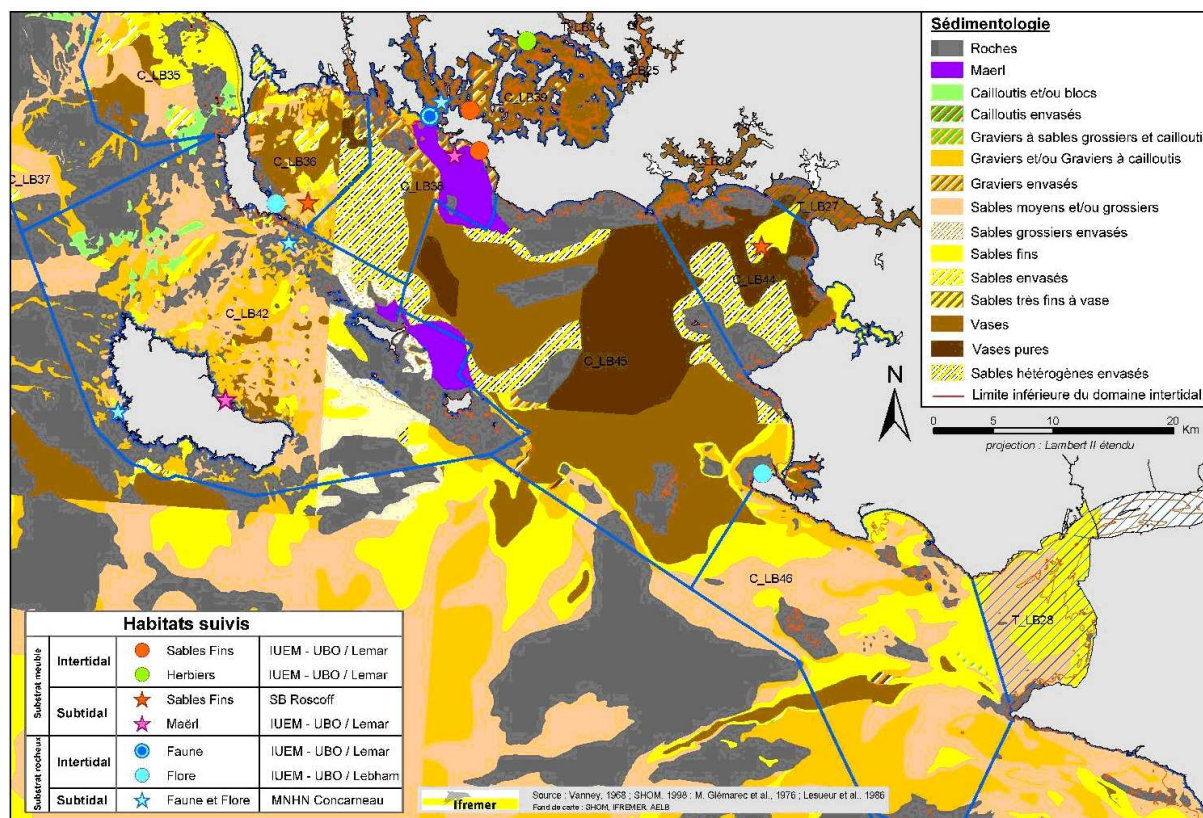


Figure 43 : Cartographie sédimentaire du secteur Loire/Vilaine
(Guillaumont et al. 2006b)

Quel que soit le support graphique, l'ensemble du secteur Loire/Vilaine montre une grande diversité de ces fonds, avec la présence de quasiment tous les types de substrat et d'habitat que l'on peut recenser sur la façade atlantique. Néanmoins, si on exclut du secteur étudié le Golfe du Morbihan et la Baie de Bourgneuf, certaines biocénoses remarquables comme les herbiers à zostères, les bancs d'hermelles, les bancs de maërl seront absents ou très peu présents dans le secteur.

Guillaumont *et al.* (2006b) dans le cadre de la mise en place de la DCE fait un point et souligne que le réseau REBENT sur la Bretagne depuis 2003 apporte une bonne base de connaissance de la baie du Mont-Saint-Michel au traict du Croisic. Entre Le Croisic et le Pertuis Breton, plusieurs études universitaires ou dossiers liés à des études d'impact ont été réalisés; il s'agit le plus souvent de travaux dont la durée dans le temps est limitée, mais qui apportent néanmoins une contribution intéressante à la connaissance des peuplements benthiques.

II.3.3.2.2 Zone intertidale (supralittoral + médiolittoral)

a) Description générale

La zone intertidale en Baie de Vilaine est étendue dans les échancrures de la côte avec des estrans sédimentaires. Les fonds, compris entre 0 et -10 m sont composés de vases et de sédiments hétérogènes envasés, on note aussi la présence de sable fin au centre et quelques platiers rocheux (Guillaumont *et al.* 2006b). Plus au sud, la zone intertidale est généralement étroite mais peut être importante localement (traicts du Croisic) avec des schorres.

Cette zone est colonisée par des macroalgues, dont certaines opportunistes (quelques sites de dépôts d'ulves).

Vers l'estuaire de la Loire, la zone intertidale est le plus souvent étroite, la profondeur est généralement inférieure à - 20m. Des bandes de sable fin alternent avec du sable moyen à grossier et des graviers ; quelques platiers rocheux. Au nord du secteur Loire Large, les champs d'algues intertidales sont présents (Guillaumont *et al.* 2006b).

Bonnot, Courtois *et al.* (2006) expliquent dans leur exposé (conférence à propos du REBENT) que sur la côte Atlantique, le secteur du Croisic a été choisi comme zone test pour la cartographie des habitats en zone intertidale, en raison de la diversité de ses milieux comprenant : à l'Ouest des substrats rocheux, une plage externe et une flèche sableuse surmontée d'un massif dunaire; à l'Est, en arrière de la flèche, une lagune côtière composée d'un large estran sablo-vaseux colonisé dans sa partie supérieure par la végétation halophile des schorres.

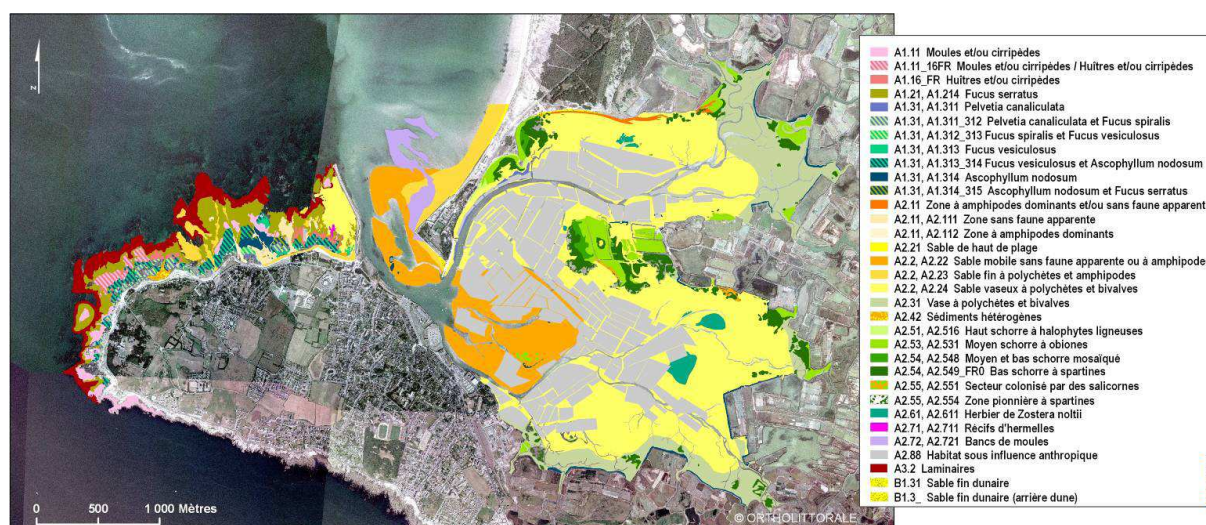


Figure 44 : Cartographie des habitats sur le Croisic (typologie EUNIS, version 2004, dans Bonnot *et al.* 2006)

b) Couverture algale intertidale

Dans le cadre du réseau REBENT, des comparaisons de photographies (images SPOT) ont été faites sur tout le pourtour breton entre 1986 et 2007 pour observer le taux de couverture des macrophytes les fucales sur les substrats rocheux intertidaux (Perrot *et al.* 2006a, 2006b ; Dion *et al.* 2009 ; Rossi *et al.* 2009). Ces auteurs soulignent la régression du taux de couverture des fucales, particulièrement en Bretagne Sud, en zones semi-abritées et abritées.

On enregistrait ainsi 40% de régression de la couverture de Fucales entre 1986 et 2004 dans le secteur Quiberon-Croisic alors que d'autres sont restés stables (secteur des abers). Certains endroits du secteur plus au sud (vers Pénestin, Piriac) montraient une disparition quasi-complète des fucales (Figures 45 et 46).

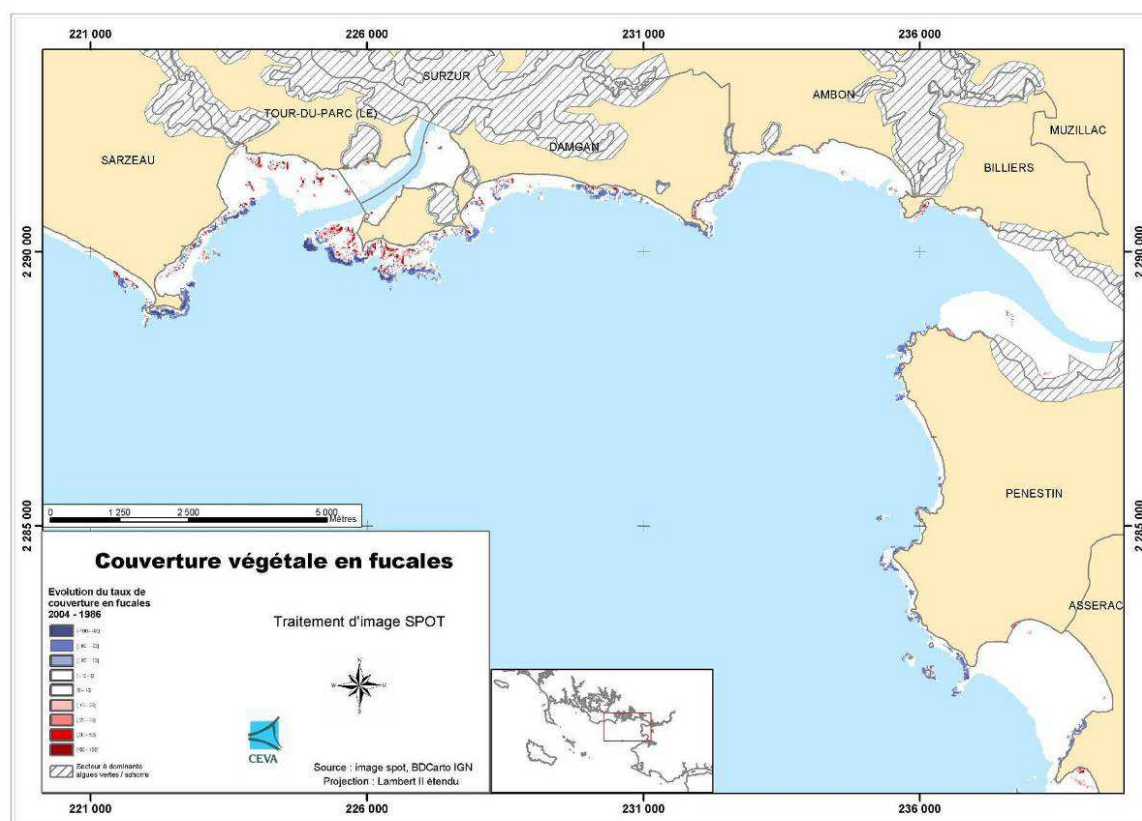


Figure 45 : Différentiel d'évolution de la couverture en fuciales sur le secteur allant de Sarzeau à Pénestin entre 1986 et 2004 (Rossi et al. 2009)



Figure 46 : Pointe rocheuse sur Pénestin totalement dépourvue de fuciales et recouverte d'huître creuse sauvage (Photo : Ifremer/L. Miossec)

Localement, sur certains points, la régression des fucales n'est pas apparente. Ar Gall *et al.* (2008) apporte des résultats du suivi stationnel REBENT sur le site spécifique de Saint Goustan au Croisic.

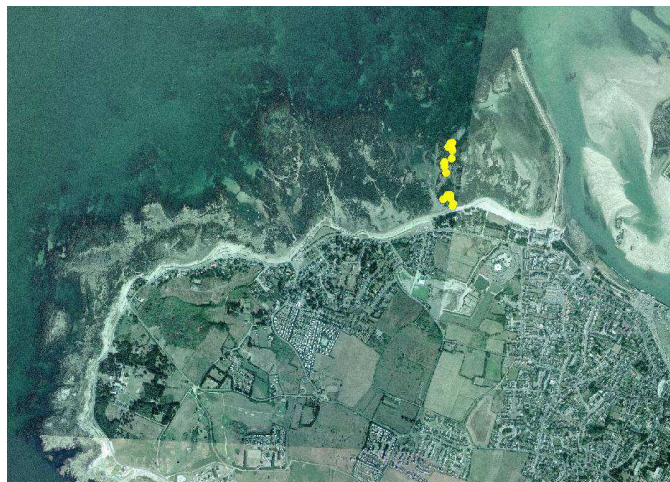


Figure 47 : Localisation du site de Saint Goustan (Le Croisic)
(Ar Gall *et al.* 2008)

Sur ce site, caractérisé par un platier, la ceinture à *Ascophyllum nodosum* est plus discontinue du fait de la présence d'un banc d'huîtres japonaises au même niveau. Lorsque les algues sont présentes, le recouvrement est alors important et atteint souvent 75 à 100%.

Barillé *et al.* (2007) effectue un état des lieux sur les masses d'eaux Loire, GC46, GC47 et GC48, notamment sur les couvertures en macroalgues intertidales et subtidales. Ils complètent les observations précédentes en regardant la couverture fucale entre le Croisic et la Pointe St Gildas.

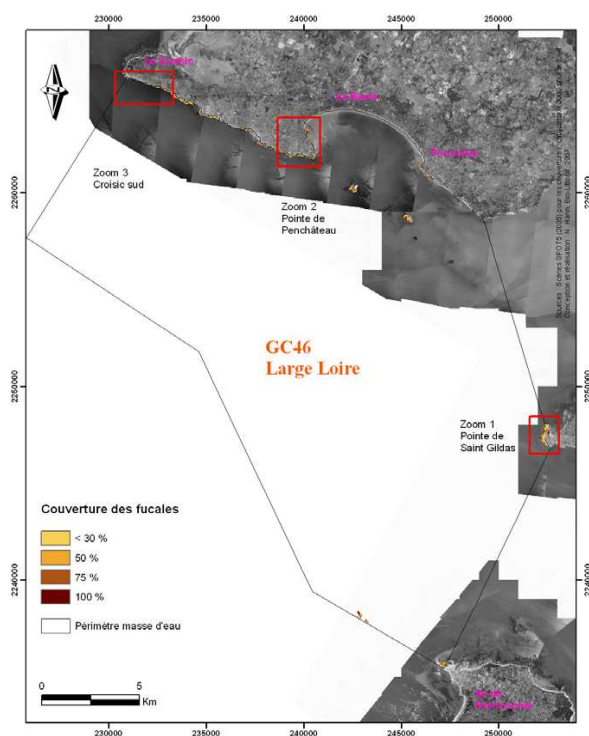


Figure 48 : Localisation des zones rocheuses colonisées
par les fucales dans la masse d'eau GC 46 (Barillé *et al.* 2007)

Sur le secteur défini, Barillé *et al.* (2007) estime la superficie de l'estran à 467 ha. Les macroalgues sont présents sur 105,5 ha, dont 50,4 ha à couverture réduite (couverture <30%), et 15 ha à couverture complète (100%). Les auteurs présentent ensuite des zooms sur la couverture intertidale au sud du Croisic.

La campagne toute récente (Rossi *et al.* 2009) tempère les résultats de celle entreprise pour la période 1986-2004 en Bretagne. Elle fait état d'une tendance au regain des fucales sur la majorité des sites suivis en Bretagne dans les cadres REBENT et DCE entre 2004 et 2007. Le cycle naturel de succession des différentes communautés (balanes-fucales-patelles) sur les estrans rocheux modérément exposés semble vérifié sur certains secteurs. Sur les masses d'eau Vilaine Côte et Large (FRGC44 et 45), la diminution totale et résultante de la surface des fucales ne serait plus que de l'ordre de 8 ou 14 % entre 1986 et 2007. Cependant, localement, sur certains platiers, elle restera encore élevée.

Plusieurs hypothèses sont émises pour expliquer la régression de la couverture en fucales qui toutes peuvent intervenir dans le secteur Loire/Vilaine:

- un changement climatique qui peut entraîner des modifications de température, insolation, régime de houles, force et fréquence des tempêtes,
- une augmentation de la turbidité de l'eau en lien avec des blooms phytoplanctoniques ou des flux sédimentaires plus importantes,
- des pollutions accidentelles comme le naufrage de l'Erika
- la multiplication «anormale» des patelles et huîtres creuses sur les zones rocheuses (cycle naturel ou dérive ?), les patelles étant capables par exemple de « brouter » le goémon. Les huîtres creuses sont considérées comme invasives sur certaines zones. La survie des larves de patelles serait meilleure par exemple avec une augmentation des sels nutritifs dans l'eau.

Le suivi des états de la ceinture de Fucales peut par conséquent constituer un excellent bio-indicateur sur les substrats rocheux intertidaux.

c) Ulves/Marées vertes

La prolifération des algues vertes (les ulves) est un phénomène qui se retrouve surtout sur les côtes du Finistère et Côtes d'Armor. Le lien avec l'excédent de nitrates a été fait (Ménèsquen *et al.* 2001). Il faut des conditions hydrodynamiques propices pour favoriser le développement de ces algues en zones médiolittorale et infralittorale, pour ensuite se déposer sur l'estran en fonction des marées, des courants et de la météorologie.

Le suivi de ces dépôts est assuré par le CEVA et les dernières données sont disponibles via les sites suivants :

<http://www.ceva.fr/fr/environnement/prolitto.html> ou www.bretagne-environnement.com.

Comme le montre la Figure 49 du CEVA sur les sites à dépôt d'ulves en 1997 et 2008, le secteur Loire/Vilaine n'est pas un secteur référencé comme une zone à problème de marée verte.

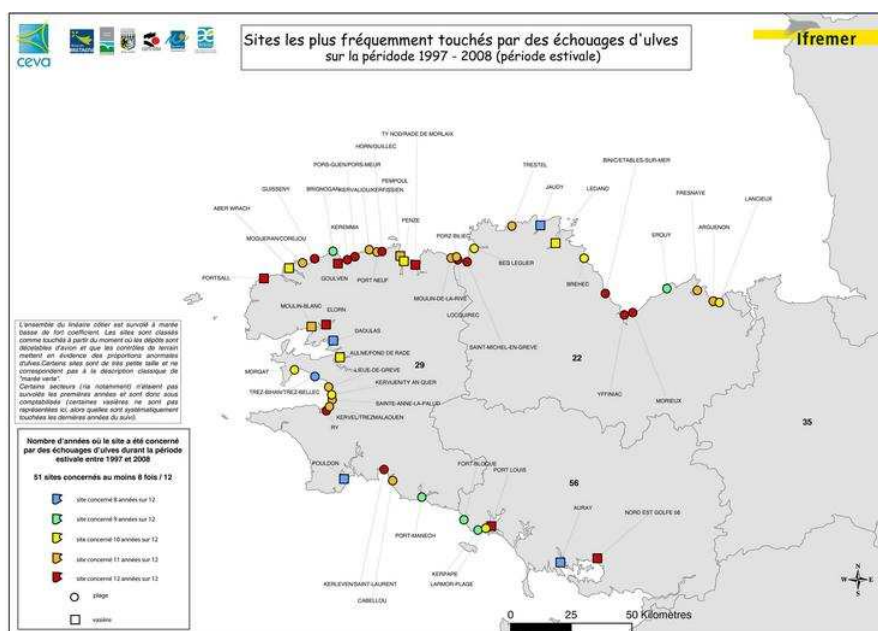


Figure 49 : Dépôt d'ulves en 1997 et 2008 (source CEVA)

Le rapport d'évaluation de l'état d'eutrophisation des sites de la Baie de Vilaine et de l'estuaire de la Loire (Ifremer 2002, OSPAR 2003) fait état de la possibilité de faibles dépôts d'ulves (<500 kg) sur quelques sites du secteur Loire/Vilaine. La grande turbidité du secteur et les conditions hydrodynamiques n'y favorisent pas le développement des ulves (Ménèsquen *et al.* 2001). Elles sont plutôt propices aux apparitions de blooms phytoplanctoniques.

Néanmoins, certaines années permettront un développement plus important de ces macrophytes. Selon les sites dans le secteur Loire/Vilaine, il s'agirait plutôt d'algues vertes filamenteuses (genre *Enteromorpha*) qu'*Ulva armoricana*. Sur l'année 2009, un dépôt a été signalé en Baie de Vilaine, sur les rives nord et sud. Mais il est sans comparaison par rapport aux problèmes signalés en Bretagne Nord.

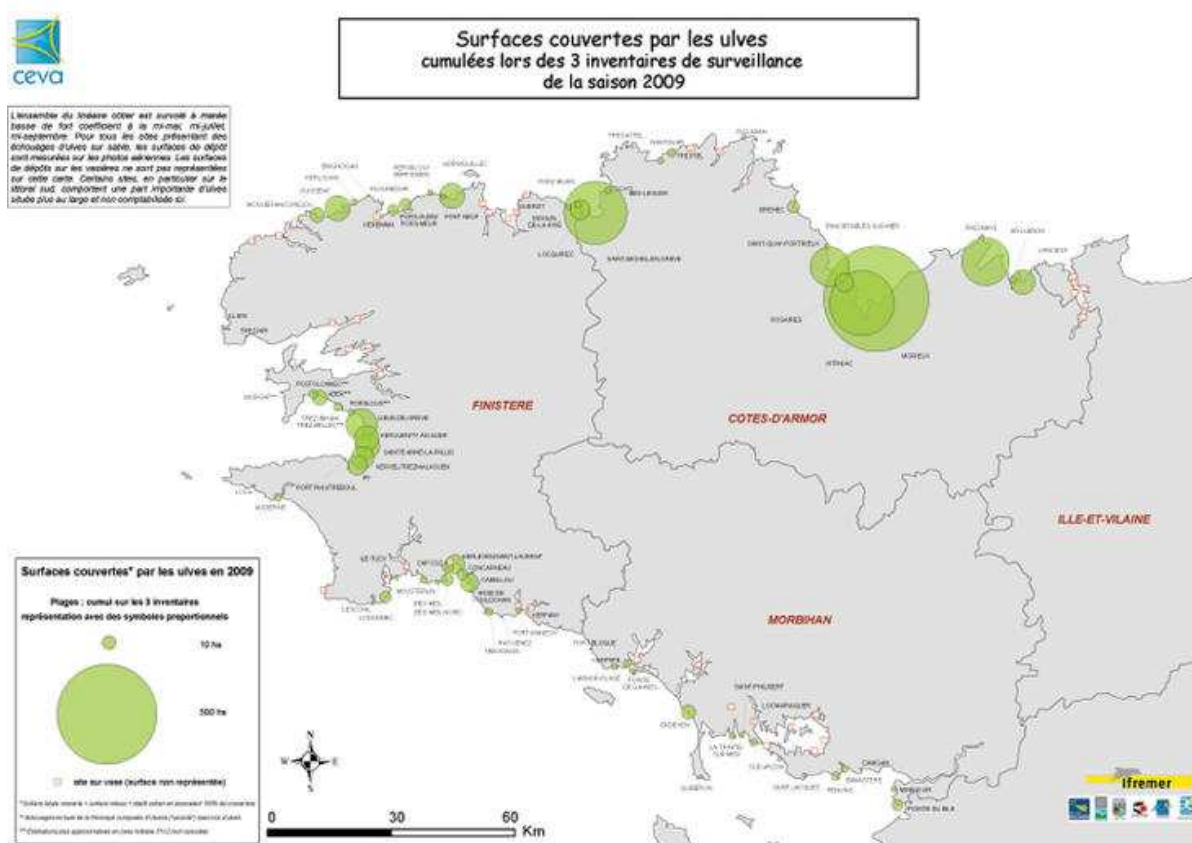


Figure 50 : Surface couvertes cumulées par les ulves en 2009 (source CEVA)

Dans le secteur plus au sud, la rive nord de l'estuaire de la Loire et la Presqu'île Guérandaise, l'année 2009 et celle de 2010 semblent être propices au dépôt d'algues vertes (ELV, comm. personnelle). Une photo prise le 15 juillet 2010 par une association locale les Amis du Nau (www.amisdunau.fr) en témoigne (Figure 51). Des mesures de nettoyage sont d'ailleurs mises en place par les communes concernées.



Figure 51 : Dépôt d'algues vertes sur la plage Benoît le 15/07/2010 (Photo : www.amisdunau.fr)

Dan son état des lieux, Guillaumont *et al.* (2006b) indiquaient bien la possibilité de dépôt d'ulves « niveau 2 » sur le secteur Loire/Vilaine. Mais les sites proposés n'ont pas été retenus dans le cadre de la DCE.

II.3.3.2.3 Zone infralittorale (subtidale)/substrat meuble

a) En Baie de Vilaine

Plusieurs études ont été menées, certaines très récentes. Baudrier (2002) reprend en détail les résultats d'un inventaire de la faune benthique (plutôt subtidale) effectué par Glémarec (1969) (Annexe 9). Ehrhold *et al.* (2008), avant de conduire sa campagne d'observations en Baie de Vilaine, fait une synthèse sur la baie de Vilaine en 2007 des données existantes sur le benthos. Le Bris et Glémarec (1996) font une étude du benthos en fonction de la turbidité. Desautay et Guérault (2003), Caguet (2009) complètent les observations précédentes sur la Baie de Vilaine et vers son estuaire.

Nicolas *et al.* (2007) et Le Pape *et al.* (2007) dans leurs travaux sur les nourriceries de jeunes soles en Vilaine reprennent des échantillons du benthos en Baie de Vilaine.

Tous les auteurs observent une diversité et répartition de la faune benthique en fonction des types de vases et d'un gradient de salinité. Selon Guillaumont (2008) et Ehrhold *et al.* (2008) qui a effectué une étude exhaustive de la baie de Vilaine dans le cadre du REBENT sur la zone infralittorale, trois unités majeures de peuplements ont été reconnues en Baie de Vilaine :

➤ Les vases pures :

Les vases pures à *Sternaspis scutata* (annélide polychète), *Amphiura filiformis* (ophiure fousseuse) et des bivalves *Nucula nitidosa*, *Mysella bidentata* occupent le secteur nord-ouest de la zone d'étude, la majeure partie de la Baie de Vilaine.

Sternaspis scutata est caractéristique des milieux estuariens, tolérante à la dessalure, à la turbidité et à des sous-saturations en oxygène, fréquentes en zones estuariennes. C'est une espèce dépositore de sub-surface qui se nourrit de débris de matière organique par ingestion du sédiment.

L'ophiure *Amphiura filiformis*, plus abondante au delà de l'isobathe 10m, est accompagnée du bivalve *Mysella bidentata* dont la présence est en étroite relation avec l'abondance des ophiures fousseuses suspensivores (*Amphiura filiformis* et *Amphiura brachiata*). Ce bivalve commensale vit dans le terrier creusé par les ophiures et se nourrit de matière organique d'origine phytoplanctonique, transportée par les bras de l'ophiure depuis la colonne d'eau jusque dans le sédiment à environ 3-6 cm sous la surface, profondeur à laquelle se situe la bouche de l'ophiure.

Sur l'ensemble de la vasière, la richesse spécifique augmente graduellement d'Ouest en Est, les vases de la partie occidentale (taux de pélites > 90 %) étant très peu diversifiées.

➤ Vases sableuses

Les vases sableuses sont réparties dans le secteur nord-est, et constituent un habitat dominé par l'annélide polychète sédentaire *Owenia fusiformis*, accompagnée notamment de l'ophiure fousseuse *Amphiura brachiata*. Les vases sableuses correspondent à une zone de transition entre les vases pures à l'ouest et les sédiments hétérogènes grossiers au sud-est. Les vases sableuses, fortement influencées par les peuplements des sables fins et grossiers qui bordent la vasière, sont en revanche plus riches en espèces puisque 73 espèces au total ont été identifiées sur cette entité soit environ deux fois plus que dans les vases pures.

➤ Sédiments grossiers hétérogènes

Des sédiments grossiers hétérogènes sont présents dans les eaux turbides du secteur sud est (est de l'île Dumet). Pour Ehrhold *et al.* (2008), la structure trophique des sédiments hétérogènes grossiers envasés, montre une nette dominance d'espèces prédatrices (50% des espèces), représentées en majorité par des polychètes errants. Aucune espèce, à l'exception du polychète errant *Nephtys kersivalensis*, ne présente de caractère exclusif au sein de l'entité et le cortège faunistique rassemble à la fois des espèces préférentielles des sables grossiers et des graviers propres, ainsi que des espèces ubiquistes ou à caractère vasicole

Sur la Baie de Vilaine, selon Ehrhold *et al.* (2008), les peuplements benthiques en zone infralittorale correspondent bien aux 3 secteurs morphosédimentaires identifiés (cf aussi paragraphe Part II.3.5.2).

Gentil *et al.* (2006) et Gentil (2008) précisent les valeurs des indicateurs de biodiversité avec les résultats de la campagne de prélèvement des sables subtidiaux dans le cadre du REBENT, et replace le site en Baie de Vilaine par rapport aux autres en Bretagne. Ils soulignent que leur type d'analyse ne montre pas de perturbation majeure sur aucun des sites y compris la Baie de Vilaine, et pose du coup le problème de définition des états de référence entre les différents faciès étudiés. Le travail de Gentil (2008) montre surtout que le secteur Vilaine (baie + large) est très envasé ; le pourcentage de matière organique varie de 2 à 6% mais selon Gentil (2000) on est dans la même gamme que les autres sites bretons.

D'autres informations complètent ces travaux sur le benthos des fonds meubles en Baie de Vilaine. Dans sa thèse, Goubert (1997) fait une recherche spécifique en baie de Vilaine sur les foraminifères par des échantillons mensuels, selon un profil longitudinal. Elle montre que c'est quasi-exclusivement une « petite » espèce de foraminifères *Elphidium excavatum* qui est retrouvée en Baie de Vilaine. Elle est caractéristique des milieux eutrophes.

b) Sur le secteur Loire

Baudrier (2002) reprend aussi les travaux de Glémarec (1969) pour décrire la faune benthique sur le sur le secteur Loire. Il cite par exemple à l'ouest de la rade du Croisic deux espèces caractéristiques de Grande Vasière *Brissopsis lyrifera* et *Goneplax rhomboides*. Les gravelles et sables grossiers sont dominés par un peuplement de *Spisula ovalis*. Sur les sables envasés, ce sont plutôt les espèces *Turritella communis*, *Owenia fusiformis*, *Spisula subtruncata* et *Magelona allenii* qui sont retrouvées. Les vasières sont peuplées de *Maldane* et *Haploids* comme en Baie de Vilaine. Les chenaux de la Loire montrent une faune benthique pauvre.

Barillé *et al.* (2007) apportent des éléments récents sur les invertébrés de substrat meuble en zone subtidale dans les secteurs de la masse d'eau Loire GC46. Les points échantillonnés sont indiqués sur la carte ci-dessous (Figure 52).

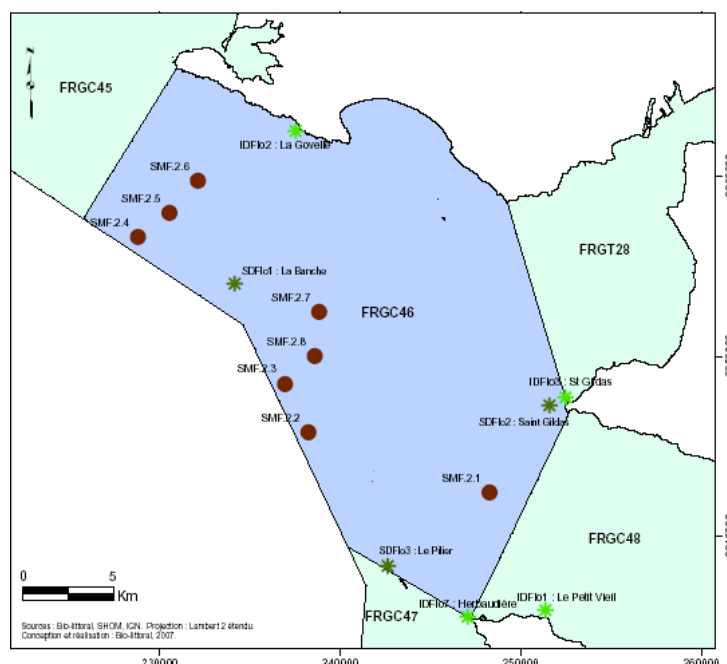


Figure 52 : Secteurs prospectés dans la masse d'eau GC46 Loire large (Barillé *et al.* 2007)

Les sédiments des stations SMF 2.2, 2.4 et 2.7 (Figure 52) sont constitués de sables grossiers, voire de gros cailloux et ne présentaient donc pas les caractéristiques des substrats meubles. Sur les autres, Barillé *et al.* (2007) notent la présence de trois embranchements principaux : les Annélides, les Mollusques et les Echinodermes. Sur les 5 stations observées, le point SMF 2.5 situé non loin du Plateau du Four est celui qui présente la diversité spécifique la moins grande : seuls 8 taxons différents y ont été répertoriés. De plus, la densité élevée : 172 individus / 0,1 m² est due uniquement aux deux espèces, en majorité *Amphiura* sp. (Echinodermes) et puis *Owenia fusiformis* (Annélides, Polychètes).

Pour Barillé (comm. orale), l'échinoderme *Amphiura* indiquerait des eaux turbides, un sédiment riche en matière organique, et pauvres en oxygène. Ces espèces sont aussi signalées en Baie de Vilaine (Ehrhold *et al.* 2008) associées à ce type de milieu.

La station SMF 2.1 (sud masse d'eau) se caractérise par une très faible densité (56 individus / 0,1 m²). La station SMF 2.3 « Les Bouquets » est le seul point où un peuplement abondant de *Haploops tubicola* (Crustacé, Amphipode) est recensé, ce type de vase à *Haploops* sont des sites primordiaux pour les nourriceries de poissons. On n'a pas cependant une délimitation exacte de cette zone vaseuse, ce qu'il conviendrait de faire.

De fait, on notera que sur la zone au large de l'estuaire de la Loire, nous ne disposons pas d'une cartographie complète et récente des fonds marins, et beaucoup moins de données sur la faune benthique, en comparaison de ce qui a été fait en Baie de Vilaine.

En revanche, plus en amont dans l'estuaire, plusieurs études ont été conduites. Le GIP Loire Estuaire (2003) présente les résultats d'une étude sur le benthos faite sur la Loire en 2002 (échantillonnage entre Nantes et Saint Nazaire), réalisée par Créocéan (Fiche indicateur Benthos L2C1). Aucune investigation du benthos n'avait été réalisée depuis les études menées par Elie et Marchand en 1981-82.

Les conclusions de ce travail montrent un appauvrissement sensible en espèces par rapport au littoral et une densité moyenne relativement faible (810 individus/m²) sont constatées comme dans la plupart des estuaires. Les peuplements se font en fonction d'un gradient de salinité.

Sur les 30 espèces répertoriées, aucune n'est constante sur l'ensemble de l'estuaire. Le maximum de densité peut atteindre près de 10000 individus /m² dans la section aval et dix fois moins dans la section amont de l'estuaire. L'abondance de la faune peut être très contrastée d'une station à l'autre, même entre deux zones proches aux caractéristiques sédimentaires similaires. À côté de zones pratiquement dépourvues de vie - voire azoïque comme le chenal – se trouvent des lieux de prolifération de certaines espèces comme au sud du banc de Bilho.

Une comparaison est faite avec des données plus anciennes qui indiquent des évolutions du peuplement benthique. Par exemple, dans la section aval, seul le crustacé *Cyathura carinata* est présent parmi les espèces communes. Le polychète *Heteromastus filiformis* absent de l'estuaire en 1981 est devenu commun tandis que le crustacé *Corophium volutator* qui faisait partie des espèces constantes serait désormais peu commun. On note également une présence accrue de *Tubifex* sp. et d'*Hediste diversicolor*, Annélides indicateurs de milieu riche en matière organique dans la section intermédiaire. La disparition du petit crustacé *Corophium* serait à confirmer. Car il est consommé par des juvéniles de poissons (bars, mulets...) et des oiseaux limicoles. Il est donc important à prendre en compte pour suivre le fonctionnement de ces écosystèmes.

II.3.3.2.4 Macroalgue subtidale

Dans son état des lieux en vue de proposer des sites DCE, Barillé *et al.* (2007) effectue l'inventaire des macrophytes subtidales sur les sites de la Banche, la pointe St Gildas et l'île du Pilier (au large de Noirmoutier).

Les résultats montrent que le site de La Banche est très riche en flore (une dizaine d'espèces). Il se situe pourtant dans la zone d'influence du panache de la Loire. Au large de la pointe St Gildas en revanche, l'équipe Barillé *et al.* (2007) note l'absence de Laminaires en dessous de la profondeur de 1 m, liée probablement à une forte turbidité et à un courant important. Le site du Pilier est très riche également sur le plan floristique.

L'étude en cours ELV apporte des informations précieuses sur le suivi des champs de laminaires sur la zone Loire/Vilaine.

Plongeurs depuis 40 ans dans le secteur, les fondateurs de l'association ELV ont effectivement pu constater une évolution des fonds marins, et notamment noter une disparition ou une raréfaction des champs de laminaires sur certains points. J.C. Ménard (comm. écrite et orale, 2009, 2010) présente les résultats de ses observations de plongeur sur quelques sites spécifiques (Baguenaud, Plateau de la Banche, Pointe de Penchateau et île Dumet). Sur le site de Baguenaud, par exemple, situé près de la côte Bauloise, il observe clairement une disparition des laminaires depuis 2000, remplacés par des moulières (Figure 53).

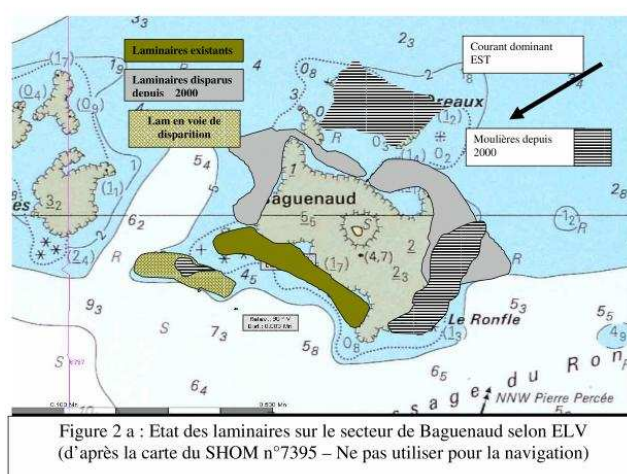


Figure 53 : Evolution des champs de laminaires sur le site de Baguenaud (Ménard 2009, 2010)

Ses observations montrent une disparition ou une raréfaction des laminaires dans les zones plutôt exposées aux panaches de deux fleuves, la Loire et la Vilaine. Les points les plus près de la côte sont les plus touchés, comme Barillé *et al.* (2007) observaient à la Pointe St Gildas.

Un suivi stationnel sur les champs de laminaires sur le secteur Loire/Vilaine donc été mis en place en 2009, sur les 9 points suivants : île Dumet, Plateau du Four (Bonen et Goué Vas), Le Croisic, Pointe de Penchateau, Baguenaud (2 stations), plateau de la Banche (2 stations), Pointe de St Gildas et Plateau du Pilier. Parmi ces sites, Dumet, Bonen, Banche 2, et Pilier font partie du réseau de surveillance mis en place pour la DCE. Ces stations sont de nouveau suivies en 2010, l'ensemble des résultats et notamment les comparaisons interannuelles seront analysés et reportés en 2011.

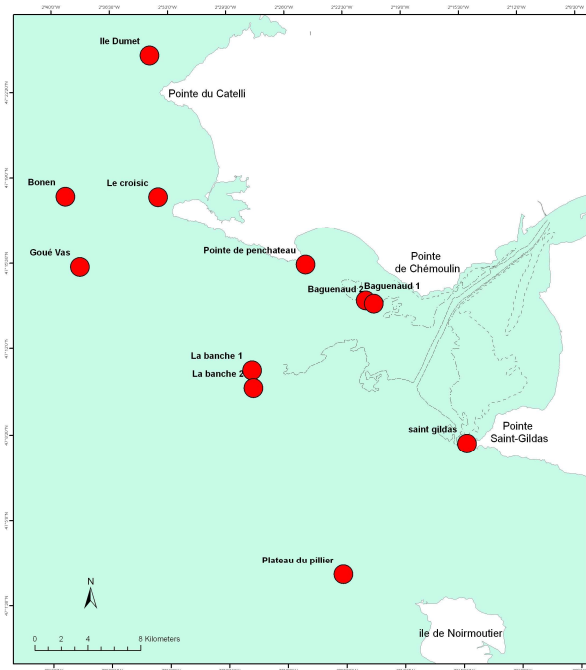


Figure 54 : Répartition géographique des stations échantillonnées dans le cadre du suivi laminaire réalisé en 2009 pour ELV (dans Barillé et Derrien-Courtrel 2010)

Entre autres, les résultats de la campagne 2009 montrent clairement une plus grande diversité spécifique de laminaire sur les stations les plus au large. On observe des ceintures algales plus profondes sur les sites les plus éloignés de l'estuaire de la Loire (Bonen, Goué Vas, le Pilier). Les ceintures de laminaires des sites proches de l'embouchure sont les plus réduites et ne dépassent pas - 3m : Penchateau, Baguenaud et la Pointe de Saint-Gildas. La diminution de la profondeur des ceintures de l'île Dumet par rapport à celles du plateau du Four (Bonen et Goué Vas) traduirait l'influence du panache de la Vilaine.

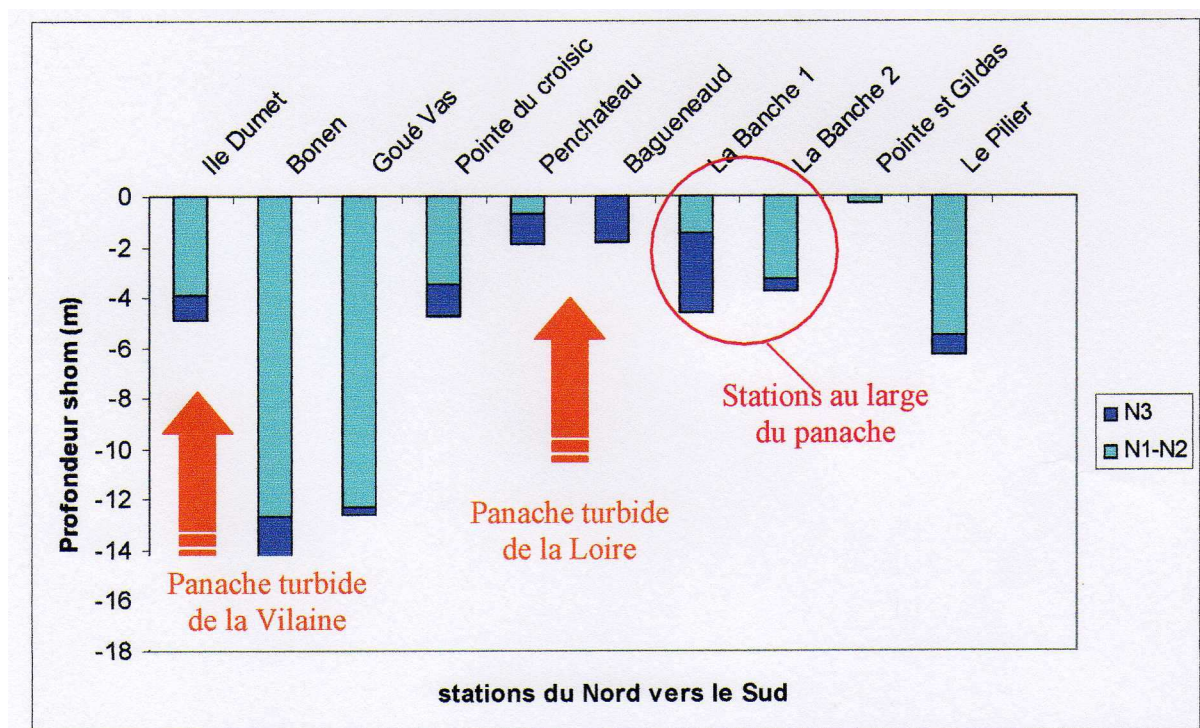


Figure 55 : Présentation de la profondeur des différentes ceintures algales sur les sites explorés (tirée de Barillé et Derrien-Courtél 2010)

Selon les critères d'évaluation retenus dans les protocoles DCE, les sites de très bonne qualité sont ceux qui sont situés le plus au large de la côte (Le Pilier, Bonen et Goué Vas) (Figure 56). Les sites du Croisic et la zone protégée du plateau de la Branche sont classés en bonne qualité, tandis que la station de la Branche qui est plus près de la zone de clapage de la Lambarde est classée en moyenne qualité ainsi que l'Ile Dumet qui subit l'influence de la Vilaine. Les stations les plus perturbées sont celles qui sont le plus près de l'embouchure de l'estuaire de la Loire et qui subissent régulièrement l'impact de son panache turbide (Penchateau, la pointe de Saint-Gildas et Baguenaud dans une moindre mesure). On note que la station la Branche 1 est classée en bon alors que celle assez proche de Branche 2 est moyenne.

La dynamique sédimentaire, la courantologie et l'évolution de la turbidité seraient à explorer de manière plus élaborée sur cette zone, exposée au panache de la Loire, mais aussi pas très éloignée des sites de clapage de la Lambarde ou d'extraction des granulats.

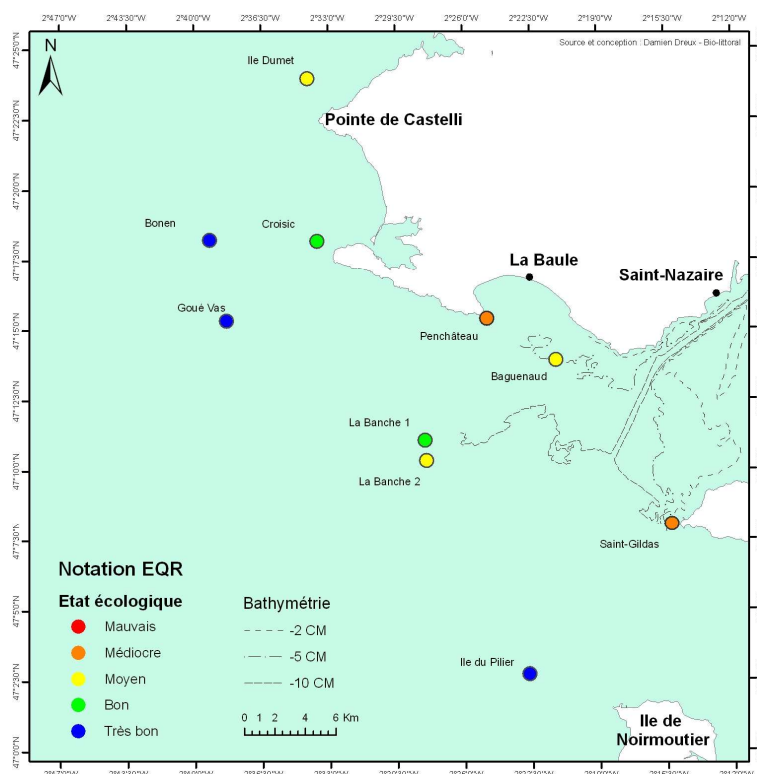


Figure 56 : Etat écologique des champs de laminaires sur le secteur Loire/Vilaine (Barillé et Derrien 2010)

Barillé et Derrien-Courtel (2010) apporte des informations complémentaires sur les ceintures laminaires du secteur Loire, obtenues par des inventaires réalisés par le bureau d'études Bio-Littoral et le professeur Y. Gruet, de 1970 à 2009. Les observations ont été faites à partir de l'estran, et concernent donc plutôt l'étage supérieur des laminaires, l'étage infralittoral. Les résultats regroupés sur 4 grandes périodes (cf figures en Annexe 9) laissent apparaître une réduction de la superficie occupée par les laminaires, en lien probablement avec les secteurs les plus exposés à des turbidités élevées.

Une comparaison précise serait à faire pour mettre en parallèle aux observations reportées par Dion *et al.* (2009) sur la régression de la couverture fucale en Bretagne Sud.

On peut aussi souligner que l'évaluation DCE (cf Partie III) confirme ce diagnostic sur l'état médiocre des champs de laminaires sur la masse d'eau Vilaine Large FR CG44 en l'attribuant à un excès de turbidité (cf fiche FRGC44 atlas DCE à l'adresse http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr). Cette situation est exceptionnelle. Un tel déclassement est en général dû à la prolifération d'algues vertes, ce qui n'est pas le cas ici.

II.3.3.2.5 Macrofaune benthique subtidale

Dans sa thèse sur la crevette rose *Palaemon serratus*, Campillo (1979) signale une pêche abondante sur le secteur Loire Vilaine, dans les parages de Noirmoutier ou près de la Vilaine, sur les zones de fond sableux décrites par Glémarec (1969), des fonds riches en *Gracilaria verrucosa* et sous l'influence des panaches des fleuves. Il observe aussi des migrations sur toute la zone, en fonction des salinités et vers les champs de laminaires.

Kergariou (1971) travaille sur l'araignée de mer et reporte aussi ces migrations saisonnières sur le secteur. Au printemps, les araignées reviennent vers la côte où elles séjournent jusqu'en août. Les juvéniles sont autour des herbiers à zostères, alors que les adultes restent proches des champs de laminaires, entre 0 et -20m. En hiver, les araignées repartent vers le large sur des fonds entre -20 et -40m.

Wilhelm (1995) étudie l'exploitation dans le Mor Braz des étrilles. Ses travaux se juxtaposent eux-mêmes à une autre étude de grande envergure qui consistait à déterminer les causes du déséquilibre écologique ayant eu lieu en 1982, entraînant des mortalités massives d'organismes marins, notamment en Baie de Vilaine et attribuée à une crise anoxique (Merceron 1986, 1987).

Cette étude biologique de l'étrille, thème initial du présent travail, se heurta cependant à un fait non prévisible à l'avance : une baisse spectaculaire et rapide des rendements faisant passer la production des caseyeurs spécialisés dans cette pêche de 730 tonnes en 1984 à 43 tonnes en 1987 alors que la réduction de l'effort de pêche était dans le même temps de 60 % seulement. Des mortalités hivernales ont été signalées.

L'étrille vit sur le fond et aime se cacher dans les zones rocheuses ou sablo-vaseuses. Elles sont donc pêchées soit au chalut soit au casier, indifféremment dans des zones à forte ou à faible circulation résiduelle de marée, à des températures entre 4 et 20°C. On les retrouve entre le Plateau du Four et l'île d'Hoëdic, particulièrement les plateaux de la Recherche, de l'Artimon, le haut fond de Piriac portant l'île Dumet, et surtout le plateau de Saint- Jacques. Les fonds très rocheux ne sont pas accessibles aux chalutiers.

Les frayères se trouvent donc toujours situées sur des fonds sablovaseux, au large des côtes. La ponte a lieu au large, entre décembre-janvier, une 2ème ponte est possible au printemps.

Les larves d'étrille sont très sensibles à la salinité et les expériences menées tendent à prouver que leur développement jusqu'au stade mégalope n'est pas possible en deçà de 25 ppt. Au delà de ce palier par contre, ce stade apparaît constamment. Ceci pourrait expliquer au moins en partie l'impossibilité d'un recrutement dans des zones fortement dessalées comme l'embouchure de la Vilaine où les salinités descendent en dessous de 25 ppt à moins que les larves ne se tiennent en profondeur, jusqu'à une certaine limite des côtes.

Un parasitisme important (particulièrement dans le Mor Braz) dû à des protozoaires pourrait être à l'origine de mortalités hivernales et de la diminution des prises. L'hypothèse la plus plausible de l'anéantissement du stock d'étrilles serait donc une épidémie massive. Dans tous les cas, les chiffres sont concordants et indiquent une baisse catastrophique de la production dès 1986. Cette maladie semble avoir progressé depuis le début du 20^{ème} siècle sur l'étrille et le tourteau.

Pour Wilhelm (1995), il est difficile, à l'heure actuelle, d'expliquer la cause de ce développement du parasitisme et de déterminer le moment où la maladie s'est propagée. Il est cependant possible d'envisager que cette explosion soit due à une augmentation des nutriments dans la Baie de Vilaine : leur concentration entraînant peut-être une concentration plus forte de dinoflagellés.

II.3.4 Poissons et autres peuplements halieutiques

II.3.4.1 Diversité des espèces

II.3.4.1.1 Bases

Plusieurs travaux importants ont été conduits sur les peuplements halieutiques sur le secteur Loire/Vilaine. Les milieux estuariens sont des zones riches en productivité. Très vite, a été aussi mise en évidence le rôle des zones de nourriceries sur les estuaires, primordiales pour plusieurs espèces de poissons. Les mortalités constatées sur des poissons, et dues à des crises anoxiques sur l'estuaire de la Loire ou en Baie de Vilaine ont aussi été à l'origine des études.

La classification des populations de poissons se fait en fonction de leur cycle de vie entre la vie marine et vie en eau douce (Marchand *et al.* 1984-94, études APEEL sur la Loire), une classification reprise et modifiée par le CEMAGREF, et qui est maintenant la référence pour l'évaluation des peuplements halieutiques pour les eaux de transition dans le cadre de la DCE (arrêté 25/01/10). Trubaud (2006) apporte des compléments aux travaux de Marchand *et al.* (1984-94). Il est probable que l'application de la Directive sur la Stratégie pour le Milieu Marin (DSMM), une classification plus marine soit mise en place.

Marchand *et al.* (1984-94) et Truhaus (2006) classent les espèces en deux grandes catégories :

- Les espèces amphihalines possèdent une partie de leur cycle biologique en mer et l'autre en eau douce, leur milieu de reproduction est différent de celui de la croissance. Parmi les espèces amphihalines, Truhaus (2006) fait la distinction entre celles à migration géographique limitée, et les autres capables de migrer très loin comme le saumon ou l'anguille.
- Les espèces euryhalines, au cours de leur cycle biologique, pour des raisons souvent d'ordre trophique, migrent vers les zones de nourricerie que sont les baies et les estuaires. Selon leur aptitude à supporter la dessalure des eaux, les différentes espèces pénètrent plus ou moins loin dans les eaux saumâtres.

La classification en guildes de CEMAGREF permet de comparer les fonctionnalités écologiques de différents estuaires qui n'ont pas forcément les mêmes espèces. Les espèces de poissons fréquentant les estuaires sont réparties en 8 guildes écologiques, adaptées par le groupe de travail national sur les poissons d'estuaire réuni par le CEMAGREF.

Ces groupes sont les suivants :

- **MAR : Marine Residents** : espèces strictement marines faisant des incursions exceptionnelles dans les estuaires. L'estuaire ne semble pas jouer de rôle d'habitat essentiel pour ces espèces.
- **MAA : Marine Adventitious** : espèces se reproduisant en mer, relativement eurythermes, apparaissant régulièrement et à toute saison dans les estuaires. Les estuaires représentent des zones d'alimentation importantes pour les espèces de cette guildes écologique.
- **MJA : Marine Juvenile adventitious** : espèces se reproduisant en mer, colonisant activement l'estuaire à des fins trophiques, principalement ou exclusivement au stade juvénile et préférentiellement au printemps et l'été. Les estuaires représentent des nourriceries, habitats écologiques, essentiels pour les espèces de cette guildes.
- **CAT : Catadromous** : espèces amphihalines (ou amphibiotiques) marines, se reproduisant en mer et colonisant les cours d'eau pour des périodes allant de plusieurs saisons à plusieurs années
- **ANA : Anadromous species** : espèces amphihalines (ou amphibiotiques) dulçaquicoles, se reproduisant en rivière et colonisant la mer pour des périodes allant de plusieurs saisons à plusieurs années. Les estuaires représentent des zones d'alimentation et de passage obligatoire entre rivière et mer et constituent pour certaines d'entre elles des zones d'alimentation indispensables à certaines périodes du cycle vital.
- **ESR : Estuarine residents** : espèces bouclant tout leur cycle biologique en estuaire
- **FWA : Freshwater adventitious** : espèces se reproduisant en eau douce, faisant des incursions plus ou moins longues et à tous stades dans la partie saumâtre des estuaires. Les estuaires représentent une zone d'alimentation importante pour ces espèces.
- **FWR : Freshwater residents** : espèces sténohalines se reproduisant en eau douce, faisant des incursions rares en eaux saumâtre en amont des estuaires.

Les éléments de biologie pour les espèces majeures sur le secteur Loire sont donnés par Marchand *et al.* (1984-94), Bio-littoral (2008, 2010), Truhaus (2006), Delemarre (2009). Ces informations sur des espèces décrites sur le secteur Loire sont aussi complétées pour le secteur Vilaine, car beaucoup des espèces de poissons y séjournent aussi (Briand 2009, CREOCEAN 2007 ; SAGE Vilaine 2003, Desaunay *et al.* 1981 et Desaunay et Guérault 2003).

Selon Recorbet (1996), une grande homogénéité existe dans les peuplements halieutiques de l'estuaire de la Loire et de la Vilaine à certaines périodes (novembre). Puis ces peuplements évoluent sur chaque estuaire de manière différenciée. Ils sont en grande abondance dans les deux.

Le tableau en Annexe 10 liste les espèces majeures retrouvées sur l'ensemble du secteur Loire/Vilaine en reprenant la classification CEMAGREF. Des rappels sont aussi donnés sur la biologie de certaines espèces emblématiques en Annexe 10.

II.3.4.1.2 Les espèces euryhalines d'origine marine (MAR, MJA, MAA)

Selon Truhaus (2006), ces espèces sont caractérisées par le fait qu'elles viennent pour la plupart dans les estuaires ou les baies pour rejoindre leur zone de nourricerie. Leur capacité à résister à des salinités peu élevées leur permet de remonter les estuaires plus ou moins loin suivant leur aptitude physiologique. D'une manière générale, lors des crues, les espèces marines se replient vers la zone polyhaline, tandis qu'en période d'étiage elles remontent dans le secteur mesohalin. La répartition de la macrofaune vagile et des poissons suit donc un cycle saisonnier lié aux conditions hydrauliques. Il est donc essentiel de conserver d'importantes surfaces de vasières dans ces deux secteurs. Le rôle de l'estuaire de la Loire en tant que zone de nourricerie et de frayère est primordial d'un point de vue biologique et écologique.

Parmi ces espèces, les divers auteurs recensent dans le secteur Loire/Vilaine :

Classées en MJA:

- **Le bar : *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)**

Le bar est un poisson marin côtier, dont l'aire de distribution géographique s'étend de la Norvège au Maroc, ainsi qu'en Méditerranée. Il fréquente surtout les côtes rocheuses et des plages battues par la mer. C'est un poisson euryhalin capable de supporter des salinités allant de 0,5 à 40 ppt, qui peut remonter dans les embouchures des fleuves.

- **L'anchois : *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)**

Les anchois sont des poissons pélagiques planctonophages qui forment des bancs très importants dans les eaux côtières lors de la période estivale.

- **Le sprat : *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758)**

Sprattus sprattus fait partie de l'ordre des Clupéiformes, de la famille des Clupéidés. Cette espèce pélagique côtière forme de grands bancs dans les eaux peu profondes.

- **La sole : *Solea vulgaris* (ou *Solea solea*) (Quensel, 1806)**

Cette espèce est la plus importante d'un point de vue économique pour les pêcheurs du Golfe de Gascogne, ainsi que sur le plan national. C'est une espèce euryhaline d'origine marine vivant sur fonds meubles (sableux fin, sablo-vaseux et vaseux) depuis les côtes jusqu'à -130 m de profondeur voire même jusqu'à -200 m. Les adultes (3-5 ans) migrent vers le large en hiver. Les pontes ont lieu de décembre à mai, avec des aires de ponte plutôt stables en localisation dans le golfe de Gascogne au large des grands estuaires (Loire, Gironde, Vilaine). Les juvéniles adoptent un comportement benthique et se répartissent dans les eaux côtières, à la fin du printemps dans des nourriceries isolées et localisées dans les baies et les estuaires. Le mieux pour une « bonne aire » est constitué par une vasière peu profonde, soumise à variations de salinité, ce qui prédispose les estuaires de la Loire et Vilaine, et la baie de Vilaine.

Sur le secteur Loire/Vilaine coexistent donc plusieurs générations de soles, entre 0 et 3 ans, dont le suivi sera important pour les pêcheries.

- **La sole sénégalaise : *Solea senegalensis* (Kaup, 1858)**

La limite nord de l'aire de répartition des soles sénégalaises est le Golfe de Gascogne sur le littoral duquel elles constituent des populations très localisées. Bien souvent, lors des débarquements, la distinction n'est pas faite entre *Solea vulgaris* et *Solea senegalensis*.

- **Le céteau : *Dicologlossa cuneata* (Moreau, 1881)**

Ce petit Soléidé à croissance rapide est présent dans le Golfe de Gascogne. Son aire de répartition s'étend de la baie de Douarnenez à l'Afrique du Sud.

- **La crevette grise : *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758)**

Ce Crustacé Décapode de la famille des Crangonidés possède une très vaste aire de répartition : de la mer du Nord aux côtes marocaines et de la Méditerranée jusqu'en mer Noire. Les milieux estuariens sont des zones de nourrissage dans lesquelles les juvéniles effectuent leur croissance.

Classés en MAA

- **Le merlan : *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)**

Les juvéniles sont souvent présents dans les estuaires dans lesquels ils trouvent leurs proies préférentielles que sont les jeunes crabes et la crevette grise. Une fois adultes, les merlans regagnent les zones marines du large.

- **Le prêtre (ou athérine) : *Atherina presbyter* (Valenciennes, 1835)**

Ce poisson du littoral qui vit en banc est attiré par les eaux marines dessalées. Il est signalé la présence en Loire jusque dans le domaine oligohalin.

Classées en MAR

- **Le maigre : *Argyrosomus regius* (Asso, 1801)**

Ce Sciaenidé est présent de la côte au large et dans la totalité de la colonne d'eau. Il pénètre parfois dans les estuaires. Il se reproduit de mars à juin sur les côtes du nord de l'Afrique.

- **Le tacaud : *Trisopterus luscus* (Linnaeus, 1758)**

Les adultes se rencontrent surtout dans les eaux du large par 30 à 100 mètres de profondeur. Les juvéniles sont très communs à proximité de la côte et dans les estuaires.

- **Le hareng : *Clupeus harengus* (Linnaeus, 1758)**

Les harengs sont des poissons de pleine eau des zones tempérées froides. Ils forment des bancs très denses en surface. Mais lors de la période de reproduction, ils se rapprochent du fond. Le hareng du Golfe de Gascogne se reproduit dans les secteurs du plateau continental où la bathymétrie est faible (quelques dizaines de mètres tout au plus).

Sont aussi citées en MAR dans le secteur Loire/Vilaine, les espèces suivantes : le rouget, la motelle (*Gaidropsarus mediterraneus*), *Pollachius pollachius*, *Sardina pilchardus*, la daurade *Sparus aurata*, le syngnathe (*Syngnathus acus*), le chinchard (*Trachurus trachurus*), le congre (*Conger conger*), et le merlu (*Merluccius merluccius*).

II.3.4.1.3 Les espèces amphihalines (CAT, ANA)

Classées en CAT

- **Les mullets**

Les mullets sont plutôt classés en espèces marines selon Marchand *et al.* (1984-94). Mais d'autres auteurs les classent en amphihalines. En fait, cela dépend de l'espèce en jeu, chacune tolère plus ou moins les variations de salinité. Les mullets sont des poissons pélagiques.

Le mullet à grosses lèvres (*Chelon labrosus*) est une espèce marine qui préfère les fonds rocheux du large. A l'opposé, le mullet doré (*Liza aurata*) recherche un substrat vaseux dans les lieux abrités (golfs et baies). Ces deux mullets (plutôt MAA selon CREOCEAN 2007) se reproduisent à la côte, en été et en automne pour le mullet doré et à la fin de l'hiver pour le mullet à grosses lèvres. Le mullet-porc ou mullet de Loire (*Liza ramada*) serait l'espèce de mullet la plus importante pêchée en Loire (classée en CAT selon CREOCEAN 2007 et Bio-Littoral 2008). Elle réalise des déplacements saisonniers importants. Ce mullet gagne les systèmes fluviaux au début de l'été, puis il effectue une migration catadrome de reproduction à l'automne. Il pond dans la zone côtière de septembre à novembre sans se nourrir, parfois pendant des mois. Lors de l'avalaison en Loire, de nombreux mullets périssent au moment de la traversée du bouchon vaseux en raison des conditions hypoxiques ou anoxiques du milieu (Sauriau *et al.*, 1996, cf paragraphe eutrophisation).

Les mullets sont tous détritivores, ce qui provoque chez ces poissons l'ingestion de grandes quantités de sable et de vase. Par contre, les juvéniles sont principalement zooplanctonophages.

D'après ses études récentes, Bio-Littoral (2008) signale que la présence du mullet est en perpétuelle augmentation dans le secteur Loire.

- ***Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758):**

Le cycle de ce grand migrateur thalassotoque (c'est-à-dire qui se reproduit en mer) est supérieur à dix ans. L'anguille est pêchée à tous les stades de son cycle tant par les pêcheurs amateurs que par les professionnels maritimes et fluviaux. L'anguille jaune mature dans les rivières et devient l'anguille argentée qui descend des rivières et des estuaires où elle a passé sa vie continentale. A quelques milles des côtes, elle disparaît, plongeant en profondeur vers la Mer des Sargasses où elle se reproduit. Aucune recherche n'a abouti pour l'instant sur une reproduction contrôlée des anguilles ou sur la visualisation de leur reproduction naturelle.

Les larves leptocéphales, retrouvées au large de la Floride migrent lentement vers les côtes françaises. A l'arrivée sur le talus continental, elles se transforment en civelles. La majorité des civelles-jeune anguilles s'arrêteront dans les estuaires, et quelques unes continueront leur migration vers les cours d'eau intérieurs.

Le stock d'anguille européen est à son niveau le plus bas, après une diminution continue depuis les années 70. Le stock régional d'anguille présente également une tendance fortement décroissante, que ce soit pour le stock d'anguille jaune en eau douce ou pour le recrutement en civelle.

Cette diminution est due à des causes marines, mais l'action de l'homme, tant par la pêche que l'aménagement du milieu, la pollution et la réduction de l'habitat disponible pour l'anguille joue également un rôle dans cette diminution. Comme pour le thon rouge, l'envolée du prix de la civelle (qui part en grande partie à l'export en Chine pour alimenter les bassins de grossissement) contribue certainement à assombrir l'avenir de cette espèce qui est maintenant classée sur la liste rouge de la CITES. En outre, un parasite, *Anguillicola crassus* (importé d'Asie) qui infeste la paroi de la vessie natatoire des anguilles joue un rôle probablement non négligeable. En eau douce, on trouve un fort niveau de contamination en incidence et en nombre de parasite par anguille. En revanche, le taux de contamination relevé en estuaire est plus faible, le parasite ne survivant pas en milieu salé, sauf à l'intérieur d'un hôte.

L'anguille a toujours été très présente aussi bien en Loire qu'en Vilaine. Les pêcheries de civelles sont une activité importante (cf paragraphe 4.5.2.3).

La mise en place du barrage d'Arzal a fortement contribué à bloquer les migrations anadromes de la jeune anguille. Une passe à anguilles a donc été aménagée en 1995 sur le barrage d'Arzal.

Compte tenu de l'efficacité de la pêche et du délai nécessaire pour que les civelles soient capables d'emprunter la passe, les captures sur la passe ne débutent qu'en fin de saison de pêche. La quantité totale de civelles empruntant la passe une année donnée varie entre (696 kg = 2,4 millions d'individus et 70 kg = 0,2 millions, respectivement, alors que les quantités pêchées varient de 20 à 14 t) entre 1996 et 2000. Seules 30 % des civelles arrivant en estuaire après la saison de pêche franchiraient la passe selon le SAGE Vilaine (2003). Toutes les civelles n'ont pas le comportement de migration leur permettant d'utiliser la passe, seuls 10 % du stock présent en estuaire cherchent à la franchir. Selon Briand (2009), c'est au final 2-3 % du stock de civelles qui pourront franchir la passe.

- ***Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758): le flet ou « plie de Loire »**

Le flet est le seul poisson plat d'Europe à pénétrer aussi loin en amont des estuaires. Tout comme l'anguille, ce poisson est un amphihalin thalassotoque mais sa migration est beaucoup plus réduite puisqu'elle est de l'ordre de 100 à 300 kilomètres.

La reproduction a lieu en mer à la sortie des estuaires, en janvier-février à nos latitudes. Les juvéniles sont recrutés en milieu estuarien, où ils vont séjourner 2 à 3 ans avant d'acquies la maturation sexuelle et de partir en mer pour participer à leur tour à l'effort de reproduction.

Pour l'hivernage il gagne les fonds marins d'une vingtaine de mètres. Pouvant supporter de grands changements de salinité, l'espèce est considérée comme amphibiotique ou euryhaline selon les auteurs. De par sa distribution sur les fonds meubles estuariens et son régime carnivore, le flet est généralement considéré comme un bon intégrateur du transfert des contaminants le long de la chaîne trophique. Cette espèce présente des charges en contaminants parfois très fortes et fait l'objet de nombreuses publications en tant qu'espèce sentinelle de la qualité des milieux estuariens en Europe. Laroche *et al.* (2008) utilise le flet en Vilaine comme un bioindicateur de polluants chimiques. Dans leurs études suivantes, Laroche *et al.* (2009b) signalent en effet sur les populations de flet sur le littoral français :

- une baisse générale de la variabilité génétique dans les populations contaminées, en comparaison aux populations peu polluées,
- une altération d'un certain nombre de performance physiologiques liées à la fitness : taux de croissance, fécondité relative, facteur de condition (Marchand *et al.* 2004).

De plus, des travaux précédents mettent en évidence une pression de sélection des contaminants sur la structure génétique des populations ; elle s'exercerait vraisemblablement durant la phase juvénile des poissons, inféodée aux milieux estuariens. Marchand *et al.* (2004) suggèrent que le coût de la tolérance, pourrait expliquer l'accroissement modéré des « génotypes de résistance » dans les populations de flet contaminées.

Classées en ANA

- **L'éperlan : *Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758)**

Cet amphihalin accomplit des migrations de faibles amplitudes. En effet, sa répartition est très limitée car elle se réduit à la frange côtière et au domaine estuarien. D'autres auteurs le classe en ESR (Bio-Littoral 2008). On serait à la limite de sa répartition sud, d'où un risque de disparition si les eaux se réchauffent.

- ***Salmo salar* (Linnaeus, 1758): le saumon atlantique.**

Le saumon atlantique était abondant à la fin du 19ème siècle sur le bassin de la Loire (prélèvement annuel de l'ordre de 46 000 individus). Comme l'anguille, ce poisson migrateur sur de longues distances est très affecté par les différents aménagements des fleuves, ce qui est le cas en Loire comme en Vilaine.

Selon le SAGE Vilaine (2003), la construction de la passe d'Arzal a permis de restaurer un effectif annuel de 10 à 20 saumons compté sur la passe.

Le GIP Loire Estuaire (2002), dans sa Fiche indicateur L2C3 sur le saumon indique que la restauration de la population de saumon, en fort déclin depuis 1950, fut entreprise dès 1976 ; ce fut un objectif prioritaire du Plan Loire Grandeur Nature de 1994 repris par le Programme Interrégional Loire Grandeur Nature en 2000. Un mieux serait noté depuis 1999.

Le saumon atlantique, inscrit au “Livre rouge des espèces menacées de poissons d’eau douce de France” (1992), figure à l’annexe III de la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l’Europe (1979) et aux annexes II et V – espèces protégées et mesures de gestion – de la Directive Habitats Faune Flore (1992). Il est protégé depuis 1994. Sa pêche est interdite (SAGE Estuaire Loire 2005).

- ***Salmo trutta trutta* (Linnaeus, 1758): la truite de mer**

Le cycle biologique des truites de mer ressemble beaucoup à celui des saumons atlantiques mais sur une moindre distance. Les prises en Loire et Vilaine sont vraiment devenues anecdotiques.

- **L’alose vraie : *Alosa alosa* (Linnaeus, 1758)**

Les aloses vraies sont des poissons vivant en mer, qui vont entreprendre leur migration de montaison à l’âge de 3 à 6 ans entre les mois de mars et juillet. Les zones de frayères sont situées très en amont des cours d’eau. Cette remontée vers les frayères peut être gênée par des aménagements fluviaux qui constituent souvent un obstacle à leur migration. L’alose constituait une ressource exploitée sur l’Oust (affluent de la Vilaine). Depuis la mise en place de la passe d’Arzal en 1996, les effectifs comptés varient entre 38 et 170 individus par an.

- **L’alose feinte : *Alosa fallax fallax* (Lacépède, 1803)**

Le cycle de l’alose feinte est proche de celui d’*Alosa alosa*. De taille plus petite, l’alose feinte appelée couvert ou gatte se reproduit de juin à juillet dans le réseau fluvial des estuaires.

- **La lamproie marine : *Petromyzon marinus* (Linnaeus, 1758)**

Les lamproies marines se reproduisent en eaux douces et passent la plus grande partie de leur cycle biologique à l’état larvaire. Ces Agnathes ne remontent pas tous les estuaires. Son cycle en mer est méconnu.

II.3.4.1.4 Les espèces résidentes en estuaires (ESR)

Nous avons trouvé quelques confusions dans les classements de certaines espèces, en ESR, en MJA, MAA, amphihalines, ou euryhalines.

- ***Palaemon longirostris* : la crevette blanche.**

En France on trouve cette crevette surtout dans trois grands estuaires dont la Loire. Cette crevette effectue tout son cycle vital en estuaire et peut remonter assez haut vers les eaux douces supportant de grandes variations de salinité.

- ***Palaemonetes varians* (Leach, 1814): la crevette des marais, qui comme son nom l’indique est plus inféodée aux étiers et aux marais environnants qu’à l’estuaire lui-même.**

- ***Pomatoschistus minutus* (KrOyer, 1838): un poisson de la famille des Gobiidés.**

Les gobies sont des poissons de petite taille vivant sur le fond. Le gobie est présent de la Norvège à l’Espagne, il vit le long des côtes, de la surface jusqu’à plus de 100 mètres pour certaines espèces.

II.3.4.1.5 Les espèces d'eau douce (FWA)

Probablement à classer en FWA, Bio-Littoral (2008) cite la Brème bordelière qui appartient à la famille des Cyprinidés. Son habitat le plus commun se trouve dans les bas fonds des lacs chauds de plaine, avec une végétation dense.

II.3.4.2 Abondance et répartition

II.3.4.2.1 Bases

Plusieurs campagnes d'estimations des peuplements halieutiques se sont produites récemment sur les estuaires de la Loire et de la Vilaine, notamment dans le cadre de la DCE ou de l'étude des nourriceries du Golfe de Gascogne. Les campagnes sont effectuées par des chalutages sur des zones précises (Desaunay et Guérault 2003). Les résultats s'expriment par la Richesse spécifique (R_s , nombre de taxons observés), l'Occurrence, l'Abondance annuelle (exprimée par la densité observée, en nombre d'individus par hectare chaluté).

Dans les campagnes plus récentes effectuées dans le cadre DCE, avec une méthodologie standardisée de chalutage, les résultats sont exprimés *richesse globale* (qui serait équivalente à la richesse spécifique), *indice de fréquence* (=occurrence), *abondance* (en nombre d'ind./ha ou en biomasse kg/ha).

II.3.4.2.2 En Baie et estuaire de la Vilaine

Desaunay et Guérault (2003) conduisent une étude des peuplements halieutiques de la Baie de Vilaine de 1980 à 90. La Baie de Vilaine assure la fonction de nourricerie pour des espèces marines à écophase estuarienne comme la sole et le rouget, qui sont exploités sur place et au large et dont l'intérêt économique est majeur. Elle constitue une zone de frayère et de nourricerie pour des espèces autochtones également exploitées sur place (crevette grise) et une voie de migration indispensable pour les poissons amphihalins qui sont l'objet d'une importante pêche estuarienne (civelle) ou poursuivent leur cycle en eau douce (anguille, alose, salmonidés). Elle fait partie des sites bretons Natura 2000 en application de la Directive européenne sur les Habitats.

Un point majeur est souligné dans la stratégie d'échantillonnage par traits de chaluts. Les spécificités de l'engin utilisé et l'absence d'enregistrements réguliers de certaines espèces au cours des années, ainsi que les objectifs halieutiques de cette recherche, ont amené à définir un peuplement de référence, limité aux espèces de poissons benthiques et démersaux d'intérêt commercial. Sont retenues les espèces dont on est certain qu'elles sont toujours identifiées et dénombrées, même lorsqu'elles sont en nombre très faible (ex : turbot, baudroie) ou très élevé (ex : sole). Ceci explique que le merlan et le tacaud, en général très abondants, ne figurent pas dans cette liste, leur abondance ayant entraîné un rejet lors de plusieurs campagnes. L'image ainsi obtenue ne reflète pas l'exhaustivité ni des situations successives.

Les espèces ainsi sélectionnées rassemblent essentiellement des espèces benthophages. Sont exclues de l'évaluation du peuplement, outre le merlan et le tacaud, les espèces de petite taille sans intérêt halieutique (en particulier le callionyme, le gobie buhotte, la petite sole jaune, dont les occurrences et les densités sont très élevées).

Les captures sont triées par espèce, dénombrées et le plus souvent mesurées. Les résultats des prélèvements sont rapportés à la surface chalutée et exprimées à l'échelle de strates ou de la baie.

Les résultats de cette étude en Baie de Vilaine montrent des indices de diversité spécifique Is et d'équitabilité Es qui font état d'un peuplement peu diversifié, numériquement dominé par très peu d'espèces. Ces indices établis par décennie laissent penser que la diminution de richesse spécifique ne s'accompagne pas d'une modification profonde de la structure du peuplement.

L'occurrence et l'abondance varient dans de larges proportions suivant les espèces et pour une même espèce suivant les années. En terme d'occurrence, le peuplement moyen synthétique établi après 14 années d'observations est composé de :

- une espèce constante, la sole,
- trois espèces communes, (plie, rouget, céteau),
- trois espèces occasionnelles, (merlu, lieu jaune, limande),
- dix-sept espèces rares, dont le flet, seule espèce rare dont l'occurrence est supérieure à 10%.

L'étude de la répartition et de l'abondance du peuplement en général et des principales espèces fait état d'une diminution drastique. Plus précisément, au cours des années 1980, le peuplement observé a varié entre 47,1 et 189,1 ind./ha, autour d'une moyenne de 105,8 ind./ha. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles enregistrées au cours de la décennie 1990, qui ont oscillé entre 9,8 et 62,8 ind./ha, avec une moyenne de 31,3 ind./ha. Cette décroissance du peuplement global est liée aux fluctuations d'abondance des principales espèces. Par exemple, les chiffres suivants de décroissance sont observés, sur les densités en ind./ha entre les décennies 1980 et 1990 :

- sur la sole : 56 à 22,9 ind./ha
- sur le rouget : 14,1 à 2,7 ind./ha
- sur le merlu : 1 à 0,4 ind./ha

La baie de la Vilaine n'a pas cessé d'assurer sa fonction de nourricerie pour les principales espèces, fonction déjà décrite à la fin des années 1970 et confirmée par la suite. Il reste cependant à savoir si l'évolution perçue est liée à la variabilité naturelle ou aux perturbations anthropiques directes (pêche) ou indirectes (modifications du milieu). Le réchauffement des eaux du Golfe de Gascogne est un constat établi depuis plusieurs années particulièrement pour le sud du golfe et s'est traduit par une modification de la faune ichtyologique.

Les classements selon les occurrences décroissantes et les densités permettent d'identifier à l'échelle de la baie 5 espèces constantes et dominantes, 5 espèces communes, 5 espèces occasionnelles, les 21 autres espèces étant rares et numériquement très peu représentées, voire absentes des captures en 1996 et 1997.

Les perturbations directes anthropiques sont essentiellement dues à la pêche. La pression exercée sur une espèce cible, à l'échelle du plateau continental, peut être telle que la diminution des stocks s'accompagne d'une diminution de l'aire de répartition des immatures (expliquant la raréfaction dans nos captures de la baudroie et du merlu). Les pêches dérogatoires exercées sur place, à l'échelle d'une baie, outre leur impact sur les espèces cibles (civelle, crevette grise, céteau), ont un impact sur les espèces accessoires liées à l'utilisation de faibles maillages de filet. Toutefois, il ne semble pas que l'effort de pêche des crevettiers de la baie de Vilaine ait augmenté au cours de la période d'étude de 1980 à 90.

Indirectement, en Vilaine, la construction du barrage estuarien d'Arzal en 1970 (cf paragraphe I.2.1.4) a entraîné la réduction des surfaces d'échanges au niveau des vasières, la diminution des courants et l'artificialisation des débits. Le temps de résidence moyen des eaux fluviales est passé de 14 jours à 1 jour. Globalement, cela se traduit par une diminution de la quantité et de la qualité de l'habitat péri estuarien. La fonction de nourricerie reste cependant assurée, mais sa capacité d'accueil semble affaiblie, l'estuaire n'étant plus tout à fait un estuaire mais une zone côtière banale lors des périodes sèches. Par ailleurs, la fonction de transfert estuarien pour les migrateurs a été annulée par le barrage jusqu'à ce qu'une passe à poissons soit installée et pallie de façon partielle cette perturbation, 25 ans après l'édification de l'ouvrage.

L'étude de Desaunay et Guérault (2003) est un constat supplémentaire de la diminution des ressources liées aux estuaires, constat déjà fait dans d'autres secteurs européens. Dans toutes ces régions, la qualité de l'habitat, très dépendante des effluents continentaux, est considérée comme dégradée.

Ehrhold *et al.* (2008) reprend des résultats de campagnes de chalutage à perche réalisés en baie de Vilaine de 1981 à 1997 et insiste sur la permanence de la structure du peuplement ichtyologique et de la fonction de nourricerie (pour la sole et le rouget barbet notamment) de la baie, mais également un affaiblissement de la richesse spécifique des indices d'assiduité et de répartition pour de nombreuses espèces. Cette tendance s'ajoute au constat déjà fait dans d'autres estuaires européens où la qualité de l'habitat, très dépendante des effluents continentaux est considérée comme dégradée.

La sole, dont la répartition spatiale est stable et la présence constante, apparaît comme l'espèce emblématique de la baie. La plie, le rouget et le cétéau sont des espèces communes du peuplement qui comporte une quarantaine d'espèces de poissons benthos-démersaux. Il note que la plupart des espèces sont représentées soit par des juvéniles, soit par des individus de petite taille et ceci semble à mettre en relation avec une forte compétition interspécifique de prédation vis-à-vis d'un benthos, lui aussi, de taille réduite.

Plus récemment, et plus en amont vers l'estuaire, l'AELB commande un inventaire en Vilaine dans le cadre de la DCE au bureau d'études CREOCEAN pour un premier état des lieux et la mise au point de l'indicateur poisson (CREOCEAN 2007). Les données sont acquises sur le printemps et l'automne 2007. Au printemps, il ressort sur l'ensemble de l'estuaire, une richesse spécifique de 24 poissons appartenant à 6 guildes caractéristiques des estuaires, ce qui semble proche du chiffre de Desaunay et Guérault (2003). Les MJA, au second rang des effectifs après les CAT, dominent le peuplement en biomasse. La gilde des ESR, tout comme celle des MAA, sont également bien représentées en termes de biomasses. Aussi, les guildes ANA et FWR sont absentes.

Le peuplement piscicole apparaît nettement dominé par *Anguilla anguilla*, à hauteur de 77,12% en termes de biomasse. Les effectifs apparents sont nettement dominés par *Anguilla anguilla* (54.3 %), puis par *Solea solea* (19.6 %). Les biomasses sont dominées par *Anguilla anguilla* (80.1 %B), puis par *Solea solea* (3.8 %). Les auteurs CREOCEAN (2007) remarquent que :

- La richesse spécifique et le nombre de guildes écologiques sont inférieurs en automne.
- Les espèces euryhalines juvéniles d'origine marine (gilde MJA) représentent la majorité des biomasses au printemps. En automne les espèces marines strictes dominent pondéralement (présence de congés adultes). En termes d'effectifs, le peuplement automnal est principalement dominé par les espèces marines juvéniles (MJA), alors qu'au printemps ce sont les espèces amphihalines marines (CAT) qui représentent les plus forts effectifs.
- On observe, de plus, une faible représentation des espèces d'eau douces liée à la présence du barrage.
- De manière générale, la biomasse totale prélevée est un peu moins importante en automne alors que le nombre total d'individus est quant à lui supérieur. La forte présence de *Pomatoschistus minutus* (nombreux individus très légers) peut expliquer en partie ce phénomène.

II.3.4.2.3 L'estuaire de la Loire

Marchand *et al.* (1994) pour l'APEEL produit les résultats des ses campagnes de chalutages de juin 1993 sur l'estuaire de la Loire.

Parmi les dix-huit espèces recensées, quatre représentent à elles seules 48 % de la biomasse totale apparente. Il s'agit par ordre d'importance du flet, de la sole, du merlan et du tacaud. Si l'on ajoute à cette liste la crevette grise, ces cinq espèces représentent alors 73 % de la biomasse totale apparente.

Aucune des espèces considérées majeures (flet, sole, merlan, tacaud et crevette grise) n'est répartie uniformément dans l'estuaire de la Loire.

La crevette grise présente des densités et des biomasses de plus en plus élevées de l'aval vers l'amont. Les tacauds et les merlans se concentrent dans les secteurs euhalin et polyhalin tandis que les flets et les soles abondent dans les secteurs polyhalin et mésohalin. En fait, il apparaît que les concentrations de flets et de soles sont situées sur les vasières latérales.

Les merlans et les tacauds quant à eux occupent de préférence les secteurs de sables ou de vases sableuses immergés en permanence.

Marchand *et al.* (1994) insiste pour dire que la richesse de cette zone de pêche marine en crevettes adultes est tributaire de la qualité et la quantité des habitats estuariens utilisables par les juvéniles (qui fréquentent aussi les baies telles que la baie de Vilaine ou la baie de Bourgneuf) ; d'ailleurs, pour les pêcheurs crevettiers de la région, l'abondance printanière de très jeunes crevettes en amont de l'estuaire (sur les vasières allant de Donges à Cordemais) est en général annonciatrice de futures bonnes captures en été et en automne dans l'estuaire externe. Il rappelle que pour l'estuaire de la Loire, la pêche crevettière constitue une activité non négligeable pour la flottille de l'estuaire, venant en seconde position après la pêche civellière.

Bio-Littoral (2008) apporte des informations récentes par une étude effectuée pour le compte du SMIDAP. Des campagnes de chalutages standardisés en différents points de l'estuaire de la Loire sont conduites de juin à octobre 2008.

Leurs résultats montrent qu'au cours des campagnes de chalutage 34 espèces sont identifiées, 29 espèces ou genres de poissons dont, 16 marines, 4 migratrices et 9 continentales, 3 espèces ou genres de céphalopodes, et 2 espèces de crustacés.

L'indice de fréquence indique 3 espèces constantes (la crevette grise, le flet, la crevette blanche), 4 espèces communes (le mulot, le gobie, la sole, le bar), 3 espèces occasionnelles (le brème bordelière, le sprat), 5 espèces rares (l'anchois, le sandre, le tacaud, l'anguille, le merlan, la motelle à 3 barbillons), 22 espèces accidentelles.

Le domaine mesohalin est celui qui montre les plus fortes densités autour de 200 ind.ha⁻¹, suivi du polyhalin où les densités sont inférieures à 200 ind.ha⁻¹. Le domaine de l'oligohalin est le plus faible en termes de densités qui sont inférieures à 100 ind.ha⁻¹.

Reprenant les chiffres de cette même étude 2008 conduite par Bio-Littoral (2008), Delemarre (2009) calcule les abondances numériques obtenues sur l'ensemble de la campagne, quel que soit l'endroit échantillonné. La sole et le flet ressortent clairement avec 15 et 29%, respectivement.

La biomasse est calculée pour chaque espèce ramenée à l'hectare. La biomasse globale toutes espèces confondues est de 4,0 kg.ha⁻¹. La sole, à elle toute seule, représente 24 %, suivie par le mulot, le flet et la brème bordelière avec une proportion de 18 %, 16,5 % et 13 % respectivement. Le reste des espèces est inférieur à 10 % dominé par le tacaud, le bar et l'anguille.

Les pics maximaux de biomasses et de densités se situent en juillet. En effet, ce mois est influencé par la présence en grande quantité de quatre des espèces les plus rencontrées dans l'estuaire que sont le flet, la sole, le bar et la brème.

La représentation cartographique des biomasses et des densités des espèces de chaque guildes précise l'évolution des guildes dans l'estuaire. Dans le polyhalin la majorité des sites sont représentés par la guildes MJA, CAT, et MAR. Dans le mésohalin, la guildes MAR devient faible voir absente, les guildes CAT restent présentes pour la biomasse et la densité, tandis que la MJA reste en bonne proportion de biomasse mais diminue en densité vers l'aval. Au niveau de Donges la guildes FWA fait son apparition au niveau de Donges puis devient très représentative. Il est à noter que la guildes ESR représente une proportion pas négligeable en densité dans des zones où elle représente 50 % de la pêche. D'ordre général, les espèces de la guildes CAT sont les plus présentes, que ce soit en aval ou en amont, une dominance des MAR et MJA en aval, et des ESR et FWA en amont.

Cette répartition relative par espèce est résumée dans la figure 57 ci-dessous reprise de Bio-Littoral (2010). Le domaine le plus au large est clairement dominé par le tacaud.

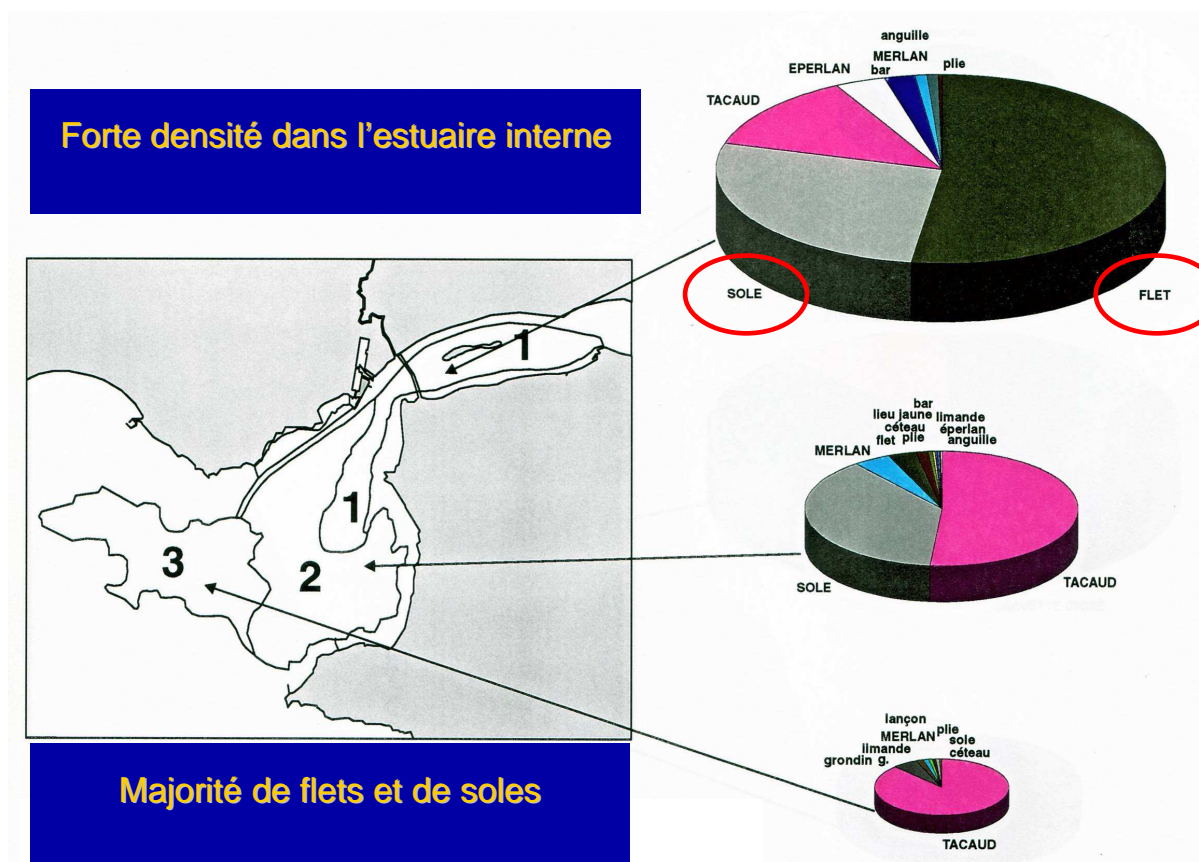


Figure 57 : Abondance et répartition relatives des espèces majeures échantillonnées sur l'estuaire de la Loire en 2008 (repris de Bio-Littoral 2010)

Dans le Tableau 5, Bio-Littoral (2008) compare les résultats obtenus de juin à octobre 2008 avec les études précédentes réalisées depuis 20 ans. La plus ancienne qu'il cite est d'avril 1981 à juin 1982, réalisée sur 17 stations dont 6 en estuaire externe. Puis, d'autres campagnes se sont déroulées en 1994, en 2003 et en 2006 la dernière pour la DCE. La comparaison avec les années précédentes montre que le flet est depuis 25 ans la seule espèce considérée comme constante.

Depuis les années 2000, la crevette grise fait partie également des espèces constantes. La sole et le bar varient d'espèces occasionnelles à communes sur les 25 dernières années. Le sprat quant à lui oscille entre les espèces communes et occasionnelles. C'est une espèce marine qui remonte dans l'estuaire lors des périodes d'étiage est très tributaire des débits de la Loire en période estivale.

En 2008, les grandes tendances sont suivies, mais il y a l'apparition de nouvelles espèces telles que le sandre, et la disparition d'une espèce typique des estuaires, l'éperlan. C'est la première année où l'éperlan est absent dans l'estuaire 'indice de fréquence qui passe de 69% en 81-82 à 8% en 2008). L'espèce devrait être en abondance en Loire, étant donné que l'étude se déroule en pleine période d'alimentation et de croissance des juvéniles en estuaire. Cette disparition est peut être due au réchauffement climatique étant donné que l'espèce a également disparu dans l'estuaire de la Gironde qui constituait sa limite de répartition sud. Depuis, la limite de répartition méridionale de l'éperlan se situe au niveau de l'estuaire de la Loire. J.C. Ménard-ELV (comm. personnelle) fait aussi la remarque que l'éperlan est pêché par les pêcheurs à la civelle, et se retrouve servi en friture dans les restaurants de la région.

Tableau 5 : Évolution de la biomasse totale en kg/ha dans l'estuaire de la Loire depuis 1983 (repris de Bio-Littoral 2010)

Références citées par Bio-Littoral (2008)	Année	Biomasse (kg/ha)	Domaine halin	Période
Marchand et Elie (1983)	1981-82	5,8	polyhalin, mésohalin, oligohalin	juin-octobre
Schaan <i>et al.</i> (1995)	1994	7,7	polyhalin, mésohalin	mai-octobre
Feunteun et Parlier. (2004)	2003	8	mésohalin	juin-octobre
Bio-Littoral	2008	4,3	polyhalin, mésohalin, oligohalin	juin-octobre

Pour Bio-Littoral (2008), la faible biomasse de 2008 n'est pas due aux conditions climatiques telles que le débit et la température. La diminution de biomasse n'est pas non plus expliquée par la disparition de l'éperlan dont la cause n'est pas identifiée.

D'autres facteurs comme des pollutions pourraient être à l'origine de cette chute de biomasse. Une étude en cours sur l'impact au niveau le peuplement benthique de la pollution par les hydrocarbures de 2008 pourrait soutenir l'hypothèse d'une pollution locale, étant donné que ce peuplement est une ressource trophique importante pour l'ichtyofaune.

II.3.4.2.4 Secteur plus au large

Certain (2007) reporte des observations sur les peuplements halieutiques plus au large par le biais d'informations sur les proies des mammifères et oiseaux marins pélagiques (à partir de synthèse des statistiques de pêche au large).

Il réalise des cartographies qui représentent donc la répartition moyenne sur les 15 dernières années des habitats préférentiels des proies. Les cartes produites (fig 29) montrent l'étendue des aires de distribution des espèces. Pour interpréter ces cartes, il faut insister sur le fait que ces représentations sont issues de données log-transformées, et ne représentent donc que des aires de distribution moyenne en gommant la variabilité due aux traits de chaluts exceptionnels.

On y distingue des espèces avec des aires de distribution plutôt côtières (Ammoditidés, Anchois, Capelan, Sardines), des espèces largement distribuées sur le plateau continental (Chinchard, Maquereau, Merlu, Tacaud) et des espèces présentant des aires de distribution s'étendant près du talus continental (Argentines, Merlan bleu).

La structuration spatiale des aires de distribution diffère également entre espèces. Certaines ont des aires très continues (Ammoditidés, Chinchard, Céphalopodes, Merlan Bleu, Merlu, Tacaud) présentant une structuration à grande échelle, d'autres présentent des distributions en patchs mieux définis structurées à des échelles spatiales plus fines (Anchois, Capelan, Maquereau, Sardines).

Au large du secteur des deux estuaires Loire et Vilaine, ce sont surtout le capelan, le chinchard, les céphalopodes, le merlu, le maquereau et le tacaud qui sont répertoriés (cf cartes en Annexe 10).

II.3.4.3 Nourriceries et frayères en général

De nombreuses études ont été conduites sur les estuaires de la Loire et de la Vilaine en raison de leur rôle avéré comme zone de nourricerie, notamment pour une espèce majeure halieutique la sole.

Guérault *et al.* (1997, 1999) et (2000) indiquent une réduction du peuplement halieutique en Baie de Vilaine depuis les années 1980. Il se focalise sur les zones fréquentées par le flet et montre que les nourriceries sont situées près de la côte, les frayères sont localisées dans les triangles Dumet-Hoëdic-Le Four et Belle Ile-Hoëdic-Le Four, fréquentées entre janvier et avril.

Marchand *et al.* (1984-94) conclut sur le secteur Loire sur l'importance de l'estuaire de la Loire pour son rôle d'une aire de nourricerie pour les juvéniles de poissons et de crustacés dont le cycle dépend de milieux saumâtres (baies, estuaires) et qui ont un potentiel halieutique non négligeable pour le Golfe de Gascogne: les débarquements de soles, de merlans, de bars, d'anguilles, etc. représentent 22 % des poids et 26 % des valeurs. A l'échelle de l'estuaire de la Loire, ces chiffres atteignent respectivement 51 % et 82 % (la civelle étant prépondérante).

Ces auteurs reprennent en particulier le rôle de certaines vasières de Mindin à Cordemais qui constituent un ensemble d'estrans où les conditions hydrosédimentaires sont très favorables au développement de communautés benthiques pouvant servir de proies à ces jeunes prédateurs. De ce fait, il est aisé de concevoir que toute rupture dans cette chaîne (par destruction de vasière ou par élaboration d'obstacles) serait très préjudiciable au bon fonctionnement de l'écosystème et pourrait même dans certains cas restreindre fondamentalement sa capacité trophique. La recherche de mesures compensatoires à de tels dommages doit être entreprise. Toutefois, il faut être conscient que toute destruction de biotope dans un secteur n'est pas obligatoirement compensée par une amélioration dans un autre secteur. En effet, chaque zone a un rôle particulier et est bien souvent complémentaire de celles qui la jouxtent : l'intérêt écologique d'un estuaire tient essentiellement à la disposition en mosaïque ou en puzzle de ses richesses biologiques, chacun des éléments étant indispensable au bon fonctionnement de l'ensemble.

Dans les conclusions de ce rapport, les auteurs insistent sur :

- la nécessité du maintien de la continuité géographique et de la complémentarité biologique des vasières qui servent de nourricerie, en ayant toujours à l'esprit que les vasières les plus en amont (Lavau-Cordemais) étant périodiquement affectées par des anoxies, les surfaces de zones trophiques disponibles peuvent être de ce fait réduites ;
- la nécessité urgente de régler le problème de la qualité de l'eau pour que tous les migrateurs puissent franchir sans encombre l'estuaire de la Loire.

II.3.4.4 Nourriceries et frayères de sole

Compte-tenu de leur importance, plusieurs études se sont focalisées sur les nourriceries de soles sur le secteur Loire/Vilaine.

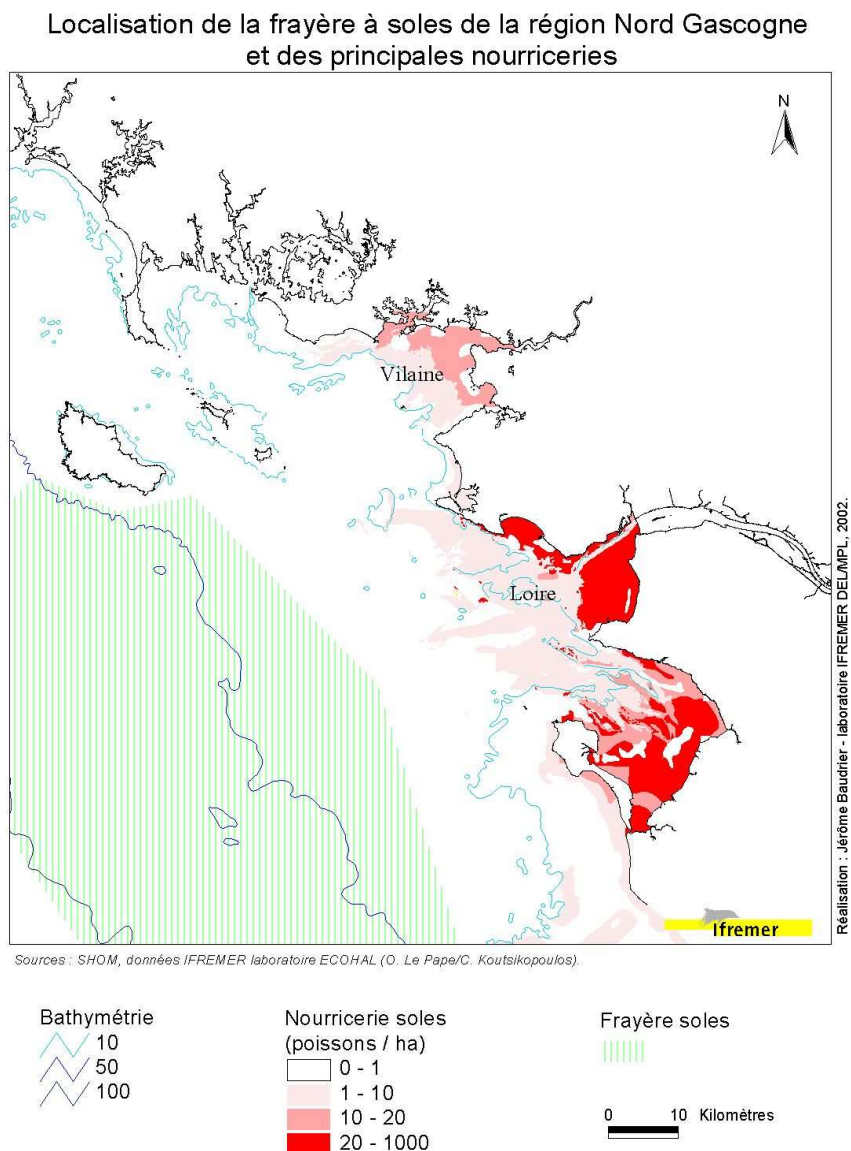
Desaunay *et al.* (1981) met en place une campagne de chalutage en 1979 et marquage des soles sur les secteurs d'études des nourriceries sur la Baie de Vilaine et l'estuaire externe de la Loire (inclusion d'une partie du plateau de la Lambarde, et de la baie de la Baule).

Il montre que les aires de dispersion des soles sont au large de Belle île et l'île d'Yeu.

L'estuaire de la Loire abrite une nurserie dont le noyau s'étend de part et d'autre de la ligne pointe de Mindin - St-Nazaire, et qui oscille selon deux gradients vers l'amont jusqu'à Donges, en période estivale et, vers l'aval, jusqu'à une ligne pointe de Chemoulin - pointe de St-Gildas, en période hivernale. L'estuaire de la Vilaine présente une structure différente du fait du barrage de la rivière à Arzal, qui limite les oscillations à la partie maritime.

Les nurseries littorales sont localisées dans les secteurs à plus forte productivité biologique, soit des zones où l'on retrouve des populations importantes en crevette grise et des zones d'activités conchylicoles. Les auteurs mettent en avant l'importance de ces zones et la possibilité que divers aménagements côtiers et estuariens les affectent, ceci pouvant à terme affecter la pêche professionnelle. Baudrier (2002) ré-insiste sur ce point.

Baudrier (2002) localise les zones de nourriceries et de frayères de sole du secteur Loire Vilaine et précise les abondances : estuaire de la Loire (20-1000 poissons/ha) et Baie de Vilaine (10-20 poissons/ha).



*Figure 58 : Zones de nourriceries et frayères de soles sur
le secteur Loire/Vilaine (tiré de Baudrier 2002)*

Les modèles de Le Pape *et al.* (2003a,b,c), Kostecki *et al.* (2009) et Nicolas *et al.* (2007) montrent que la distribution des soles peut se prédire non seulement à partir de descriptifs physiques (bathymétrie, salinité) des habitats mais aussi sur les critères autour de la faune benthique. L'abondance des jeunes soles est corrélée à l'abondance en microfaune benthique (plus particulièrement les suspensivores).

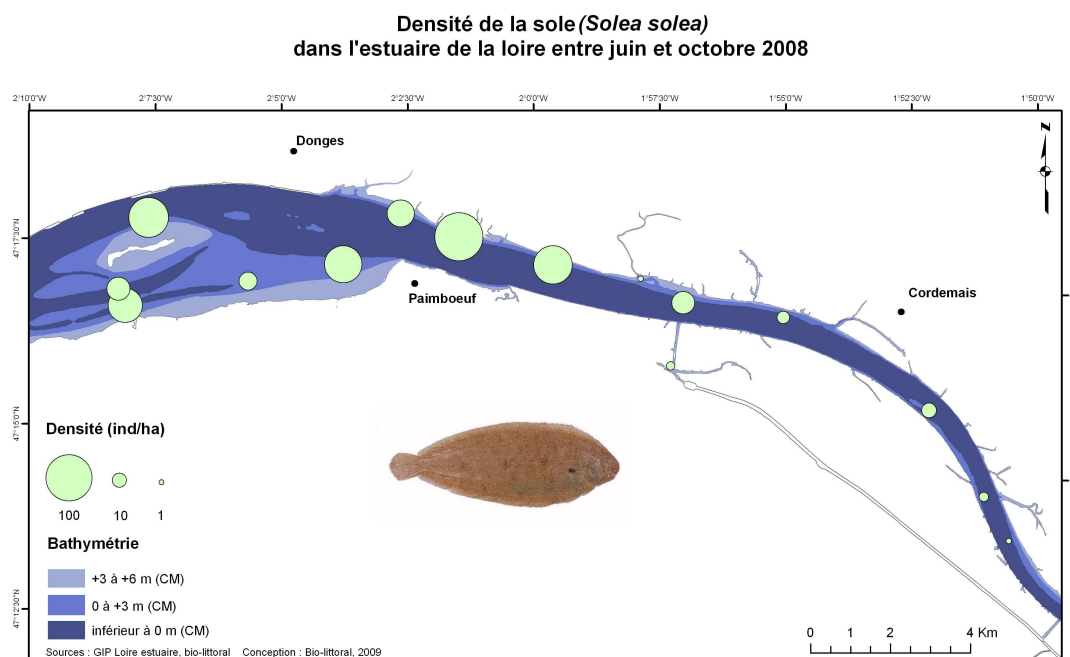
Ces auteurs effectuent de nombreuses campagnes sur l'estuaire de la Vilaine et dans la Baie de Vilaine. Le cumul de toutes les données et analyses des cycles trophiques confirme la productivité élevée des sites prélevés en Vilaine, qui permet cette fonction de nourricerie. Les chercheurs soulèvent une question essentielle: « *si cette productivité devenait moindre (avec moins de nutriments par l'amont), la productivité de la Vilaine resterait –elle la même quant à ce rôle de nourricerie, notamment pour les jeunes soles ?* »

La présence d'espèces invasives comme *Crepidula fornicata* sur le substrat meuble est aussi notée comme un facteur capable d'affecter la zone de nourricerie concernée.

Ehrhold *et al.* (2008) rappelle que l'estuaire et la baie de Vilaine constituent un habitat très dynamique qui offre diverses possibilités d'abri, d'alimentation et de croissance aux juvéniles de plusieurs espèces de poissons. Leur fonction de nourricerie contribue à l'alimentation des stocks d'adultes pêchés sur l'ensemble du plateau Nord Gascogne, au même titre que les nourriceries voisines de l'estuaire de la Loire et de la baie de Bourgneuf. La nourricerie de sole, située dans la partie estuarienne et orientale de la baie, est certainement l'élément le plus important, en terme de contribution à l'économie halieutique et le plus sensible aux fluctuations de l'environnement. Ainsi, les années plutôt sèches présentent de faibles abondances de juvéniles alors que les années humides affichent de meilleurs niveaux de recrutement. En outre, l'extension du panache des eaux dessalées de la Vilaine au printemps détermine la taille de la nourricerie et l'abondance des juvéniles.

Deleamarre (2009) synthétise les nombreux travaux précédents. L'amélioration de la gestion des stocks passe donc par l'identification des zones de nourricerie et par l'évaluation de leur bon fonctionnement. L'estuaire de la Vilaine et l'estuaire de la Loire procurent la meilleure performance de croissance et de densité en juvéniles de soles du golfe de Gascogne (RNO 2004).

Deleamarre (2009) rapporte des résultats très récents (campagne 2008) sur les nourriceries de soles dans l'estuaire de la Loire : les vasières les plus peuplées en soles au cours de son étude sont les vasières polyhalines de l'Imperlay, Bilho et Corsept et les vasières mésohalines de Moutons et Pierre Rouge (cf Figure 59 ci-dessous). Les densités des sites dans le domaine oligohalin ainsi que dans les étiers restent négligeables comparativement aux sites plus en aval.



*Figure 59 : Densité de la sole dans l'estuaire de la Loire en 2008
(tirée de Delemarre 2009)*

La densité moyenne de soles en 2008 (35 ind/ha) correspond au tiers de celle de 1981 pour la même période et zone échantillonnée. Les densités observées en 2003 en domaine mésohalin sont également très supérieures (142 ind/ha). Cette variabilité d'abondance d'une année à l'autre, très fréquente au sein d'une même nourricerie, peut être expliquée par les variations interannuelles des paramètres environnementaux pouvant agir sur le recrutement des juvéniles de soles.

Cette étude conforte l'importance des vasières polyhalines (Imperlay à Corsept) et des vasières mésohalines les plus en aval (Donges et surtout Moutons et Pierre Rouge) largement mise en évidence lors des études précédentes, bien que la fréquentation de l'estuaire au cours de l'été 2008 ait été globalement réduite comparativement aux études précédentes. L'impact de la pollution de Donges en mars 2008 a pu jouer sur cette baisse d'effectifs en 2008.

L'étude montre également une corrélation entre la variation des paramètres abiotiques tels que la température, la salinité, le débit fluvial ou l'oxygène dissous et la distribution des juvéniles de sole.

Dans leurs conclusions spécifiques, Delemarre (2009) et Bio-Littoral (2010) insistent sur ce qui a déjà été repris par de nombreux auteurs. Les aménagements de la Loire ont entraîné une perte de 50 % des zones de nourriceries en un siècle. Le programme Interreg Loire Grandeur Nature prévoit la restauration de quelques vasières, la création d'abord de 100 ha puis de 500 ha de vasières intertidales.

II.3.5 Oiseaux marins

Le secteur Loire/Vilaine témoigne d'une très grande richesse en avifaune. Il a donné lieu à de nombreuses études, des recensements, notamment au titre des directives Habitats, Oiseaux, application des zones Natura 2000, ZPS, ZICO, SIC.

* (n° 79/409/C.E.E., Journal Officiel des Communautés Européennes ° L.103/1 du 25 avril 1979).

** Directive C.E.E. du 25 juillet 1985 (n° 85/411/C.E.E., J.O.C.E. ° L.233/33 du 30 août 1985).

Selon Vigarié *et al.* (1996), il faut souligner que la directive « Oiseaux » a permis la prise de conscience collective de la valeur patrimoniale des oiseaux. Cette situation est largement issue du rôle pionnier qu'ont joué les ornithologues tant en écologie que dans le domaine de la protection de la nature, et tout particulièrement pour la sauvegarde des zones humides internationales (Convention de Ramsar). Il n'est plus nécessaire aujourd'hui de démontrer l'évidence du rôle des oiseaux comme indicateurs biologiques du fonctionnement des écosystèmes. Un milieu riche en diversité et nombre d'oiseaux ne peut que traduire des chaînes alimentaires riches et une structure végétale diversifiée, qui rejaillissent directement sur plusieurs activités humaines (pêche, agriculture, chasse).

II.3.5.1 Avifaune sur l'estuaire de la Loire

Dans le cas de l'estuaire de la Loire, il y a une relation évidente entre la répartition des oiseaux d'eau et la qualité du benthos des vasières, lequel détermine aussi la richesse en poissons (Vigarié *et al.* (1996). Les estuaires sont des zones toujours très riches en avifaune, lieu de rencontre des eaux douces et marines, avec l'alternance des marées à laquelle s'ajoute l'alternance des crues et des périodes de basses eaux.

L'estuaire de la Loire a été retenu dans les sites prioritaires dès 1980, avec des délimitations provisoires dans l'attente d'une étude précise de la répartition des oiseaux. C'est cette étude que le Ministère de l'Environnement a demandée à l'A.P.E.E.L. en 1989. Malgré son importance écologique et médiatique en Europe, l'estuaire de la Loire n'avait pas fait à l'époque l'objet de mesure de protection d'habitat.

Il s'agissait clairement d'un enjeu très délicat sur La Loire, avec la problématique entre développement industriel et mesures de protection de l'avifaune. En principe, si une zone est retenue selon critères européens comme une ZPS type 1, aucun aménagement ne doit avoir lieu. Les mesures compensatoires ne sont pas considérées comme recevables.

Loïc Marion rédige donc ce rapport qui reprend divers rapports déjà publiés (dans Vigarié *et al.* 1996). Il conclut clairement sur la valeur ornithologique remarquable de l'estuaire de la Loire, en grande partie due à la diversité de ses habitats, juxtaposition des biotopes complémentaires la présence des vasières, zone d'alimentation et de repos.

Les experts cités dans Vigarié *et al.* 1996 concluent que l'avifaune de l'estuaire de la Loire est l'une des plus riches d'Europe, plus de 230 espèces d'oiseaux fréquentent l'estuaire de la Loire qui fait figure de Monument naturel en France, à côté de sites prestigieux comme la Camargue, le Golfe du Morbihan, le lac de Grand-Lieu ou la Baie de l'Aiguillon.

Une carte de répartition sur l'estuaire de l'avifaune est donnée dans le rapport Vigarié *et al.* (1996) (Annexe 11). Parmi ces espèces, 107 sont nicheuses certaines et 25 nicheuses possibles. Mais la valeur internationale de l'estuaire réside, parallèlement, dans son rôle d'étape migratoire et d'hivernage. L'estuaire représente le 5ème ou 6ème site français d'hivernage pour les Anatidés avec en moyenne 19000 individus, auxquels s'ajoutent 6000 Limicoles.

Le rapport Vigarié *et al.* (1996) et plusieurs autres insistent sur la protection de certaines vasières (Méan, Donges- Est) sous peine de descendre en dessous de certains seuils de sélection de l'estuaire comme zone d'importance internationale pour la C.E.E. Il préconise des mesures de protection sur le tout le secteur de Donges Est considéré comme exceptionnel et s'insurge contre les conclusions de certains rapports comme celui cité de Essig (1992) qui préconise un transfert de l'avifaune de Donges-Est sur un autre secteur en compensation.

Ces experts mettent en avant notamment le fait qu'un transfert est inadapté au cas des oiseaux sauvages qui, seuls, peuvent décider de s'implanter ou non sur un site, ce qui n'est ni prédictible ni contrôlable. Ces installations spontanées obéissent à des facteurs écoéthologiques très complexes, dans lesquels la tradition joue un grand rôle, mais aussi les disponibilités d'habitats dans d'autres endroits, et surtout la proximité d'une population "source" qui fournit les individus colonisateurs. Contrairement aux végétaux, qui ont un pouvoir colonisateur élevé, les oiseaux ont en général un temps de réponse très long ou aléatoire, variable selon le type d'espèces, et d'autant plus grand que l'espèce est rare.

Des compléments sont apportés par Truhaus (2006) sur l'estuaire de la Loire sur une étude de l'impact des dragages pour lister les espèces principales que l'on peut retrouver autour des vasières sur l'estuaire de la Loire.

Le GIP Loire Estuaire (2008) dans sa fiche indicateurs L2C5 sur les avocettes indique que les suivis montrent une diminution des populations d'avocettes hivernant sur l'estuaire de la Loire alors la population en Bretagne sud augmente (cf Tableau en Annexe 11). Mais malgré sa perte d'attractivité, l'estuaire de la Loire accueille tous les ans plus de 1% de la population française estimée en moyenne à 17700 individus, critère-seuil définissant une zone humide d'importance nationale.

II.3.5.2 Avifaune de l'estuaire de la Vilaine

L'avifaune est aussi riche sur l'estuaire de la Vilaine. Les grandes vasières qui se sont étendues après la construction du barrage sont devenues des zones de forte fréquentation avicole avec des espèces proches de celles que l'on observe sur la Loire.

Un recensement de l'avifaune en estuaire de Vilaine est en cours, porté par l'IAV. Il est réalisé par Bretagne Vivante et l'Université de Bretagne Sud sur les hivers 2009-2010 et 2010-2011.

Les conclusions partielles en 2010 confirment l'importance de l'estuaire de la Vilaine pour les oiseaux en migration ou en hivernage.

Au total, plus de 10 000 individus ont été dénombrés. Les effectifs dénombrés au cours de la saison 2009/2010 dépassent le niveau d'importance internationale pour deux espèces (l'avocette élégante et la barge à queue noire) et le niveau d'importance nationale pour six espèces (tadorn de Belon, canard pilet, fuligule milouinan, bécasseau variable, grand gravelot et courli cendré).

En termes de densité d'oiseaux, les vasières du banc du Strado et de l'amont de l'estuaire apparaissent particulièrement attractives.

II.3.5.3 L'avifaune marine, secteur plus au large

Recorbet (1996) effectue un recensement des oiseaux marins sur le secteur Loire/Vilaine large avec des sorties en bateau dans tout le secteur (cf carte ci-dessous Figure 60) sur plusieurs saisons.

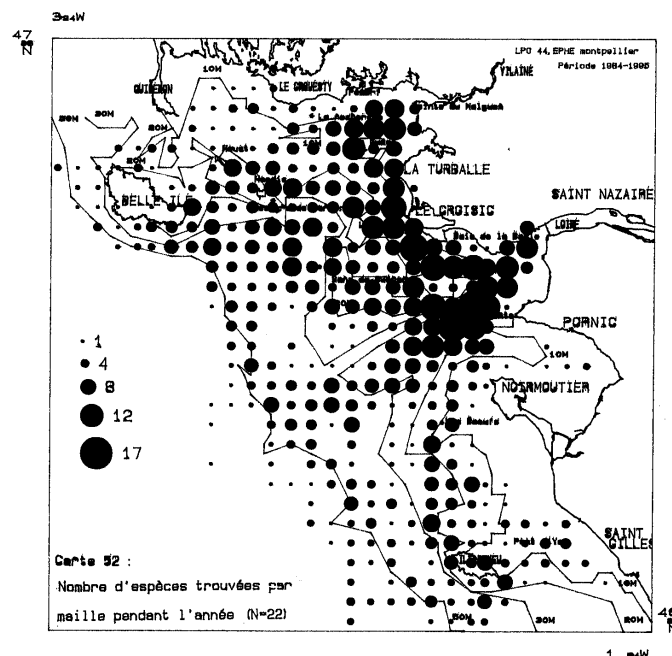


Figure 60 : Exemples de résultats des sorties ornithologiques sur le secteur Loire/Vilaine large (Recorbet 1996)

Les résultats de Recorbet (1996) sont exprimés par une liste monographique et une classification. La répartition et la diversité (nombre d'espèces) sont données en fonction de la bathymétrie et aussi en fonction de la turbidité, des peuplements halieutiques, la température et salinité, et les activités humaines. Les espèces d'oiseaux les plus fréquentes sont retrouvées près de la côte, dans des zones peu profondes. Plusieurs sont aussi capables d'aller plus au large, vers le début du Golfe de Gascogne.

Tableau 6 : Principales espèces d'oiseaux marins répertoriées par Recorbet (1996) en fonction de la bathymétrie

Affinités bathymétriques	Nombre d'espèces	Espèces concernées
Littoral <20m	12	Plongeurs (3 esp.), grand cormoran, eider, macreuses noires et brunes, mouette rieuse, goéland cendré, sternes gaucak, pierregarin, naine
Côtière -20 à -50 m	6	Fou de bassan, pétrel tempête, grand labbe, mouette pygmée, guifette noire, guillemot de Troil
Supposées hauturières	7	Pétrel cul-blanc, puffin majeur, cendré et des anglais, macareux moine, phalarope à bec large, sterne arctique
Ubiquistes (littoral et côtières)	10	Puffin yelkouan, cormoran huppé, fulmar boréal, labbe parasite, muette de sabbine, mouette tridactyle, goélands bruns, marins, argentés, pingouin torda
Indéterminées	4	Puffin fuligineux, labbe pomarin, mergule nain, sterne de Douglas

Recorbet (1996) conclut que ce secteur Loire/Vilaine est très riche en avifaune, il mériterait d'être classé comme ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux Marins. La richesse des zones estuariennes est évidente mais aussi les secteurs plus au large comme le plateau du Four, le banc de Guérande, l'île Dumet, ...

Certain (2007) conduit une étude approfondie sur les grands prédateurs, avicoles marins ou mammifères marins. Les zones d'habitat des alcidés et des goélands sont différenciées. Dans le cas des alcidés (fous de bassan), il semble qu'un habitat océanographique puisse être clairement défini sur la base de deux paramètres, la bathymétrie (le plus souvent < 100m) et la salinité (les alcidés sont également très fréquemment observés aux alentours des panaches fluviaux). Le groupe des goélands (dont la grande majorité des espèces dans le golfe de Gascogne vivent également en milieu terrestre et littoral) est très inféodé aux eaux littorales du sud de la Bretagne.

Pour synthétiser ses résultats, il définit 5 zones différentes sur le littoral Atlantique, définies sur le critère de leurs peuplements en prédateurs supérieurs dont deux se rattachent sur le secteur Loire/Vilaine:

- Zone 4 : Bas plateau. Le groupe d'espèce emblématique de cette zone est le groupe des alcidés, présents uniquement en hiver, bien que les fous de Bassan puissent être rencontrés dans la partie centrale de cette zone. Cette zone comprend plusieurs habitats très spécifiques du golfe de Gascogne, les panaches fluviaux de la Loire et de la Gironde, le banc d'Arguin (banc de sable situé en face d'Arcachon) et le plateau de Rochebonne (au large de la Vendée) pour citer les principaux.
- Zone 5 : Sud Bretagne. Cette zone, la plus petite, est l'habitat préférentiel des espèces de Goélands, notamment goélands Argentés et Goélands bruns. Bien que très productive on n'y observe que rarement les autres espèces d'oiseaux rencontrés dans le golfe de Gascogne.

Les considérations de Certain (2007) ne sont valables que pour la distribution de l'avifaune hauturière et côtière, il ne parle pas de la faune littorale extrêmement riche sur la côte bretonne.

II.3.5.4 Statut de l'avifaune et des sites

Pour l'estuaire et la baie de Vilaine, deux sites ZPS sont répertoriés :

- Site MOR BRAZ n° fr5212013, classé en ZPS en octobre 2008
- Site Baie de Vilaine n° site fr5310074, classé en ZPS en juin 1991

Deceuninck et Micol (1997) de la Ligue pour la Protection des oiseaux (LPO) conduisent une étude (bibliographie, balises sur les oiseaux et sorties en mer) pour le ministère de l'environnement qui souhaitait constituer le réseau de sites Natura 2000 marins dans le cadre de la directive Oiseaux (79/409 CEE). Cela supposait notamment de prévoir l'extension du réseau de Zones de Protection Spéciale, soit par modification de l'enveloppe des sites existants, soit par la création de nouvelles ZPS. Ils utilisent un indice qui identifie les sites à plus fort enjeu de conservation, l'indice d'importance ornithologique « Io ». Cet indice Io combine pour chaque site le nombre d'espèces, la taille relative de la population nicheuse et le statut national. Les sites dont l'Io ≥ 8 (les trois premières classes) sont d'une importance capitale au niveau national. C'est sur ces sites que les extensions marines des ZPS et la gestion conservatoire doivent porter en priorité.

Cette étude montre que parmi les 51 sites d'importance internationale pour les oiseaux marins nicheurs, deux sont présents dans le secteur Loire/Vilaine mais avec un indice Io bien inférieur à 8 :

- ESTUAIRE DE LA LOIRE (ZICO), note Io de 5,38
- ILES DE LA BAIE DE LA BAULE (ZPS FR5210049) Io : 0,38

Néanmoins sur la liste des 38 sites d'importance internationale pour les oiseaux côtiers en période hivernale, les sites suivants abritent des espèces qui atteignent ou dépassent les critères ZICO A4i ou Ramsar d'importance internationale :

- L'ILE DUMET pour le Tournepierre, la Bernache cravant, le Goéland argenté, le Grand Gravelot
- La COTE DE SAINT NAZAIRE AU CROISIC pour le Tournepierre, l'Avocette élégante, la Bernache cravant, le Goéland argenté, le Grand Gravelot, le Tadorne de Belon
- La BAIE DE VILAINE pour l'Avocette élégante, le Canard pilet, le Canard souchet, la Fuligule milouinan, le Grand Gravelot.

Le DOCOB (2006) mené Cap Atlantique sur les sites Natura 2000 de son territoire permet un recensement précis de l'avifaune sur le secteur avec l'établissement de fiches spécifiques sur les espèces ou groupes d'espèces nécessitant une gestion spécifique obligatoire (espèces en annexe I de la Directive Oiseaux). Un classement est aussi adopté en fonction de leur habitat préférentiel. Parmi ceux qui nous intéressent, sont listés les oiseaux marins, oiseaux des traicts, oiseaux des marais salants, oiseaux des îlots, des côtes rocheuses et de leurs alentours maritimes.

Il ressort de ce travail un classement en 3 grands groupes, mais plusieurs espèces peuvent se retrouver dans une catégorie ou l'autre.

➤ Les espèces possédant des fiches de gestion spécifiques (« fiche espèce ») :

Des fiches de gestion par espèce ne sont données que pour quelques espèces phares, c'est-à-dire ayant une importance en terme d'effectifs comparés à la France ou à l'Europe. Des mesures de conservation adaptées à la biologie et à l'écologie de l'espèce sont proposées (exemple : gestion des niveaux d'eau pour la nidification de l'Avocette élégante,...)

➤ Les espèces comportant des fiches de gestion par grand type d'habitat (fiche par « groupement d'espèces ») :

A terme, seront proposées des mesures de gestion par grand type d'habitat ; ainsi certaines espèces n'ayant pas fait l'objet d'une *fiche espèce* peuvent être citées par type d'habitat. Les catégories considérées sont : « Oiseaux marins », « Oiseaux des îlots, des côtes rocheuses et de leurs alentours maritimes », « Oiseaux des Traicts », « Oiseaux des Marais salants ».

➤ Les espèces n'entraînant pas de mesures de gestion particulières (« pas de fiche spécifique ») :

Ces oiseaux fréquentent la Presqu'île guérandaise de façon exceptionnelle (Busard cendré,...) ou sont présents en faibles effectifs (Balbuzard pêcheur).

D'autres espèces sont trop communes pour faire l'objet de fiches particulières, comme par exemple : Mouette mélanocéphale, Sterne naine, Sterne de Dougall, Guifette moustac, Guifette noire, Sarcelle d'hiver, Canard souchet, Canard chipeau, Goéland leucophé, Goéland marin, Canard colvert, Goéland cendré, Goéland brun, Goéland argenté, Foulque macroule.

On retiendra de ce chapitre la très grande richesse sur le plan avifaune de tout le secteur, depuis les estuaires jusqu'au large. Comme pour les peuplements halieutiques, les interactions large-milieu côtier et estuarien sont importantes pour l'avifaune, qui circule,... Dans son rapport pour l'APEEL, Loïc Marion dans Vigarié et al. (1996) souligne d'ailleurs l'intercomplémentarité entre ces diverses zones du secteur et avec les sites voisins (Golfe du Morbihan, La Grande Brière, les îles Belle-île, Houat, Hoedic, le Lac de Grand Lieu, la Baie de Bourgneuf), par une carte à laquelle on pourrait ajouter les circulations large-littoral de l'avifaune.

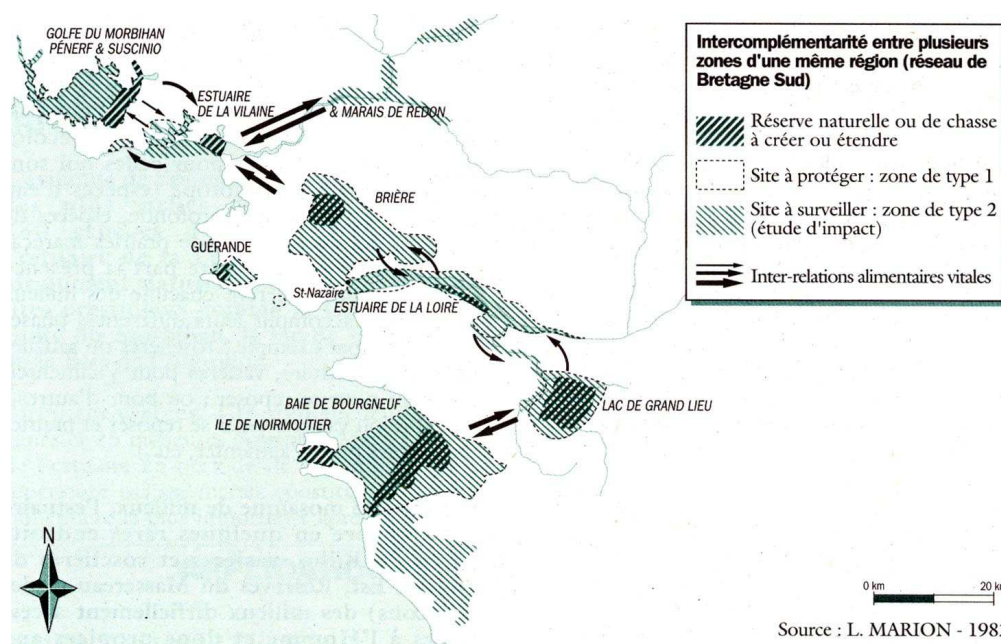


Figure 61 : Exemple de notion d'inter-complémentarité entre plusieurs zones pour l'avifaune d'une même région. Cas du réseau de Bretagne sud
(Marion dans Vigarié et al. 1996)

L'auteur conclut d'ailleurs que « la destruction de l'un de ces milieux est susceptible de gravement perturber, voire ruiner irrémédiablement l'équilibre avifaunistique de l'une ou de plusieurs des zones voisines ».

II.3.6 Mammifères marins

Très peu de données spécifiques au secteur Loire/Vilaine sont disponibles.

Le travail de thèse de Certain (2007) sur les grands prédateurs marins, mammifères et oiseaux fait d'ailleurs suite à la catastrophe de l'*Erika* en 1999 pour mesurer son impact sur ces communautés.

A cette époque, aucune étude d'envergure n'avait permis d'inventorier les populations d'oiseaux et de mammifères marins vivant sur le plateau continental du golfe de Gascogne, et l'impact de la catastrophe sur ces communautés fut mesuré de manière relative et indirecte. Un tel inventaire est pourtant un préalable indispensable à une gestion durable des activités économiques du golfe de Gascogne (pêche, transport et loisirs), ainsi qu'à la prise en compte des populations de prédateurs supérieurs dans l'étude et la gestion de l'écosystème marin. C'est pour combler cette lacune qu'un programme d'échantillonnage aérien a été proposé, avec la volonté de réaliser un échantillonnage exhaustif des populations de prédateurs supérieurs en couvrant la totalité du plateau continental français du golfe de Gascogne. A moyen terme, cet échantillonnage devait permettre non seulement de disposer des informations nécessaires à l'évaluation de l'impact d'une catastrophe future, mais aussi devait fournir les connaissances écologiques nécessaires à l'incorporation des prédateurs supérieurs dans des problématiques de recherche plus globales concernant l'écosystème pélagique du golfe de Gascogne.

Les prédateurs supérieurs ont donc été échantillonnés sur la totalité du plateau continental du golfe de Gascogne, par transects aériens.

L'écosystème du golfe de Gascogne est un écosystème productif, étudié, et qui abrite une communauté importante et diversifiée de prédateurs supérieurs comprenant plusieurs dizaines d'espèces d'oiseaux et de mammifères marins. Parmi les plus importants mammifères marins, il faut citer les dauphins communs *Delphinus delphis*, les grands dauphins *Tursiops truncatus* et les globicéphales noirs *Globicephala melas*. Cette liste d'espèces est très loin d'être exhaustive mais représente toutefois la majorité des effectifs de prédateurs du golfe de Gascogne.

Chez les mammifères marins, certaines espèces sont quasi-exclusivement inféodées au talus continental (globicéphales, dauphin bleu et blanc) ou au plateau (Grand dauphin). Seuls les dauphins communs semblent pouvoir être rencontrés sur l'ensemble du Golfe, bien que leur distribution au printemps se distingue clairement de la distribution des grands dauphins. Ces derniers se montrent d'ailleurs agressifs vis-à-vis des autres espèces de cétacés vivant en sympatrie avec eux en particulier vis-à-vis des marsouins communs qui se retrouvent plus près des côtes.

Dans ce travail de thèse de Certain (2007), il est difficile cependant d'en extraire des données spécifiques sur les mammifères marins qui s'approchent des côtes du secteur Loire/Vilaine.

Des observations de marsouins communs y sont régulièrement faites (ndlr). Au dire de E. Hussenot (Océanopolis, comm. personnelle), il est possible qu'un processus de « retour » de ces petits mammifères marins soit en cours sur cette partie Bretagne Sud alors qu'ils en avaient pratiquement disparu.

II.3.7 Les habitats, biotopes remarquables

Un inventaire des habitats remarquables en bordure littorale, et sur l'estran du secteur entre Pont Mahé et la Baie de la Baule est donné dans le DOCOB (2006) de Cap Atlantique.

Il est résumé sur un tableau en Annexe 12 et complète des informations déjà fournies dans le paragraphe sur le benthos.

Les principaux habitats qui sont recensés sur ce tableau sont les suivants :

- Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine
- Sables fins propres et légèrement envasés,
- Herbiers de Zostère marine (*Zostera marina*) (façade atlantique)
- Sables grossiers et graviers, bancs de maerl (façade atlantique)
- Slikke en mer à marées (façade atlantique)
- Estrans de sables fins (façade atlantique)
- Sables dunaires (façade atlantique)
- Estrans de sables grossiers et graviers (façade atlantique)
- La roche médiolittorale en mode abrité (façade atlantique)
- Roche médiolittorale en mode exposé (façade atlantique)
- Les récifs d'Hermelles (façade atlantique)
- La roche infralittorale en mode exposé (façade atlantique, habitat avec laminaire)
- La roche infralittorale en mode abrité (façade atlantique)
- Les champs de blocs (façade atlantique)

Pour chacun de ces biotopes, les localisations précises et superficies sont données. Les menaces, la valeur patrimoniale, la vulnérabilité sont estimées (et quantifiées selon une échelle) ainsi que les enjeux de préservation. Des actions sont ensuite proposées. Les quelques récifs d'hermelles présents sur le secteur recensé sont ainsi jugés très menacés par la pression des pêcheurs à pied.

Des données manquent à cet inventaire notamment sur le domaine infralittoral que les récentes études en cours devraient compléter (exemple sur les laminaires, roches infralittorales, selon Barillé et Derrien-Courtél 2010).

Cet inventaire devrait aussi pouvoir être complété sur le secteur plus au nord, de Pont Mahé à la rive nord de la Vilaine et Baie de Vilaine, plus au sud, vers la Pointe St Gildas, et plus au large, en incluant des bancs et plateaux rocheux comme le Plateau du Four, La Banche...

Sur les estuaires, il faut aussi ajouter les habitats et biotopes remarquables que constituent les vasières intertidales, donc nous avons déjà parlé à plusieurs reprises. Sur l'estuaire de la Loire, ces vasières sont menacées en raison des divers aménagements, sur un rythme de 28 ha/an, depuis 1960, selon le GIP Loire Estuaire (2006). Selon les auteurs, 50 à 63 % des vasières en zone de salinité moyenne auraient disparu. Mais depuis la prise de conscience de leur richesse fonctionnelle, il existe une volonté d'inverser la tendance. Des plans de création de nouvelles zones de vasières sont en cours.

Les fonctionnalités des vasières sont reprises dans le document d'orientation du GIP (2006) :

- nourricerie (pour sole, flet, bar),
- alimentation et repos pour oiseaux migrateurs, alimentation d'autres espèces,
- épuration entre agglomérations et plages du littoral,
- meilleure oxygénation de l'eau liée à la diminution bouchon vaseux, d'où une meilleur transit pour les espèces migratrices piscicoles.

Truhaus (2006) dans son travail d'étude d'impact des dragages sur la Loire, souligne par un schéma le rôle fondamental des vasières, un habitat qui risque vraiment d'être touché selon lui.

Dans sa brochure sur les habitats développés avec des SIGs, le GIP (2009) apporte un outil pour une meilleure connaissance et prise en compte de tous ces habitats sur l'estuaire et la Loire et modéliser ainsi les impacts de divers aménagements. Le modèle prend en compte 20 espèces benthiques (vers, crustacés, et mollusques des sédiments de l'estuaire), 18 espèces de la macrofaune vagile (poissons, crev, crustacés planctoniques), 65 espèces d'oiseaux. Les experts sont A.L. Barillé, Bio-Littoral (benthos et poissons), Frédéric Bioret (UBO flore et végétation), Loic Marion (CNRS/Univ Rennes 1 pour avifaune), Didier Montfort (Ouest Am' pour l'avifaune).

Une cartographie des 40 habitats fonctionnels du lit majeur (jusqu'à limite pointe St Gildas) est fourni.

II.4 Activités humaines

II.4.1 Démographie

Ndlr : Ce chapitre devrait être actualisé avec les documents des PLU et SCOT en cours sur le territoire, ce qui n'a pu être fait, faute de temps et de moyens.

II.4.1.1 Population résidente

Plusieurs études reprennent les chiffres démographiques des populations résidentes sur le secteur Loire/Vilaine. Les chiffres sont plutôt issus des recensements 1999 ou antérieurs, et les territoires de chaque étude sont très variables. Il est donc difficile d'en tirer une synthèse et de faire des comparaisons. Nous avons plutôt pris en compte les données récentes du dernier recensement (INSEE : 2006, 2007).

Selon le Tableau 7, la population résidente de l'ensemble des 27 communes représente une population de 180476 habitants (résidents à l'année, recensement 2006-2007).

Tableau 7 : Populations résidentes des 27 communes du territoire Loire/Vilaine considéré (d'après Wikipedia, données derniers recensement 2006-2007)

Communauté de communes	Communes	Habitants	km ²
Pays de Muzillac			
Total habitants:16501	Sarzeau	7050	60,23
Total km ² : 204,33	Surzur	3276	57,29
	Tour du Parc	990	9,3
	Damgan	1456	10,16
	Ambon	1516	38,04
	Billiers	892	5,87
Total communes côtières : 7	Arzal	1321	23,44
Cap Atlantique			
Total habitants:44512	Camoël	815	14,33
Total km ² : 185,8	Férel	2591	28,9
	Pénestin	1820	21,69
	Assérac	1668	32,91
	Mesquer	1658	16,72
	Piriac sur Mer	2254	12,37
	La Turballe	4341	18,53
	Le Croisic	4121	4,5
	Batz sur Mer	3217	9,27
	Le Pouliguen	5308	4,39
Total communes côtières : 11	La Baule Escoublac	16719	22,19
La Carène			
Total habitants:94024	Pornichet	10442	12,67
Total km ² : 156,15	Saint Nazaire	70946	46,79
	Montoir de Bretagne	6298	36,79
Total communes côtières : 4	Donges	6338	59,9
Estuaire sud			
Total habitants:25439	Paimboeuf	3054	2
Total km ² : 86,42	Corsept	2486	23,62
	Saint Brevins	12055	19,29
	Saint Michel Chef Chef	4234	25,12
Total communes côtières: 5	La Plaine sur Mer	3610	16,39
Total		180476	632,7
	27		

Selon les chiffres INSEE (1999), le SAGE Vilaine (2003) sur l'estuaire de la Vilaine estimait la population résidente du territoire étudié de l'estuaire à 38000 habitants (26000 selon les chiffres publiés du dernier recensement).

Baudrier (2002) souligne la croissance démographique du secteur géographique qu'il étudie en prenant l'ensemble des 2 départements 56 et 44. La forte attractivité du littoral et des grandes agglomérations (Vannes, Nantes, Saint Nazaire) est à l'origine de cette évolution. Mais la population du littoral est vieillissante.

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005), sur l'Estuaire aval – Littoral, l'accroissement de la population entre 1990 et 1999, de 5,57%, est plus faible que la moyenne du SAGE. Elle est néanmoins en progression par rapport à 1982-1990 (1,52%). Le solde naturel est faible et tend à la baisse. A l'inverse, le solde migratoire est fort et en augmentation : de -0,90% entre 1982-1990 à 4,64% entre 1990-1999. Sur la période 1982-1999, les populations des ensembles Littoral Guérandais et Boivre – Littoral Pays de Retz progressent fortement (respectivement +20,8% et +17,4%) alors que la population du Secteur Nazairien diminue (-3,61% soit 2 050 habitants de moins environ).

II.4.1.2 Population estivale

L'ensemble du territoire Loire/Vilaine est caractérisé par une très forte attractivité touristique. Les 27 communes que nous avons listées sont toutes concernées par l'application de la Loi Littoral, ce qui pose un réel souci en matière d'expansion de l'urbanisme.

Le nombre de résidences secondaires ainsi que les estimations de capacité d'hébergement touristique permettent d'appréhender ce phénomène.

Pour le SAGE Vilaine (2003), cette zone géographique est très touristique pendant l'été et, d'après l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, la population saisonnière agglomérée journalière de 1997 était de plus de 52.000 touristes sur le territoire et la capacité d'hébergement touristique maximale estimée à 90.000 lits. Mais ces chiffres demandent à être actualisés. Selon Baudrier (2002), par exemple sur les communes de Damgan et Arzon, les résidences secondaires représenteraient 75 % du parc total de ces communes. Selon le document en cours du PLU de Pénestin, ce ratio est de l'ordre de 2/3 (projet de PLU présenté en 2010).

En 1999, sur le territoire de l'ensemble du SAGE Estuaire Loire (2005), le périmètre compte 430 000 logements, se répartissant globalement en 84% de résidences principales, 10% de résidences secondaires et 5% de logements vacants. Le taux d'occupation des résidences principales est de 2,36 habitants. Mais si on ne considère que le territoire de l'Estuaire aval – Littoral, les résidences principales sont au nombre de 61 956, ne représentant que 59% du total des logements sur ce bassin.

Les résidences secondaires sont au nombre de 44 376 sur le périmètre, représentant environ 10% du total des logements. Elles sont principalement situées sur le bassin Estuaire aval - Littoral (85%) et dans une moindre mesure en Brière-Brivet (6%). En Estuaire aval - Littoral, elles se retrouvent très majoritairement sur les bassins Littoral Guérandais et Boivre - Littoral du Pays de Retz, respectivement 64,2% et 20,0% des résidences secondaires du SAGE. Dans le bassin Littoral Guérandais, l'urbanisation est forte sur toute la frange littorale. La commune de la Baule-Escoublac compte à elle seule 25% des résidences secondaires du SAGE.

Sur le Tableau 8 ci-dessous, selon diverses sources, nous avons tenté de reporter les chiffres donnés sur les populations résidentes, les populations estivales, et le dimensionnement des installations d'assainissement. Les chiffres sur les populations estivales sont issus des dires des municipalités pour les territoires du SAGE Estuaire Loire, et de 2 études qui datent sur le secteur Vilaine (Chauvin 1988 et Chalmin 1997).

Tableau 8 : Population résidente et estivale et assainissement collectif

Communes	Population 2002	Population estivale 2002(1) Chiffres communiqués par les communes.	Population 2006-2007	Station Epuration (EH)
La Baule-Escoublac	16416	entre 75 000 et 150 000	16719	Livery 80% Cap Atlantique, soit 200000
Pornichet	9668	50 000	10442	
Saint-Brévin		?	12055	24000
Le Pouliguen	5386	21 000	5308	Livery
Le Croisic	4325	entre 35 000 et 40 000	4121	Livery
La Turballe	4103	entre 30 000 et 35 000	4341	Livery
Batz-sur-Mer	3140	9 150	3217	Livery
Piriac-sur-Mer	1927	entre 25 000 et 30 000	2254	Livery
Pénestin		35000*4800**	1820	3000* 12000
Camoel		1700*0**	815	? 400**
Arzal		1600*	1321	1000*800**
Billiers		5000*2000**	892	1500*1800**et autonome
Damgan		35000*12000**	1456	6650*6000**
Ambon		1500*1300**	1516	Autonome*raccordement Damgan en 97**

*Selon Chauvin 1988 (chiffres 1982) qui souligne sous-dimensionnement des équipements, notamment la station de Pénestin et celle de Billiers et risques liés aux afflux de populations estivales. ** chiffres Chalmin 1997 qui montrent des contradictions.

La répartition du ratio résidences principales/résidences secondaires indiquée dans la Figure 62 montre clairement cette attractivité du territoire de Cap Atlantique, essentiellement le long du littoral.

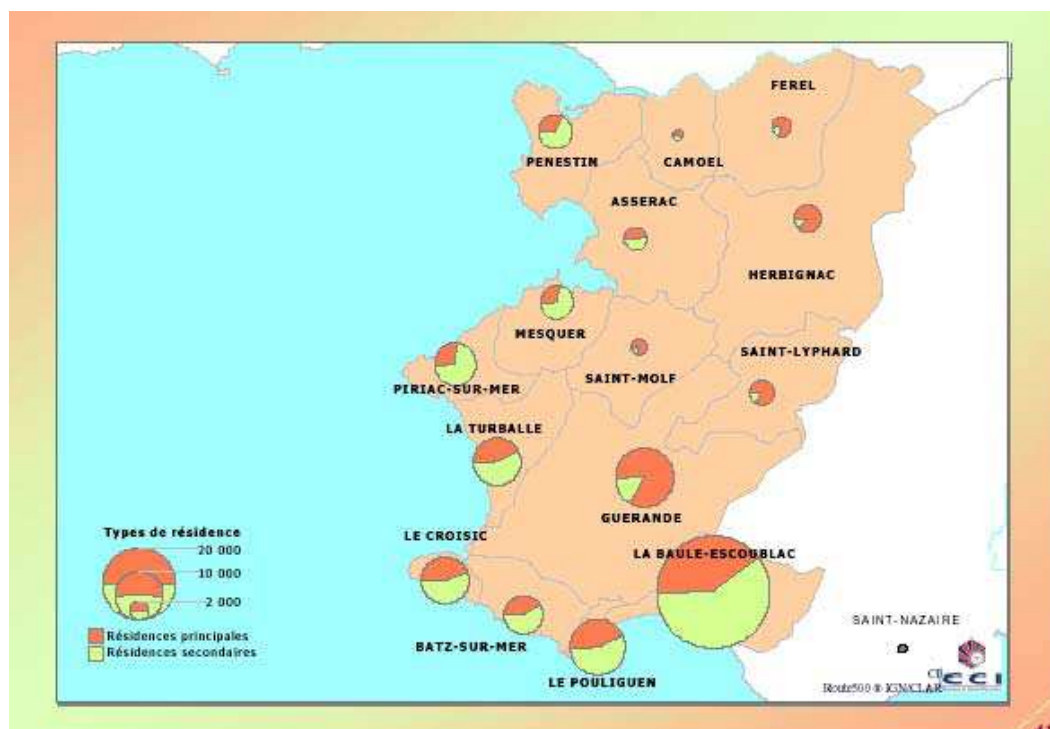


Figure 62 : Répartition des résidences secondaires sur le territoire de CAP Atlantique (d'après CCI, 2003 et repris dans Jeanneret et al. 2006)

Le document du SAGE Estuaire Loire (2006) rapporte une estimation de la population estivale des 18 communes littorales du département de Loire-Atlantique menée par la Direction Départementale de l'Équipement sur la base de l'inventaire communal de 1998. 14 concernent le périmètre du SAGE. Cette estimation prend en compte les capacités d'accueil de l'hôtellerie et des résidences secondaires (taux d'occupation de 5 personnes par résidence). La population touristique des communes littorales a été estimée à près de 273000 personnes, soit près de deux fois la population permanente. Les résidences secondaires représentent 4/5ème de la capacité d'accueil. La Baule-Escoublac, Pornichet et Pornic rassemblent 45% de la population touristique. La capacité d'accueil en rive droite de Loire est deux fois supérieure à celle de la rive gauche.

La population totale en saison estivale est estimée par les acteurs locaux pour le dimensionnement des équipements collectifs (comme les stations d'épuration par exemple). Des données plus récentes font état d'une population estivale de l'ordre de 280000 à 370000 visiteurs sur Cap Atlantique (4 à 5,5 fois la population permanente des communes en moyenne). Dans le détail, les communes de La Baule-Escoublac, le Croisic ou La Turballe peuvent voir leur population multipliée par 10 et jusqu'à 15 pour la commune de Piriac-sur-Mer. Sur l'ensemble du territoire de la Communauté (incluant les communes d'Asserac, Camoel, Mesquer-Quimiac, Pénestin et Saint-Molf), la population estivale est estimée entre 325 000 à 425 000 visiteurs.

Dans Jeanneret *et al.* (2006), la population de la presqu'île guérandaise passerait de 64 000 habitants en hiver (183 hab./km²) à 400 000 en été. Par ailleurs, 51 % des logements sont des résidences secondaires. Un document récent du SAGE Estuaire Loire (2009) n'hésite pas à dire que la population touristique sur les communes littorales peut être augmentée 10 à 15 fois par rapport à celle de l'année, cette variable doit influencer le dimensionnement des stations d'épuration.

Compte tenu de tous ces éléments, en prenant une hypothèse basse d'une population résidente multipliée par un facteur de 3-4, on estimerait la population estivale de l'ensemble du secteur Loire/Vilaine à plus de 500000 habitants. Mais ce chiffre réel est inconnu.

II.4.1.3 Problématique assainissement urbain

Dans leur document, les SAGE Estuaire Loire (2005) et Vilaine (2003) affichent des objectifs clairs pour garantir la qualité des eaux, et notamment sa qualité sanitaire, en améliorant l'assainissement des communes sur leur territoire.

Depuis la DCE et la Directive Eau Résiduaire Urbaine (DERU 1991), un certain nombre de communes se sont dotées de stations d'épuration plus modernes, et mieux dimensionnées. Le pourcentage de raccordement à un réseau collectif a été augmenté.

En 2002, en joignant la carte ci-dessous (Figure 63), Baudrier (2002) faisait état de 50 à 95 % des habitations du secteur Loire/Vilaine reliées au réseau collectif. A la date de son étude, seule une petite commune la Tour du Parc était encore non équipée en station d'épuration. Mais selon lui, les flux non contrôlés dus au tourisme estival laissaient planer un doute quant à l'efficacité de l'assainissement. La commune de Pénestin semblait peu équipée en réseau collectif.

Le SAGE Estuaire Loire (2005) indique que les communes de son périmètre disposent toutes d'un système d'assainissement collectif : individuellement, par convention ou au moyen des intercommunalités, soit un total de 192 ouvrages d'une capacité épuratoire totale de 1,5 M d'équivalent-habitant (EH). Sur ces 192 ouvrages, 134 rejettent leurs effluents à l'intérieur du périmètre.

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005), CAP Atlantique compte 5 ouvrages sur le territoire du SAGE Estuaire Loire, pour une capacité épuratoire de 231000 EH environ (deux ouvrages ont une capacité supérieur à 10000 EH). 95% de cette capacité épuratoire est assurée par la station de Livery (soit approximativement 210000 EH) sur la commune de La Baule-Escoublac. Le point de rejet de la station est situé en mer au large du Pouliguen (Baie du Scall). La station d'Herbignac rejette dans le ruisseau du Gorelin (bassin versant du Brivet). La Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire (CARENE) compte un plus grand nombre d'ouvrages de taille plus modeste (de 140 EH à 60 000 EH). La capacité épuratoire totale de la Communauté d'Agglomération est de 133 310 EH. 81% est assuré par les deux ouvrages de Gron à Montoir-de-Bretagne (60 000 EH) et Sautron à Saint-Nazaire (46 000 EH). La première rejette ses effluents dans le Brivet, la seconde en mer, dans l'estuaire externe de la Loire.

La Communauté de Communes Sud-Estuaire regroupe les communes de Frossay, Corsept, Paimboeuf, Saint-Brévin-les-Pins, Saint-Père-en-Retz et Saint-Viaud. Elle dispose de 4 stations d'épuration, la plus importante étant la station des Rochelets à Saint-Brévin-les-Pins (24000 EH). Les stations d'épuration de Saint-Brévin-les-Pins (24 000 EH) et de Saint-Père-en-Retz (5500 EH) rejettent leurs effluents dans le Boivre.

Le SAGE Estuaire Loire (2005) précise encore que dans l'estuaire aval, 84% des résidences sont reliées au tout à l'égout, 2% dispose d'un autre mode d'évacuation des eaux usées et 14% d'entre elles disposent d'une fosse septique.

Cap Atlantique en 2009 dans un dossier pour s'engager auprès de l'AELB dans un contrat de Territoire Multithématique refait une mise à jour de l'assainissement sur son territoire. Selon l'équipe de Cap Atlantique, il y a en fait 13 stations d'épuration au total sur le territoire. Au regard de la DERU de 1991, seules les stations de Saint-Lyphard et d'Herbignac ne respectent pas à ce jour cette Directive. Les travaux de Saint-Lyphard sont déjà en cours et la station sera en service fin 2009 et ceux d'Herbignac devraient être terminés fin 2010. Par ailleurs, le classement en zone sensible de la zone littorale de CAP Atlantique induit de prévoir un traitement plus poussé de l'azote et du phosphore pour les stations de La Turballe et de Livery pour 2013. Ils concluent que les travaux réalisés depuis 2000 et ceux programmés jusqu'en 2014 améliorent et amélioreront encore la qualité de l'assainissement et doivent permettre de satisfaire les besoins, au moins jusqu'à 2020.

Parallèlement, des problèmes résiduels d'infiltration d'eaux parasites (eaux pluviales et eaux de nappe) dans les réseaux d'eaux usées restent à résoudre. Dans ce cadre, des études de métrologie ont été lancées en 2006 de manière à établir un diagnostic permanent et de mesurer l'efficacité du programme d'amélioration à intervenir.

Le SAGE Vilaine (2003) met en avant ses objectifs d'amélioration de l'assainissement. Mais il ne fournit pas de mise à jour sur l'état de l'assainissement sur son secteur. Il insiste néanmoins sur la nécessité pour la commune de Damgan de s'équiper d'une station.

Un nouvel état des lieux sur le bassin de la Vilaine par rapport à l'assainissement est en cours de réalisation dans le cadre de la révision du SAGE Vilaine.

Outre la potentielle contamination bactérienne des masses d'eaux côtières que la problématique assainissement urbain implique, il faut aussi souligner l'apport non négligeable en nutriments (N, P) que signifient les rejets urbains, ainsi que le risque potentiel de contamination par des résidus de médicaments, utilisés en santé humaine. Le rapport récent du BRGM (Togola *et al.* 2008) montre que plusieurs résidus de médicaments humains sont fréquemment dosés dans des stations d'épuration à des concentrations susceptibles d'engendrer des effets négatifs sur l'environnement.

Selon une source (com. pers. d'un professionnel du traitement des eaux), près de 80 % de ces résidus sortiraient intacts d'une station d'épuration. On voit de plus en plus d'études signalant ces molécules comme perturbateurs endocriniens sur des eaux continentales, capables d'agir à de très faibles doses sur divers organismes (invertébrés et poissons). Qu'en est-il sur le littoral ?

En tout état de cause, une mise à jour de l'état de l'assainissement urbain serait importante à faire sur l'ensemble de secteur, en prenant en compte la population estivale. Les parts relatives de l'assainissement non collectif, et agricole sont aussi à prendre en compte.

Logements raccordés à un réseau collectif d'assainissement

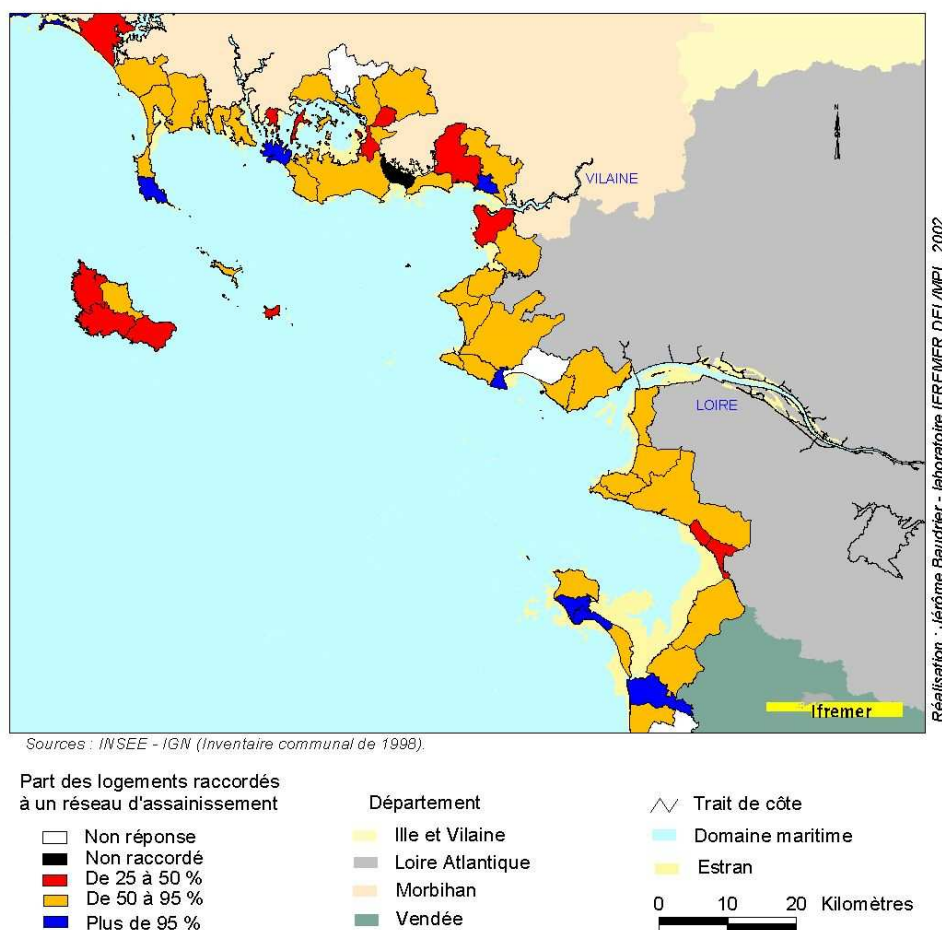


Figure 63 : Logements raccordés à un réseau collectif d'assainissement (selon Baudrier 2002)

II.4.2 Tourisme et activités de loisirs

II.4.2.1 Généralités

Baudrier (2002) reprend des études faites en 1997, faites à l'échelle des départements 44 et 56.

L'activité touristique du secteur est très saisonnière et dépendante des conditions météorologiques et la qualité de l'environnement. Par exemple, la pollution de l'Erika aurait provoqué une chute de 20% des nuitées sur le Morbihan. L'attractivité de la bande côtière est très forte, 91% de la fréquentation touristique. Le taux d'ensoleillement est important (2000 h soleil/an) et place le secteur au niveau du Sud Ouest Aquitain. L'activité hors saison est en croissance. Mais la tendance générale est clairement vers une concentration du pic de fréquentation touristique entre le 15/07 et 15/08, ce qui génère des problèmes de gestion pour les municipalités, des conflits d'usage et des risques de pollution.

Sur le Morbihan, l'activité touristique générerait 1 milliard d'Euros, directement ou indirectement, soit 12000 emplois en haute saison. C'est 2^{ème} activité économique du département. En Loire-Atlantique, ce serait 13000 emplois. La clientèle du Morbihan est plutôt aisée, familiale, d'origine française (quart nord ouest de la France) ou européenne (Angleterre, Allemagne, Belgique et Luxembourg). Une grande partie de celle de Loire Atlantique vient des environs (45%), populaire et familiale, ou de plus loin (France et Europe) en étant plus aisée.

Dans Jeanneret *et al.* (2006), il est précisé que la vocation du territoire de la Presqu'île guérandaise est fortement tournée depuis plus d'un siècle vers le tourisme balnéaire. C'est le lieu de villégiature de la métropole nantaise. Le bassin du Mès est le siège d'un tourisme différent, de camping-caravaning.

II.4.2.2 Essor de la plaisance

Sur le périmètre du SAGE Estuaire Loire (2005), le département de Loire-Atlantique possède 6 ports de commerce et de pêche (ports départementaux) possédant une partie réservée à la plaisance. La responsabilité de ces ports est transférée au Conseil Général Loire-Atlantique par arrêté préfectoral. La zone commerciale de pêche peut être sous la concession de la Chambre des Commerces et de l'Industrie (CCI), de la commune ou d'un syndicat communal. Les parties réservées à la plaisance sont gérées par la commune.

Les autres ports de plaisance sont au nombre de 19. Leur gestion peut être sous la responsabilité de la commune, d'un syndicat intercommunal, d'une association ou d'une société

La capacité d'accueil des ports de commerce, de pêche et de plaisance sur le périmètre du SAGE est d'environ 5 000 places dont les 2/3 sont situés dans des ports à flot. La grande majorité des places étant située sur le littoral de part et d'autre de l'embouchure.

En 2003, 42605 bateaux de plaisance sont immatriculés en Loire Atlantique (CG 44). Plus de la moitié de ces immatriculations se répartit entre Saint-Nazaire et Nantes (respectivement 32 et 28%).

Pour le SAGE Vilaine (2003), la navigation est importante compte tenu de l'intérêt nautique de la Vilaine et de la côte Atlantique (proximité du Golfe du Morbihan). Pour l'illustrer, il suffit de présenter la fréquentation nautique à l'écluse du barrage d'Arzal où sont recensés tous les passages de bateaux (données IAV) : en 2008, on dénombrait 16325 passages de bateaux de plaisance, 53 passage de bateaux de pêche et 134 passages de bateaux de commerce.

Deux ports en eau profonde sont présents dans le périmètre du SAGE Vilaine : le port d'Arzal-Camoël (820 places), et celui de Piriac-sur-Mer (640 places).

Mais le SAGE Vilaine (2003) met en avant un problème quant au nombre de mouillages sur le secteur. Lors d'une enquête sur le terrain menée en collaboration avec la DDAM de Vannes en mars/avril 1999, près de 2.000 mouillages individuels ont été recensés en Baie de Vilaine. Sur cet effectif, seule la moitié est autorisée (Autorisation d'Occupation Temporaire).

Baudrier (2002) indique l'essor de la plaisance sur le secteur (8000 places en 44 et 50000 bateaux immatriculés dans le Morbihan) et les potentiels conflits d'usage que cette activité génère avec d'autres secteurs professionnels comme la pêche, la conchyliculture.

Le manque de place disponible pour la plaisance dans les différents ports est un vrai problème. Tous les ports de plaisance sont à saturation, y compris celui d'Arzal-Camoel, en amont du barrage d'Arzal. Il en est de même pour la plupart des cales de mise à l'eau. Des projets d'installations de ports à terre sont à l'étude (exemple sur Pornichet). De plus, la plupart de ces ports sur la côte nécessitent des frais importants d'entretien avec des dragages réguliers, entraînant des polémiques sur le devenir des produits dragués. Les aménagements des ports n'ont pas été non plus sans effet.

Les ports de plaisance sont avec leurs capacités d'accueil (quand nous avons pu trouver les données) sont indiqués en Annexe 13. La Figure 64 montre leur localisation.

Localisation des ports de plaisance du secteur Loire Vilaine



Figure 64 : Localisation des ports de plaisance sur le secteur Loire/Vilaine
(Baudrier 2002)

II.4.2.3 Activités de loisir autour de la mer

La qualité des eaux de baignade dans la zone d'étude est correcte. Baudrier (2002) recense 167 plages contrôlées sur le secteur Quiberon-Noirmoutier. Nous en avons recensé 70 sur le linéaire côtier Loire/Vilaine d'après les bilans DDASS (2009) dont 19 sont classées en B ou C.

Des pics de contamination sont régulièrement détectés sur certaines plages, pendant la saison estivale (exemple Plage Benoît à la Baule) entraînant des interdictions de baignade ou pêche à pied.

Les sources de contamination locale sont plutôt incriminées à une défaillance des systèmes d'assainissement (notamment le réseau non raccordé), des eaux pluviales, ou des contaminations animales (Cap Atlantique, exposé du 8/07/10).

Nous n'avons pas pu trouver de données spécifiques qui doivent exister sur les points suivants qui sont importants dans le secteur Loire/Vilaine.

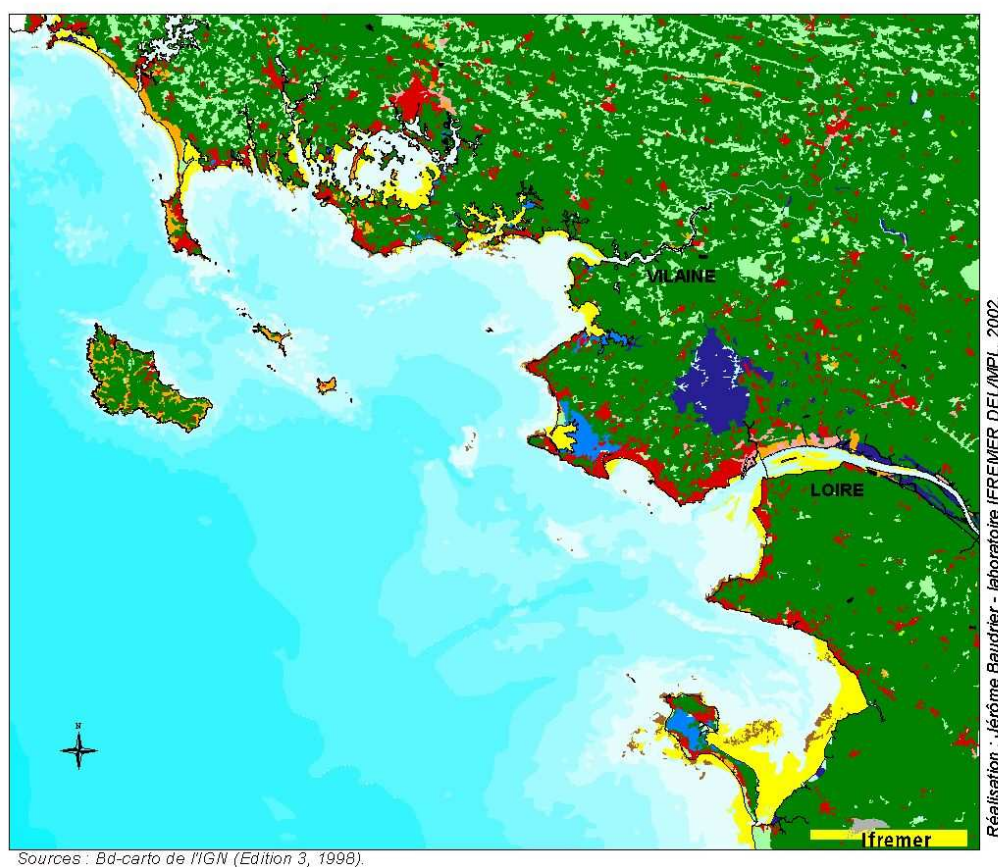
- Les activités nautiques représentées par des clubs et écoles de voile (voile légère), de kayaks, et de plongées en bouteille.
- Les pratiquants non affiliés à une fédération sont aussi nombreux, notamment sur des sports nautiques comme la planche à voile et le kite surf.
- La pêche de loisir en bateau à moteur (les pêcheurs plaisanciers) qui posent des filets, des casiers et pêchent à la ligne,
- La chasse en plongée sous-marine.

Le SAGE Vilaine (2003) mentionne que dans cette partie du Mor Braz, quatre écoles de voile sont recensées avec des zones de navigation autorisées bien délimitées.

II.4.3 Occupation du sol et place de l'agriculture

Baudrier (2002) présente une carte d'occupation des sols selon les sources Agreste (2001) (Figure 65). La tendance nette, confirmée par les divers documents de SAGE Vilaine ou Estuaire Loire est une diminution des surfaces agricoles et zones humides, notamment evrs les secteurs côtiers où les terrains s'artificialisent de plus en plus.

Occupation du sol sur le secteur Loire Vilaine

**Nature****Territoires artificiels**

- Bâti
- Zone industrielle, commerciale, de communication ou de loisirs
- Carrière, décharge

Agriculture et prairie

- Prairie, pelouse, et toute culture hormis vigne et verger
- Vigne, verger

Forêt et espace semi-naturel

- Forêt
- Végétation naturelle basse ligneuse, maquis, garrigue, lande, broussailles
- Plage, dune, sable, gravier, galet ou terrain nu sans couvert végétal
- Rocher, éboulis

Territoires artificiels

- Marais, tourbière
- Marais salant
- Eau libre

0 5 10 Kilomètres

Figure 65 : Occupation du sol sur le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)

Jeanneret *et al.* (2006) souligne sur le territoire de Cap Atlantique que l'agriculture n'est pas homogène sur le territoire étudié. Les surfaces agricoles représentent environ 60% sur les bassins versants du trait de Pen-Bé, tandis qu'elles n'occupent que 20% sur les bassins versants des traits du Croisic (et sont même inexistantes sur le bassin versant du Grand Traict), où l'urbanisation est prépondérante (jusqu'à 65 % au Grand Traict, contre 15% à Pen-Bé).

Cette agriculture qui subsiste est surtout dominée par un modèle de polyculture-élevage, avec une dominante de production de lait. On note cependant quelques sites d'arboriculture notamment fruitière, de maraîchage et quelques élevages hors-sol (Figure 66).

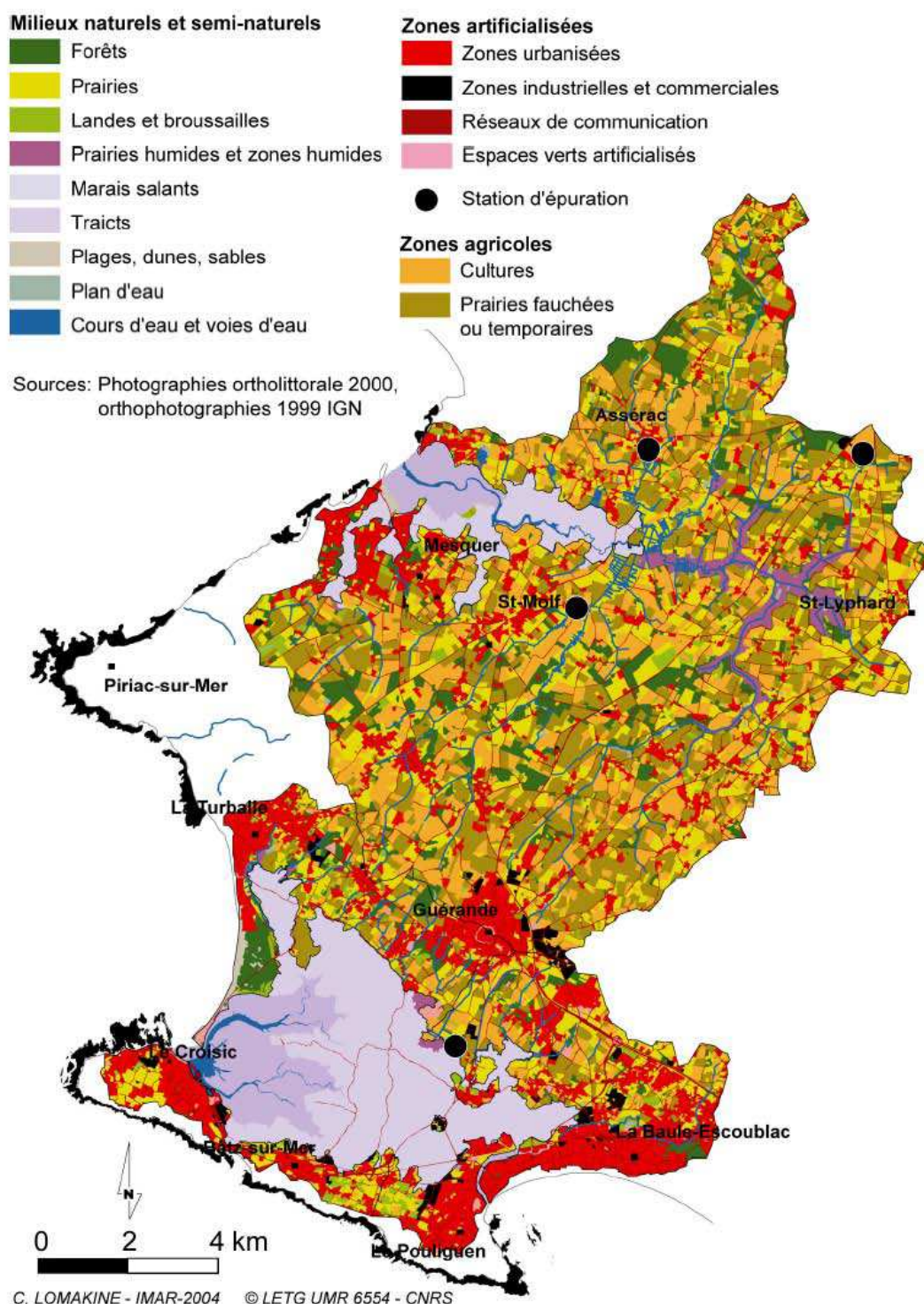


Figure 66 : Occupation du sol sur les bassins versants de la presqu'île guérandaise (repris dans Jeanneret et al. 2006)

Le SAGE Estuaire Loire (2005) confirme cette diminution des SAU (Surface Agricole Utilisée) à l'échelle de son territoire, et plus particulièrement sur l'aval. A l'échelle du périmètre, la SAU a régressé de près de 15% entre 1979 et 2000. Cette baisse est due à l'extension de l'urbanisation, des emprises routières et des zones artisanales et industrielles. Elle est plus sensible en zone périurbaine et littorale. Les plus fortes baisses sont enregistrées dans les bassins Estuaire aval – Littoral (-33% et -38% sur les ensembles Littoral Guérandais et Secteur Nazairien) et Estuaire amont (-57% sur Secteur Nantais). Dans l'ensemble Estuaire aval-littoral, c'est l'urbanisation de l'agglomération nazairienne et de la frange littorale, qui fait chuter la part relative des terres agricoles en dessous de 60%.

Le DOCOB (2006) de Cap Atlantique reprend des études et des éléments retenus à partir d'entretiens et de réunions avec les agriculteurs de son territoire, en 2003-2004, en rapport avec les ZSC. Il confirme le caractère diversifié de l'agriculture (exploitation traditionnelle laitière et/ou allaitante, culture céréalière et maraîchère, exploitation spécialisée lapins-volailles, arboriculture, élevage hors-sol porcs-volailles), mais largement dominé par l'agriculture d'élevage sur les deux ZSC. Il souligne que l'avenir de la profession agricole est aussi lié à un positionnement différent, dans un rôle de maintien des paysages, et certains biotopes.

II.4.4 Le secteur industriel

II.4.4.1 Description générale

Le secteur industriel du Morbihan se partage entre la construction navale militaire, les chantiers nautiques et l'agro-alimentaire (40 %) (Baudrier 2002). Les mêmes tendances se retrouvent en Loire-Atlantique. Mais sur le territoire côtier de l'estuaire et de la Baie de Vilaine placé dans le Morbihan, aucune industrie importante n'est localisée. On retrouve une activité de port de plaisance sur le site d'Arzal, avec le développement de plusieurs commerces et métiers liés à la plaisance.

Pour le SAGE (2005), son périmètre est en revanche l'un des territoires les plus industrialisés de France. Les Chantiers de l'Atlantique sont le N°1 mondial des constructeurs de paquebots et de bateaux de transports spécialisés (méthaniers) et le département est également le second pôle national de l'aéronautique (10000 salariés, 150 entreprises sous-traitantes). L'activité portuaire représente une part importante de l'économie locale.

On recense 400 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation dans le périmètre du SAGE Estuaire Loire, ce qui implique la gestion des déchets industriels dont une partie se fait St Nazaire et à Herbignac. Sur ces installations classées, une est située à Cordemais (EDF, eaux de refroidissement), une à Donges (raffinerie Total), une à Montoir (eaux de réchauffement, GDF), une à La Baule et 3 à St Nazaire.

II.4.4.2 Le Grand Port Maritime de Nantes-St Nazaire (PANSN-GPMNSN)

Le PANSN est le premier port français de la façade atlantique et 4^{ème} port national avec un trafic annuel supérieur à 30 – 34 millions de tonnes, après Marseille (95,5 Mt), Le Havre (69 Mt), Dunkerque (50 Mt), et avant Rouen (21,9 Mt) et Bordeaux (8,4 Mt) (SAGE Estuaire Loire 2005).

Les principaux chiffres font état pour l'année 2004, d'un trafic total de marchandises de 32,5 millions de tonnes dont 10,7 % de pétrole, 2,2 % de sable de mer, 39,70 % à Montoir, 1,2 % à St Nazaire et 49,5 % à Donges. Le nombre de navires hors sabliers desservant le PANSN a été de 2503 durant l'année 2001. Sur ces 2503 navires, plus de la moitié est desservie par les terminaux de Montoir et de Donges. Ces données montrent également que le trafic des sabliers est important puisqu'il représente à lui seul 1/3 des mouvements de navires de transport de marchandises recensés durant l'année 2001.

7 sites portuaires entre Nantes et St Nazaire permettent de gérer les différents trafics du Port Autonome avec chacun des spécificités d'aménagement et des caractéristiques techniques propres à ces trafics (cf Annexe 13).

L'impact économique du Port Autonome a fait l'objet de plusieurs études successives, depuis le début des années 1990. Il a été estimé en dernier lieu en 2003 par les universités de Bretagne Sud et de Nantes à environ 26 400 emplois et 2,6 milliards d'€ de valeur ajoutée hors construction navale (activités directes, indirectes et induites).

Les travaux d'aménagements portuaires (cf paragraphes PartI.2.2.5 et I.2.2.6) ont débuté dès le XVIIIème siècle et se sont amplifiés par la suite pour s'adapter au développement des échanges commerciaux et à l'accroissement de la taille des navires.

- A l'aval, Donges – Montoir, pour les grands navires de vracs nécessitant des tirants d'eau importants et les navires de lignes régulières nécessitant des escales rapides,
- A l'amont, Nantes, pour les petits et moyens navires de vracs

A la demande du Gouvernement, le PANSN a procédé à l'élaboration d'un plan stratégique de développement à moyen terme en prenant compte tous les sites de développement potentiel, y compris Donges Est.

Il s'agit avec une prévision de trafic total de plus de 40 millions de tonnes à l'horizon 2015 de se doter de capacités d'extension suffisantes.

Le site de Donges Est a depuis de longues années été étudié pour répondre aux exigences des trafics maritimes et de leur évolution. Les premiers remblaiements sur cet espace remontent aux années 1970.

Il a été choisi car il permet :

- Possibilités de réalisation progressive (en fonction des besoins et opportunités),
- Capacités importantes à long terme pour accueillir des implantations nécessaires à l'activité portuaire,
- Coût « raisonnable ».

Une importante étude d'impact a mesuré les incidences sur les milieux estuariens et préconisé des mesures compensatoires qui ont été présentées lors des concertations mises en place. Mais elles ont fait l'objet de contestations aussi bien du monde scientifique (cf travaux de l'APEEL 1984-94, Sauriau 1996; Vigarié *et al.* 1996) qu'associatif. Malgré les impacts soulignés sur l'environnement, les aménagements ont cependant continué d'être faits privilégiant l'activité portuaire.

Dans ce contexte, la rive nord de l'estuaire comprise entre Donges et Lavau a donc été profondément modifiée, pour donner naissance au site de Donges Est, localisé immédiatement à l'amont de la raffinerie de pétrole de Donges.

Les mesures compensatoires liées au projet de Donges Est sont les suivantes :

- Création de vasières au niveau de la Percée du Carnet en rive sud,
- Création d'un chenal au sud-est du banc de Bilho,
- Extension de roselières sur l'île Chevalier en rive nord,
- Aménagement de mares dans l'emprise de l'ancien bras de la Taillée au nord du site de Donges Est,
- Aménagement de talus de sable (1 500 m) avec ronciers et nichoirs artificiels sur certaines limites du futur site portuaire de Donges Est mitoyennes de la zone humide,
- Création d'un fond d'intervention pour la gestion des zones humides de l'estuaire de la Loire (76 200 € / an pendant 10 ans).

Les mesures compensatoires comportent donc des créations de vasières (26 hectares), de roselières (22 hectares), des aménagements de génie écologique complémentaires destinés à favoriser certaines espèces sensibles (oiseaux, amphibiens). Des mesures de gestion accompagnent ces actions.

Le programme proposé permettrait de compenser l'ensemble des impacts écologiques non réductibles au regard de l'extension du Port Autonome de Donges Est, à savoir :

- Perte de 21 hectares de vasières intertidales,
- Perte de 5 hectares de vasières subtidales,
- Perte de 22 hectares de roselières,
- Perte de mares sur le remblai existant de Donges Est,
- Perte de sites de nidification sur le remblai existant,
- Impact général sur les zones.

II.4.4.3 L'émergence de l'éolien en mer

La DREAL Pays de la Loire organise des réunions publiques de concertation où certaines informations sont disponibles sur les projets en cours, la dernière en date du 27 janvier 2010 (http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=881). Plusieurs projets sont à l'étude pour installer des champs d'éoliennes en mer sur le plateau de la Banche, le banc de Guérande ou encore plus au large (cf Figure 67).

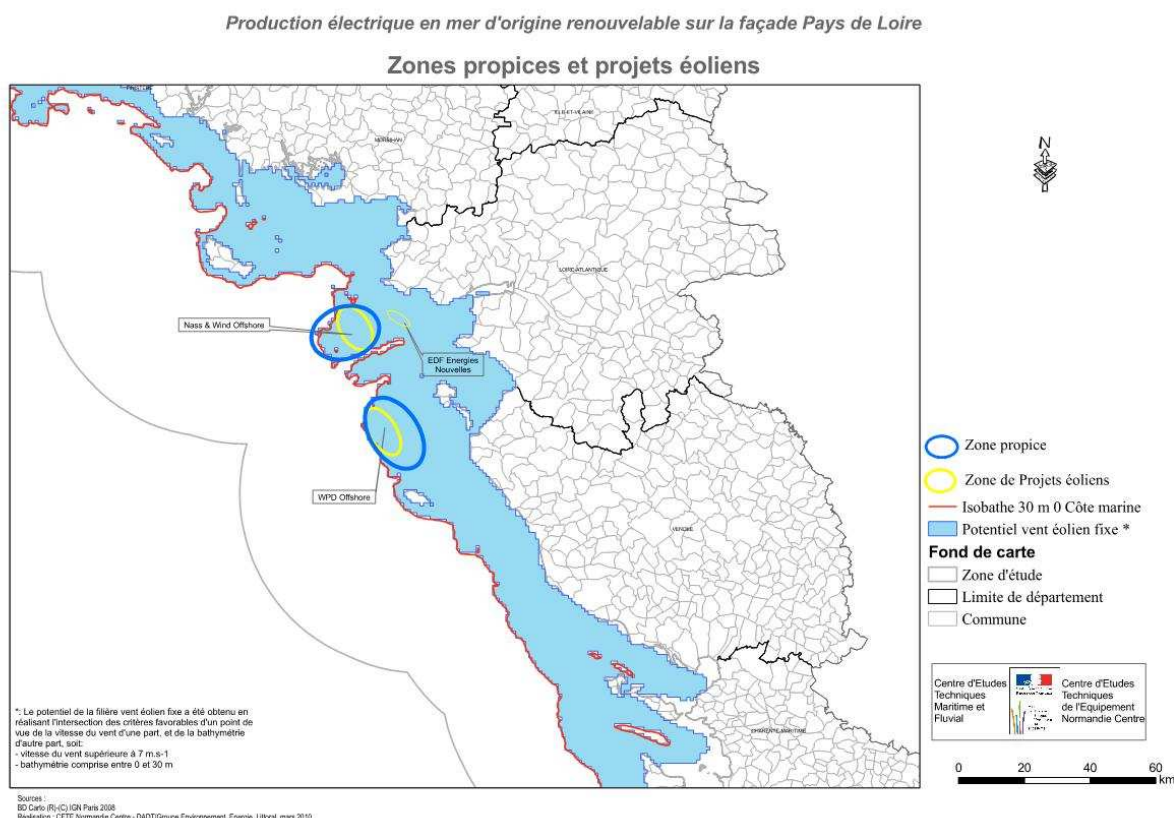


Figure 67 : Zones propices à la production éolienne off-shore en Pays de la Loire
(source : http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=881)

La logistique et les infrastructures de relais sont prévues sur le site du PASNS, devant permettre des emplois. L'implantation de ces éoliennes sur certains sites sensibles comme le plateau de la Banche et très riches en biodiversité est cependant dénoncée par plusieurs associations locales, dont ELV.

Quels que soient les choix retenus sur les implantations des champs d'éolienne, des études d'impact seront réalisées par les potentiels exploitants. Mais comme pour les extractions marines (cf paragraphe suivant 4.5.5, ces études ne seront probablement pas disponibles au public.

II.4.5 Exploitations des ressources marines

II.4.5.1 La conchyliculture

Le secteur Loire/Vilaine tient une place importante dans la conchyliculture française. Selon Baudrier (2002), plus 40000 tonnes y sont produites sur les 210000 t sur le plan national (189300 t nationales selon Tanguy 2008). Mais Baudrier inclut 3 secteurs importants par rapport à notre travail : le Golfe du Morbihan, la Baie de Quiberon et la Baie de Bourgneuf, que nous ne décrivons pas.

Deux cartes permettent de situer les activités conchyliques, et leur importance relative, à l'échelle du secteur Loire/Vilaine de Baudrier (2002) (Figure 68), et à l'échelle du territoire de Cap Atlantique (Figure 69).

Les productions de pêche et de conchyliculture sur le secteur Loire Vilaine

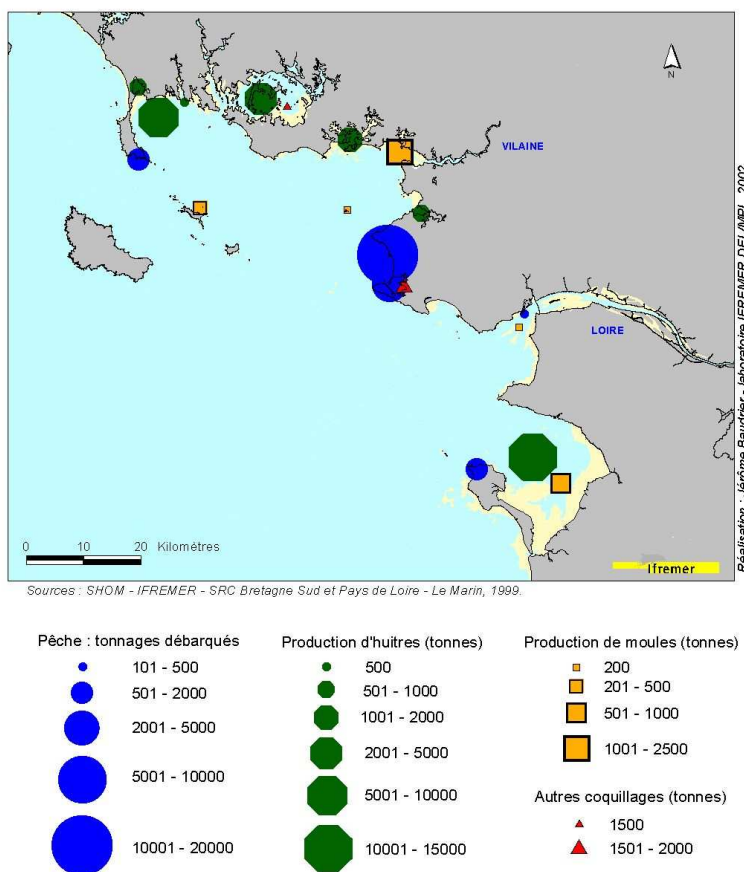


Figure 68 : Production de pêche et de conchyliculture sur le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)

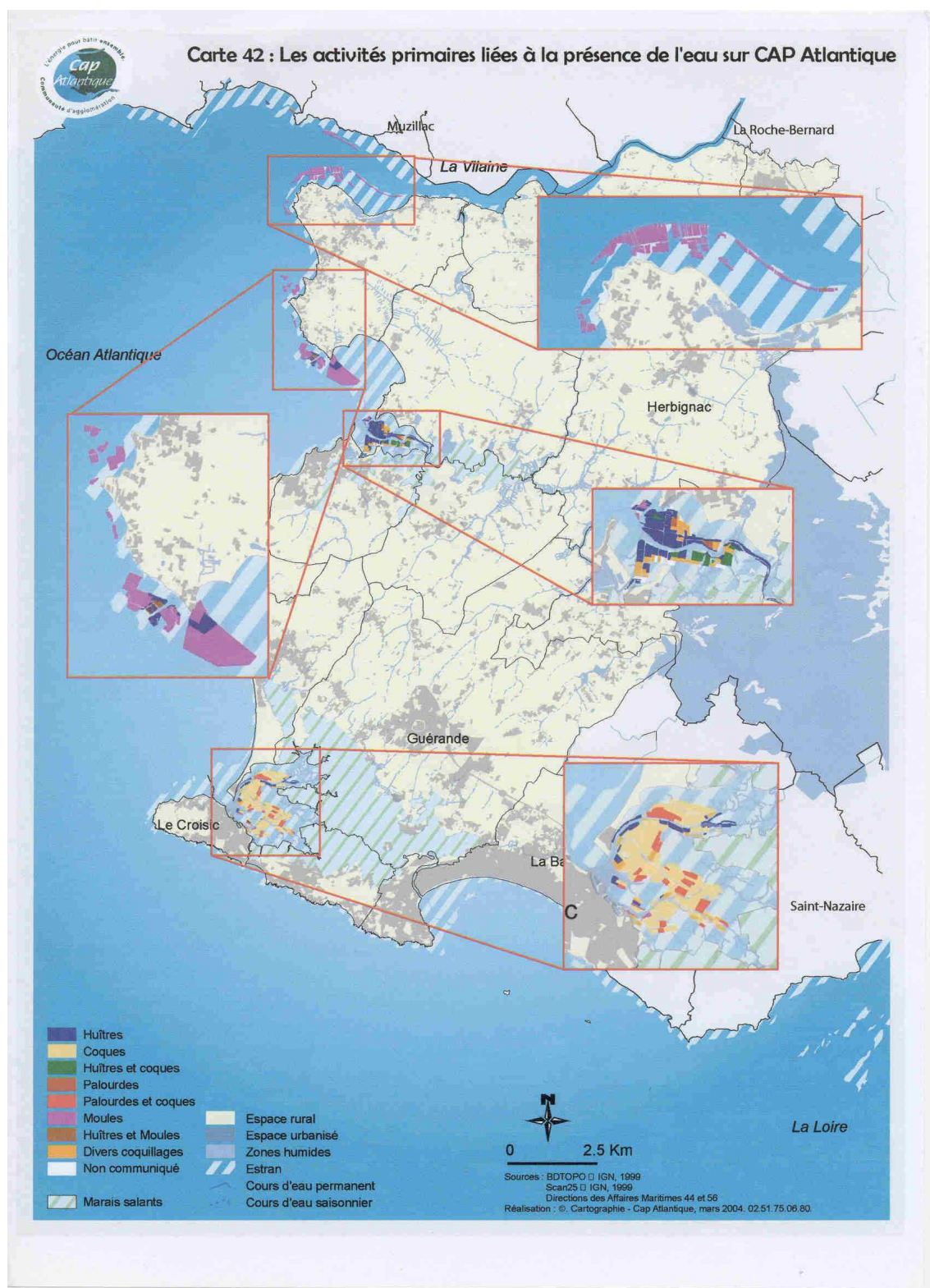


Figure 69 : Activités primaires tributaires de la qualité de l'eau sur le territoire de Cap Atlantique (Cap Atlantique)

II.4.5.1.1 Présentation générale des activités conchyliques

Les activités sont présentées dans les documents des SAGE Estuaire Loire (2005) et SAGE Vilaine (2003), complétées par des études comme Jeanneret *et al.* (2006) et le DOCOB (2006) de Cap Atlantique.

Pour le SAGE Vilaine (2003), la Baie de Vilaine est le siège de 3 zones de productions conchyliques, représentées chacune par un syndicat :

- Au nord-ouest, le syndicat conchylique de Pénerf produit 3.000 tonnes d'huîtres par an (creuses et plates). L'activité concerne 300 emplois et 64 entreprises.
- Au centre, le syndicat conchylique de Tréhigui dont les concessions s'étendent depuis Cremenac'h jusqu'à la baie de Pont-Mahé au sud, produit les moules de bouchots.
- Au sud enfin, la production conchylique du syndicat des Parqueurs de Pen Bé – Mesquer est difficile à estimer puisque, outre la dizaine d'exploitants locaux, des producteurs de Charente-Maritime gèrent des claires ostréicoles pour le prégrossissement de leurs juvéniles ("production en transit").

Jeanneret *et al.* (2006) et le SAGE Estuaire Loire (2005), Cap Atlantique (DOCOB 2006) apportent les éléments plus au sud :

- Dans les traicts du Croisic, la conchyliculture (200 ha pour 226 concessions) est essentiellement tournée vers l'élevage semi-intensif de la coque (153 concessions, 1400 t) ; quelques concessions produisent également des huîtres en surélevé (34 concessions, 300 t), des moules à plat (1 concession, 55 t) et des palourdes (11 concessions, 77 t). La conchyliculture emploie une vingtaine de salariés. Elle permet l'embauche de saisonniers pour le travail des huîtres et de la coque d'octobre au à avril. Quinze entreprises réalisent des cultures marines dans les Traicts du Croisic.
- A Pen-Bé, les surfaces concédées sont moindres : 280 ha, dont plus de 80% utilisées pour l'élevage de l'huître. C'est un espace de productions marines plus diversifié : élevage d'huîtres creuses (à plat ou sur tables, 1000-1500 t), élevages de moules (à plat ou sur bouchot, 120 t), élevages de palourdes (25-30t), dépôts d'huîtres et de moules. Ce site représente donc 233 concessions réparties sur 96,08 hectares, soit environ 33 % de la superficie totale du Traict de Pen Bé (= 293 hectares). La conchyliculture emploie une dizaine de salariés. Elle permet également l'embauche de saisonniers d'octobre à d'avril.
- Estuaire Loire : 20 concession de moules sur bouchot (40 ha).

Selon Jeanneret *et al.* (2006), toutes productions confondues (palourdes, coques, huîtres et moules), la conchyliculture sur Le Croisic et Pen Bé représente un chiffre d'affaire estimé à 6 millions d'euros par an en moyenne. Cette activité emploie environ 40 salariés à temps plein. Les traicts du Croisic et de Pen-Bé sont classés en B sur le plan sanitaire, ce qui signifie qu'ils subissent occasionnellement des contaminations microbiologiques liées aux activités présentes sur les bassins versants. Les coquillages doivent donc transiter, avant commercialisation, par un bassin de purification alimenté en eau de mer.

Pour le SAGE Estuaire Loire (2005), les chiffres de production sont de 350 t d'huîtres, 80 t de palourdes, 1 500 t de moules, 1 500 t de coques, soit 3430 t.

Au total du secteur Loire/Vilaine, on serait donc à une production conchylique proche de 9000 t, ce qui est cohérent avec Baudrier (2002) puisque la Baie de Bourgneuf, celle du Quiberon et le Golfe du Morbihan produiraient autour de 30000 t d'huîtres.

Les cycles d'élevage sont présentés en détail dans le DOCOB (2006) de Cap Atlantique et par divers autres auteurs, détaillés en Annexe 13.

II.4.5.1.2 La mytiliculture en Baie de Vilaine

Implantation de la mytiliculture en Baie de Vilaine :

Chauvin et Drouet (1988, 1993, 2001) retracent l'histoire de la mytiliculture en baie de Vilaine qui se pratique sur bouchot. Bouchot est un mot d'origine celte, signifiant bout (clôture) et choat ou chot (bois). La moule de bouchot est donc une moule produite sur des lignes de pieux de 4-6 m sur lesquels se dépose aussi naturellement le naissain. Le cycle dure 15-18 mois selon les sites.

Au début localisée dans l'estuaire de la Vilaine, la mytiliculture s'est déplacée vers l'extérieur de l'embouchure et les plages plus au sud pour faire face à l'envasement de la Vilaine (cf Part I 2.1.4.4), ce qui aussi contraint les producteurs à adapter leur technique d'élevage. Cependant, malgré certaine évolution liée à une mécanisation, le cycle et la technique de production restent sensiblement les mêmes.

A l'heure actuelle, le DOCOB (2006) indique les données transmises par les Affaires Maritimes : Les 6 sites productifs de la Baie de Vilaine sont : Baie de Kervoyal, partie Nord Vilaine, amont Vilaine, estuaire Vilaine (Halguen), le Maresclé - Bel Air, Pointe du Bile – Baie de Pont Mahé. Sur ces 6 sites de production, l'élevage de moules sur bouchots constitue l'unique culture marine. La production s'élèverait à environ 2 700 T et constitue 5 % de la production nationale. Tous ces sites sont maintenant classés sur le plan sanitaire en B, à l'exception du Maresclé et du Halguen qui reçoivent un classement provisoire en A pour la saison estivale (arrêté préfectoral du 17/02/2010).

Les sites à terre sur la commune de Pénestin sont situés : sur l'embouchure de la Vilaine (Tréhiguer, Pointe du Scal, Logo), juste à l'extérieur de l'embouchure (Lomer), et au Bile. Il est aussi question de regrouper la majorité des producteurs sur un nouveau site à terre, à Loscolo. Le projet est à l'étude et suscite des interrogations.

Tendances de la mytiliculture

La mytiliculture aujourd'hui (plutôt autour de 3000-4000 t aux dires de certains) regrouperait une quarantaine d'entreprises (65 inscrits selon Chauvin 1988, 33 selon Chalmin 1997, 85 selon le SAGE 2003). Elle a donc un fort impact sur la population de Pénestin, qui regroupe la majorité (75 % installés sur cette commune, selon Chauvin 1988, 90% selon Chalmin 1997). Son importance est grande sur l'économie locale, tant sur le plan des emplois (environ 130 emplois selon Chauvin 1988) que sur la notion d'activité à valeur patrimoniale, qui contribue au caractère authentique de la municipalité, et que recherchent les visiteurs.

La tendance chez les producteurs est au regroupement (création récente d'un groupement de 13 exploitants). Le passage intergénérationnel est bon et la pyramide des âges équilibrée selon Chauvin (1988).

En terme d'espace disponible, on peut considérer que le secteur de Pénestin est à saturation selon les principes requis pour une concession (1500 pieux /ha maximum et un espacement minimal de 10m entre les bouchots, un pieu arraché pour un pieu implanté, dans le SAGE Vilaine 2003).

L'extension de la production de moules en Baie de Vilaine pourrait plutôt s'envisager en allant plus vers le large, avec des filières. Mais le projet qui a eu lieu autrefois sur l'île Dumet a été abandonné, car le site était trop exposé.

Le SAGE Vilaine (2003) souligne les conflits d'usage, par exemple sur le projet d'extension du parc mytilicole à Cremenach, ainsi que sur la gestion des déchets engendrés par l'activité mytilicole. Ceux-ci, constitués de coquilles et de chair broyée sont remis à l'eau le long des côtes, dans le chenal ou sur le banc de naissain de coques. Les tonnages de déchets sont non négligeables, et les pêcheurs s'interrogent des conséquences de telle pratique sur la qualité sanitaire des coques. Enfin, des nuisances sont aussi recensées sur les terres lorsque ces déchets sont mis en décharge.

II.4.5.1.3 Les élevages de coques autour des traicts du Croisic et autres sites

Le cycle d'élevage est d'une durée moyenne de 12 à 18 mois (DOCOB 2006). Le sédiment sableux à sablo-vaseux des Traicts du Croisic fait de ce secteur un site propice à la conchyliculture, notamment pour la coque. Son élevage est semi-intensif (les coques puisent leur nourriture dans le milieu naturel) mais à caractère intensif en raison des biomasses semées et produites.

Le naissain est acheté aux pêcheurs des gisements naturels voisins (principalement l'estuaire de la Vilaine, secondairement l'estuaire de la Loire, cf paragraphe I.6.5.2.4). Les juvéniles peuvent également provenir directement du naissain naturel issu des Traicts. Depuis quelques années, il est d'ailleurs observé une augmentation de ce captage naturel. Cela peut poser des problèmes de conduite d'élevage : des densités trop importantes semblent en effet gêner la croissance des coques et sont difficilement maîtrisables par les conchyliculteurs.

Depuis quelques années, les éleveurs de coques subissent de pertes de production. En 1997, les pertes de production ont été de 60 à 100 % selon les secteurs des Traicts du Croisic. Les causes n'ont pas été clairement identifiées mais il pourrait s'agir d'un cumul de différents paramètres : chaleur, épisode orageux, apports excédentaires de matière organique, blooms de phytyplancton...

En août 2003, le taux moyen des pertes de coques a été évalué à 70 % avec des mortalités plus importantes localisées sur le secteur de la cale des rouleaux à la Croix (86 %) ainsi que dans le grand Traict (79 %). Le parc à moules à la cale des rouleaux a fait apparaître une mortalité moyenne de 30 %. Les causes de la mortalité sont vraisemblablement d'origine environnementale, dues aux fortes chaleurs du mois d'août associées à de très faibles coefficients de marées. Dans ces conditions, le taux d'oxygène dissous de l'eau chute considérablement et devient préjudiciable à la survie des coques.

II.4.5.1.4 Les autres productions conchylocoques

➤ L'ostréiculture sur le secteur Loire/Vilaine

Autrefois plus développée, notamment sur la Pointe du Bile qui est abandonnée maintenant, la production ostréicole est en diminution. Le secteur de Pen Bé souffre de problèmes de croissance. Il est aussi touché par les mortalités qui affectent depuis 3 ans l'ensemble de la production française d'huîtres creuses. Dans le cadre du contrat de plan Etat-Région 2000-2006, une étude a été réalisée en 2002 par le cabinet SOGREAH sur Pen Bé afin d'assurer la pérennité de l'activité conchylocoque. Celle-ci a été conduite sous la maîtrise d'ouvrage du syndicat des ostréiculteurs de Pen Bé, en partenariat avec la Section Régionale Conchylocoque, les Affaires Maritimes et le SMIDAP.

On peut souligner que la côte rocheuse des environs est couverte d'huîtres creuses sauvages, considérées quasiment comme une espèce invasive selon certains chercheurs (<http://www.ices.dk/pubs/crr/crr299/091119-Cgigas%20Alien%20Species%20Alert-web.pdf>) mais permettant une activité locale de pêche à pied.

➤ La vénériculture (au Croisic et Pen Bé)

Comme pour les coques, le caractère sablo-vaseux ou sableux du sédiment des traicts les rendent propices à l'élevage de la palourde (DOCOB 2006, SAGE Estuaire Loire 2005). Le cycle d'élevage (durée moyenne : 18 mois) démarre par l'achat de naissain en éclosure hors site. Celui-ci est ensuite acheté par des producteurs locaux ou extérieurs. Le naissain de palourdes est essentiellement naturel à Pen Bé.

- **L'élevage de la moule à plat: la mytiliculture au Croisic (12 à 15 mois, 55 t)**
- **L'élevage de la moule en bouchot sur l'estuaire de la Loire (40 ha)**

II.4.5.1.5 Les enjeux sur la conchyliculture dans le secteur Loire/Vilaine

Par sa forte productivité, ses conditions hydrodynamiques, le caractère sablo-vaseux de ces fonds, le secteur Loire/Vilaine est une zone propice à la conchyliculture. Pourtant, il s'agit de bien comprendre les enjeux autour de cette activité dans ce secteur.

Une dépendance étroite de la qualité des eaux côtières

Soulignés par plusieurs documents officiels (SAGE Vilaine 2003, SAGE Estuaire Loire 2005 et DOCOB 2006), il s'agit de préserver, maintenir ou améliorer la qualité des eaux pour assurer la pérennité des activités conchyliques, considérées comme non source de pollution. Par leur poids économique et l'enjeu de la sécurité alimentaire, ces activités sont garantes d'une forte vigilance quant à la qualité de l'eau (bactériologie, métaux-traces, contaminants organiques, équilibre phytoplanctonique...).

Par leur spécificité (alimentation par filtration et concentration de particules à partir du milieu naturel, respiration...), ces productions peuvent constituer des activités « sentinelles de la qualité des eaux côtières », une expression reprise par le rapport Tanguy (2008) sur la place de l'aquaculture en France. Il faut aussi souligner le caractère autarcique des deux productions majeures sur le secteur Loire/Vilaine, qui le rend encore plus tributaire des enjeux de qualité des eaux sur cette zone et de sa gestion générale :

- mytiliculture : captage de naissain et grossissement sur place,
- coques : naissain sur l'estuaire de la Vilaine, élevage au Croisic

Classement sanitaire des zones de production des coquillages vivants

L'arrêté du 21/05/99 fait référence au classement des zones de production de coquillages. Quatre catégories (A,B,C,D) sont définies par ordre décroissant de qualité. Sont pris en compte des paramètres microbiologiques et des normes de métaux lourds.

En A, les coquillages peuvent être récoltés pour la consommation directe. En B, les coquillages ne peuvent être commercialisés qu'après purification. En C, les coquillages ne peuvent être commercialisés qu'après reparcage de longue durée ou traitement thermique. En D, aucune commercialisation n'est possible.

La qualité sanitaire des mollusques est directement liée à celle de l'eau et dépend des concentrations en coliformes fécaux (*E. Coli*) contenus dans un échantillon de chair broyée de mollusques. Le classement sanitaire est aussi basé sur 3 normes de métaux lourds (cadmium, mercure, plomb).

Ces classements ont récemment été revus selon les arrêtés préfectoraux du 17/02/2010 et 17/12/09. Tous les sites de productions sont maintenant classés en B, à l'exception de 2 sites classés en A temporaire sur Pénestin (Maresclé et Halguen pendant l'été).

On peut donc considérer que l'amélioration de la qualité sanitaire des masses d'eaux côtières constituerait un véritable enjeu pour l'avenir de la conchyliculture en Loire/Vilaine. Mais il n'est pas évident que l'objectif d'atteindre un classement en A de toutes les zones soit réalisable compte tenu de l'évolution des protocoles d'évaluation de la cette qualité sanitaire (cf part III.1.3).

Le problème des phycotoxines et bloom de phytoplancton

La présence d'algues toxiques pour la consommation humaine (*Dinophysis sp*, *Alexandrium minutum*, *Gymnodinium*, *Pseudo-nitzschia*) est contrôlée dans l'eau de mer et les coquillages (test biologique sur souris et tests chimiques, cf paragraphes II.3.1.2 et III.1.2). Les fermetures de zones pourraient être plus fréquentes et plus longues que par le passé. Seules des contaminations aux toxines DSP ont été détectées au-delà des seuils sur les coquillages du secteur Loire/Vilaine. Mais la menace d'une contamination avec des toxines plus dangereuses comme les ASP et PSP est réelle.

Par ailleurs, si la forte productivité phytoplanctonique du secteur permet en quelque sorte de « nourrir » en abondance les coquillages, ces blooms de phytoplancton, au-delà d'un seuil peuvent engendrer des problèmes sur les élevages de coquillages par crise anoxique ou autres perturbations, comme celles qui se sont vues en Baie de Vilaine (exemple 1982, ou traict du Croisic 1997, 2003), ou prolifération d'une algue toxique (exemple 1995). L'équilibre général de ces écosystèmes côtiers est donc très fragile et fondamental pour les conchyliculteurs.

Les pollutions accidentelles ou chroniques

La marée noire de l'Erika a entraîné une pollution des côtes par les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), contaminant les coquillages et bloquant toute commercialisation. Le préjudice a donc été important pour la conchyliculture.

La présence potentielle de contaminants chimiques est aussi perçue comme une menace pour les conchyliculteurs. Le naissain de coquillage est en effet particulièrement sensible à certains pesticides. Goulletquer (2008) rapporte des anomalies chromosomiques détectées chez l'huître exposées à différentes concentrations d'atrazine. Les mytiliculteurs de Pénestin seraient confrontés à une diminution du taux de capture du naissain de moule (Allenou, comm. perso). Le CRC a lancé avec les professionnels une étude visant à vérifier si ce problème est avéré et en à établir les possibles origines.

Un positionnement à défendre au sein d'une communauté d'acteurs du littoral

Avec un volume de production de l'ordre de 8000-10000 t, la conchyliculture ne représente pas un secteur majeur de l'économie locale sur la zone Loire/Vilaine.

Mais sur certaines parties du territoire, elle est importante tant sur le plan économique que sociologique (exemple sur la mytiliculture à Pénestin ou élevage de coques au Croisic).

Les conflits d'usage peuvent exister autour de cette profession, entre conchyliculteurs eux-mêmes, entre conchyliculteurs et pêcheurs, entre conchyliculteurs et estivants. Par ailleurs, l'accès au foncier constitue un enjeu majeur sur un territoire très urbanisé et soumis à de fortes pressions. Il en est de même pour l'espace maritime.

Le SAGE Vilaine (2003) souligne par exemple que le projet d'extension du lotissement mytilicole de Cromenac'h (au large des communes de Damgan et Ambon) est au coeur d'un conflit sur l'usage de l'espace estuarien. Les concessionnaires souhaitent augmenter leurs surfaces vers le lit de la rivière afin d'augmenter la productivité des parcs. Un "schéma des structures" négocié entre la profession et ses autorités de tutelle envisage ces restructurations et extensions en les accompagnant de propositions sur la densité des pieux, l'arrachage des pieux inutilisés ou surnuméraires, les règles d'alignement.

Le SAGE met en avant que pour certaines communes, l'activité conchylicole est une valorisation du milieu marin et dans le même temps un atout économique et touristique fort. A l'inverse, pour d'autres (et au premier chef les communes directement concernées par des futures implantations), ces exploitations n'apportent à la collectivité que des conflits d'usages avec les autres usagers du littoral et s'inquiètent pour l'avenir de l'activité balnéaire (envasement, difficultés de navigation...). Pour les associations de défense contre ces projets, les motifs invoqués sont de même ordre et évoquent également la gestion de l'espace estuarien.

Dans ce contexte général, les attentes des professionnels sont soulignées dans le DOCOB (2006) :

- Améliorer la qualité de l'eau, garante de leur activité (risque de fermeture de zones pour cause de prolifération d'algues toxiques)
- Pérenniser les sites de production par l'entretien et la gestion du milieu (risque d'envasement de sites de production si les parcs sont abandonnés)
- Limiter la fréquentation des sites de production, informer les pêcheurs à pied de la réglementation pour la pratique de la pêche à pied
- Améliorer et sécuriser les usages sur l'estran (concilier activités professionnelles et de loisirs)

II.4.5.2 La pêche professionnelle embarquée

II.4.5.2.1 Description générale de la pêche professionnelle embarquée

Le secteur Loire/Vilaine est un secteur plutôt productif et très diversifié en type de captures, la proximité des 2 fleuves permettant la pêche de plusieurs espèces estuariennes. Dans les métiers de pêche professionnelle locale, plusieurs sont pratiqués en situation d'estuaire et en mer. Il est donc difficile de faire le distinguo.

Une description générale et récente du secteur de la pêche dans le secteur Loire/Vilaine est faite par Salvaing (2009) pour le compte du comité local des pêches le COREPEM (cf Figures ci-dessous). Elle est complétée par des données de Baudrier (2002) (Figure 68), les documents du SAGE Estuaire Loire (2005, 2009).



Sur les 551 bateaux comptés sur le secteur recensé par Salvaing (2009), qui compte 5 quartiers maritimes, 84% de la flotte totale sont des navires côtiers, 8% sont mixtes et 8% ont un rayon d'action les qualifiant de « Large ». La flottille est caractérisée par des navires de petite taille, la moyenne est un bateau de 7,96 m, âgé de plus de 21 ans. Les métiers sont très diversifiés. La flottille est vieillissante et en diminution (686 selon Baudrier 2002, 551 selon Salvaing en 2009).

L'engin de pêche le plus utilisé est le tamis selon Salvaing (2009). Ceci est dû à la pêche à la civelle, que presque tous les pêcheurs de l'estuaire et autour pratiquent pendant la période autorisée (du 1er janvier au 1er avril). Mais c'est surtout en janvier et en février que cette pêche est la plus pratiquée. Ensuite, les engins de pêche les plus utilisés sont le chalut et le filet. Souvent un même navire utilise plusieurs engins. Le chalut de fond domine, puis ce sont les engins « dormants » (filet, casier, palangre et divers).

On peut aussi classer les navires par flottilles, un groupe de navire adoptant une même stratégie de pêche durant l'année (un métier ou une combinaison de métier). Les chalutiers sont alors majoritaires. On trouve ensuite les tamiseurs, leur nombre important est dû à la pêche à la civelle dans l'estuaire de la Loire et de la Vilaine.

Durand (1988) effectue une synthèse opérationnelle du Programme pluri-annuel (1983-1988) présenté par le laboratoire IFREMER de LORIENT devant la Commission Quadripartite chargée de l'Aménagement Halieutique et de la Protection Hydrobiologique de la Baie de Quiberon-Vilaine. Pour lui, la flottille de pêche professionnelle du Mor Braz est divisée en 9 groupes. Les espèces stratégiques comme le merlu, la sole, le merlan, la langoustine, le tourteau, le congre, le bar, la baudroie déterminent le métier dominant du navire. Les espèces dont l'exploitation est très importante comme la coquille St Jacques, le rouget, la dorade grise, le homard, l'araignée, l'étrille, la crevette rose ont conduit à des mesures de gestion. On pourrait y ajouter la civelle.

Ehrhold *et al.* (2008) d'après les études de (Désaunay *et al.*, 2006) en Baie de Vilaine cite une douzaine d'invertébrés et d'une quarantaine de poissons d'intérêt halieutique en Baie de Vilaine. Ainsi, 13 métiers principaux ont pu être identifiés dans la zone estuaire et Baie de Vilaine pour la capture d'espèces préférentiellement estuariennes (civelle, anguille jaune, palourde, crevettes grise et rose,...) ou plus largement réparties (sole, bar, rouget barbet,...).

Pour Salvaing (2009), les 9 premières espèces suivantes représentent 50% de toutes les espèces pêchées : le germon, le bar, le maquereau, les seiches, les coques, la sardine, la sole, le congre et l'anchois. Mais cette donnée varie selon les ports de débarquement.

Les 3 principales criées de la zone d'étude sont La Turballe, Le Croisic et Quiberon. Selon Salvaing (2009), elles sont classées respectivement 15ème (avec 4925 T débarquées), 23ème (2238 T) et 33ème (1163 T) en France en 2007 en tonnages. Ces chiffres sont assez différents de ceux mis en avant dans les documents du SAGE Estuaire Loire (2005, 2009) ou Baudrier (2002) :

- La Turballe : 11960 t, 26,9 M€ (2002), pêche (surtout chalutage) des pélagiques (anchois, sardine, chinchard, maquereau, thon, bar),
- Le Croisic : 2682 t, 14,8 M€ (crevette, seiche, langoustine, crabe, sole, casseron, coquilles)

En 2002, les débarquements des ports de pêche de la façade littorale du SAGE Estuaire Loire se sont montés à 14 873 tonnes, représentant une valeur de 48,661 M d'euros. Le port de La Turballe assurerait 80% des apports en tonnage et 55% des apports en valeur. Le port du Croisic, qui ne contribuerait que pour 18% des apports en tonnage, assure 30% des valeurs produites. Le port de La Turballe serait le 7ème port de pêche français (premier port anchoyeur français et premier port sardinier de l'Atlantique). Il comprend la majorité des navires de gros tonnages qui pratiquent une pêche toute l'année ou une pêche saisonnière. Orienté initialement dans la pêche aux poissons « bleus » (thons, anchois, maquereaux et sardines), il s'est orienté progressivement vers des poissons blancs (soles, turbot, plies, bars au chalut...).

Le port du Croisic, de pêche plus diversifiée (chalutage de fond, casiers, dragues, filets) notamment spécialisé dans la capture de crustacés et le chalutage de fond, est le 17ème port de pêche français en valeur en 2002. Il serait le premier port crevettier français.

La façade littorale compte aussi les ports de pêche maritime de Saint-Nazaire et les ports dits Sud Loire (Le Pellerin, Paimboeuf, La Gravette, Comberge, La Plaine-sur-Mer et Pornic).

Les ports de pêche de Saint-Nazaire et du Sud Loire sont nettement moins développés, tournés vers la pêche à la civelle (au tamis), aux crevettes grises (au chalut), avec de petites unités.

Il faut ajouter les statistiques des ports de Noirmoutier et de Quiberon puisque les pêcheurs viennent intervenir dans le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002).

- Quiberon : 1371 t, 6355 K€ (ordre décroissant congre, coquille, seiche, langoustine, bar ligne, sole, tourteau, griset, araignée),
- Noirmoutier : 2278 t, 12868 K€ (sole, congre, seiche, casseron, bar ligne et filet)

Il ne nous a pas été possible d'effectuer dans le cadre de cette synthèse en cours une vérification de l'ensemble des statistiques de pêche sur le secteur, et leur évolution sur les dernières décennies. Mais selon plusieurs auteurs et communications orales, la tendance générale est vers une diminution des captures, elle confirme la situation de l'ensemble du secteur pêche en France. Certaines espèces semblent particulièrement en diminution comme l'anguille. D'autres comme la sole fluctuent selon les années. Certaines pêcheries se « porteraient » bien comme la langoustine, le bar.

L'effort de pêche est réparti tout au long de l'année mais il dépend du type de navire. En janvier et février, tout l'effort de pêche est concentré sur la pêche à la civelle, les autres espèces se trouvant délaissées pendant cette période.

En hiver/printemps, les principales espèces pêchées sont les soles, poulpes, raies, baudroies, seiche. Entre le printemps et l'été, ce sont les maquereaux et le maigre. En été : le merlu, le congre, le tacaud, le chinchard, la langoustine, la crevette grise et le germon. Entre l'été et l'automne : les calmars, sardine, rouget-barbet. Entre l'automne et l'hiver : les anchois, sparidés, bouquet, bar commun, araignées.

Le chalutage de fond est interdit dans les zones de passages de câbles et de réseau d'eau entre le continent et les îles (Yeu, Houat, Hoëdic, Belle Ile), dans les trois zones où sont implantés les récifs artificiels, à moins de 3 milles de la laisse de basse mer des côtes des continents et des îles.

Les zones de pêche côtière sont indiquées par Salvaing (2009) d'après une enquête Ifremer en 1995 (Figure 71). Mais cette enquête a été conduite auprès de très peu de marins pêcheurs et serait donc à confirmer. Elles seraient situées autour des plateaux rocheux, Le Four, Plateau de la Banche, Dumet, Plateau de la Recherche, et de l'Artimon, et à leur proximité (Banc de Guérande, Baie de la Baule).

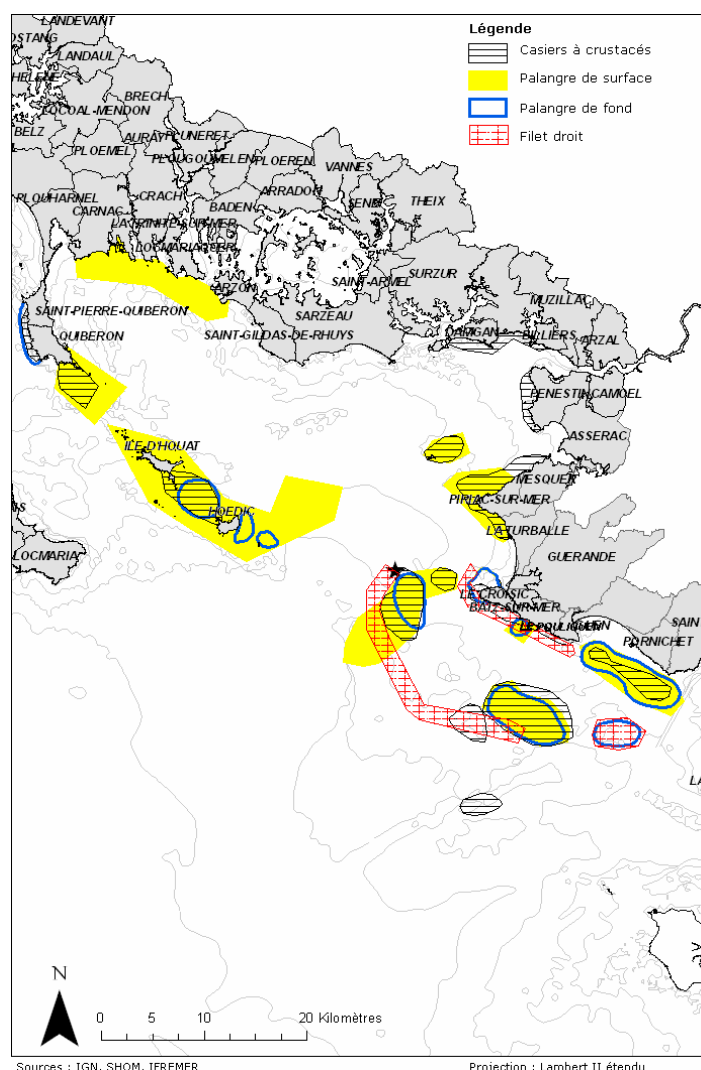


Figure 71 : Zones de pêche (sans les zones de chalutage) d'après une enquête Ifremer, 1995 (dans Salvaing 2009)

Pour conclure, Durand (1988) insiste sur la diversité de cette flottille de pêche du Mor Braz, des métiers associés, des espèces recherchées, et des conflits qui peuvent émerger entre chaluts pélagiques/arts dormants, pêche/conchyliculture, pêche/tourisme. Ce point est d'ailleurs toujours d'actualité, souligné par la carte de Salvaing (2009) (Figure 72). On est dans un espace multi-usages, qui implique des règlements stricts sur les zones et les périodes de pêche (Figures 67, 72). Viennent s'y ajouter maintenant les enjeux des zones Natura 2000 en Mer et des zones pressenties pour y implanter des éoliennes en mer.

Le chalutage de fond autorisé sur le secteur Loire/Vilaine est d'ailleurs indiqué sur la carte tirée des travaux de Trouillet en 2006, cité par Salvaing (2009) (Figure 73).

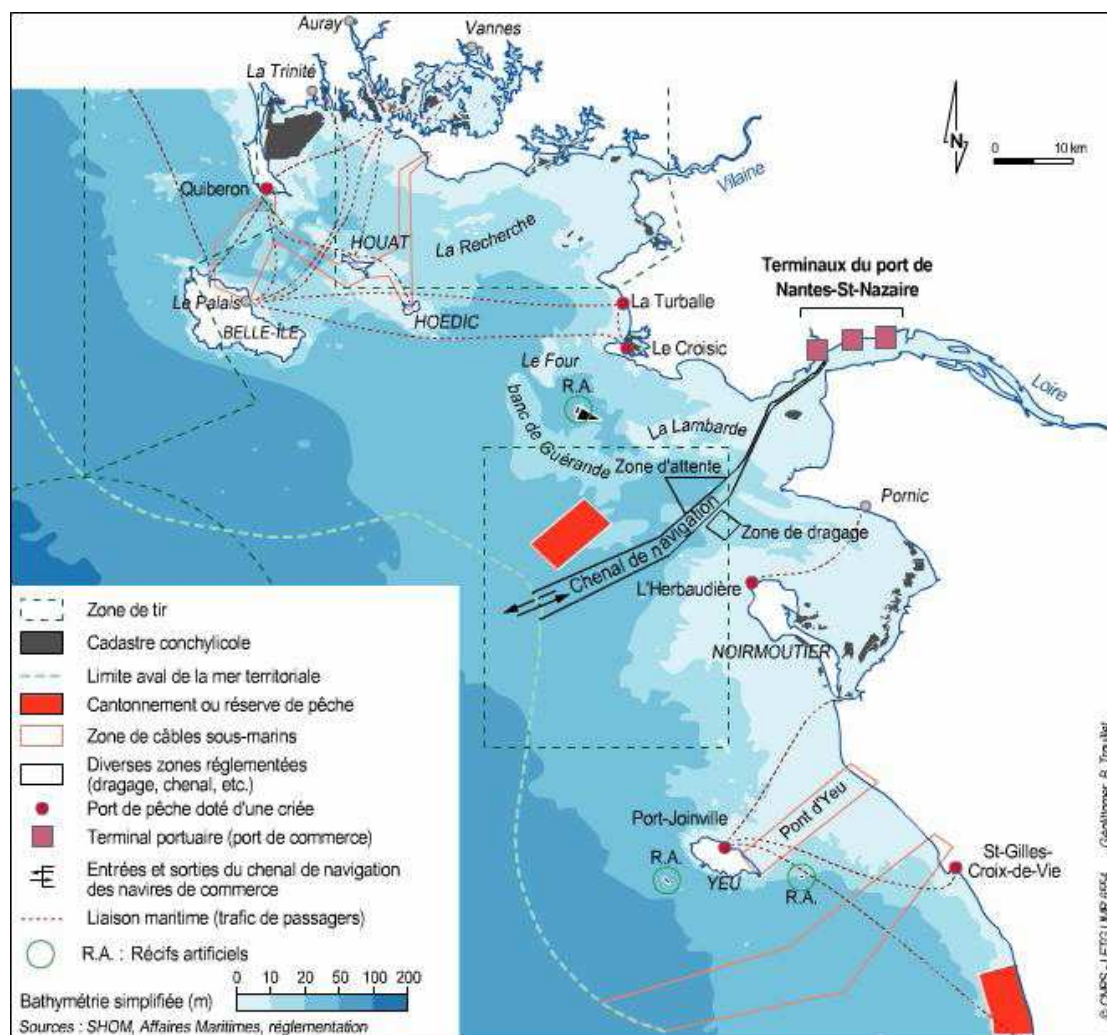


Figure 72 : Un espace multi usage

(tiré de B.Trouillet, 2006, repris dans Salvaing 2009 : <http://mappemonde.mgm.fr/num12/articles/art06405.html>)

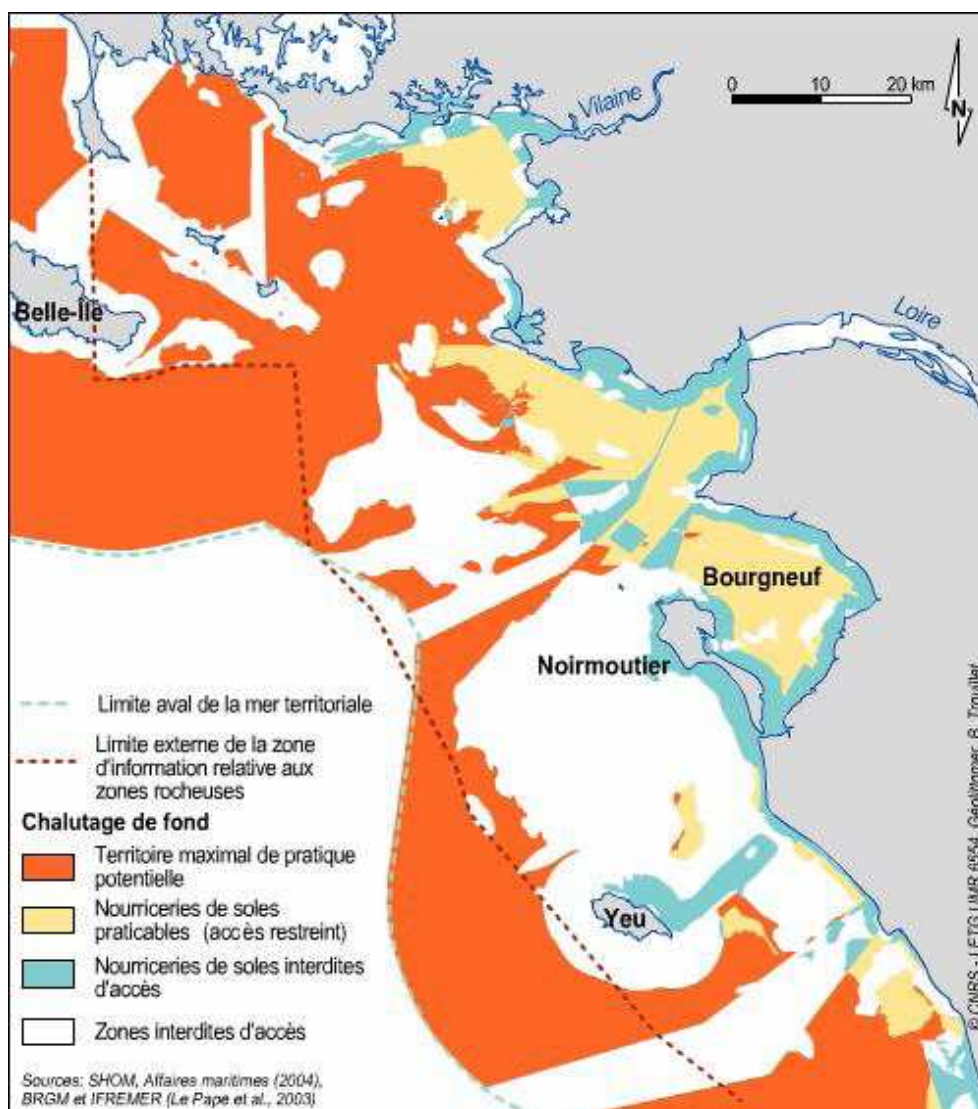


Figure 73 : Espace autorisé au chalutage de fond

(tiré de B.Trouillet, 2006, repris dans Salvaing 2009, <http://mappemonde.mgm.fr/num12/articles/art06405.html>)

II.4.5.2.2 Les pêches spécifiques pratiquées dans le secteur Loire/Vilaine

En Annexe 13 sont donnés les détails concernant plusieurs pêches importantes dans le secteur :

➤ Pêches en estuaire de la Loire

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005), c'est une activité importante. La fréquentation du secteur estuarien (entre Cordemais et Saint-Nazaire) par les maritimes est contingentée à 240 licences. 239 licences avaient été attribuées pour la campagne 1999-2000, dont 161 pour le seul quartier maritime du Croisic (regroupant les ports du Croisic, de Saint-Nazaire, de l'Estuaire de la Loire et de Pornic). Concernant les maritimes, deux catégories peuvent être distinguées :

- Les marins pêcheurs estuariens de Saint-Nazaire, Saint-Brévin, Paimboeuf, Frossay, Cordemais qui pêchent la lamproie, l'alose, l'anguille sédentaire et la civelle. La civelle représente 75 à 80% de leur chiffre d'affaire annuel,
- Les marins pêcheurs de La Turballe, le Croisic, Pornic, Noirmoutier ou Saint-Gilles-Croix-de-Vie qui entrent dans l'estuaire de la Loire uniquement pour la campagne civellière. La civelle représente 25 à 40% de leur chiffre d'affaire annuel.

Comme cela a déjà été indiqué dans le paragraphe Part.II.3.4, le secteur est donc complètement assujéti à l'évolution des pêches à la civelle, comme cela est abordé dans le paragraphe suivant. Plusieurs auteurs (GIP, SAGE) insistent sur la diminution drastique des tonnages capturés sur l'estuaire de la Loire.

Le GIP Loire Estuaire (2003) propose donc dans sa fiche l'élaboration d'un indicateur qui rende compte de l'exploitation des ressources vivantes par la pêche aux engins sur l'estuaire de la Loire et témoigne ainsi de la qualité des milieux.

➤ **La pêche à la civelle sur les deux estuaires**

L'importance de la pêche à la civelle dans le secteur Loire/Vilaine a déjà été soulignée à plusieurs reprises.

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005), en 2000, les prélèvements de civelles sur la Loire sont montés à 79 tonnes. Les captures de civelles peuvent fluctuer de manière importante d'une année sur l'autre : 151 tonnes en 1988 contre 36 tonnes en 1991, 31 t en 2001 pour les seuls pêcheurs professionnels fluviaux et maritimes. En moyenne sur la période 1988-2000, 89 tonnes de civelles sont prélevées chaque année en Loire, chiffre repris dans le document SAGE Estuaire Loire (2009). La pêche à la civelle représente environ 20 à 25% des revenus des marins pêcheurs et près de 70 % des revenus des pêcheurs professionnels fluviaux. Dans sa fiche indicateur L3A1, le GIP Loire Estuaire (2003) reporte que les captures des stades migratoires (civelle et anguille d'avalaison) sont divisées par 4 sur les trois ans ; seules les prises d'anguille sédentaire augmentent et dépassent en 2001 celles de 1999.

En Vilaine, les quantités pêchées diminuent (plus de 200 tonnes en 1979 tombées à 18 tonnes en 1998) et démontrent l'affaiblissement de la ressource (SAGE Vilaine 2003). Briand (2009) dans son travail de thèse sur la dynamique des populations de civelle en Vilaine reprend l'historique des pêches à la civelle, notamment en Vilaine.

Depuis 25-30 ans, les stocks d'anguille européenne sont en déclin. Ils sont, selon l'auteur, bien en-dessous des niveaux de recrutement suffisants pour assurer la survie de l'espèce, qui est maintenant dans la liste rouge de la CITES. D'autres causes en dehors de la pêche sont à incriminer liées à diverses pressions, les aménagements sur les fleuves, les pollutions, l'impact d'un parasite (cf paragraphe I.5.4.1). Mais certainement, l'effort de pêche est aussi responsable de cette situation. En Vilaine, ceci est d'autant plus vrai en raison de l'implantation du barrage d'Arzal qui a confiné les civelles dans un espace où elles devenaient plus facilement capturables, ceci pourrait expliquer en partie le pic de 1976.

Drouet (2001) souligne aussi que la pêche à la civelle a depuis longtemps été une activité très convoitée, entraînant des pratiques illégales. Les prix du kilogramme de civelles ont de fait explosé (au-delà de 700 €/kg), ce qui menace d'autant les stocks. Les objectifs de repeuplement sont insuffisants pour l'instant selon les modèles que Briand (2009) expérimente sur l'estuaire de la Vilaine. Il préconise des mesures de gestion plus radicales que celles adoptées actuellement par le Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) (instance de gestion avec administration, et pêcheurs). Mais elles entraîneraient des conséquences sur le plan socio-économique qui font reculer les décideurs, compte tenu de l'importance économique de cette activité pour la pêche professionnelle dans le secteur Loire/Vilaine.

L'IAV mène, en collaboration avec l'ONEMA et d'autres organismes de recherche scientifique, un programme d'étude sur la migration des civelles, le franchissement des obstacles, et la recolonisation du bassin. Les constats et les objectifs sont donnés dans le chapitre consacré à la libre circulation des poissons migrants.

Sur la Loire, le SAGE Estuaire Loire (2005) indique que le groupe de travail Anguille du COGEPOMI a proposé la mise en place d'un tableau de bord en 1996 sur la Loire, la Sèvre Niortaise et les Côtiers Vendéens. Ce dispositif a pour objectif de se donner les moyens d'une gestion et d'un développement durable de l'espèce. Il bénéficie d'un financement Etat, Région Pays de la Loire, Agence de l'Eau Loire- Bretagne et LOire GRAnds Migrateurs (LOGRAMI).

Dans le but d'améliorer les connaissances sur l'anguille et de réfléchir à une gestion durable de l'espèce, un programme scientifique européen INDICANG a été mis en place en juin 2004. Les premiers travaux scientifiques devaient débiter en Loire en 2005, avec l'utilisation d'un modèle mathématique mesurant les flux de civelles entrant dans l'estuaire et enregistrant différents paramètres (température, turbidité, coefficient de marée, volume de captures, ...).

➤ **La pêche au naissain de coques dans l'estuaire de la Vilaine**

La pêche au naissain de coques dans l'estuaire est devenue importante car elle permet d'alimenter les sites d'élevage de coque plus au sud.

Selon Drouet (2001), les statistiques officielles sont difficiles à obtenir (400 à 2400 t selon les années), elle représenterait 50 emplois, soit une activité importante. Selon le SAGE Vilaine (2003), la production annuelle de naissain variait de 700 tonnes (1997/98) à 2.500 tonnes (saison 1982/83) pour un prix de vente de 1,20 à 1,50 F/Kg (0,3 €/kg selon le DOCOB 2006).

Le SAGE Vilaine (2003) rappelle aussi la nécessité de préserver cette pêcherie. En effet, bien que le lien entre certaines ouvertures estivales du barrage d'Arzal et les mortalités de coques n'ait pas été établi (mortalités en 1977, et 2003 selon le DOCOB 2006), il est possible que cela joue en créant une modification brutale de l'équilibre de l'estuaire à une période critique, celle de fin de l'été.

➤ **Les autres pêches sur l'estuaire de la Vilaine**

Les autres pêches professionnelles concernent la capture de crevettes grises ou "boucots", de crevettes roses, de seiches ("morgats"), la pêcherie d'anguilles et dans une moindre mesure la pêcherie côtière de crabes ainsi que la capture, par dragage de coques (SAGE Vilaine 2003). La majorité des pêcheurs professionnels cumulent les licences de pêches et organisent leurs captures en mer en fonction des autorisations de prélèvement dans le milieu, des commandes des mareyeurs ou des éleveurs de coques, et du cours du produit.

➤ **Les pêcheries de sole**

Deleamarre (2009) apporte quelques éléments spécifiques sur les pêcheries de sole. Cette pêche est principalement pratiquée par les fileyeurs et les chalutiers de fond. La taille minimale de capture est fixée réglementairement à 24 cm. Les captures mondiales de soles se sont élevées à plus de 38 000 tonnes en 2007. Bien que cette espèce ne représente qu'un faible pourcentage des volumes totaux capturés, son poids commercial est important du fait de sa valeur ajoutée. La sole est l'espèce la plus rémunératrice en France.

Les statistiques de pêches maritimes font état de plus de 6 000 tonnes de soles débarquées sous criées en 2008, générant un chiffre d'affaire de 71,4 millions d'euros. Suite à une décroissance des rendements de pêche dans les années 90 traduisant une non durabilité des pêcheries, le stock de soles dans le golfe de Gascogne est soumis à un plan de gestion depuis 2006. Il a permis de rétablir en 2008 la biomasse de reproducteurs aux alentours de la biomasse de précaution soit 13 000 tonnes. Toutefois, l'état de l'exploitation est toujours jugé à risque par l'Ifremer, en raison d'une pression de pêche restant trop élevée, la mortalité par pêche dépassant légèrement la mortalité par pêche de précaution.

➤ **Les pêches de crustacés sur le secteur Loire/Vilaine**

Peu d'informations sont disponibles. Le Gall *et al.* (1979) effectue une recherche sur le homard, et signale des captures autour de Houat, une variabilité interannuelle.

Anne Le Foll (1982) reprend des données sur le tourteau en France et au Royaume Uni. Sa pêcherie représente une activité artisanale en Bretagne sud, surtout avec des casiers, disposés entre 5-10 milles des côtes.

Wilhelm (1995) sur son travail sur les étrilles souligne que l'activité de pêche a pratiquement disparu en trois ans entraînant de sérieuses difficultés financières chez les pêcheurs. L'exportation sur l'Espagne cessa, laissant subsister un petit marché local, avec des prises au chalut ou au casier selon le type de fond. Le nombre de caseyeurs ciblant sur l'étrille a chuté de 46 en 1984 à 25 en 1988 soit une réduction de 46 % en quatre ans, pour une production allant de 700 tonnes à 43 tonnes dans le même temps

Dans le secteur Loire/Vilaine, les étrilles sont très peu pêchées par les chalutiers dans cette zone sauf au niveau des plateaux de la Recherche et du Four, en hiver, au moment où les femelles sont grainées. Les zones périlittorales rocheuses : plateaux de Grand-Mont et de la Recherche sont le domaine des caseyeurs. Environ 70 % des casiers sont posés sur le plateau de Saint- Jacques.

Sur le secteur Loire/Vilaine, il s'agit donc surtout d'une pêche côtière, très diversifiée, sur de nombreuses espèces dont les cycles de vie sont intimement liés à la qualité des eaux côtières, et aux interactions estuaires-large. Le secteur, comme la majorité en France, est fragilisé. Une tendance générale à la diminution des stocks serait à confirmer.

II.4.5.3 La pêche à pied professionnelle et de loisir

La pêche à pied représente une activité très importante du secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002). Elle fait l'objet d'un suivi régulier par la DDASS et l'Ifremer pour garantir la santé des consommateurs des produits de cette pêche.

Le SAGE Estuaire Loire (2005) recense tous les gisements naturels de pêche à pied sur son secteur : (au total 20):

- Coques: La Turballe (Pen Bron), Plage du Nau, Plage Benoît
- Moules: Le Croisic (Port aux rocs), Batz-sur-Mer (Plage Valentin), La Gouvelle, Penchâteau, Pornichet (Sainte-Marguerite, Face Thermes, Bonne source) Saint-Nazaire (Chemoulin), Pointe de l'Eve (Saint-Michel-Chef-Chef), La Roussellerie (Tharon – Comberge) Le Rocher de Joalland, La Prée, La Cormorane, Pointe du Mouton, Préfailles (Pointe de Saint-Gildas).
- Palourdes : Saint-Brévins-les-Pins (Branly).

Selon Cap Atlantique dans son DOCOB (2006), une enquête 2002-2003 a révélé que la pêche à pied, est une activité traditionnelle, à fort caractère patrimonial local et à forte attractivité touristique. La pêche à pied de loisirs génère notamment des retombées économiques pour le secteur des services (repas, nuités,...). En période estivale, plusieurs milliers de pêcheurs fréquentent ainsi la presqu'île guérandaise lors des grands coefficients de marées.

Elle constitue par ailleurs pour les pêcheurs à pied professionnels une activité économique non négligeable mais très fluctuante, largement dépendante de la qualité de l'eau. En fonction de l'état des stocks, la pêche à pied peut être interdite sur certains gisements.

Les secteurs de pêche à pied à vocation professionnelle sont localisés dans les secteurs délimités par les Affaires Maritimes, en dehors des concessions conchylicoles. La pêche de loisirs peut s'effectuer partout, en dehors des concessions de cultures marines.

De façon générale, la pêche aux moules et aux huîtres s'effectue sur les zones rocheuses, la pêche aux palourdes et aux coques sur les bancs de sable.

198 pêcheurs à pied professionnels sont déclarés en Loire-Atlantique. Seulement 40 d'entre eux sont originaires du département (soit 20%). La plupart viennent de La Manche, du Calvados, de la Baie de Somme ou de la Vendée. Sur le secteur Gros Banc, un pêcheur à pied professionnel peut pêcher en moyenne 70 kg de coques en une marée. Ce chiffre peut s'élever à 400 kg.

En dehors de la ZSC de Guérande, sur la barre de Pen Bron, il peut être ramassé jusqu'à 2,5 tonnes de moules en une marée. Les pêcheurs à pied viennent sur site en bateau et travaillent à la fourche. Sur le secteur de Pen Bé, un pêcheur à pied professionnel peut pêcher en moyenne 20 à 25 kg de palourdes en une marée, soit 900 kg de palourdes dans l'année (45 marées/an). Les clients des pêcheurs à pied professionnels sont locaux (palourde, coque, moules). La coque est expédiée vers des conserveries à l'étranger (Espagne,...).

On a en revanche peu de données précisant les chiffres relatifs à la pêche à pied pratiquée par des professionnels sur l'estuaire de la Vilaine et la rive nord de la Baie de Vilaine, ni sur la pêche à pied de loisir sur l'ensemble du secteur Loire/Vilaine. Une étude conduite récemment (2009) devrait apporter les informations à jour.

Maggi *et al.* (1998) estime la fréquentation des sites de pêche à pied lors de grandes marées estivales en 1997 par photographies aériennes. Cette étude recense 40 sites fréquentés par plus de 100 pêcheurs à pied, dont 11 par plus de 500 pêcheurs (sites toujours surveillés), 11 par 251 à 500 pêcheurs. Sur ces 40 sites, seuls 19 sont non surveillés. Sans compter les groupes de moins de 10 personnes, la fréquentation d'un jour peut atteindre le chiffre de 16480 pêcheurs à pied qui est peut-être sous-estimé, notamment lors des grandes marées d'août et septembre qui drainent des visiteurs des agglomérations de Rennes, Nantes, et Angers.

La pêche de loisir est soumise à une réglementation, en principe, selon les tailles, le poids total prélevé, et le lieu de pêche. Mais il est aussi difficile d'estimer les quantités réelles prélevées. Les produits de la pêche à pied de loisir sont réputés être exclusivement destinés à la consommation familiale. Dans la pratique, de nombreux pêcheurs ont une activité de vente non déclarée importante. Cette pratique peut conduire à des prélèvements excessifs non autorisés sur les gisements. Il a été observé en effet sur Pen Bé des pêcheurs de loisirs ramassant jusqu'à 20 à 30 kg de palourdes. Le non respect des règles minimums d'hygiène par des non professionnels et l'absence de traçabilité sur ces produits peuvent de plus occasionner des risques sanitaires.

De plus, quelques conflits apparaissent entre pêcheurs professionnels et amateurs et entre pêche à pied de loisir et conchyliculture. De même, comme le souligne le DOCOB (2006), la fréquentation de certains sites par les pêcheurs à pied exerce une pression importante sur certains habitats ou biotopes fragile du littoral (exemple massif d'hermelles).

II.4.5.4 La saliculture

II.4.5.4.1 Présentation générale

Un historique et une présentation de l'activité sont donnés dans le DOCOB (2006) (Annexe 13). Les premiers grands aménagements de salines en presque île guérandaise se font à partir des 9ème et 10ème siècles. Cette activité traditionnelle était en train de périr face à la concurrence d'autres régions ou pays, et souffrant d'une pression grandissante sur le foncier du littoral. Mais elle a su se remettre en question au cours des années 1970 et réagir.

Depuis les années 90, les marais salants connaissent une dynamique positive de reconquête malgré des dernières années peu productives et le naufrage du pétrolier ERIKA. Différentes démarches se développent: commercialisation, qualité du produit (« label rouge »), communication,... Chaque année voit l'installation de plusieurs jeunes paludiers.

La saliculture (production) représente maintenant une activité importante du territoire de Cap Atlantique et du secteur Loire/Vilaine tant sur le plan économique que pour sa valeur patrimoniale (Baudrier 2002 ; DOCOB 2006 ; Jeanneret *et al.* 2006 ; SAGE Estuaire Loire 2005, 2009).

Les derniers chiffres font état de 1960 ha de marais salants, répartis sur les bassins de Guérande et du Mès (Guérande, La Turballe, Batz, Mesquer, St Molf, Assérac), une production de 13000 t de gros sel et 600 t de fleur/an. En France, la production de sel est de 3,3 M de tonnes, dont 500 000 tonnes de sels alimentaires.

Le sel de la Presqu'île de Guérande est un produit de terroir à forte valeur ajoutée. Le chiffre d'affaires annuel de coopérative agricole s'élève à 12 millions d'euros par an. Le chiffre d'affaires global pour toute la profession est compris entre 15 et 17 millions d'euros par an, mais cette estimation reste cependant difficile. On peut noter ce fait remarquable : une augmentation importante du prix payé au producteur depuis 10 ans : la tonne de gros sel payée aux adhérents de la coopérative est passée de 225 euros en 1997 à 337 euros en 2002.

Les marais constituent des secteurs d'une grande richesse floristique et faunistique et contribuent largement à l'attrait touristique du territoire. En ce qui concerne les marais salants de Guérande, 70 % des salines en activité sont aujourd'hui exploités et entretenus par les paludiers. La surface totale du bassin versant des Marais Salants de Guérande est de 434 km². Sur ces 434 km², 161 km² sont occupés par les marais salants proprement dits.

Une filière est organisée autour de la coopérative agricole « Les Salines de Guérande » avec « Terre de Sel », outil d'éducation à l'environnement, de valorisation touristique de l'activité et de maîtrise des flux touristiques sur le marais. En parallèle, des paludiers dits « indépendants » commercialisent en direct ou via d'autres négociants (Ets BOURDIC, TRADYSEL, LE GABELOU,...).

Le nombre de paludiers a été en augmentation entre 2002 et 2009, au moins 165 seraient affiliés à la coopérative Les Salines de Guérande. Un label rouge existe depuis 1991, le « sel de Guérande ».

On comptait en 2003 environ 270 à 300 paludiers (dont 120 à 150 ne vivent que de cette activité), répartis entre Guérande (250) et le Mès (35). Il faut aussi ajouter également les emplois des négociants et autres professionnels gravitant autour de l'activité : SCA « Salines de Guérande » (50 salariés), les salariés des établissements Bourdic, les saisonniers (rouleurs, cueilleurs, porteurs,...).

Les marais salants traversent aujourd'hui une période de reconquête et attirent de plus en plus de jeunes. La formation paludière créée en 1979 a largement contribué à ce renouveau.

On compte en moyenne 100 à 300 œillets remis en état chaque année. La surface de marais potentiellement réexploitable est cependant limitée et se réduit inévitablement chaque année.

La production, fonction de l'ensoleillement, des vents et de l'humidité de l'air, reste cependant variable : de 25 000 tonnes en 1976 à seulement 300 tonnes en 1980.

II.4.5.4.2 Les enjeux pour la saliculture

La saliculture : une activité, gestionnaire des milieux

Les pratiques traditionnelles de la saliculture constituent donc un atout majeur pour la préservation de l'habitat lagunaire sous ses différents faciès (DOCOB 2006). Le soutien à la remise en activité de salines abandonnées contribue à l'entretien des milieux lagunaires et à leur biodiversité.

En effet, l'activité salicole et l'entretien régulier des salines et du réseau hydraulique garantissent un gradient de salinité favorable à la biodiversité, notamment de la flore et de l'avifaune. Les autres gestionnaires des sites contribuent à la mosaïque d'habitats en choisissant des modes de gestion différents (collectivités locales, chasseurs, associations de protection de l'environnement, particuliers...) influencent également l'évolution de ces espaces en qualité de gestionnaire ou d'utilisateur du marais, à des fins professionnelles ou récréatives... ou par simple attachement à ces espaces marqués par les traditions...

Cette activité économique traditionnelle participe à l'identité du territoire. Elle est garante de la biodiversité et créatrice d'un patrimoine paysager et écologique exceptionnel.

Les paludiers interviennent aussi comme gestionnaires sur des salines en friche (contrats Natura 2000), selon des partenariats divers, avec les institutions (Conseil Général, Cap Atlantique) et des associations de protection de la nature (Bretagne Vivante, LPO).

La saliculture, une activité « sentinelle », à préserver

Au même titre que la conchyliculture, au-delà de sa valeur patrimoniale et son dynamisme économique, la production de sel est tributaire de la qualité des eaux côtières. En cas de pollution accidentelle, elle est touchée immédiatement, ce qui a été le cas pour la catastrophe de l'Erika. Mais ils sont tributaires d'une manière générale à la bonne qualité chimique des eaux, dépendants à ces apports d'eau salée, et donc d'une bonne gestion du littoral.

Un bon entretien des digues de protection contre la mer est nécessaire. Les travaux de curage de bondres sont à la charge de l'Association Syndicale des marais salants du bassin de Guérande (association de propriétaires loi 1865, communément appelé Syndicat des Dignes). Cette structure assure des missions essentielles à la pérennisation de la saliculture et des habitats naturels salés de la Directive Habitats naturels Natura 2000. Le financement des travaux est apporté par les cotisations syndicales, l'Etat, la Région, le Département et CAP Atlantique.

Une forte pression foncière est aussi latente sur certaines zones de la Presqu'île. De potentiels conflits d'usage peuvent apparaître entre cette activité primaire et d'autres.

II.4.5.5 Les extractions marines**II.4.5.5.1 Contexte**

Le SAGE Estuaire Loire (2005) permet de resituer en détail le contexte à propos des extractions marines pratiquées au large de l'estuaire de la Loire (Annexe 13).

Le schéma départemental des carrières de Loire-Atlantique (44) a été approuvé par arrêté préfectoral d'approbation du 9 juillet 2001. Il prescrivait un arrêt total de la production de matériaux alluvionnaires en Loire, par les carrières. Pour compenser en partie la réduction de la production des matériaux alluvionnaires, l'extraction des sables marins se développe donc depuis les années 1980. Avec une production de 3,5 millions de tonnes, en 2002, cette activité doit s'exercer dans un cadre très réglementé relevant du Code Minier sous la tutelle du ministère de l'industrie avec le souci de préserver le milieu marin et les activités de pêche.

II.4.5.5.2 Bases sur l'exploitation des granulats marins

Avant d'accorder les permis d'exploitation nécessaires, les pouvoirs publics instruisent une demande à l'appui d'un examen approfondi mené en étroite concertation avec le milieu de la pêche, l'ensemble des services de l'Etat et l'IFREMER. Cet examen comprend notamment une étude d'impact sur l'environnement qui fait appel à de nombreux experts.

Le projet industriel est ensuite soumis à une enquête publique qui permet de recueillir les avis des populations et élus concernés. Une fois l'autorisation accordée, pour une durée et un tonnage déterminés, cette tutelle vigilante de l'Etat se manifeste par un suivi attentif de l'exploitation.

Sur la façade du département de la Loire-Atlantique, les sables et graviers marins résultant de l'épandage sur le plateau continental des produits de l'érosion du continent sont intéressants du point de vue de l'exploitation. Ces dépôts comblent des anciennes vallées avec des épaisseurs pouvant atteindre une vingtaine de mètres. Ils sont essentiellement siliceux (quartz, silex) et ont d'excellentes caractéristiques géotechniques. Les campagnes de recherches menées notamment par le CNEXO en 1978 et l'IFREMER sur les gisements marins de sables et graviers ont reconnu des ressources géologiques potentiellement exploitables considérables. Les reconnaissances faites sur les dépôts du plateau continental montrent l'existence de nombreux gisements de sables dont deux font l'objet de permis d'exploitation au titre du Code Minier.

II.4.5.5.3 Les autorisations en cours

Elles sont au nombre de deux, selon les points suivants (Tableau 9 et Figure 74 tirée de Baudrier 2002).

* Autorisation préfectorale du 09/04/1998/Le Pilier

L'autorisation s'applique au gisement du Pilier situé face à l'Estuaire de la Loire et au nord de l'île de Noirmoutier, dans les parages de la balise de navigation SN3, par des fonds de 14 à 18 mètres sous les plus basses mers. La production maximale autorisée sur la durée d'exploitation (20 ans) est de 3,4 millions de tonnes. La production moyenne annuelle autorisée de ce site d'extraction peut donc être estimée à 170000 tonnes/an. L'arrêté préfectoral d'ouverture des travaux miniers a instauré un suivi environnemental de l'impact de l'exploitation. Ce suivi est constitué :

- D'un état initial de référence réalisé préalablement à toute extraction,
- De programmes de suivi annuels et quinquennaux.

Sur la concession du Pilier, l'état initial de référence a été réalisé entre août 1999 et septembre 2000. L'approbation de l'état initial de référence (de la DRIRE) en février 2000 marque l'autorisation effective de débiter les travaux d'extraction. Un bilan intermédiaire sur le suivi biologique de la zone, au terme des deux premières années d'exploitation a été effectué en juin 2002. Le bilan réalisé n'aurait pas mis en évidence, sur la zone exploitée, des évolutions biologiques significatives.

Le groupement du Pilier a réalisé un bilan quinquennal de l'exploitation et du suivi environnemental de la zone exploitée durant l'année 2005. Cette analyse environnementale, réalisée après 5 années d'exploitation, a permis de dresser un constat représentatif de l'évolution biologique du site.

* Autorisation préfectorale du 01/07/1996/Les Charpentiers

L'autorisation concerne le gisement des Charpentiers situé à faible distance des côtes en face de St Nazaire par des fonds de 7 à 10 mètres sous les plus basses mers. Les dépôts naturels (Quaternaire ancien) y sont recouverts par des épandages des produits de dragage du chenal navigable de la Loire. Ces dépôts artificiels ne sont que des sables recouvrant certainement des formations semblables à celles du gisement du Pilier.

Tableau 9 : Autorisations en cours d'extraction de granulats marins au large de l'estuaire de la Loire

	Piliers	Charpentiers
Arrêté	09/04/1998	01/07/1996
Exploitants	Sablières Atlantique, STFMO, CETRA, SARELO, DTM, Sabliers de l'Odet.	Sablières de l'Atlantique, SARELO, CETRA
Profondeur	14-18 m	7-10 m
Distance en milles de l'estuaire Loire	4	1,7
Type	Sable et graviers siliceux	idem
Surface autorisée en km ²	8,2	2
durée	20 années maximum exploitation	Autorisation expirée. Demande de renouvellement déposée le 15 avril 2002. L'exploitation est prorogée par arrêté ministériel du 26 décembre 2002 dans un périmètre et sur une surface inchangés en attendant que l'administration statue sur cette nouvelle demande.
Production maximale autorisée en mt	3400	2500
Production moyenne estimée/an en mt		170

II.4.5.5.4 Impacts de l'extraction des granulats marins sur le milieu

Le GIP Loire Estuaire (2005) souligne d'une manière générale les impacts attribuables à l'extraction des granulats marins sur le milieu marin qui sont les suivants:

- **Atteinte au milieu liquide:** au cours de l'extraction de granulats, l'eau est le premier milieu altéré par la création d'une turbidité en profondeur (passage de la conduite permettant la remontée des sédiments) et en surface par le rejet des particules fines avec l'eau. Si faible soit-elle, on ne peut tenir cette turbidité pour négligeable du fait de ses implications sur la flore et la faune benthiques. Les particules fines vont former un panache qui, entraîné par les courants se déposera soit en mer, soit sur le littoral.
- **Atteinte au milieu solide:** à la suite de l'extraction, il y aura un changement de la morphologie du fond qui pourra modifier le régime des courants de fond au voisinage du site exploité. En modifiant ainsi l'équilibre des sédiments superficiels, auxquels on peut rattacher dans certains cas les sables littoraux, ces extractions pourront provoquer ou aggraver l'érosion côtière, particulièrement dans le cas d'exploitation à proximité des côtes et par faible profondeur d'eau.
- **Atteinte au milieu vivant:** parmi les répercussions immédiates, la destruction du peuplement benthique dans la zone d'exploitation est indéniable. Cette destruction affecte essentiellement les invertébrés directement exploitables par l'homme ou sources de nourriture pour certains poissons. Il convient de citer également le risque de destruction des frayères pour les espèces qui pondent sur le fond, dont l'intérêt commercial est important, et des nourriceries où se concentrent les jeunes individus.
- Les répercussions à plus long terme sont moins aisées à mettre en évidence, car elles sont difficiles à différencier, avec certitude, des variations saisonnières ou annuelles naturelles. En cas d'exploitation extensive, les changements notables dans la répartition des différents substrats modifieront les relations avec les peuplements qui leur sont associés. En particulier, les creusements effectués à travers des dépôts de sédiments fins pour atteindre les graviers sous-jacents laissent des traces durables; or, les peuplements les plus productifs se trouvent sur ces sédiments fins. La sédimentation de particules fines, remises en suspension lors du dragage et concentrées par les courants de fond, peuvent également changer la nature du substrat.

Les impacts mis en avant par le GIP Loire Estuaire (2005) concernent des points sensibles dont nous avons parlé sur les chapitres précédents, notamment touchant à l'équilibre hydrosédimentaire de l'estuaire de la Loire encore méconnu selon Le Hir (2007). Les interactions avec la zone de clapage de la Lambarde semblent donc possibles, un impact sur la turbidité évident.

Les informations sur le benthos sont malheureusement peu nombreuses dans les zones impactables par les extractions.

Les données réelles d'exploitation sont couvertes par le secret statistique et ne permettent donc pas une comparaison avec les volumes d'extraction autorisés. On n'a pas non plus facilement accès aux études d'impact sur l'environnement qui ont été fournies à l'administration et aux experts, celles-ci relevant du droit privé (sauf les études déposées au moment de l'enquête publique avant le démarrage de l'exploitation).

On ne peut donc conclure sur l'impact réel des extractions de granulats au large de l'estuaire de la Loire. En l'absence d'information, un doute subsiste.

Dragages des fleuves et exploitation des matériaux marins dans le secteur Loire Vilaine

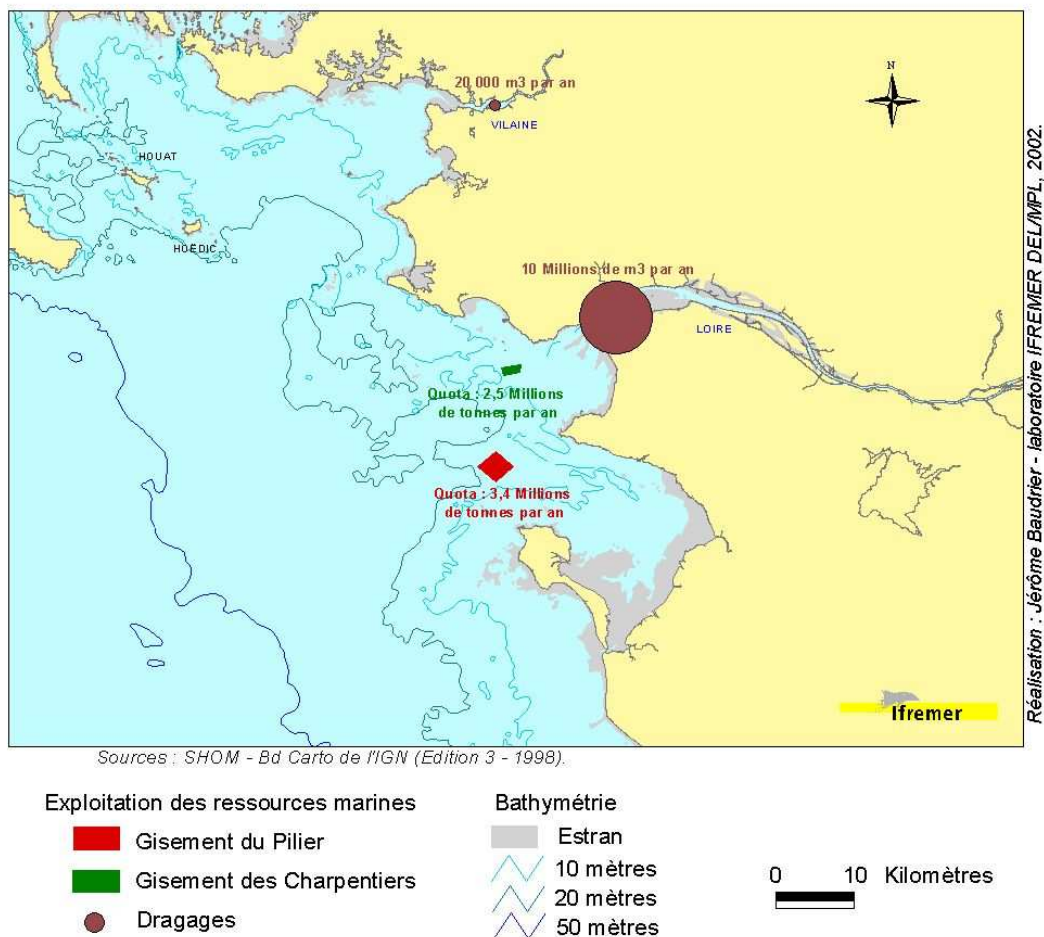


Figure 74 : Dragage des fleuves et exploitation des granulats marins dans le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)

II.5 Inventaire patrimonial et réglementation

Le secteur Loire/Vilaine aussi bien sur la bande côtière que sur les zones littorales témoigne d'une très grande richesse de son patrimoine naturel comme cela a pu être évoqué à plusieurs reprises sur les chapitres précédents.

Plusieurs secteurs à protéger sous différents statuts ont donc été définis (Annexe 12). Des rappels sont donnés en Annexe 12 sur ces différents statuts, dont Natura 2000 est certainement le plus important.

II.5.1 Les zones Natura 2000

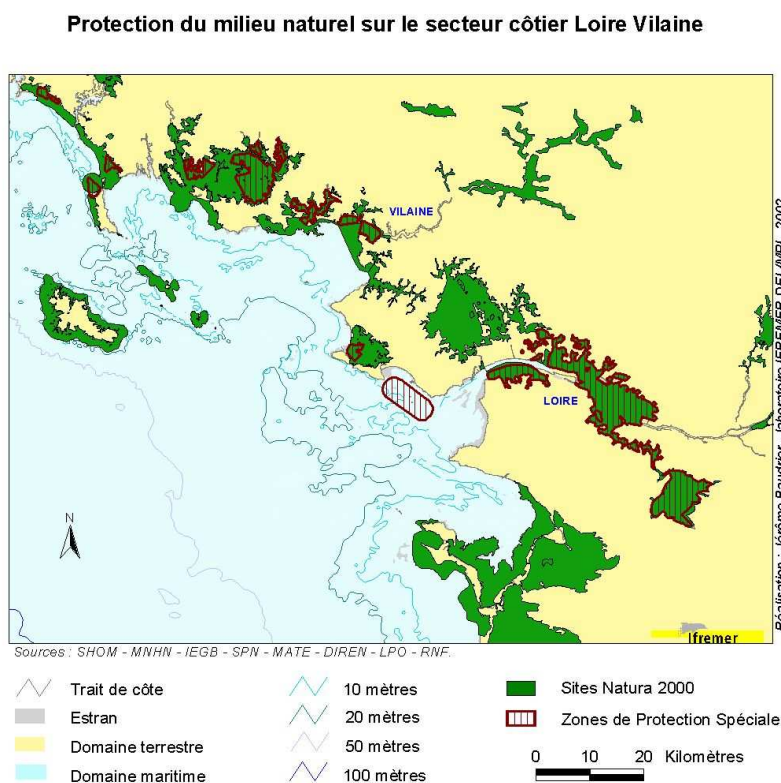


Figure 75 : Zones Natura 2000 (vert) dans le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)

II.5.1.1 Estuaire et Baie de Vilaine

Le rapport de la CLE (2009) affiche un objectif très ambitieux : « la totalité des zones humides et le domaine maritime ont vocation à être intégrés comme site Natura 2000 ». Mais pour l'instant, seuls l'estuaire et la baie de Vilaine sont concernés par les deux directives « Oiseaux » et « Habitats ».

Le site "Estuaire de la Vilaine" a été désigné en 2003 en tant que Zone Spéciale de Conservation (ZSC) au titre de la Directive Habitat (carte ci-contre) et deux autres sites ont été désignés en tant que Zone de Protection Spéciale (ZPS) au titre de la Directive Oiseaux.

La Zone Spéciale de Conservation (ZSC) issue de la Directive Habitat couvre 4769 ha dont 74 % de surface marine et concerne les communes d'Ambon, d'Arzal, de Billiers, de Camoël, de Damgan, de Muzillac et de Pénestin.

Les deux sites en ZPS "baies de Kervoyal et Vilaine" (hachurés en orange sur la carte ci-dessus Figure 75) forment aujourd'hui un site d'un seul tenant : "Baie de Vilaine" du fait de la récente désignation par l'Europe, le 31 octobre 2008, d'une extension en mer, réunifiant les deux précédents sites.

La Zone de Protection Spéciale actuelle (ZPS – Directive Oiseaux) (cf. carte ci-contre) couvre 6.850 ha dont 85 % de surface marine et concerne les communes d'Ambon, d'Arzal, de Billiers, de Camoël, de Damgan, de Muzillac et de Pénestin.

C'est un site d'importance internationale pour les oiseaux d'eau. Cette ZPS joue un rôle majeur pour l'accueil de l'avifaune hivernante, elle sert de halte migratoire à de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau que ce soit lors de la migration post-nuptiale ou de la migration pré-nuptiale.

L'état n'a pas encore désigné d'opérateur sur ces zones ZPS et ZSC. L'IAV est pressenti pour l'être mais l'ajout de nouveaux éléments de classement de sites Natura 2000 en mer et de potentiel parc marin sur le Mor Braz a pour l'instant suspendu ce processus.

II.5.1.2 Estuaire de la Loire

Le SAGE Estuaire Loire (2005) rappelle que son territoire est concerné par 7 projets de Sites d'Intérêt Communautaire représentant une surface de 563,5 km², soit 17,4 % de la surface du SAGE dont

- Estuaire de la Loire (diagnostic en 2005)
- Marais salants de Guérande Traict croisic, dunes de Pen Bron doc obj en 2005 ?

Trois Zones de Protection Spéciale concernent le périmètre du SAGE Estuaire Loire (2005)

- La ZPS du TRAICT DU CROISIC – MARAIS DE GUERANDE, implantée sur le bassin versant Littoral Guérandais (commission géographique de l'Estuaire aval – littoral) a été classée en 1992. 3 communes sont concernées par la ZPS : Guérande, La Turballe et Batz sur Mer. Cette ZPS couvre une surface de 5,6 km².
- La deuxième ZPS présente sur le périmètre du SAGE est la ZPS de l'Estuaire de la Loire, classée en 1996, elle est localisée sur 3 commissions géographiques (Estuaire Amont Tenu, Brière – Brivet et Estuaire Aval – Littoral) et concerne 6 bassins versants (Tenu, Acheneau – Martinière, Brière – Brivet, secteur Nazairien, Sillon de Bretagne et Bilho). La ZPS de l'Estuaire de la Loire s'étend sur une superficie de 183,3 km² (surface représentant 5,6 % du territoire couvert par le périmètre du SAGE Estuaire). 90 % de la superficie de la ZPS appartient au domaine terrestre et 10 % de sa surface au domaine maritime. 25 communes sont totalement ou partiellement concernées par l'emprise de la ZPS de l'Estuaire de la Loire :

Truhaus (2006) souligne que l'estuaire de la Loire est intégré complètement dans le réseau Natura 2000 (code FR5200621). Au cours de l'année 2006, le périmètre Natura 2000 fut élargi au niveau du chenal de Donges.

Les deux zones de protection spéciale sur le territoire du SAGE couvrent une superficie totale de 188,9 km², représentant 5,8 % du territoire du SAGE.

- Une troisième Zone de Protection Spéciale implantée sur le domaine maritime face à Pornichet et La Baule Escoublac : la ZPS des îles de la Baie de la Baule. Classée en ZPS depuis janvier 1990, cette zone d'une superficie de 3 400 Ha appartient à la région biogéographique de l'Atlantique.

Cap Atlantique a été désigné comme opérateur pour les sites ZPS et ZSC. C'est donc sous sa conduite que s'est élaboré le DOCOB (2006) dont nous avons pu retenir beaucoup d'éléments.

II.5.1.3 Natura 2000 en mer

Les sites Natura 2000 sont indiqués sur les cartes ci-jointes tirées du site Natura 2000 (Figures 76a, 76b, 76c) (www.natura2000.fr). Les zones pressenties pour être en Natura 2000 en mer concernent une extension au large de celle de l'estuaire de la Vilaine et des points précis sur le secteur Loire.

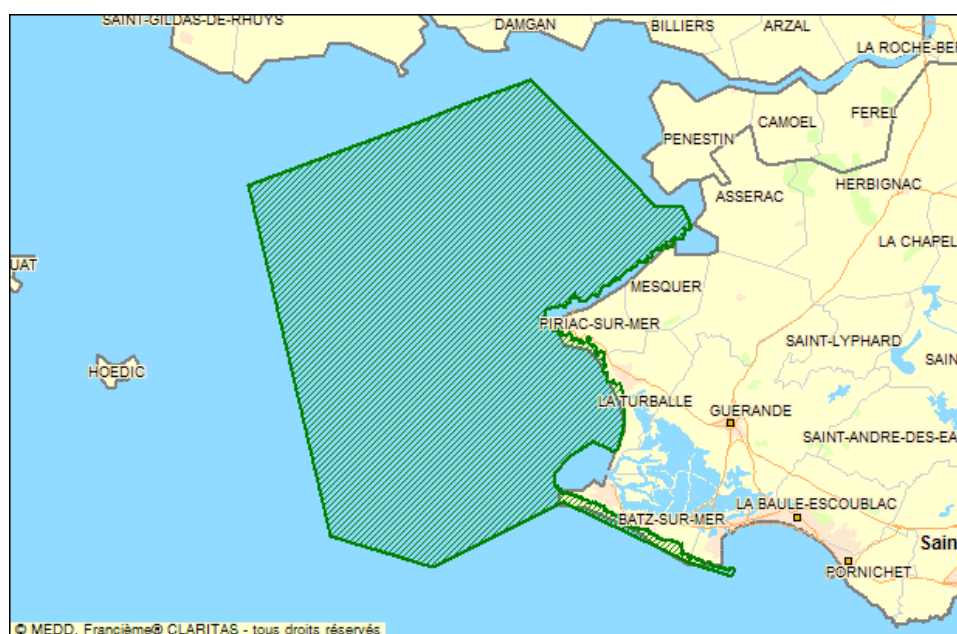


Figure 76a : Proposition de zones Natura 2000 en mer sur le Mor Braz (www.natura2000.fr)

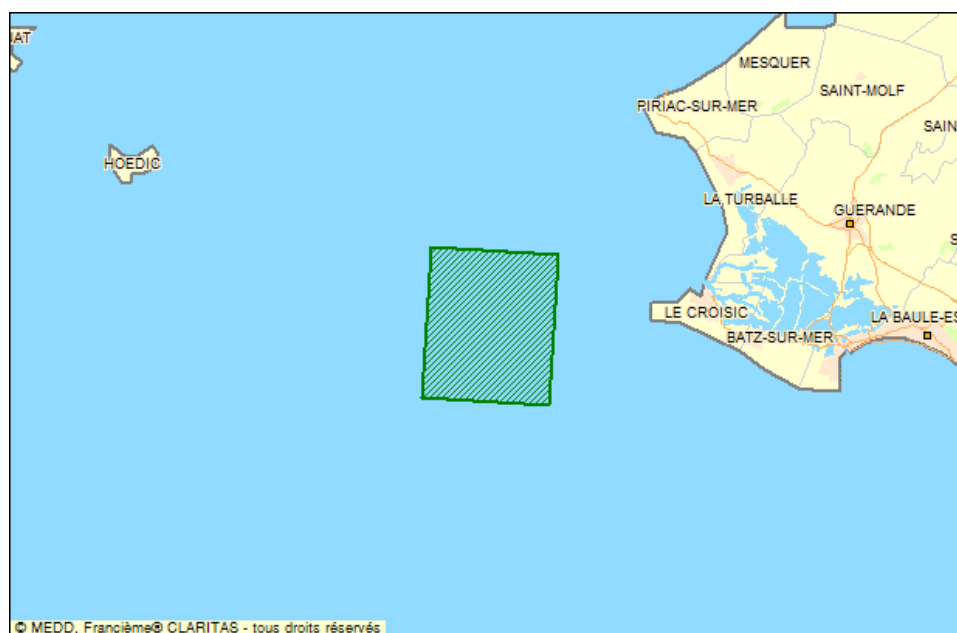


Figure 76b: Proposition de zone Natura 2000 en mer sur le Four (www.natura2000.fr).

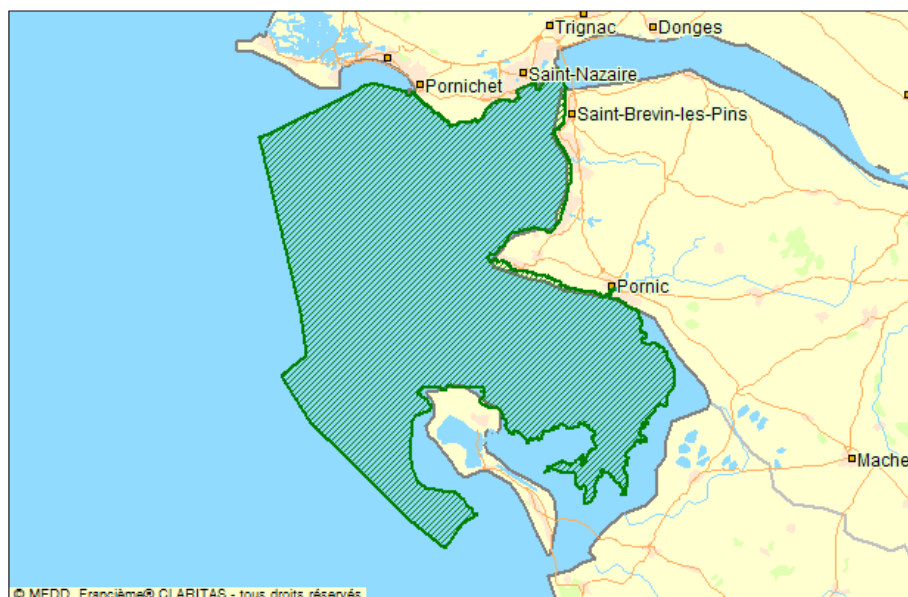


Figure 76c: Proposition de zone Natura 2000 sur l'Estuaire de la Loire (www.natura2000.fr)

Une bonne partie de la Baie de la Vilaine serait donc maintenant prise en compte. Sur ce point, le Conseil d'Administration de l'IAV a délibéré le 17 juin 2008 et émis l'avis suivant :

- "avis favorable sur le principe d'extension du périmètre des ZPS des sites de la Baie de Vilaine et du Mor Braz mais de préciser qu'au vu des seuls éléments contenus dans le dossier de consultation, l'IAV ne peut se prononcer sur la pertinence des tracés de ces nouveaux périmètres ;
- "avis défavorable sur le découpage régional du site baie de Vilaine - Mor Braz et sur la mise en place de deux comités de pilotage en charge de la rédaction des mesures de gestion. Un seul comité de pilotage s'avérerait plus cohérent et permettrait de plus, de substantielles économies d'échelles".

Au large de l'estuaire de la Loire, le plateau de la Banche et celui du Four ainsi que le banc de Guérande seraient proposés comme sites Natura 2002 en mer. On y retrouverait aussi la Lambarde, site de clapage, et les sites du Pilier et des Charpentiers, sites d'extraction de granulats marins. Mais pour l'instant, seul le plateau du Four a reçu la désignation d'un gestionnaire: le comité local des pêches (COREPEM). Un DOCOB est donc en cours d'élaboration, porté par Antonin Hubert, et sous la responsabilité de la DREAL Région Pays de la Loire. Pour la zone plus au large de l'estuaire de la Loire, il semble qu'elle soit pressentie pour être Natura 2000 en mer.

II.5.1.4 Le DOCOB de Cap Atlantique (2006)

La communauté de communes Cap Atlantique a été désignée par le préfet, comme opérateur local sur les sites Natura 2000 suivants (qui comprennent des sites côtiers et des zones humides en littoral):

- FR5212007 « Marais du Mès, Baie et Dunes de Pont Mahé, Étang du Pont de Fer, Ile Dumet » (ZPS) ;
- FR5210090 « Marais salants de Guérande, Traicts du Croisic, Dunes et Bois de Pen Bron, Baies de Saint-Goustan et du Castouillet, Bois de Villeneuve » (ZPS) ;
- FR5210049 « Iles de la Baie de la Baule » (ZPS) ;
- FR5200627 « Marais salants de Guérande, Traicts du Croisic, Dunes de Pen Bron » (ZSC) ;
- FR5200626 « Marais du Mès, Baie et Dunes de Pont Mahé, Étang du Pont de Fer » (ZSC).

Au cours du déroulement de l'élaboration du document d'objectifs DOCOB, démarré depuis 2002, deux propositions d'extension ont été proposées en Comité de Pilotage au titre de la directive Habitats (site FR5210090) : l'une concerne la Côte sauvage (communes de Batz/mer, du Croisic et du Pouliguen), l'autre les Baies de Saint-Goustan et du Castouillet (Le Croisic), au titre directive Oiseaux et Habitats, pour les SIC et ZPS.

La démarche pour l'élaboration du DOCOB a suivi la procédure classique : inventaire, groupes de travail et concertation pour définir la valeur patrimoniale et le niveau de menace pour des habitats et des espèces, conduisant à des fiches spécifiques. Puis il y a eu définition des enjeux et des actions ciblées avec des objectifs pour 2012. Issue de ce travail, une liste des habitats remarquables dont certains sont importants pour le domaine côtier Loire/Vilaine est donnée en paragraphe Part.II3.7.

De même, un inventaire exhaustif des oiseaux a été fait, plus détaillé dans le chapitre Part.II3.5.

Pour le secteur Loire/Vilaine, sur les zones ZPS et ZSC du DOCOB (2006), il ressort de cette démarche la nécessité de prendre et compte, et préserver particulièrement :

- les herbiers à Zostères (*Zostera noltii*) sont source de nourriture des oies bernaches,
- les récifs d'hermelles sont rares à l'échelle de la France et de l'Europe, ils abritent une grande diversité d'espèces de la microfaune marine,
- sur les Traicts du Croisic, les sables dunaires abritent une faune rare,
- les sédiments envasés situés hors concessions présentent un intérêt fort car ils sont relativement peu communs à l'échelle de la Bretagne, ils sont exploités par un grand nombre de limicoles, particulièrement sur les traicts de Pen Bé.
- Zones d'alimentation, d'hivernage et de repos pour une grande diversité d'espèces d'oiseaux (limicoles, anatidés,...)
- De nombreuses espèces d'oiseaux : Grèbe à cou noir, Canard siffleur, Sarcelle d'hiver, Canard pilet, Bernache cravant, Barge à queue noire, Grand Gravelot, Pluvier argenté, Bécasseau maubèche, Bécasseau variable, Courlis cendré, Courlis corlieu, Huîtrier pie, Avocette élégante, Aigrette garzette...

Les secteurs marins inclus dans les zones Natura 2000 (estran et zones subtidales) abritent une grande diversité d'habitats. Mais dans la nomenclature actuelle, aucun habitat marin n'a le statut d'habitat prioritaire. Pour les habitats terrestres, ce statut est lié à la rareté de l'habitat à l'échelle européenne, à

sa fragilité et à son rôle écologique. Localement, dans les zones marines Natura 2000, deux structures répondent néanmoins particulièrement à ces critères: les récifs d'hermelles et les herbiers à zostères (*Zostera noltii*).

II.5.2 Les autres statuts de protection

➤ Les ZNIEFF

Le programme ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) a été initié par le ministère de l'Environnement en 1982, et a pour objectif de se doter d'un outil de connaissance (inventaires) des milieux naturels sur l'ensemble du territoire national, métropole et départements d'outre-mer (SAGE Estuaire Loire 2005). Mais la dénomination d'un espace en ZNIEFF ne lui confère aucune protection réglementaire.

Selon Baudrier (2002), tout l'estuaire de la Vilaine serait placé en ZNIEFF de type II.

Sur le territoire du SAGE Estuaire Loire (2005), les auteurs du document relèvent:

- 76 ZNIEFF de type I qui représentent une superficie totale de 496 km² soit 12,9 % de la superficie totale du SAGE Estuaire de la Loire
- 35 ZNIEFF de type II qui représentent une superficie totale de 817,8 km² soit 21,2 % de la superficie totale du SAGE Estuaire de la Loire.

Truhaus (2006) souligne que l'estuaire de la Loire fait l'objet de nombreuses protections, il compose une ZNIEFF, et forme une Zone d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux (ZICO); ce dernier titre constituant seulement un inventaire.

En mer, des ZNIEFF sont aussi délimitées, conduisant à des inventaires exhaustifs de la faune et la flore que le ministère de l'environnement (via les DREAL) a confiés au Muséum National d'Histoire Naturelle.

➤ Les zones humides – La convention Ramsar

La convention de RAMSAR relative aux zones humides d'importance internationale, signée le 2 février 1971 a été ratifiée par la France le 1^{er} octobre 1986. Elle implique un inventaire de toutes ces zones humides, l'inventaire National des Zones Humides d'intérêt national (IFEN), adopté en 1994 par le gouvernement, afin d'assurer la préservation des zones humides. Le plan national d'action pour les zones humides.

Sur le territoire du SAGE Estuaire Loire aval, 2 zones humides d'intérêt national ont été identifiées :

- Nom de la zone RAMSAR N°2 : GRANDE BRIERE MARAIS DU BASSIN DU BRIVET
- Nom de la zone RAMSAR N°3 : MARAIS SALANTS DE GUERANDE ET DU MES

➤ Les parcs naturels régionaux (PNR)

Sur le périmètre du SAGE Estuaire Loire (2005), le parc naturel régional du Marais de Brière s'étend sur les bassins versants de Brière - Brivet, du littoral Guérandais et du secteur Nazairien. Le parc est également sur l'emprise de deux commissions géographiques : Brière – Brivet et l'Estuaire aval – littoral. Ce parc naturel régional couvre une superficie totale de 490,5 km² dont 368,9 km² dans l'emprise du territoire du SAGE, surface représentant 11,3 % du SAGE Estuaire de la Loire, 75,5 % du PNR du Marais de Brière est dans l'emprise du SAGE.

En outre, des réserves de chasse et de faune sauvage sont situées dans le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire et relèvent du DPM : Croisic, îles de la baie, Dumet, Pierre Rouge, estuaire Loire.

Deux gestionnaires identifiés pour ces réserves de chasse et faune sauvage :

- Les Affaires Maritimes
- Le Port Autonome de Nantes - St Nazaire

➤ Un futur parc marin ?

A ce panorama complexe de zones naturelles et nombreuses à protéger sur le secteur Loire/Vilaine sous différents statuts et qui témoignent de la richesse patrimoniale de ce territoire côtier et marin, il convient maintenant d'ajouter une dernière dimension, celle du futur parc marin du Mor Braz, dont le délimité exact n'est pas encore fixé (cf Figure 77 ci-dessous).

Le statut de parc marin proposé comme un nouvel outil de gestion du littoral selon la loi du 14/04/2006 devra permettre de concilier les enjeux de préservation et les divers usages sur un espace côtier. La Figure 72 tirée d'un travail de Trouillet en 2006 sur tous les usages sur l'espace côtier Loire/Vilaine permet d'en mesurer leur complexité.

De fait, le projet proposé de parc marin Bretagne sud n'inclut pas l'estuaire de la Loire, il est plus centré sur le Mor Braz.

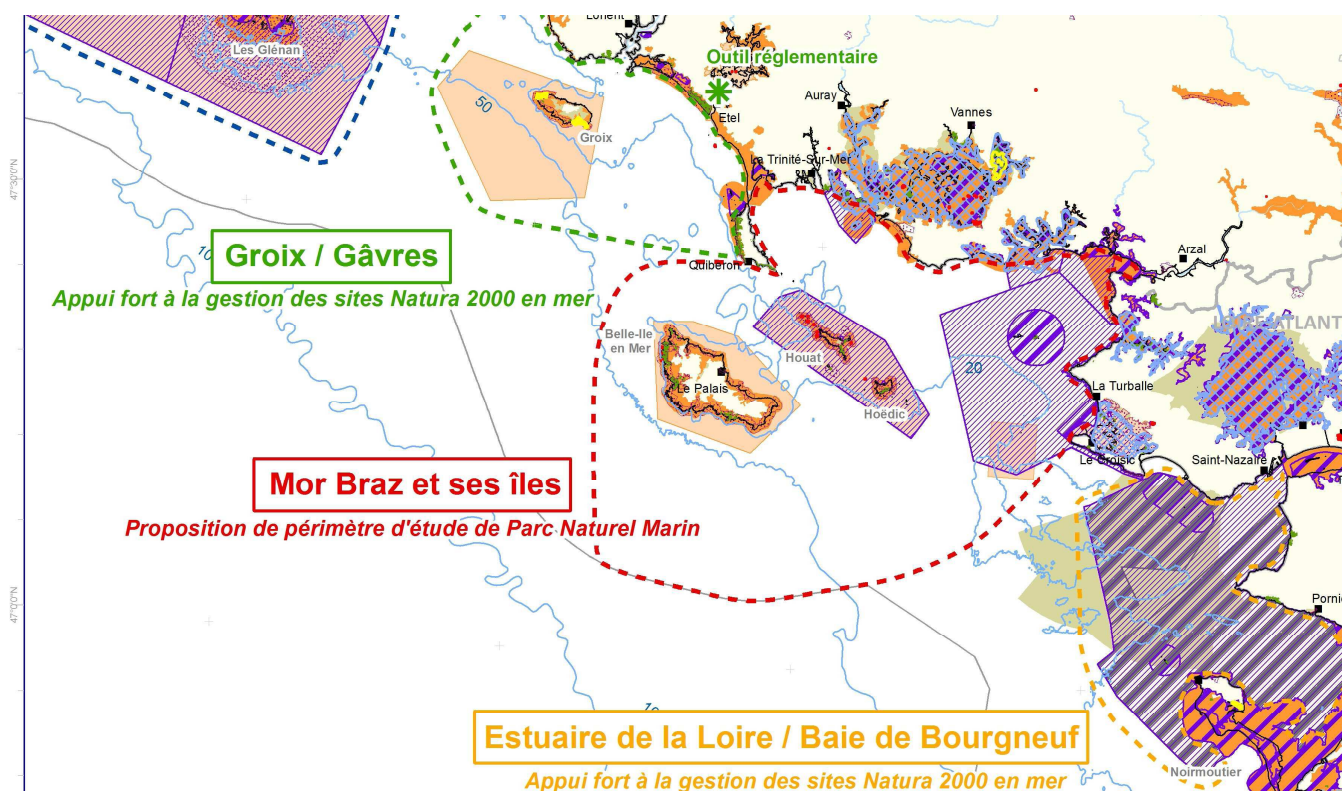


Figure 77 : Proposition de périmètre d'étude de Parc Naturel Marin (AAMP 2009)

PARTIE III
LA SURVEILLANCE DU MILIEU MARIN
ET LA GESTION DE L'ECOSYSTEME

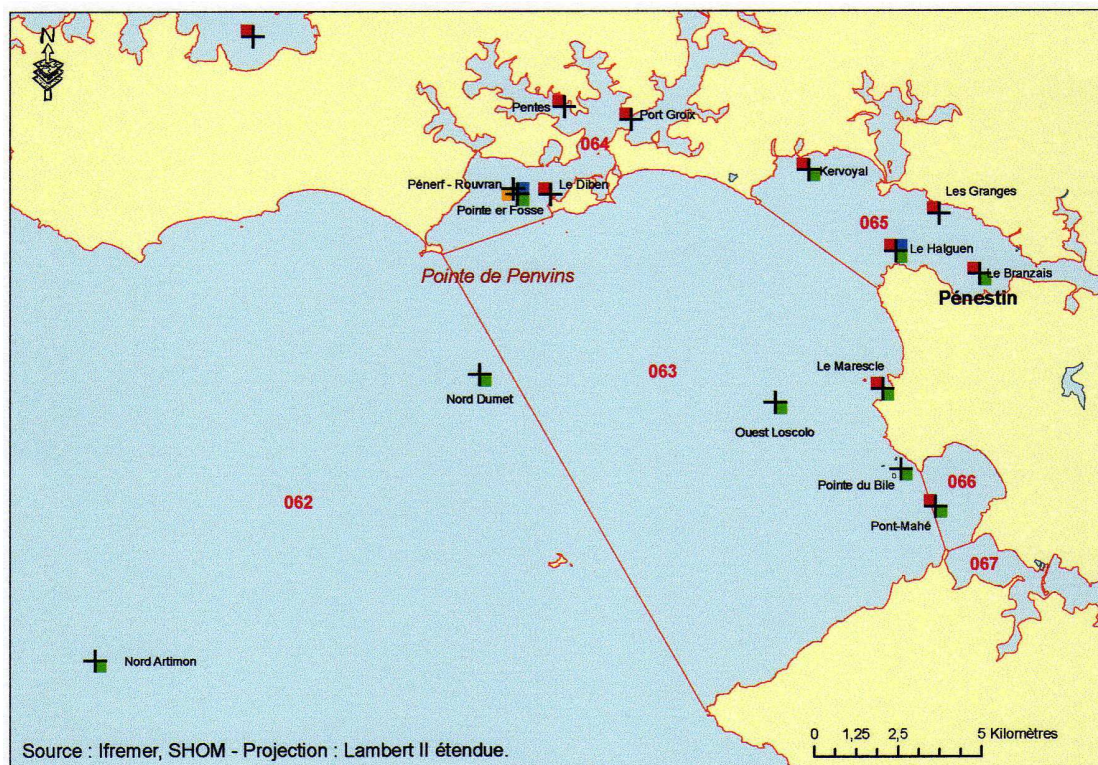
III.1 Réseaux et outils existants

III.1.1 Données générales

Les principaux réseaux de surveillance des eaux côtières s'exercent sous la responsabilité d'Ifremer. Le tableau 10 les récapitule. Les figures suivantes (78 et 79) indiquent les points de contrôle et les réseaux correspondants. Elles sont tirées des derniers bulletins des laboratoires côtiers LER/MPL/TM et LER/MPL/NT (éditions 2010) et sur la base de zones marines définies par Ifremer dans sa nouvelle base de données :

Selon la terminologie utilisée dans la nouvelle version de la base de données « Quadrigé2 » (novembre 2008), les points de surveillance sont regroupés dans des « zones marines ». Le mnémonique du point est retenu pour son identification : par exemple, « 001-P-002 » identifie le point « 002 » de la zone marine « 001 ». Un nouveau référencement des points de mesure est donc utilisé par les équipes d'Ifremer. Les données sont centralisées sur la base Quadrigé d'Ifremer, qui vient d'évoluer en Quadrigé 2. Le zonage Quadrigé 2 n'est pas équivalent au zonage des masses d'eaux DCE (indiqué ci-dessous) car il englobe des points de mesure plus au large.

- 062 Baie de Vilaine – large (DCE : FRGC45)
- 063 Baie de Vilaine – côte (DCE : FRGC44)
- 064 : Rivière de Pénérif (DCE : FRGC44)
- 065 : Estuaire de Vilaine (DCE : FRGT27)
- 066 : Pen Bé-Baie de Pont Mahé (FRGC 44)
- 067 : Traict de Pen Bé (FRGC44)
- 068 : Traict du Croisic (FRGC46)
- 069 : Loire-Large (FRGC46)
- 070 : Estuaire de la Loire (FRGT28)



Entités géographiques Quadrigé

Figure 78a : Points de suivi des réseaux sur la Baie de Vilaine
(062, 063, 064, 065, 066) (LER/MPL/TM 2010)

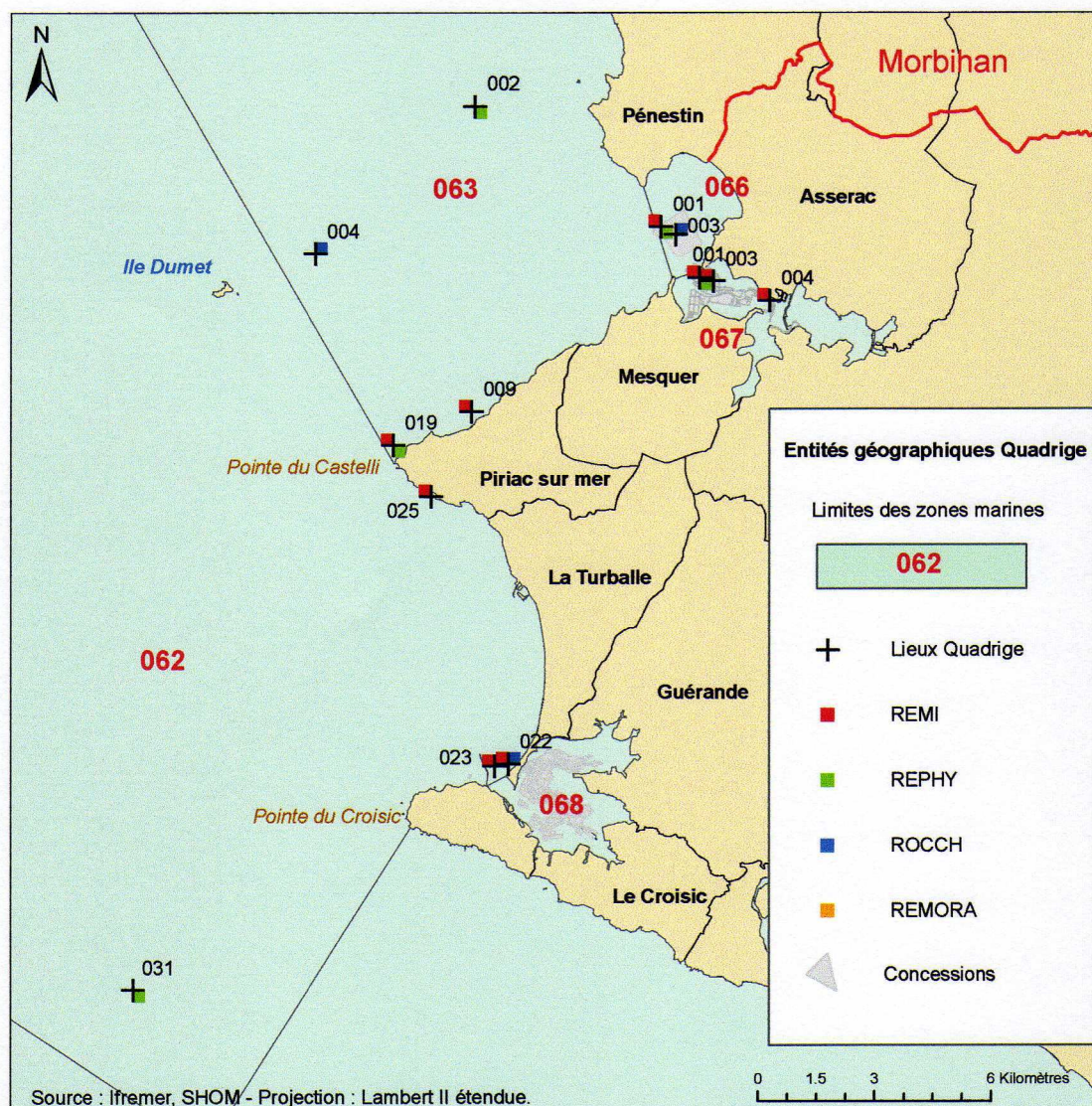


Figure 78b: Points de suivi des réseaux sur la Baie de Vilaine sud (062) (LER/MPL/TM 2010)

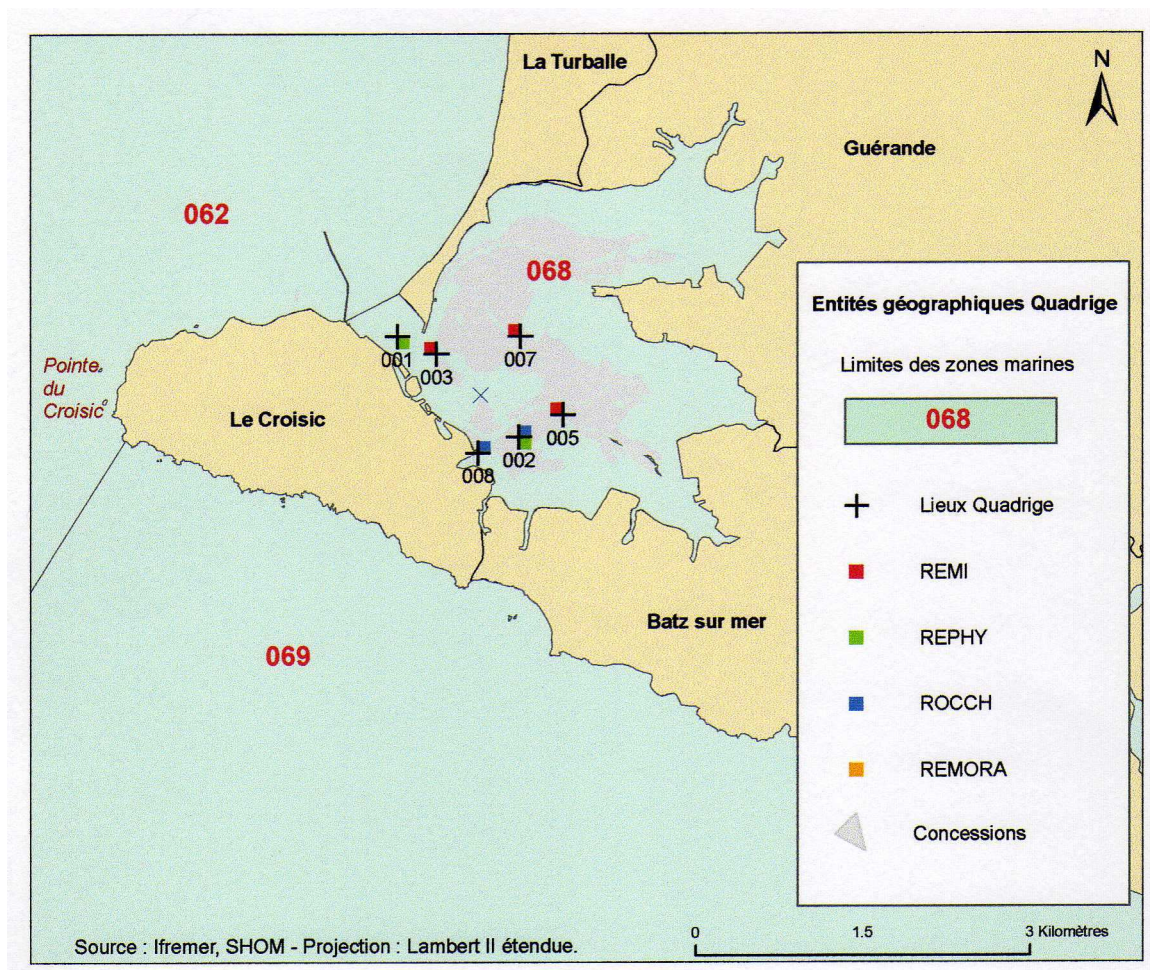


Figure 79a : Points de suivi des réseaux sur le traict du Croisic (068) (LER/MPL/NT 2010)

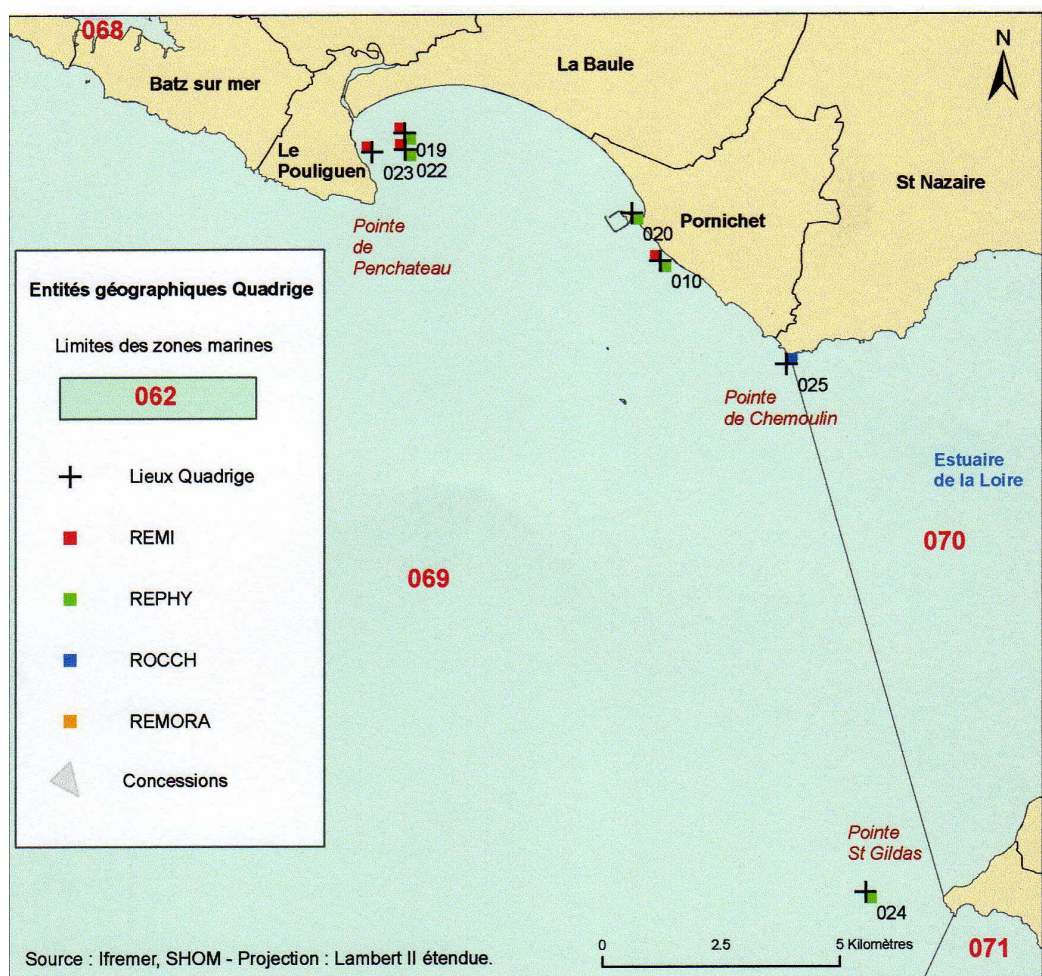


Figure 79b: Points de suivi des réseaux sur la zone marine Estuaire Loire large (069) (LER/MPL/NT 2010)

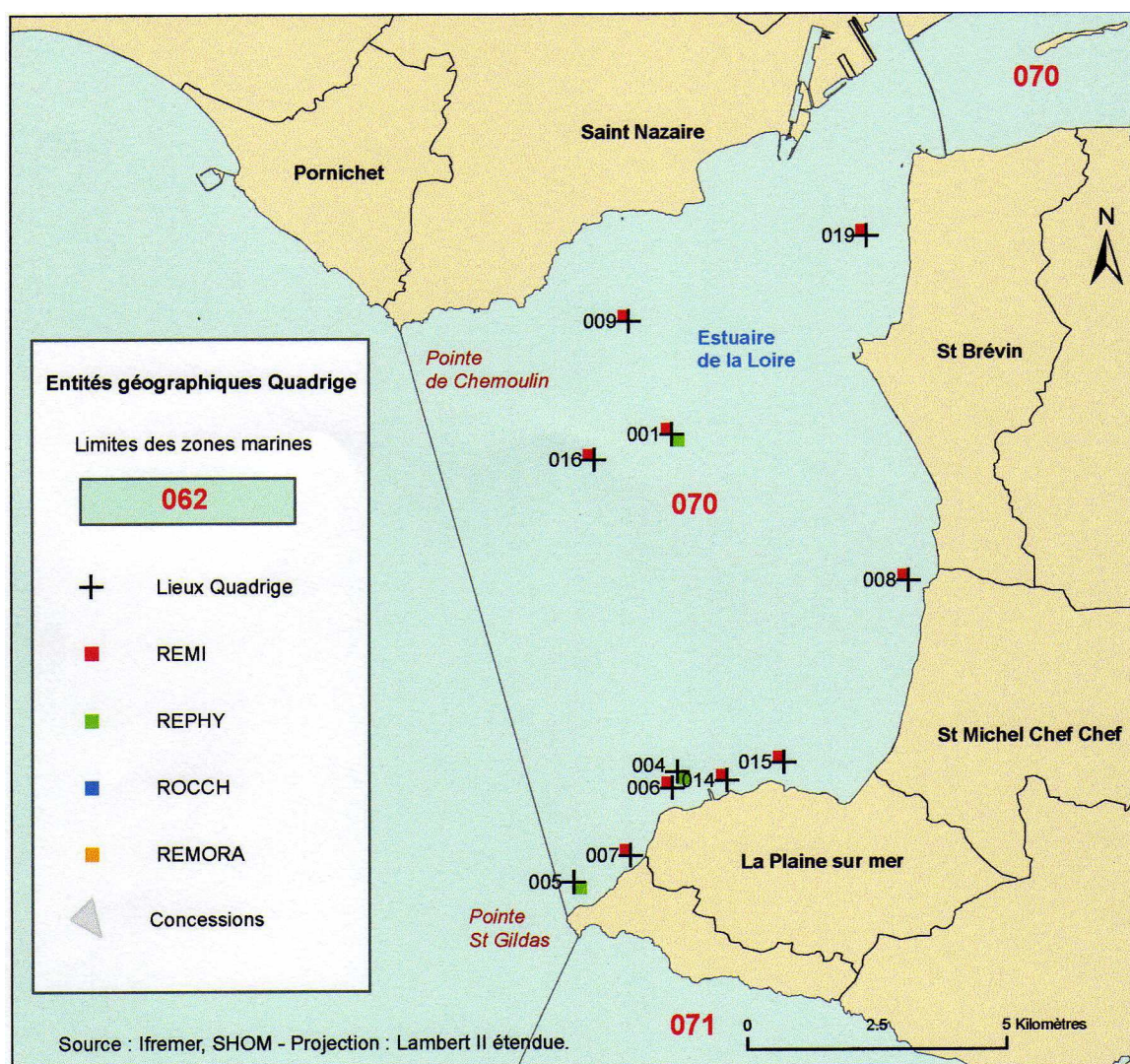


Figure 79c : Points de suivi des réseaux sur la zone marine Estuaire Loire Large (070) (LER/MPL/NT 2010)

Tableau 10 : Récapitulatif des suivis sur le littoral

(d'après Ifremer, Cap Atlantique, Guillaumont et Mahier 2008, arrêtés DCE du 25/01/10, surveillance et évaluation eaux côtières et transition)

Nom	REMI	REPHY	RNO	ROCCH	REMORA	REBENT	DCE Etat écologique	DCE Etat chimique
	Réseau de contrôle microbiologique	Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines	Réseau National d'Observation	Réseau d'observation de la contamination chimique	Réseau mollusques des ressources aquacoles	RÉseau de surveillance BENThique,	Directive Cadre Eau	Directive Cadre Eau
Date de création	1989	1984	1974-2007 (fin)	2007	1993	2003	2006-2007	2007
Objectifs	Suivi microbiologique des zones de production conchylicole classées (suivi sanitaire)	Suivi spatiotemporel des flores phytoplanctoniques et des phénomènes phycotoxiques associés (suivi sanitaire et DCE)	Evaluation des niveaux et tendances de la contamination chimique (suivi sanitaire)	Evaluation des niveaux et tendances de la contamination chimique (suivi sanitaire et DCE)	Evaluation de la survie, la croissance et la qualité de lots cultivés de l'huître creuse <i>Crassostrea gigas</i>	Evaluation et suivi de l'état du macrobenthos en Bretagne (suivi environnemental)	Evaluation et surveillance de l'état écologique d'une masse d'eau côtière ou de transition (suivi environnemental)	Evaluation et surveillance des niveaux et tendances de la contamination chimique (suivi environnemental)
Paramètres	<i>Escherichia coli</i> en nombre E. coli / 100 g C.L.I. coquillage et liquide intervalvaire	Flores totales Genre <i>Dinophysis</i> et toxicité DSP associée Genre <i>Pseudo-nitzschia</i> et toxicité ASP associée Genre <i>Alexandrium</i> et toxicité PSP associée température (°C) salinité turbidité oxygène dissous chlorophylle <i>a</i>	Cadmium, plomb, mercure, cuivre, zinc, argent, chrome, nickel, vanadium Organohalogénés : Polychlorobiphényle (CB 153) lindane (γ-HCH) DDT+DDE+DDD Hydrocarbure polyaromatique : fluoranthène, temp., sal., nutriments, chlorophylle <i>a</i> , (O2, MES, turbidité),	Métaux : cadmium plomb mercure	Poids Taux de mortalité Croissance (+ diagnostic sur mortalités)	Sable intertid faune : 1/an Sable subtid. Faune : 1/an Herbiers <i>Z. marina</i> , faune, flore : 1/an Mael subtid. : flore, faune, 1/an Roche intertid, flore, 1/an Roche intertid, faune, 1/an Roche subtid faune, flore, 1/3ans	Phyto : 6 mois ou + Macrophyte intertid. : 3 ans Macrophyte subtid. 6 ans Macro invertébré : 3 ans Poissons (transition) 3 ans Hydromorphologie : 6 ans Temp, O2 : Salinité (transition) : Nutriments : Cf http://www.ifremer.fr/envlit/ de l'Ifremer, à la rubrique surveillance/DCE,	41 substances DCE, 34 substances hydrophobes, substances OSPAR, substances directive 76 : Cf http://www.ifremer.fr/dce/atlas-loire-bretagne/parametre_suvi.htm ,

Tableau 10 : Récapitulatif des suivis sur le littoral (suite)

Nom	REMI	REPHY	RNO	ROCCH	REMORA	REBENT	DCE Etat écologique	DCE Etat chimique
Support	Coquillages	Eau et coquillages	Moules/huîtres-eau-sédiment	coquillages	Huîtres	Cf ci-dessus	Micro- et macrofaune, -flore benthique et pélagique, eau	Eau, matière vivante et sédiment
Fréq.	1/sem quand période à risque ou alerte, 1/mois routine	Phyto : 1 fois/15j ou 1/m, ou 1/sem quand risque Hydro : 1/15j ou 1/m	Eau : 3-5/an Coquillages, contaminants organiques : 1/an Contaminants métaux : 2/an Sédiment : 1/6ans	contaminants organiques : 1/an Contaminants métaux : 2/an	4/an	Cf ci-dessus	Cf ci-dessus http://www.ifremer.fr/dce/atlas-loire-bretagne/pdf2008/5-frequences-MEC-2008.pdf Et http://www.ifremer.fr/dce/atlas-loire-bretagne/pdf2008/5-frequences%20MET%202008.pdf	Autres polluants : 3 mois Substances prioritaires : 1 mois Sédiment : 6 ans http://www.ifremer.fr/dce/atlas-loire-bretagne/pdf2008/5-frequences-MEC-2008.pdf Et http://www.ifremer.fr/dce/atlas-loire-bretagne/pdf2008/5-frequences%20MET%202008.pdf
Seuils	3 niveaux pour dispositif alerte 3 seuils : A : 1000 B : 4600 C : 46000 3 niveaux pour classement A, B, C, D : 230, 4600, 46000	Déclenchement tests coquillages : Selon présence ds l'eau : pour 1L d'eau : dès présence <i>Dinophysis</i> ou 500/l ; >5000 ou 10000 <i>Alexandrium</i> selon sp ; > 100000 <i>Pseudonitzschia</i>	7,5 mg/kg, p.s. (Pb), 5 mg/kg p.s. (Cd), 2,5 mg/kg p.s. (Hg)	7,5 mg/kg, p.s. (Pb), 5 mg/kg p.s. (Cd), 2,5 mg/kg p.s. (Hg)	Pas de seuil	Pas de seuil	Cf arrêté 25/01/10, grille d'évaluation de l'ensemble des paramètres → 5 états de mauvais à très bon http://www.legifrance.gouv.fr/jopdf/common/jo_pdf.jsp?numJO=0&dateJO=20100224&numTexte=9&pageDebut=03429&pageFin=03475	Pour chaque contaminant, au-dessus ou au-dessous PNEC- → état bon ou mauvais
Points sur zone SLMLV	33 Cf cartes	19 (dont 7 eau) Cf Tableau et cartes	24 ? Cf cartes	7 Cf cartes	2 (Pénerf et Pen Bé)	2 : Baie de St Goustan (Le Croisic) roche intertid Vilaine côte, sable subtid	Autour de 15, Cf carte	8 Cf cartes
Opérateur sur zone	LER/MPL/T M et LER/MPL/NT	LER/MPL/TM et LER/MPL/NT	LER/MPL/TM et LER/MPL/NT	LER/MPL/T M et LER/MPL/NT	LER/MPL/T M et LER/MPL/NT	MNHN Concarneau UBO / IUEM / LEBHAM SBR / LEMAR/IUEM/UBO	MNHN Concarneau UBO / IUEM / LEBHAM, SBR / LEMAR/IUEM/UBO Bio-Littoral...	Selon

III.1.2 RNO/ROCCH

Beaucoup d'éléments de ce chapitre sont tirés du site Ifremer ENVLIT et des divers rapports, bulletins annuels du RNO, téléchargeables sur le site : www.ifremer.fr/envlit/surveillance/contaminants_chimiques/. Les détails sur ces réseaux sont fournis en Annexe 14.

III.1.2.1 Bases des réseaux RNO/ROCCH

On retiendra des éléments concernant le RNO (cf Annexe 14) que ce réseau de surveillance est le plus ancien, démarré en France en 1974, par le Ministère chargé de l'Environnement de l'époque.

Il avait pour objectif l'évaluation des niveaux et des tendances des contaminants chimiques et des paramètres généraux de la qualité du milieu, ainsi que la surveillance des effets biologiques des contaminants. Au cours des années, il s'est peu à peu enrichi au niveau des mesures et des paramètres choisis.

Les grandes étapes ont été les suivantes :

- 1974 Mise en place du réseau, suivi des paramètres généraux de qualité (mesures dans l'eau),
- 1979 Ajout des mesures des contaminants dans les organismes et le sédiment.
- 1991 Suivis expérimentaux pour des effets biologiques,
- 2003 Choix et mise en place d'un test d'effet biologique en routine : l'imposex.

A partir de 2008, le Ministère de l'environnement a cessé de financer le RNO (1974-2007). Celui-ci est remplacé par le ROCCH (Réseau d'observation de la contamination chimique) qui répond aux obligations de la DCE et des conventions internationales. Il est co-financé par les agences de l'eau. Les analyses ne sont plus réalisées par Ifremer mais sur appel d'offre des agences, donc par des laboratoires différents selon les régions.

Au plan international, le RNO s'inscrit en premier lieu dans le cadre de la Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord Est et qui s'intéresse prioritairement à la réduction des pollutions d'origine tellurique (RNO 2004). Les travaux de surveillance du RNO permettent de satisfaire les obligations françaises concernant trois stratégies de cette Convention : surveillance et évaluation, eutrophisation, substances dangereuses. La mise en oeuvre de chaque stratégie est suivie par un comité spécialisé et ses groupes de travail.

Le RNO s'appuyait sur une surveillance des paramètres de la qualité des eaux côtières maintenant transférée dans le réseau REPHY. Pour répondre à son objectif principal, il reposait sur la surveillance des contaminants chimiques à partir d'un suivi de la contamination des coquillages, compte tenu des difficultés de collecte d'échantillons valides pour des analyses de traces dans l'eau et de la faible représentativité spatiale et temporelle de ceux-ci.

Les organismes marins, moules et huîtres, sont utilisés comme indicateurs quantitatifs de contamination car ils sont représentatifs de l'état de contamination du milieu marin dans lequel ils vivent. Ils possèdent la propriété d'accumuler les contaminants présents dans ce milieu jusqu'à atteindre un équilibre avec lui. Le RNO (2006) précise toutefois les différences de bioaccumulation entre espèces, ce qui peut conduire à l'utilisation de facteurs de correction entre moules et huîtres. A niveau de contamination égal du milieu, les différences sont minimes et non significatives pour les contaminants organiques. Par contre, pour certains métaux, ces différences sont telles qu'elles interdisent la comparaison directe entre les deux bivalves.

Pour une évaluation à plus long terme, les contaminants sont aussi mesurés dans les sédiments. Mais il s'est avéré par des campagnes successives annuelles que la fréquence annuelle n'est pas nécessaire. Depuis 2007, et dans le cadre de la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), la fréquence du suivi est passé à 1 fois tous les six ans (i.e. par plan de gestion) à partir de 2007 (elle était d'environ une fois tous les 10 ans à l'époque du RNO).

Les bulletins RNO (1999, 2002 et 2006) font la synthèse de tous les contaminants suivis en milieu côtier et les résultats sur l'ensemble du littoral qui est détaillée en Annexe 14. L'intérêt du RNO est souligné quand une pollution comme l'Erika intervient (RNO 2002). En décembre 1999, environ 20 000 tonnes de fioul déversées suite au naufrage de l'Erika ont pollué l'ensemble du littoral entre le Finistère et la Vendée, où les zones conchylicoles sont particulièrement nombreuses. Sur la base du protocole de surveillance environnementale existant pour le RNO, l'Ifremer a mis en place un suivi de la contamination des coquillages par les HAP dans les zones polluées, en adaptant la stratégie d'échantillonnage dans un but sanitaire (avec extension à crustacés). Ce suivi a permis aux autorités maritimes et sanitaires de gérer les zones conchylicoles afin de prévenir d'éventuels problèmes de santé publique. Il a aussi permis l'établissement d'un état de référence avant la marée noire.

Le RNO s'est aussi employé à développer et valider des méthodes de surveillance de contamination basée sur l'emploi de bioindicateurs. Parmi ces travaux, a été retenue en particulier depuis 2003, le suivi des effets du TBT (Tributylétain, entrant dans la composition de peintures antisalissures des bateaux). Ces effets sont évalués par la mesure de l'imposex, indicateur de la masculinisation de femelles gastéropodes du genre *Nucella Lapillus*, un test très sensible.

Les données du RNO sont gérées dans la banque QUADRIGE de l'Ifremer. De 1988 à 2006, le RNO a édité et diffusé un bulletin annuel, où sont présentés l'ensemble des programmes ainsi que les résultats plus détaillés d'un ou plusieurs volets du réseau (http://wwwz.ifremer.fr/envlit/surveillance/contaminants_chimiques/publications). Il publiait aussi un rapport annuel de suivi de l'imposex le long des côtes françaises, bioindicateur spécifique pour la pollution par le TBT.

Depuis une dizaine d'années, les résultats et bilans sont présentés dans les bulletins de laboratoires côtiers d'Ifremer, (LER/MPL/NT et LER/MPL/TM). Les données sont présentées graphiquement, par contaminant, traitées sur 5 ou 10 ans pour montrer les tendances. Une page permet de comparer les différents points surveillés par le laboratoire, relativement à une échelle nationale.

III.1.2.2 Suivi RNO/ROCCH sur le secteur Loire/Vilaine

Les réseaux de surveillance évoluent régulièrement, en fonction de l'analyse des données (qui permettent d'éliminer les points redondants par exemple), des méthodes analytiques (possibilité de rechercher de nouvelles molécules), de la réglementation, etc. Un panorama actualisé récent des points ROCCH est donné dans les derniers bulletins des laboratoires côtiers (LER/MPL/NT et LER/MPL/TM 2010) (Figures 78a à 78e, paragraphe III.1.1).

Sur l'ensemble du secteur Loire/Vilaine, on comptabilise 7 points ROCCH, dont un plus au large sur l'île Dumet.

III.1.3 REPHY

La plupart des informations retenues proviennent du site :

http://envlit.ifremer.fr/surveillance/phytoplankton_phycotoxines

III.1.3.1 Historique du réseau et objectifs

Le réseau REPHY a été créé en 1984 pour répondre à des exigences de santé humaine, à la suite des premiers intoxications alimentaires dues à la consommation de moules, et dont l'origine s'est avérée être due à la présence de phycotoxines diarrhéiques des dinoflagellés *Dinophysis* spp. Le site le plus touché en France était la baie de Vilaine (<http://wwz.ifremer.fr/envlit/>, document Ifremer 2009, Ifremer 2006, J.P. Allenou 2010, Belin 2009, 2010) (Annexe 15)

Il s'agissait alors de mettre en place d'un réseau de surveillance sur la qualité des eaux côtières, physicochimiques, le suivi des populations phytoplanctoniques de *Dinophysis* spp., des prélèvements sur les coquillages, et des tests de toxicité menés sur souris pour autoriser ou non la consommation de ces coquillages.

A la suite de nouvelles directives d'ordre sanitaire ou environnementales comme l'application de la DCE (Annexe 16), et pour répondre à des inquiétudes sur le milieu (eutrophisation, blooms d'algues, crises anoxiques), le réseau s'est enrichi sur les paramètres suivis (suivi de toutes les populations phytoplanctoniques et de la chlorophylle a). Il est ainsi devenu une source très précieuse de données sur la qualité des eaux côtières en France.

Le REPHY est un réseau national dont la couverture est assurée par douze laboratoires côtiers d'Ifremer qui se partagent le littoral français. Il a pour objectifs spécifiques et complémentaires :

- d'observer l'ensemble des espèces phytoplanctoniques des eaux côtières, et recenser les événements tels que les eaux colorées, les efflorescences exceptionnelles et les proliférations d'espèces toxiques ou nuisibles pour la faune marine,
- de surveiller plus particulièrement les espèces produisant des toxines dangereuses pour les consommateurs de coquillages.

L'ensemble des dispositions réglementaires principales est listé sur le site d'Ifremer et reporté dans ce document en Annexe 16.

La stratégie d'échantillonnage, la méthodologie du REPHY sont reportées en Annexe 15.

Les points d'échantillonnage concernent l'eau et les coquillages. Les paramètres hydrologiques mesurés dans l'eau permettent de décrire les facteurs d'environnement importants comme la température, salinité, nutriments, turbidité.

Sur le phytoplancton, le REPHY mesure et décrit :

- la chlorophylle, pour évaluer la biomasse phytoplanctonique à l'exception des eaux très turbides comme dans certains estuaires,
- l'abondance et l'identification de la flore totale (simplement sur certains points)
- la flore indicatrice (nuisible, espèces qui prolifèrent ou toxiques),
- la flore partielle (espèces toxiques seulement).

A partir de seuils définis sur cette flore nuisible (cf Tableau en Annexe 8), le REPHY suit aussi les stocks de coquillages côtiers ou au large, élevés ou sauvages.

III.1.3.2 Mise en œuvre spécifique du REPHY sur le secteur Loire/Vilaine

Les bulletins côtiers des 2 laboratoires (LER TM et LER NT) impliqués dans ce suivi permettent de faire le point ainsi que les documents récents : Belin (2009), Belin (2010), Soudant et Belin (2010a, 2010b).

Les points suivis sont indiqués sur les cartes en tête de cette partie III.1.

Selon nos calculs, et en prenant les données les plus récentes des laboratoires côtiers, on aurait donc 19 points de suivi REPHY sur le secteur Loire/Vilaine, dont 7/19 sur l'eau, le reste sur les coquillages. Une partie (8/19) est placée sur des secteurs considérés comme au large.

Ce réseau très important et très dense sur le secteur, compte tenu de la prévalence et fréquence de proliférations phytoplanctoniques à caractère nuisible comporte depuis peu des points supplémentaires au large, pour répondre aux exigences de la DCE ou pour approfondir la problématique des eaux colorées qui pourraient engendrer des problèmes sur les populations halieutiques (Salvaing 2009).

Les eaux très turbides des estuaires de la Loire et de la Vilaine (masses d'eaux côtières de transition) ne sont pas contrôlées pour la chlorophylle. D'autres points sur les secteurs Loire/Vilaine sont utilisés comme des points de référence pour les toxines lipophiles, 2 sur les 10 nationaux (Kervoyal en Baie de Vilaine et le Grand Traict au Croisic).

En pratique, sur le secteur Loire/Vilaine, les points de contrôle sur les coquillages sur la côte font souvent l'objet d'un suivi systématique toutes les semaines pendant les périodes à risque pour les toxines lipophiles (DSP) :

- de mai à juillet, en Baie de Vilaine (gisement côtier),
- en juin sur le traict du Croisic (gisement côtier),
- en juin, juillet sur l'estuaire de la Loire.

Les périodes d'observation des toxines PSP et ASP intégrées sur 6 ans (2003-2008) montrent que l'on a :

- janvier, septembre et décembre pour le Plateau de la Recherche,
- janvier et novembre pour l'estuaire de la Loire.

Les seuils de déclenchement en lien avec les dénombrements de cellules pour la recherche des toxines sur les coquillages ASP et PSP sont atteints régulièrement sur les points les plus au large (Plateau de la Recherche et Estuaire de la Loire, stocks de coquilles St Jacques notamment). Mais il semble jusqu'à maintenant qu'aucun des coquillages contrôlés ne se soit avéré contenant des concentrations de toxines ASP et PSP au-delà des seuils définis.

Le réseau REPHY permet de faire apparaître les conclusions suivantes :

- D'un point de vue sanitaire, la fréquence d'épisodes DSP est clairement la caractéristique du secteur Loire/Vilaine.
- D'un point de vue environnemental, les eaux colorées, en lien avec de très fortes concentrations de diverses espèces de Diatomées ou Dinoflagellés (concentrations bien supérieures à un million de cellules/l) avec des risques d'anoxie du milieu représentent un deuxième point caractéristique du secteur.

III.1.4 REMI

La plupart des informations retenues proviennent du site :

http://envlit.ifremer.fr/surveillance/microbiologie_sanitaire/presentation

III.1.4.1 Historique et objectif

Créé en 1989, puis révisé en 1997, le REMI, réseau de contrôle microbiologique des zones de production conchylicoles (y compris pêche à pied professionnelle) a été mis en place par l'Ifremer en vue de préparer les propositions de classement des zones conchylicoles et d'effectuer la surveillance sanitaire des dites zones dans les conditions prévues par la réglementation. Il comprend un dispositif de surveillance régulière et un dispositif d'alerte.

Le réseau REMI s'appuie sur le suivi de la contamination microbiologique (avec le traceur de contamination fécale, humaine ou animale) *Escherichia coli* des coquillages pour répondre d'une à des exigences réglementaire d'ordre sanitaire et santé publique. Il s'appuie aussi sur le fait que les coquillages sont des organismes filtreurs. Ils concentrent les germes de contamination de type fécale et peuvent ainsi servir de bioindicateurs de la qualité microbiologique des eaux.

Les premiers contrôles sanitaires des coquillages ont été mis en place en France au début du siècle à la suite de graves épidémies attribuées à la consommation d'huîtres, puis étendues aux centres d'expédition et à l'ensemble des zones de production. Les directives européennes (79/923/CEE) du 30 octobre 1979 et (91/492/CEE) du 15 juillet 1991 ont imposé la mise en place d'un système de surveillance périodique des zones de production et de classement de ces zones en fonction de critères de qualité, notamment microbiologiques.

En pratique, le niveau du risque sanitaire est donc évalué en fonction de l'importance de la pollution d'origine fécale, c'est-à-dire de l'abondance des témoins (*E. coli*). La réglementation a ainsi défini 4 catégories (A, B, C, D) pour les niveaux de contamination des zones de production de coquillages. Par leur présence, ces témoins de contamination fécale indiquent la probabilité, mais non la certitude, d'une contamination par des pathogènes de même origine car la présence et le nombre des pathogènes dépendent de l'état de santé de la population responsable de la pollution fécale. A l'inverse, l'absence de témoin n'est pas une preuve de l'absence de risque sanitaire car certains microorganismes pathogènes, en particulier les virus, peuvent survivre plus longtemps qu'*E. coli* dans les eaux littorales et les coquillages.

III.1.4.2 Mise en œuvre du REMI

Le dispositif de surveillance régulière vérifie que le niveau de contamination microbiologique de chaque zone de production reste conforme au classement défini dans les arrêtés préfectoraux et dépitent les épisodes inhabituels de contamination.

Un dispositif d'alerte est déclenché par les résultats de la surveillance qui dépassent ou risquent de dépasser les normes définissant les classes de qualité, ou en cas de risque de contamination (rejet polluant, orage), voire d'épidémie constatée ou présumée d'origine coquillière.

Au 1er janvier 2004, 314 zones de production géographiques ont été définies sur le littoral français, chaque zone peut faire l'objet d'un classement pour un, deux ou trois groupes de coquillages (Groupe 1: gastéropodes, échinodermes, tuniciers ; Groupe 2 : bivalves fouisseurs ; Groupe 3 : bivalves non-fouisseurs). Au total 460 zones sont classées pour l'ensemble des groupes, dont 149 en A, 222 en B, 58 en C et 31 dont le classement est encore provisoire. Le REMI n'exerce une surveillance que sur les zones classées A, B, ou C. Les zones étant réputées homogènes sur le plan sanitaire, en règle générale un seul point de prélèvement est défini pour représenter une zone de petite dimension. Ce point de prélèvement est placé de telle sorte qu'il permette aussi la mise en œuvre du dispositif d'alerte dès que nécessaire.

Au total, le REMI a défini 380 points de prélèvement. La fréquence de prélèvement mensuelle, bimestrielle ou trimestrielle est adaptée à la qualité estimée (A, B, ou C) et aux risques de dégradation épisodiques de la qualité bactériologique de la zone.

Les indicateurs de contamination fécale mesurés dans les échantillons de coquillages sont les bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*). La contamination est exprimée par le nombre d'*E. coli* cultivables dans 100 g de chair de coquillage et de liquide intervalvaire. Autrefois basé sur un comptage de coliformes fécaux avec des niveaux de seuil différents, le contrôle est maintenant uniquement basé sur un comptage du germe *E. coli*.

La réglementation française prévoit les dispositions suivantes pour évaluer la contamination fécale des coquillages qui sont expliquées dans le schéma suivant présenté dans les bulletins des laboratoires côtiers LER/MPL/NT et LER/MPL/TM (2010) (Figure 80).

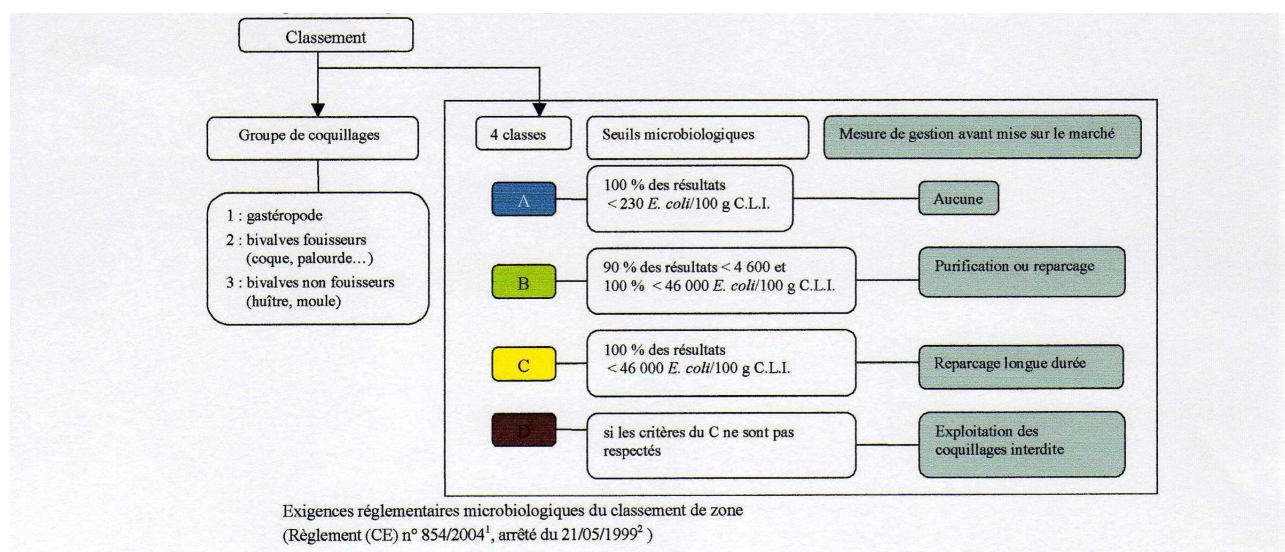


Figure 80 : Présentation générale de la surveillance REMI et de ses conséquences (tirée des LER/MPL/NT et TM 2010)

Le classement en A, B, C et D est donc fonction d'un seuil de contamination de *E. coli* (< 230; < 4600 et < 46000 *E. coli*/100 g) dans la chair du coquillage contrôlé et de la fréquence d'obtention de ce seuil.

Trois niveaux d'alerte sont définis correspondant à un état de contamination.

- Niveau 0 : risque de contamination (événement météorologique, dysfonctionnement du réseau...)
- Niveau 1 : contamination détectée (notamment en surveillance régulière)
- Niveau 2 : contamination persistante

Le dispositif comprend deux phases : une phase d'information vers l'administration afin qu'elle puisse prendre les mesures adaptées en terme de protection de la santé des consommateurs et une surveillance renforcée jusqu'à la levée du dispositif d'alerte, avec la réalisation de prélèvements et d'analyses supplémentaires.

Le seuil microbiologique déclenchant une surveillance renforcée est défini pour chaque classe de qualité :

- classe A : 1 000 *E. coli* /100 g de C.L.I.
- classe B : 4 600 *E. coli* /100 g de C.L.I.
- classe C : 46 000 *E. coli* /100 g de C.L.I.

La levée du dispositif d'alerte nécessite l'obtention de résultat inférieur à ces valeurs seuils (deux séries consécutives hebdomadaire pour une alerte de niveau 2).

Les laboratoires côtiers de l'Ifremer assurent les prélèvements et les analyses nécessaires selon des protocoles précis et des procédures d'assurance qualité, saisissent les résultats dans la banque de données Quadrigé, et les diffusent aux autorités concernées.

La commercialisation des coquillages provenant de zone D est interdite, soumise à une purification préalable, ou à un reparcage dans une zone de qualité A prévue à cet effet, pour les zones B et C. Les zones A sont celles dans lesquelles les coquillages peuvent être récoltés pour la consommation humaine directe.

Les résultats du REMI (dispositif de surveillance régulière) sont agrégés par zone classée et groupe de coquillages (fouisseurs, non fouisseurs, gastéropodes,...), généralement pour une espèce choisie au sein du groupe. Chaque zone comporte un ou plusieurs points de prélèvement suivant son étendue. Le traitement des données est effectué sur une période de trois ans afin de disposer de résultats statistiquement suffisant permettant de prendre en compte les fluctuations interannuelles.

Les résultats sont présentés dans les bulletins annuels des laboratoires côtiers. Sur le site Ifremer/Envlit, on peut aussi aller sur un site particulier pour voir les résultats obtenus sur plusieurs années.

III.1.4.3 Le REMI sur le secteur Loire/Vilaine

Dans la zone de l'étude, environ 33 points de prélèvements REMI ont été comptés (cf Figures 78a à 78e au début de ce paragraphe III.1.1). Les coquillages contrôlés ont été déterminés en fonction des zones d'élevage et de pêche à pied (huître, moule, palourde, coque). Les analyses sont assurées par Ifremer.

Il faut noter que les points REMI concernent à la fois les zones conchylicoles et les gisements de pêche à pied PROFESSIONNELLE. L'ARS (ex. DDASS) (cf paragraphe 1.8.1) et le laboratoire Pen Avel dépendant de Cap Atlantique (cf paragraphe 1.8.2) exercent une surveillance complémentaire sur les gisements de pêche à pied de LOISIR (qui sont parfois les mêmes que les gisements fréquentés par les professionnels).

Un exemple de résultat graphique est montré sur la figure suivante prise sur le site de Pen Bé (source : www.ifremer.fr/envlit/surval) qui montre des dépassements épisodiques du seuil 230 *E.coli*/100g.

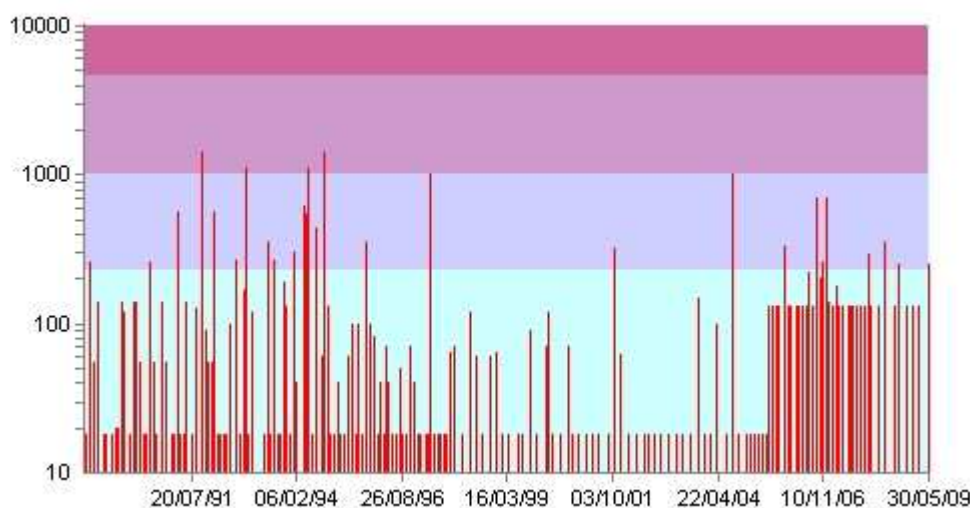


Figure 81 : Contamination bactériologique des palourdes sur le site de Pen Bé
(source : données REMI, www.ifremer.fr/envlit/surval)

III.1.5 REMORA-REPAMO

Le réseau REMORA suit depuis 1993 les performances d'élevage (croissance, mortalité et qualité) de deux classes d'âge ("naissain" ou "Juvéniles" et "18 mois" ou "Adultes") de l'huître creuse *Crassostrea gigas* sur les principales régions ostréicoles françaises (LER/MPL/NT et TM Bulletin côtier 2010). Il permet ainsi d'évaluer les tendances géographiques et temporelles de la survie, de la croissance et de la qualité des huîtres creuses, et joue un rôle de référentiel pour l'aide à la gestion des bassins ostréicoles et la connaissance de ces écosystèmes.

Dans un souci de standardisation des données recueillies, le suivi porte, pour chacune des classes d'âge, sur un lot unique d'huîtres, répondant à certaines exigences d'origine et de calibre, et réparti à la même date sur les différentes stations.

Le réseau REMORA comprend 29 stations dont 2 sur le secteur Loire/Vilaine de l'étude (entrée de la rivière de Pénerf et traict de Pen Bé).

Les Laboratoires Environnement – Ressources (LER) de l'Ifremer assurent ce suivi sur les stations dépendant de leur zone de compétence géographique. Certains opèrent également des réseaux régionaux destinés à approfondir la connaissance des écosystèmes locaux.

Le protocole utilisé pour le suivi des performances fait l'objet d'un document national permettant un suivi homogène quel que soit le laboratoire intervenant. Pour tenir compte des spécificités régionales, il existe un protocole spécifique applicable à la Méditerranée.

La mise à l'eau (ME) des cheptels est effectuée en février ou mars. Elle est suivie d'une visite de contrôle de la mise à l'eau (P0) 15 jours après la mise à l'eau. Les échantillonnages sont réalisés en juin (P1), septembre (P2) et décembre (P3). Le relevage final (RF) a lieu en février ou mars de l'année suivante.

Les principaux paramètres suivis sont :

- Mortalité
- Croissance
- Indice de chair
- Indice d'infestation par le ver parasite *Polydora*
- Indice Gélatine, en relation avec la présence de certains polluants
- Indice de maturité sexuelle
- Coefficient d'épaisseur

Au niveau national, des analyses en pathologie sont réalisées dans le cadre du réseau REPAMO.

Les résultats sur le secteur Loire/Vilaine ont montré que les stocks d'huître étaient aussi affectés par les mortalités. Les huîtres du secteur étaient également porteuses de la souche du virus Herpès et du Vibrion (*Vibrio splendidus*) que l'on pense responsables de cette épidémie.

Les huîtres élevées sur Pen Bé souffrent aussi de déficit de croissance que le réseau REMORA a mis en évidence, les raisons de ce problème n'étant pas encore élucidées. Une hypothèse pourrait être la présence potentielle de résidus de pesticides sur ce traict, d'origine locale, ou lié au panache de la Vilaine, comme l'a montré l'étude Jeanneret *et al.* (2006).

On note aussi que la production mytilicole, importante pour la Baie de Vilaine n'est pas suivie de manière systématique comme les huîtres par le REMORA.

III.1.6 REBENT

Une bonne partie des informations retenues pour ce paragraphe sont issues du site REBENT : <http://www.rebent.org/> et présentées en détail en Annexe 15.

III.1.6.1 Bases du REBENT

Le réseau de surveillance REBENT a été mis en place en Bretagne en 2003, à la suite de la catastrophe de l'Erika, sous l'impulsion de la région Bretagne, de la communauté de scientifiques concernée par l'état du littoral breton, et soutenu par la Fondation Total.

Le suivi du benthos est en effet apparu comme un élément important pour juger de l'état de santé et de l'évolution des écosystèmes côtiers. En effet, les espèces benthiques littorales constituent des témoins permanents de l'environnement car elles intègrent les caractéristiques écologiques locales, soumises à des fluctuations naturelles (changements climatiques) ou générées par les activités humaines que ce soit directement (effets de la pêche aux engins traînants, extractions de granulats, conchyliculture), par le biais de pollutions chroniques (rejets urbains, industriels et agricoles) ou d'apports accidentels (pollutions pétrolières, introduction d'espèces exogènes). Dans le bulletin (RNO 1996), il est souligné que le benthos se révèle beaucoup mieux adapté que les autres groupes biologiques (plancton, poissons, ou oiseaux marins) pour mesurer les effets biologiques des contaminants environnementaux, ce maillon intégrant à la fois les variations et les perturbations de la colonne d'eau et de la colonne sédimentaire. Cependant le tri et les délais nécessaires pour les identifications de la faune benthique (macrofaune comme méiofaune) sont des handicaps majeurs dans les études du benthos marin côtier. La plupart des programmes de suivi à long terme du milieu marin ont alors tendance à négliger le benthos en raison du coût d'obtention de résultats.

Les objectifs du REBENT sont de recueillir et mettre en forme les données relatives à la distribution des habitats côtiers et au suivi de leur biodiversité faunistique et floristique, afin de mettre à disposition des scientifiques, des gestionnaires et du public un état des lieux pertinent et cohérent et d'en détecter les évolutions spatio-temporelles. Dans un souci de gestion intégrée du littoral, de conciliation des différents usages à la préservation de l'environnement, d'un patrimoine naturel, les informations apportées par le REBENT sont fondamentales. Elles ont été aussi très utiles à la mise en place de la DCE, des définitions et évaluations de zones Natura 2000 en mer (application de la directive « Habitats », le programme d'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF), conduit par le Muséum National d'Histoire Naturelle autour du Service du Patrimoine Naturel (notamment la composante ZNIEFF-mer en cours), et plus récemment le zonage d'aires marines protégées, futurs parcs marins (mise en place par l'AAMP).

L'ensemble des eaux territoriales est susceptible d'être concerné mais l'effort porte en priorité, notamment pour les acquisitions nouvelles, sur la zone de balancement des marées et les eaux côtières concernées par la DCE, en accordant autant que possible dans le dispositif de surveillance une attention particulière aux zones protégées. La sélection des habitats/biocénoses suivis tient compte de la représentativité, de l'importance écologique, de la sensibilité et de la vulnérabilité de ceux-ci.

Dans le cadre du REBENT, on s'intéresse uniquement au macrobenthos marin (organismes dont la taille est supérieure à 1 mm) dans la zone de balancement des marées et les petits fonds côtiers de la Bretagne.

Au niveau européen, outre la mise en place de la DCE, il faut souligner aussi le projet européen Interreg IIIB Mapping European Seabed Habitats (<http://www.searchmesh.net> MESH) qui a permis de contribuer à la production de produits cartographiques sur la zone côtière qui s'étend de la frontière belge aux Pays de Loire.

La stratégie du REBENT a été de produire :

- des synthèses cartographiques visant à favoriser rapidement la mise à disposition des connaissances et la vision cohérente d'ensemble au niveau régional. Ces actions concernaient les Eaux territoriales de la région Bretagne (approche "zonale" ou régionale) et s'appuient dans une large mesure sur des données préexistantes
- un recueil de données cartographiques détaillées sur une sélection de secteurs (approche "sectorielle"): cartographies des différents habitats permettant de renseigner le contexte des stations, de suivre les évolutions comparées des différentes biocénoses et de servir des objectifs de gestion locale
- la mise en place d'un système de veille permettant de détecter avec précision, sur des secteurs géographiques ou des habitats particuliers, les évolutions à moyen et long termes de l'extension des habitats/biocénoses (approches "sectorielle" ou/et "zonale")
- le suivi de la couverture végétale intertidale (fucales) par télédétection et suivi des évolutions temporelles des herbiers à partir d'orthophotos (approches "sectorielle" ou/et "zonale"),
- des suivis plus localisés (approche "stationnelle") et à moyenne fréquence de paramètres biologiques (composition et abondance spécifique, couverture) sur une sélection de biocénoses témoins. Ce niveau permet de mesurer finement l'évolution des habitats et de la biodiversité associée.

III.1.6.2 L'approche sectorielle

L'approche sectorielle ou intermédiaire permet de constituer un système de veille afin de détecter l'évolution des habitats en termes d'extension ou de régression spatiale, de composition et d'abondance spécifique à moyen et long termes.

Les secteurs définis comprennent quasiment tous une zone intertidale (zone de balancement des marées) et une zone subtidale (zone toujours immergée). Les outils et les moyens mis en oeuvre pour chacune de ces zones sont différents.

Deux secteurs sont donc identifiés dans le réseau REBENT et concernent l'étude en cours ELV :

III.1.6.2.1 Secteur de la Baie de Vilaine

A la suite des premiers travaux de cartographie des habitats subtidaux engagés en 2003, une nouvelle campagne d'étude (REBENT 4) a été réalisée à l'automne 2004 à bord du N/O Thalia. Cette campagne 2004 réalisée en deux épisodes a tout d'abord conduit à prospecter le secteur d'étude au sonar à balayage latéral, avant de caractériser du point de vue sédimentaire et biologique, par un échantillonnage stratifié à la benne, les principales unités morpho-sédimentaires mises en évidence par l'approche acoustique. Elle a été complétée par une nouvelle campagne en 2007 portant sur la zone indiquée ci-dessous avec les mêmes moyens.

Les résultats de l'ensemble des travaux effectués en zone subtidale sur le secteur de Vilaine sont présentés dans les rapports suivants et ont été largement repris dans le paragraphe sur le Benthos (cf Part II.3.3): Gentil *et al.* (2006), Ehrhold *et al.* (2008), Gentil (2008).

III.1.6.2.2 Secteur du Croisic

Sur la côte Atlantique, le secteur du Croisic a été choisi comme zone test pour la cartographie des habitats en zone intertidale, en raison de la diversité de ses milieux (substrats rocheux, plage sableuse et estran sablo-vaseux).

III.1.6.3 Suivi stationnel/Lieux de surveillance

Chaque habitat est placé sous la responsabilité thématique d'un laboratoire, il est échantillonné régulièrement, selon un protocole adapté dans des lieux de surveillance répartis le long du littoral.

➤ Suivi stationnel des sables intertidaux

Le suivi concerne les sables fins et hétérogènes envasés de la zone intertidale. Il est assuré par le laboratoire IUEM (UBO)/LEMAR à Brest. Aucun site n'a été retenu dans le secteur Loire/Vilaine.

➤ Suivi stationnel des sables subtidaux

Un point en Vilaine a été retenu. Le responsable du suivi : Observatoire Océanologique de Roscoff UMR 7144, CNRS / UPMC - Paris 6/Station Biologique de Roscoff. La fréquence d'échantillonnage est d'une fois/an.

L'intérêt de suivre les sables subtidaux est souligné par Gentil (2006) et Guillaumont *et al.* (2001) et s'applique parfaitement à la Baie de Vilaine. Ce sont des formations sédimentaires typiques des environnements côtiers sous la dépendance d'un hydrodynamisme relativement faible permettant une sédimentation des particules fines (pélites); ainsi l'hydrodynamisme a une influence directe sur la granulométrie, particulièrement sur la proportion de pélites (particules de taille inférieure à 63µm), ce qui sera déterminant pour la nature du sédiment et par conséquent pour la composition du peuplement qui lui est associé.

L'anthropisation des zones côtières conduit souvent à des apports de matière organique sous forme particulaire, directement (par des effluents et par les arrivées estuariennes), ou indirectement (par eutrophisation des eaux amenant des développements de producteurs primaires), particules qui vont se déposer près des côtes sur ces fonds à sédimentation fine. Les peuplements sont bien connus pour abriter une diversité spécifique élevée associée à de fortes biomasses.

La sensibilité particulièrement nette de ces peuplements vis à vis de la contamination pélitique ou de l'enrichissement en matière organique s'exprime par des changements structuraux et fonctionnels : en termes d'espèces (espèces sensibles qui vont disparaître ou régresser, espèces opportunistes qui vont s'installer ou proliférer, ...), en termes de biomasses, de guildes trophiques,

➤ Suivi stationnel du maërl

Les bancs de maërl très abondants en Bretagne et constituant des biocénoses remarquables sont suivis par le laboratoire LEMAR (UBO/IUEM).

Aucun site n'a été retenu dans le secteur Loire/Vilaine.

➤ Dynamique spatiale des estrans rocheux/couverture de fucales en zone intertidale

Le suivi de la couverture végétale en zone intertidale mis en place sur la majeure partie du littoral breton à partir d'images brutes SPOT et d'acquisitions de données terrains permet l'élaboration de cartographies quantitatives de la végétation intertidale et de cartes d'évolution temporelle du taux de couverture en fucales. La responsabilité est confiée au Centre d'Etude et de Valorisation des Algues.

Un site a été retenu sur le Croisic. La fréquence est d'une fois par an.

➤ **Suivi stationnel des estrans rocheux (flore et faune)**

Basé sur le suivi des peuplements de la faune des substrats durs intertidaux à l'échelle locale et régionale, cette surveillance est assurée par les laboratoires LEBHAM et LEMAR (UBO/IUEM) à Brest. Aucun point n'a été sélectionné dans le secteur Loire/Vilaine.

➤ **Suivi stationnel des roches subtidales (flore et faune)**

Ce suivi est assuré par le Muséum National d'Histoire Naturelle Département Milieux et Peuplements Aquatiques, Station de Biologie Marine de Concarneau. Aucun site n'a été sélectionné sur le périmètre Loire/Vilaine.

Le REBENT présente un intérêt évident pour la surveillance et une meilleure connaissance des eaux côtières. Historiquement rattaché à la Bretagne comme région pilote, son application stricte dans le secteur Loire/Vilaine est restée modérée. Seuls 2 sites sont suivis : le substrat meuble subtidal en Baie de Vilaine et ses peuplements benthiques, la couverture fucale dans le voisinage du Croisic et les peuplements associés. Il est clair que l'approche REBENT et les méthodes déployées pourraient être utiles à l'ensemble du secteur Loire/Vilaine comme à tout le littoral français. La mise en place de la DCE a toutefois entraîné le suivi de nouvelles stations sur le secteur Loire/Vilaine, en se basant sur les protocoles développés dans le REBENT (cf paragraphe suivant).

III.1.7 DCE

Les généralités relatives à la directive cadre sur l'eau sont disponibles sur :

http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/

III.1.7.1 Historique de la DCE et bases

La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) a été votée en 2000 au niveau européen (cf Annexe réglementaire N°16) pour établir un cadre communautaire pour la protection et la gestion des eaux. Elle prévoit notamment l'identification des eaux européennes et de leurs caractéristiques, recensées par bassin et district hydrographiques, ainsi que l'adoption de plans de gestion et de programmes de mesures appropriées à chaque masse d'eau.

Par cette directive-cadre, l'Union européenne organise la gestion des eaux intérieures de surface, souterraines, de transition et côtières, afin de prévenir et de réduire leur pollution, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger leur environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et d'atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

La DCE implique des objectifs de qualité pour les eaux continentales qui permettront de répondre à des exigences d'ordre de santé publique pour leur utilisation durable, comme par exemple l'eau potable. Sur les eaux côtières, elle demande aussi de mettre en place des réseaux de surveillance pour répondre à des objectifs sanitaires, c'est le cas des masses d'eaux concernées par des productions conchyliques et par des eaux de baignade. Le réseau REMI permet de répondre aux exigences sanitaires pour des eaux conchyliques (cf paragraphe III.1.4). Pour les eaux de baignade, la Loi sur l'eau émise en France en 2004 transcrivait une directive européenne permettant de confier le contrôle des baignades aux communes, en transposant une directive européenne récente sur le contrôle des baignades.

Sur le plan environnemental, la DCE demande aux états membres de mettre en place des réseaux de surveillance dont les objectifs sont soulignés par Guillaumont *et al.* (2006b), Guillaumont et Mahier (2008). Il s'agit de concevoir de manière efficace et valable les futurs programmes de surveillance, évaluer les changements à long terme des conditions naturelles, évaluer les changements à long terme résultant d'une importante activité anthropogénique. Cette surveillance implique :

- **un contrôle de surveillance**, démarré depuis 2007, qui a pour objectif de dresser un bilan global de la qualité des masses d'eau ;
- **un contrôle opérationnel** appliqué sur les Masses d'Eau présentant un Risque de Non Atteinte du Bon Etat Ecologique (RNBAE) (ou Risque de Non Respect des Objectifs Environnementaux RNROE) d'ici 2015, afin d'en établir l'état et d'en évaluer les changements dus aux programmes de mesure mis en place,
- **un contrôle additionnel** requis pour les zones protégées (notamment les zones de protection d'habitat et/ou d'espèces résultant des directives européennes « Oiseaux » et « Habitats »), risquant de ne pas répondre à leurs objectifs environnementaux,
- **un contrôle d'enquête** appliqué aux Masses d'Eau présentant un RNABE pour des raisons inconnues, ainsi qu'aux zones touchées par des pollutions accidentelles, pour lesquelles le benthos est un indicateur privilégié de l'ampleur et de l'incidence des contaminations.

Les masses d'eau côtières et de transition sont des unités géographiques cohérentes, qui ont été définies sur la base de critères physiques ayant une influence avérée sur la biologie : critères hydrodynamiques (courant, marnage, stratification, profondeur...), et critères sédimentologiques (sable, vase, roche...)(Oger-Jeanneret *et al.* 2009). Dans le bassin Loire-Bretagne, qui s'étend du Mont Saint-Michel à La Rochelle, le groupe de travail « DCE littoral Loire-Bretagne » a déterminé 39 masses d'eau côtières et 30 masses d'eau de transition dont 5 sont définies dans le secteur Loire/Vilaine :

- eaux de transition : FTGT27 (Vilaine) et FTGT28 (Loire)
- eaux côtières : FRGC44 (Baie de Vilaine côte), FRGC45 (Baie de Vilaine Large) et FRGC 46 (Loire Large), toutes trois RNROE, et retenues pour le contrôle de surveillance.

La DCE impose des objectifs de résultat à atteindre selon un calendrier précis, puisque l'objectif de bon état doit être atteint d'ici 2015. Ce bon état se définit sur la base d'un bon état chimique et bon état écologique des masses d'eau. Des délais supplémentaires (2021) sont attribués sur certaines masses d'eaux présentant des problèmes (RNROE).

L'approche de l'évaluation du « bon état écologique » est expliquée dans la figure 82 suivante tirée de l'arrêté du 25/01/10.

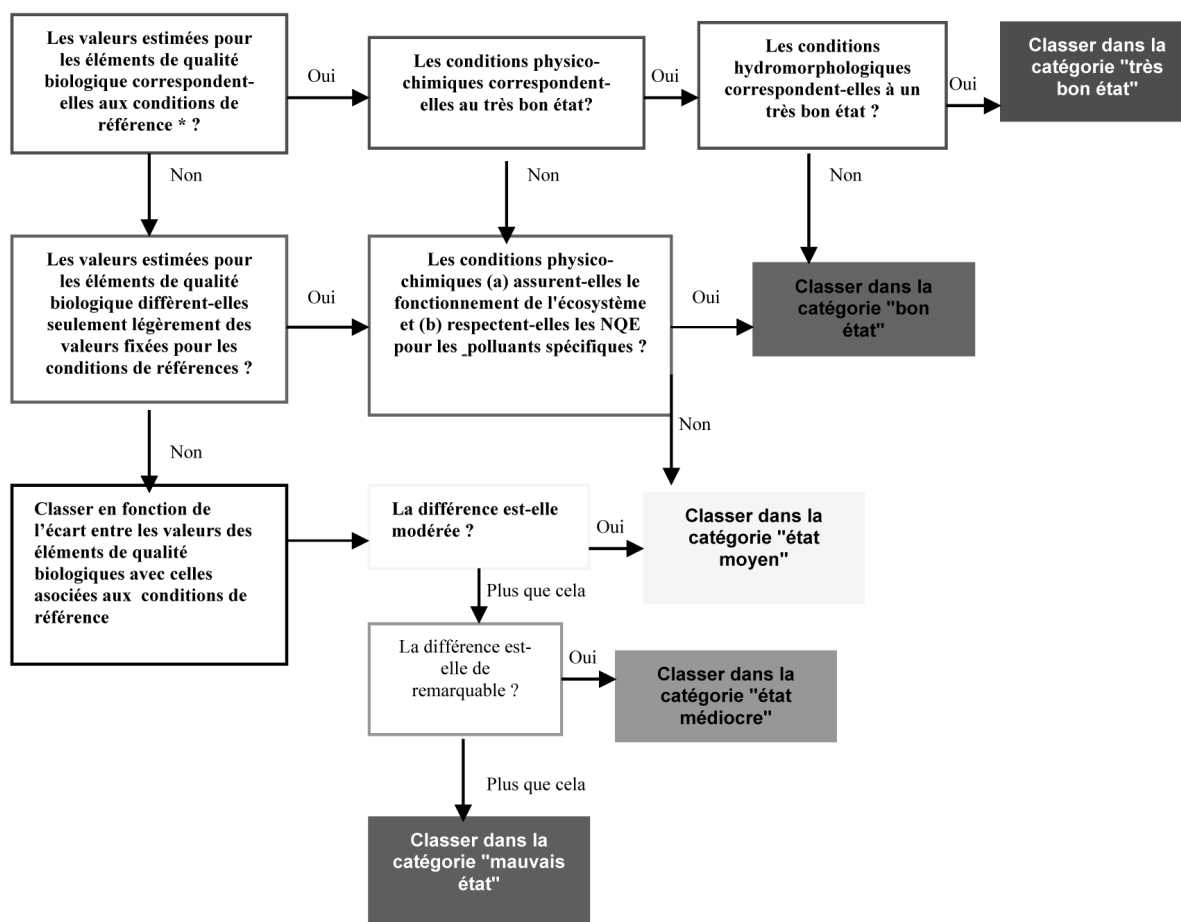


Figure 82 : Evaluation du bon état d'une masse d'eau selon la DCE

(tirée de l'arrêté du 25/01/10)

En application de la circulaire du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable en date du 5 mars 2007, les éléments de qualité suivis au titre du contrôle de surveillance sont les suivants (Oger-Jeanneret *et al.* 2009) (envlit.ifremer.fr/documents/publications) :

- paramètres généraux : température, salinité, turbidité, oxygène dissous, nutriments (nitrate, nitrite, phosphate, ammonium, silicate);
- contaminants chimiques :
 - 41 substances des annexes IX et X de la DCE ;
 - substances « OSPAR », suivies sur 50% des sites du réseau de contrôle de surveillance DCE ;
 - autres substances concernées par la directive 76/464/CE, suivies sur 25% des sites du réseau de contrôle de surveillance DCE;
 - pesticides, suivies sur 25% des sites du réseau de contrôle de surveillance DCE ;
- éléments de qualité biologique :
 - phytoplancton.
 - flore aquatique autre que le phytoplancton
 - angiospermes (herbiers de *Zostera marina* et *Zostera noltii*) ;
 - macroalgues benthiques en zones intertidale et subtidale ;
 - suivi quantitatif des blooms de macroalgues (réalisé chaque année par survol aérien sur l'ensemble du littoral Loire Bretagne) ;
 - invertébrés benthiques de substrat meuble en zones intertidale et subtidale ;
 - poissons dans les eaux de transition.

Le choix des points de surveillance a été fait par un groupe de travail constitué « DCE littoral Loire-Bretagne » en tenant compte des réseaux de surveillance déjà existants et mis en oeuvre par l'Ifremer (REPHY, ROCCH anciennement RNO, REBENT) et les CQEL (Réseau des Estuaires Bretons, réseaux de suivi de la qualité des eaux saumâtres et marines) et des propositions faites par les différents acteurs de ces réseaux (Guillaumont *et al.*, 2006).

Les processus d'évaluation et de suivi de l'état chimique et de l'état écologique sont détaillés en Annexe 18.

L'état chimique, qui ne peut prendre que deux valeurs (bon ou mauvais, bleu ou rouge), est évalué par rapport à des valeurs-seuils (les normes de qualité environnementale ou NQE) fixées pour chaque substance prioritaire. Un niveau de confiance est attribué à l'état chimique d'une masse d'eau : 3 (élevé), 2 (moyen) 1 (faible).

Pour l'évaluation de l'état écologique, des éléments de qualité biologique (phytoplancton, faune et flore benthique), sont pris en compte ainsi d'autres contaminants chimiques rejetés en quantités significatives dans le milieu. Chacun de ces groupes d'indicateurs donne lieu à une évaluation de l'état (par exemple Phytoplancton) sur 5 niveaux, correspondant à des codes couleur : bleu (=1) : très bon, apports anthropiques absents vert (=2) bon, apports anthropiques non significatifs, jaune (=3) moyen, apports anthropiques modérés, orange (=4) médiocre, apports anthropiques forts; rouge (=5) très mauvais, apports anthropiques élevés.

L'état écologique d'une masse d'eau est jugé selon les résultats de cet ensemble de paramètres, c'est a priori le critère le plus défavorable qui prévaut. Par exemple, dans une masse d'eau côtière en Bretagne Nord, le critère « Ulve » (prolifération d'algues vertes) sera jugé comme moyen à mauvais, et sera prépondérant pour classer l'état écologique de la masse d'eau en moyen ou mauvais alors que d'autres indicateurs sont corrects.

A la fin de ce processus d'évaluation, un niveau de confiance est déterminé globalement pour l'état écologique attribué à une masse d'eau littorale, tout élément de qualité confondu et non, élément de qualité par élément de qualité. Trois niveaux de confiance sont possibles : 3 (élevé), 2 (moyen) 1 (faible).

En l'état actuel des connaissances, le préfet coordonnateur de bassin évalue la classe de potentiel écologique des masses d'eau fortement modifiées et artificielles littorales, au regard des définitions normatives de celles qui sont expliquées en détail dans les annexes de l'arrêté du 25/01/10, en s'appuyant sur les connaissances actuelles et le dire d'expert.

Pour évaluer l'état écologique d'une masse d'eau, on utilise les données et connaissances disponibles en les exploitant au mieux.

Il existe deux types de données exploitables :

- les données « milieux » : il s'agit des données des compartiments biologiques (invertébrés benthiques, diatomées, poissons, phytoplancton, etc.), des données physico-chimiques ou chimiques (concentration en oxygène, en phosphore, etc.), ou hydromorphologiques ;
- les données dites de « pression » : il s'agit par exemple de rejets d'un site industriel ou d'un obstacle de type barrage.

En l'absence de données « milieux » suffisantes pour attribuer un état à une masse d'eau et dans le cas où il existe des données « pressions » suffisamment fiables, l'état écologique est évalué sur la base des données « pressions » disponibles en prenant en compte à la fois les pressions physico-chimiques et les pressions hydromorphologiques.

La relation pression-état est appréciée en fonction du nombre de types de pressions identifiés sur la masse d'eau et, le cas échéant, de leur intensité, en suivant les principes énoncés ci-dessous :

- un état écologique « très bon » ou « bon » est attribué à une masse d'eau à la condition qu'aucune pression significative n'ait été identifiée sur cette masse d'eau ;
- un état écologique « médiocre » ou « mauvais » est attribué à une masse d'eau soumise :
 - soit à un grand nombre de types de pressions ;
 - soit à au moins une pression identifiée comme forte ou très forte ;
- un état écologique « moyen » est attribué dans les autres cas.

Pour suivre cette démarche, les pressions doivent être caractérisées par grand type, suivant leur nature ou leur origine (cf tableau en Annexe 18). La DCE propose donc (cf arrêté du 25/01/2010) d'identifier les pressions pour chaque masse d'eau. La DCE implique en effet de bien prendre en compte les spécificités d'une masse d'eau côtière et de se fier aussi aux dires d'experts dans les conclusions à apporter sur l'évaluation de son état ainsi que sur la mise en place du réseau de surveillance. Cette démarche s'apparente à une évaluation et une gestion des risques.

Nous avons retenu ce listing des pressions car plusieurs points de ce document de synthèse sont à prendre en compte pour l'identification des pressions sur les masses d'eaux du secteur Loire/Vilaine.

III.1.7.2 Application de la DCE sur le secteur Loire/Vilaine

Les mises à jour des résultats de la surveillance DCE sont disponibles sur le site : [http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin_loire_bretagne/fr](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr)

III.1.7.2.1 Bases générales de la DCE sur le secteur Loire/Vilaine

La responsabilité d'application de la DCE est confiée localement à l'Agence de l'Eau Loire Bretagne (AELB) pour la surveillance concernant la chimie, l'hydromorphologie et les poissons (masses d'eau de transition seulement pour ce paramètre). L'Ifremer est responsable du suivi des autres éléments de qualité (phytoplancton, algues macroscopiques, angiospermes, faune benthique invertébrée, paramètres physico-chimiques généraux).

Les points de surveillance DCE sont disponibles sur l'atlas DCE (indiqué ci-dessus). La figure ci-dessous (Figure 83) en reprend les éléments.

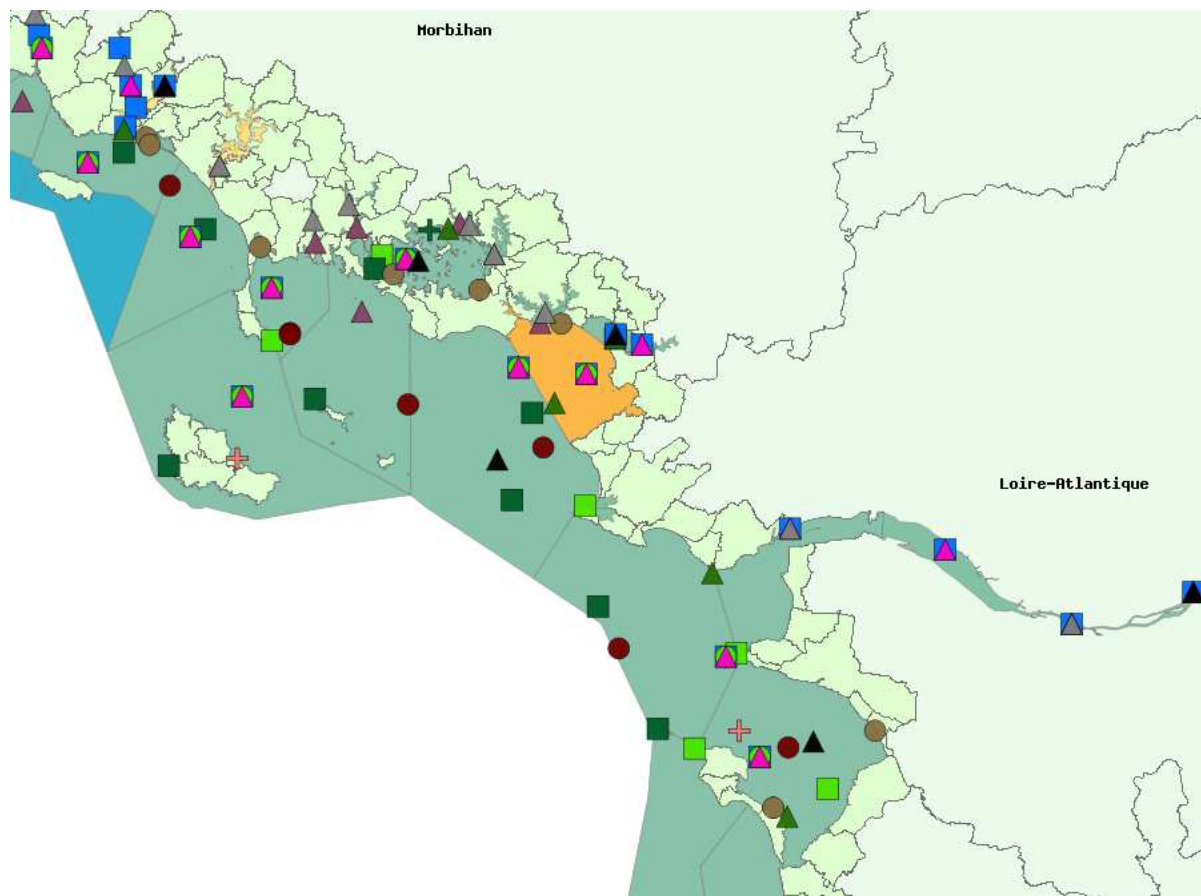


Figure 83 : Réseau de surveillance DCE sur le secteur Loire/Vilaine et état écologique des masses d'eaux au 10/03/11

(Source : atlas DCE,
http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr)

Légende :

Etat écologique :

Non pertinent

Inconnu

Très bon

Bon















Moyen

Médiocre

Mauvais



Légende (suite)

Réseaux de contrôle	
<input type="checkbox"/>	Maërl
	
<input type="checkbox"/>	Herbiers à <i>Zostera noltii</i>
	
<input type="checkbox"/>	Herbiers à <i>Zostera marina</i>
	
<input type="checkbox"/>	Macroalgues intertidales
	
<input type="checkbox"/>	Macroalgues subtidales
	
<input type="checkbox"/>	Invertébrés intertidal
	
<input type="checkbox"/>	Invertébrés subtidal
	
<input type="checkbox"/>	Hydrologie
	
<input type="checkbox"/>	Phytoplancton
	
<input type="checkbox"/>	Contaminants chimiques dans l'eau
	
<input type="checkbox"/>	Contaminants chimiques opérationnel dans l'eau
	
<input type="checkbox"/>	Contaminants chimiques dans la matière vivante
	
<input type="checkbox"/>	Contaminants chimiques dans le sédiment
	
<input type="checkbox"/>	Contaminants chimiques opérationnel dans le sédiment
	

La typologie des masses d'eaux retenues dans le secteur est donnée dans Guillaumont *et al.* (2006b) comme suit :

- FRGC44 Baie de Vilaine - Côte : Côte vaseuse modérément exposée (type C3)
- FRGC45 Baie de Vilaine - Large : Côte vaseuse modérément exposée (type C3),
- FRGC46 Loire - Large : Côte sableuse partiellement stratifiée (type C10),
- FRGT27 Vilaine : Petit estuaire à grande zone intertidale méso à polyhalin faiblement à moyennement turbide, masse d'eau fortement modifiée (type T1),
- FRGT28 Loire : Grand estuaire moyennement à fortement salé et à fort débit, masse d'eau fortement modifiée (type T7).

La première évaluation de Guillaumont *et al.* (2006b) concluait que la majorité de ces masses d'eaux ne risquaient pas d'atteindre le bon état en 2015 (RNABE). Néanmoins cette évaluation est en cours de révision car à l'époque, l'équipe de Guillaumont *et al.* (2006b) ne disposait de toutes les données et procédures mises en place avec la DCE et l'évaluation avait été faite sur la base des données existantes, qui étaient souvent très partielles, en particulier pour le domaine benthique.

Guillaumont *et al.* (2006b) dressent un état des lieux du secteur et soulignent que la confrontation entre le dispositif de surveillance REBENT actuel (suivis surfacique ou stationnel) et les besoins du contrôle de surveillance DCE a permis d'identifier, parmi ces suivis, ceux qui doivent être retenus pour l'élaboration des états de référence et ceux susceptibles de contribuer au contrôle de surveillance DCE. Cette confrontation a permis également de proposer les compléments nécessaires pour assurer la totalité du contrôle de surveillance. Du trait du Croisic au Pertuis Breton, les bases de connaissance sont beaucoup moins structurées car cette zone ne fait pas partie du REBENT. Un travail préalable d'inventaire et de mise en forme des données environnementales et d'habitat a donc été réalisé. L'analyse a permis d'identifier les principales lacunes de connaissance et d'élaborer une première proposition de stratégie pour le contrôle de surveillance.

A l'issue de ce travail, Guillaumont *et al.* (2006b) proposent des sites de suivi pour le secteur Loire/Vilaine dont certains seront retenus mais pas en totalité. Le rapport Oger-Jeanneret *et al.* (2009) dresse un bilan complet récent du suivi DCE en place sur tout le secteur Loire-Bretagne.

III.1.7.2.2 Suivis spécifiques

Les points spécifiques de surveillance de chaque masse d'eau se retrouvent sur l'adresse suivante : http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr/points_de_surveillance

➤ **Suivi eau/sédiment (contaminants chimiques) :**

Les points d'analyse de l'eau sont indiqués:

- 3 points de contrôle des contaminants sur support vivant (Dumet, Halguen, Pointe de Chemoulin),
- 3 points de contaminants chimiques dans l'eau (Nord Dumet, Ouest Loscolo, Pointe St Gildas Large),
- 2 points de contaminants chimiques dans le sédiment (Loire, Nord Plateau du Four).

Les analyses de ce contrôle de surveillance ont démarré en 2008. Ce rapport devrait être diffusé en 2011.

➤ **Suivi phytoplancton :**

Le suivi du phytoplancton se fait vraiment à travers le réseau REPHY, sur les points sur lesquels une flore totale en phytoplancton est établie, au moins une fois par mois (avec les paramètres hydrologiques). Les points sont : Nord Dumet, Ouest Loscolo, Pont Mahé, Le Croisic, Pointe St Gildas. Mais tous les autres points du réseau alimentent l'évaluation DCE sur le paramètre Phytoplancton.

➤ **Suivi invertébrés benthiques en zone intertidale:**

Un seul site est retenu dans le secteur Loire/Vilaine à Damgan (nord de la Baie de Vilaine), échantillonné en 2007. La campagne suivante a eu lieu en 2010.

➤ **Suivi invertébrés benthiques en zone subtidale:**

Les points de suivi sont situés : 3 dans le Mor Braz (Vilaine Large nord, Vilaine Large sud, Vilaine côte), et 1 proche du plateau de la Banche (Les Bouquets). Tous ces points ont été échantillonnés en 2007. La seconde campagne a eu lieu en 2010.

Sur la masse d'eau Loire Large, une campagne préliminaire a été faite par Oger-Jeanneret *et al.* (2007) pour proposer les sites.

➤ **Suivi algues en zone intertidale :**

En suivi stationnel, 2 points sont sélectionnés sur le secteur, surtout situés sur le sud, Le Croisic (Baie de St Goustan : échantillonnage en 2007 et 2010), et Pointe St Gildas (échantillonnage en 2010).

Oger-Jeanneret *et al.* (2007) dans son étude préliminaire proposait de retenir les sites de St Gildas et de l'Herbaudière, cette recommandation a donc été suivie avec le site du Croisic qui est aussi gardé et qui est celui du REBENT.

Un suivi surfacique des algues intertidales (par photographies aériennes) a été établi sur tout le secteur des masses d'eaux côtières Baie de Vilaine large et côte en 2008. Le rapport est disponible depuis peu et permet de faire un point avec les travaux établis dans le cadre du REBENT (Dion *et al.* 2009 ; Perrot *et al.* 2006 ; Rossi *et al.* 2009), notamment faire une comparaison sur l'état de la diminution de la couverture en fucales.

Les proliférations d'ulves sont suivies chaque année, sur toutes les masses d'eaux par survol aérien en mai, juillet et septembre.

➤ **Suivi algues en zone subtidale :**

Les couvertures de macrophytes subtidaux rocheux (notamment le suivi des laminaires) sont effectués sur 4 points précis sur le secteur Loire/Vilaine :

- île Dumet : suivi par la station biologique de Concarneau, premier point DCE en 2008, futur point DCE en 2014 (fréquence DCE = 1 fois tous les 6 ans pour les macroalgues subtidales). Mais entretemps, ce point a pu être suivi en 2009 et 2010 selon le protocole DCE, , grâce à l'étude en cours pour ELV (cf rapport intermédiaire Barillé et Derrien-Courtél 2010),.
- Plateau du Four : Goué Vas (même situation que le point précédent),
- Banche 1 : suivi par Bio-Littoral, premier point DCE en 2006, 2^{ème} point DCE 2009, et suivi ELV entretemps en 2010, comme les points précédents.
- Pilier : suivi par Bio-Littoral, premier point DCE en 2007, 2^{ème} point DCE 2010, et suivi ELV entretemps en 2009, comme les points précédents.

Dans le cadre de la surveillance DCE, Oger-Jeanneret *et al.* (2007) proposait de garder le site de La Banche et celui du Pilier en suivi de macrophytes subtidaux, ce qui a été retenu.

Sur ces sites, on disposera donc de séries de données annuelles, ce qui est une situation exceptionnelle dans le cadre de la DCE.

➤ **Suivi poisson (estuaires Loire et Vilaine)**

Le suivi de l'indicateur poissons DCE ne se fait que sur les eaux de transition en Loire et Vilaine, par des campagnes standardisées au chalutage tous les 3 ans.

Des campagnes ont été réalisées récemment dans chacun des 2 estuaires, à la demande de l'AELB, par les bureaux d'études CREOCEAN en Vilaine (CREOCEAN 2007) et Bio-Littoral (2008). Les résultats de ces campagnes sont largement été repris dans le chapitre sur les peuplements halieutiques.

En théorie, les nouvelles campagnes devraient avoir lieu en 2010 (Vilaine) et 2011 (Loire).

Les protocoles ont utilisé l'approche DCE préconisée par les experts Girardin *et al.* (2009) avec la classification du CEMAGREF pour les poissons.

Ce groupement en guildes trophiques permet de comparer les fonctionnalités écologiques de différents estuaires qui n'ont pas forcément les mêmes espèces.

On notera que sur le secteur Loire/Vilaine, la surveillance DCE ne dispose pas de site de référence de Bon état pour chaque type de paramètre biologique.

Il est à noter aussi, que malgré la présence de bancs d'hermelles, de maërl, et de la présence d'espèces envahissantes comme les crépidules, ou l'huître creuse, aucun de ces paramètres n'est suivi sur le secteur Loire/Vilaine pour la DCE. Mais un banc de maërl est suivi en Baie de Bourgneuf ainsi que les herbiers à zostères.

III.1.8 Les autres réseaux et suivis

III.1.8.1 Le suivi de l'ARS (ex. DDASS)

La carte ci-dessous (Figure 84) permet de visualiser comment le réseau ARS et d'autres viennent compléter la surveillance du littoral Loire/Vilaine.

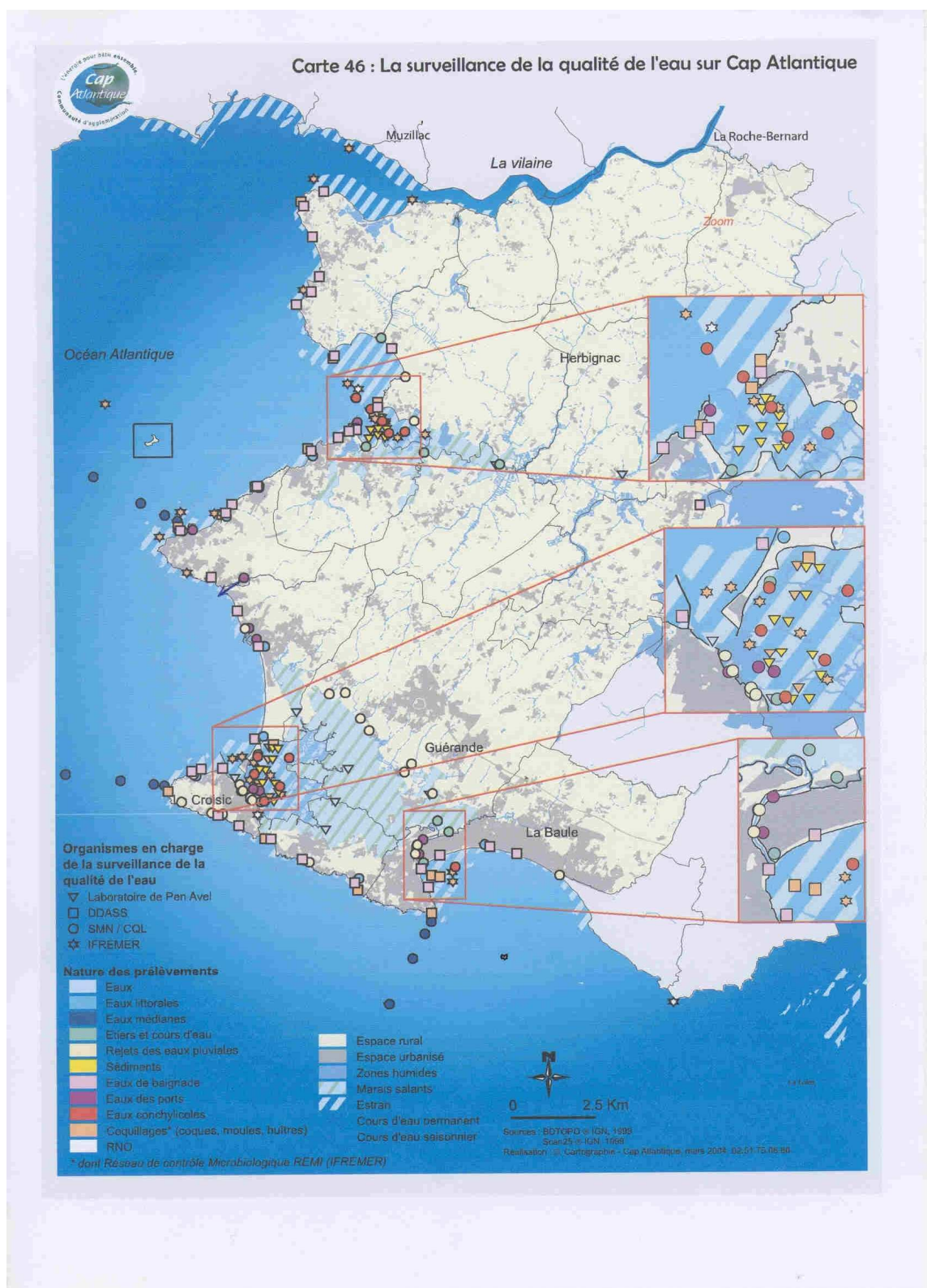


Figure 84 : Réseaux de surveillances des eaux côtières sur le littoral de Cap Atlantique (source : Cap Atlantique 2004)

III.1.8.1.1 Eaux de baignade

Les eaux de baignade sont surveillées par les services Santé-Environnement des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS/DSS/DSDS) dépendant du Ministère de la Santé, maintenant régi par l'Agence Régionale de la Santé (ARS) (<http://baignades.sante.gouv.fr/editorial/fr/contrôle/organisation.html>).

D'après les bilans 2009 de l'ARS disponibles sur le site du Ministère, nous avons recensé 70 points de contrôle sur le secteur Loire/Vilaine.

Les analyses bactériologiques (concentrations de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux dans l'eau) constituent la clef de voûte de ce suivi selon la Directive n°76/160/CEE du 8/12/75, modifiée en droit français par le décret n°81/324 du 7/04/1981. Depuis, à la suite de la DCE en 2000 (2000/60/CE), c'est la Directive 2006/7/CE du Parlement Européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE qui définit les protocoles de contrôle et surveillance des eaux de baignade.

Pour chaque plage, un profil descriptif est donné, et une appréciation annuelle de la qualité est attribuée en fonction de l'ensemble des résultats d'analyses. Le suivi de contamination est basé sur des prélèvements réguliers (toutes les semaines en saison estivale) des eaux sur les sites choisis et des contrôles de leur contamination en germes témoins de la contamination fécale. Selon les résultats, une note est attribuée de A à D. Un classement de qualité D peut entraîner, par arrêté préfectoral, l'interdiction de baignade sur une plage si les conditions de protections ne sont pas améliorées.

La réglementation en vigueur prévoit la réalisation d'un prélèvement entre 10 et 20 jours avant l'ouverture de la saison, puis des prélèvements, selon une fréquence minimale bimensuelle durant toute la saison balnéaire. Lorsqu'au cours des 2 années précédentes la qualité des eaux de baignade est demeurée conforme aux normes impératives définies par la réglementation, le nombre de prélèvements peut être réduit, sans toutefois être inférieur à 1 par mois.

Si au cours de la saison, un résultat témoigne d'une dégradation de la qualité de l'eau de baignade, notamment d'un dépassement des valeurs impératives, des prélèvements de contrôle sont réalisés dans les meilleurs délais jusqu'au retour à une situation conforme à la réglementation en vigueur, afin de garantir ainsi l'absence de risque sanitaire pour les baigneurs.

Tableau 11 : Normes microbiologiques des eaux de baignade dans les masses d'eaux côtières ou de transition

Paramètre	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Méthodes de référence pour l'analyse
1 Entérocoques intestinaux (UFC/100 ml)	100 (*)	200 (*)	185 (**)	ISO 7899-1 ou ISO 7899-2
2 <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 ml)	250 (*)	500 (*)	500 (**)	ISO 9308-3 ou ISO 9308-1

(*) Évaluation au 95^e percentile.

(**) Évaluation au 90^e percentile. ^{††}

^{††} Valeur au percentile 90e ou au 95e: sur une série de données, c'est la valeur seuil en dessous de laquelle on retrouve 90 ou 95 % des valeurs de la série. Les valeurs extrêmes et peu fréquentes ne sont donc pas prises en compte.

Mathématiquement : Calculer l'écart type des valeurs log10 (σ).

La valeur au 90e percentile supérieur de la fonction de densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante:

90e percentile supérieur = antilog ($\mu + 1,282 \sigma$).

La valeur au 95e percentile supérieur de la fonction de densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante:

95e percentile supérieur = antilog ($\mu + 1,65 \sigma$)

(Directive 2006/7/CE du Parlement Européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE).

Dans le cas d'eaux de baignade classées comme étant de qualité «bonne», «suffisante» ou «insuffisante», le profil des eaux de baignade doit être réexaminé régulièrement afin de déterminer si un des aspects énumérés dans les critères descriptifs a changé. Le cas échéant, le profil est remis à jour. La fréquence et l'ampleur des révisions doivent être déterminées sur la base de la nature et de la gravité de la pollution. Cependant, elles doivent au moins respecter les dispositions prévues et être au moins effectuées à la fréquence indiquée : de 2 ans pour la qualité insuffisante à 4 ans pour la qualité bonne.

Le suivi de l'ARS sur les eaux de baignade implique aussi une prise en compte de la pollution de certains contaminants chimiques ou de la prolifération d'algues, macrophytes ou phytoplanctoniques qui peuvent entraîner des fermetures temporaires à la baignade, avec des mesures plus fréquentes pour suivre l'évolution de la pollution.

III.1.8.1.2 Pêche à pied de loisir

L'ARS mis en place un second réseau de surveillance qui concerne la salubrité des coquillages des gisements naturels et la pêche à pied de loisir. Ce réseau complète celui du REMI. Les bases d'échantillonnage et classements des zones sont proches de celles du REMI.

III.1.8.1.3 Sites de loisirs nautiques

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005), une directive européenne est en cours d'élaboration et le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France considère que la réglementation en matière de baignade devrait également s'appliquer aux sites où les activités nautiques sont pratiquées (contact prolongé avec l'eau et risque d'ingestion). L'Organisation Mondiale de la Santé a par ailleurs émis des recommandations en matière de cyanobactéries acceptables dans les eaux où se pratiquent des loisirs nautiques. Un suivi des sites a donc été demandé par le Ministère aux services déconcentrés de la Santé par circulaire du 7 juin 2002.

III.1.8.1.4 En lien avec l'ARS

➤ Les réseaux départementaux (RD)

Le SAGE Estuaire Loire (2005) signale que les conseils généraux de Loire-Atlantique et Maine-et-Loire gèrent et cofinancent avec le soutien de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, de la DDASS et du SMN/CQE un réseau de mesure de la qualité des eaux de surface à l'échelle des départements dont ils ont la charge. La finalité de ces réseaux est d'affiner le suivi patrimonial national (RNB) à l'échelle des départements de Loire-Atlantique et du Maine-et-Loire (cf carte en Figure 84).

➤ Les réseaux de mesure du SMN/CQE (maintenant inclus dans la DDTM)

Dans le cadre de la mission de service public qui lui a été confiée, les Cellules Qualité des Eaux du Service Maritime et de Navigation de Loire-Atlantique et du Maine-et-Loire (SMN/CQE) procèdent également à des campagnes de prélèvements et de mesures de la qualité des eaux de surface (en plus du cadre des Réseaux Départementaux). La finalité de ces réseaux se pose à la fois en terme de connaissances qualitatives (risque pollution) des eaux des voies navigables, mais également en terme de connaissance patrimoniale. Actuellement le SMN/CQE assure le suivi de 37 stations dans le périmètre du SAGE Estuaire Loire (cf carte en Figure 84).

Le suivi porte sur :

- L'estuaire de la Loire avec 3 stations de mesures situées à Saint-Géréon, Couëron et Paimboeuf. Le SMN suit ces stations depuis 1992 avec un protocole de prélèvement précis. Les analyses sont effectuées sur des eaux prélevées en vives eaux – basse mer.
- Réseau de suivi de la qualité des étiers (10 stations de mesures) : Etier du Calais Saint-Michel-Chef-Chef, Etier du Boivre Saint-Brévin, Etier du Bodon Saint-Brévin, Etier du Brivet Saint-Nazaire, Etier de la petite Jetée Pornichet, Etier du Pouliguen Le Pouliguen, Etier de la Torre Etier de la Minoterie Le Pouliguen, Etier du Grand Traict Le Croisic, Etier du Petit Traict Le Croisic

Les analyses sont effectuées en complément des prélèvements sanitaires de l'ARS pour la qualité des eaux de baignade. Ces stations sont suivies entre octobre et mai par le SMN.

Les eaux médianes sont aussi contrôlées : 12 stations réparties sur les pointes du littoral (Piriac, St Gildas, ...) à 500 m, 1000 m, 2000 m et 4000 m de la côte.

III.1.8.2 Suivis de Cap Atlantique

La communauté d'agglomération Cap Atlantique possède un laboratoire d'analyses (laboratoire de Pen Avel) dont les missions sont d'assurer un suivi de la qualité des eaux superficielles, des sédiments et des coquillages sur la portion de littoral de son territoire (notamment dans le Traict du Croisic et dans le marais guérandais situés dans le périmètre du SAGE (SAGE Estuaire Loire 2005), en complément des réseaux existants (Ifremer, DDASS) comme le montre la carte de Cap Atlantique au début du paragraphe III.1.8.1.

La mission de suivi du Laboratoire s'étend sur les bassins versants littoraux où les eaux superficielles continentales sont parfois suivies afin de rechercher d'éventuels polluants (produits phytosanitaires notamment).

Le laboratoire de Pen Avel permet aussi des études et suivis ponctuels. Par exemple, pour mieux comprendre et anticiper les problèmes rencontrés par les conchyliculteurs notamment les traicts du Croisic et de Pen Bé, l'Ifremer et CAP Atlantique ont développé un partenariat dans le cadre du programme « Etude des secteurs conchylicoles du Croisic et de Pen Bé », financé par le Contrat de plan Etat Région 2000-2006 (DOCOB 2006). Ce projet associe l'Université de Nantes et le SMIDAP. Il a été approuvé par la Région des Pays de la Loire en 2001 (Jeanneret *et al.* 2006). L'objectif de l'étude était d'aboutir à une meilleure compréhension du fonctionnement écologique de ces deux secteurs conchylicoles et d'identifier plus précisément les sources de polluants. Elle prend en compte les apports du bassin versant, la qualité des eaux,...

Depuis 2002, une étude sur le stock de coques a été réalisée. Un diagnostic des apports du bassin versant des Traicts du Croisic a été entrepris afin de mettre en place un suivi des flux polluants. Un modèle courantologique de ces milieux a été effectué. Sur le site de Pen Bé, la méthodologie a été transposée (levé topobathymétrique, modélisation courantologique, analyse des flux de pollution depuis le bassin versant, étude des stocks d'huîtres et de moules,...).

Les paramètres de qualité d'eau suivants ont aussi été suivis : température, salinité, pH, oxygène dissous, MES et Nutriments (ammonium, nitrate, phosphate) ainsi que le témoin de contamination fécale (*E. coli*), et des contaminants chimiques. Certaines analyses ont été réalisées par l'Institut Départemental d'Analyses et de Contrôle (IDAC) de Nantes.

Depuis cette étude, le suivi sur les stocks de coques continue. Le Laboratoire de Pen Avel a aussi mis en place un suivi de la croissance et de la mortalité des coques pour répondre aux problèmes rencontrés par les professionnels (exemple en 2003), ce suivi s'inspire du réseau REMORA d'Ifremer sur les huîtres.

III.1.8.3 Suivis organisés par le GIP Loire Estuaire

En complément de la DCE, le GIP a mis en place plusieurs suivis :

*Benthos

Dans sa fiche indicateur benthos L2C1 (2003), le GIP Loire Estuaire explique qu'au vu des limites de l'étude réalisée en 2002 sur le macrobenthos et les différences importantes de ses résultats avec ceux des travaux antérieurs, il lui est apparu nécessaire d'entreprendre un suivi annuel du macrobenthos. Celui-ci s'effectue à partir d'un nombre limité de stations choisies selon deux critères :

- une qualité biologique minimale ;
- une situation en limite de deux domaines halins afin d'observer les éventuels déplacements de la faune.

Ce suivi pourra être complété tous les cinq ans par une investigation plus étendue portant sur une dizaine de stations sélectionnées selon une répartition longitudinale et verticale. L'indice "qualité biologique global" sera affiné progressivement afin d'établir un indice spécifique à l'estuaire interne de la Loire.

* Qualité d'eau

Le GIP Loire Estuaire (lettre n°9, 2008) a également mis en place 5 stations de mesures pour suivre la qualité d'eau de l'estuaire en continu : Trentemoult, le Pellerin et Paimboeuf (fonctionnant depuis le 6 février 2007), Bellevue (depuis le 4 juillet 2007), Cordemais (sur le site d'EDF, rattachée au réseau depuis le 28 juin 2007, qui nécessite encore des ajustements, limitant l'exploitation des données). Les paramètres mesurés sont l'oxygène, la température, la conductivité, et la turbidité.

* Vasières

Dans sa lettre n°10, le GIP Loire Estuaire insiste sur la surveillance qu'il a mise en place pour les vasières, reconnues maintenant comme primordiales à l'équilibre de l'estuaire. Cette surveillance concerne :

- La fréquentation par l'avifaune : Une étude sur les oiseaux des vasières et des débouchés d'étiers commencée en octobre 2008, s'achèvera en juillet 2009. Huit sites, entre Le Pellerin et Saint-Nazaire, sont observés lors de la marée montante, une fois par mois. L'occupation de la vasière par les oiseaux sera ainsi caractérisée au fil de la marée, des saisons, et en fonction de la distribution du benthos.
- La dynamique sédimentaire : Six instruments de mesure, des altimètres Altus, ont été implantés fin 2008 sur deux sites afin de suivre leur dynamique sédimentaire. Pendant un an, ces appareils enregistrent en continu la hauteur de la vasière ainsi que l'agitation de l'eau en surface. Les phénomènes de dépôts de sédiments et d'érosion seront donc mesurés au rythme des marées, des déplacements du bouchon vaseux et selon la force des vagues.
- La ressource benthique : Un large inventaire (une centaine de stations) de la faune benthique des vasières et des étiers en aval de Nantes a été réalisé en 2008. L'analyse des résultats permet de caractériser la répartition des communautés benthiques dans l'estuaire et de suivre son évolution à moyen et long terme en comparant avec les campagnes antérieures

* Oiseaux

Dans sa fiche indicateurs L2C2 sur les oiseaux (2008), le GIP Loire Estuaire 2008 précise le suivi de l'avifaune. L'objectif de l'indicateur avifaune est de suivre les variations d'effectifs de ces populations ou d'espèces représentatives d'un habitat. Il s'appuie sur les enquêtes ornithologiques nationales et locales réalisées par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS). Hormis les comptages d'hivernants menés annuellement sur l'ensemble de la zone d'étude, les autres enquêtes sont ponctuelles. La grande mobilité des oiseaux et la variabilité de l'effort de prospection peuvent conduire à l'approximation de certains comptages et de leur localisation.

Les groupes et espèces d'oiseaux suivis dans l'indicateur sont listés. L'indicateur se compose :

- d'un suivi des effectifs des groupes d'espèces en hivernage, à partir des comptages Wetlands International réalisés annuellement à la mi-janvier ;
- de l'évolution de populations en période de reproduction.

La capacité d'accueil du territoire est ainsi appréciée par les suivis de la nidification des grands échassiers et de trois espèces.

Les comptages Wetlands International sont effectués annuellement à la mi-janvier et coordonnés par la LPO. Les comptages des sternes en nidification sont également réalisés annuellement par la LPO 44, la LPO 49, le CPIE Loire et Mauges, mais la couverture spatiale est parfois partielle.

Les estimations des populations d'oiseaux d'Europe et les tendances de leur évolution sont réunies dans *Birds in Europe* édité en 2004, dans le cadre du programme BirdLife International, et consultable sur birdlife.org.

La LPO Loire-Atlantique édite annuellement une revue ornithologique intitulée « Spatule » faisant état des connaissances sur l'avifaune du département. La plupart des espèces suivies dans cet indicateur sont inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux, qui est consultable sur le portail de l'Union européenne eur-lex.europa.eu. Les espèces d'oiseaux présentes sur les sites Natura 2000 des Ponts-de-Cé à Nantes et Estuaire de la Loire sont répertoriées sur les fiches respectives de ces sites, sur natura2000.fr Enfin, l'inventaire des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) est aussi disponible sur le site Internet du programme BirdLife International.

Sur l'avocette (fiche indicateur L2C5 sur l'avocette, GIP Loire Estuaire 2002), un suivi est instauré sur l'estuaire d'autant plus important qu'une baisse des effectifs hivernant a été observée au bénéfice de sites littoraux : Traicts du Croisic, baie de Bourgneuf... Elle n'est pas liée à une réduction des surfaces de vasières comme dans l'estuaire de la Seine, mais paraît plutôt dépendre de changements dans le comportement de l'espèce.

*** Fonctions écologiques**

Depuis 2006, le GIP Loire Estuaire a structuré un Système d'Information Géographique, qui modélise la distribution des fonctions écologiques majeures de l'estuaire de la Loire. Au préalable, un groupe d'experts a élaboré une cartographie simplifiée des habitats en procédant à des regroupements sur la centaine d'habitats Natura 2000, d'après l'inventaire de 2001-02 mené par la DIREN et le GIP Loire Estuaire. Il a ensuite déterminé les sites d'accueil effectif et/ ou potentiel des espèces les plus représentatives du fonctionnement écologique estuarien, dont 67 espèces d'oiseaux, 20 espèces de benthos et 18 espèces de poissons.

III.1.8.4 Suivis sous la responsabilité de l'IAV

Dans sa mission pour le SAGE Vilaine et la CLE, l'IAV a mis en place plusieurs suivis et études complémentaires de celles qui sont encours et déjà listées.

Un suivi de l'envasement est par exemple mis en œuvre avec plusieurs pieux témoins de l'envasement qui sont disposés sur l'estuaire de la Vilaine et à son débouché (CLE Vilaine 2009).

Des campagnes bathymétriques régulières depuis 2001 (tous les 2 ans approximativement) ont aussi été lancées. Tous ces éléments sont très importants pour la modélisation en cours du bureau d'études DHI ainsi que les divers travaux de l'université Bretagne Sud à Vannes (Goubert et Menier 2005).

En matières de pesticides, toutes les études en cours avec des laboratoires universitaires en utilisant des bioindicateurs sur mollusques et sur le flet ont permis d'acquérir des données sur plusieurs années (cf études en cours dont les rapports d'étape: Marchand *et al.* 2004, Caquet 2009 et Laroche *et al.* 2008, 2009).

L'IAV suit aussi tous les travaux de dragage de l'estuaire de la Vilaine.

La bouée MAREL à Tréhiguier est gérée conjointement avec l'Ifremer. L'IAV a aussi mis en place une sonde Smatch depuis 2009 sur l'estuaire.

III.1.8.5 Autres suivis

On peut aussi lister les suivis suivants qui, d'une manière directe ou indirecte contribuent à fournir des données intéressantes pour l'étude du secteur Loire/Vilaine :

➤ **Le Réseau Hydrométrique du bassin Loire-Bretagne (banque HYDRO)**

Selon le SAGE Estuaire Loire (2005) : la banque HYDRO bancarise les données issues d'un réseau de mesures de débits et de hauteurs des eaux superficielles du bassin. Ce réseau a pour objectif la connaissance générale du régime hydrométrique, mais il renseigne également sur l'annonce des crues ou la gestion d'ouvrages. La Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) gère et co-finance ce réseau (avec l'Etablissement Public Loire et les Conseils Généraux).

➤ **Gestion et suivi des poissons migrateurs**

Conformément au décret du 16 février 1994, relatif à la pêche des poissons appartenant aux espèces vivant alternativement dans les eaux douces et les eaux salées, un plan de gestion des poissons migrateurs est établi pour les espèces suivantes : saumon atlantique, grande alose, alose feinte, lamproie marine, lamproie fluviatile, anguille et truite de mer (SAGE Estuaire Loire 2005).

Le suivi des effectifs de ces espèces menacées est essentiellement basé sur un comptage des captures de pêche professionnelle fluviale ou des passages sur les ouvrages équipées d'une passe (barrages, écluses).

Dans le but d'améliorer les connaissances sur l'anguille et de réfléchir à une gestion durable de l'espèce, un programme scientifique européen INDICANG a été mis en place en juin 2004.

Les premiers travaux scientifiques ont débuté en Loire en 2005, avec l'utilisation d'un modèle mathématique mesurant les flux de civelles entrant dans l'estuaire et enregistrant différents paramètres (température, turbidité, coefficient de marée, volume de captures, ...).

➤ **REPOM : REseau de surveillance des Ports Maritimes Assuré par les CQEL.**

Les Cellules Qualité des Eaux de la DDE du Morbihan et du SMN de la Loire- Atlantique sont responsables du réseau national REPOM pour la surveillance de la qualité des eaux dans les ports de l'estuaire et dans les étiers (SAGE Vilaine 2003).

➤ **Réseau de mesures de la qualité des eaux des estuaires bretons**

Le réseau de mesures de la qualité des eaux des estuaires bretons a été créé en 1999. Il visait à responsabiliser les collectivités (Baudrier 2002). Depuis la mise en place de la DCE qui s'est appuyée dessus pour positionner des points et en a pris le relais en terme de suivi, on peut considérer que ce réseau a changé d'objectif.

➤ **Réseau de suivi des Ulves**

Réseau de suivi des proliférations d'ulves a été mis en par l'AELB en Bretagne. Depuis 2007, ce réseau a été étendu à l'ensemble du littoral Loire-Bretagne pour répondre aux objectifs de la DCE.

Le travail est coordonné par le CEVA à Pleubian.

(<http://ezceva1000.ezpublish15.no.ezdeal.no/fre/S-INFORMER/NEWS/InformationsFormations/Info-FP/Liens-Directs/MAREES-VERTES>).

Les résultats des suivis DCE depuis 2007 sont consultables à l'adresse suivante, rubrique DCE :

<http://envlit.ifremer.fr/documents/publications>

➤ **Le réseau MAREL : Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement Littoral**

Constituées des bouées MAREL (Molit) équipées d'une sonde multi-paramètres (température, salinité, turbidité, fluorescence, oxygène dissous) et d'un système de pompage qui permet un suivi haute fréquence de la qualité du milieu, au fond et en surface sur un site sensible, ce réseau est disséminé sur le littoral français. Les résultats permettent de valider les modèles du site Previmer (www.previmer.org) par des données *in situ* au même titre que les résultats des campagne en mer. Mais Previmer est surtout alimenté par l'imagerie satellite. Avec plusieurs modèles couplés (météorologie, houle,...), le site propose aussi de faire du prévisionnel sur des phénomènes comme un bloom d'algues phytoplanctoniques.

Depuis 2007, une bouée MAREL (N°62021) est installée à l'entrée de la Vilaine, au Nord de l'île Dumet (Figure 85). Une autre bouée est située sur le plateau de Four (N°62070) (cf LER/MPL/TM 2008).

Le site d'Ifremer www.previmer.org permet de visualiser aussi les relevés de température et d'oxygène dissous (et de salinité) donnés en continu par deux bouées Molit placées dans le secteur au large (exemple Figure 86).

Localisation Bouée Marel Large Vilaine

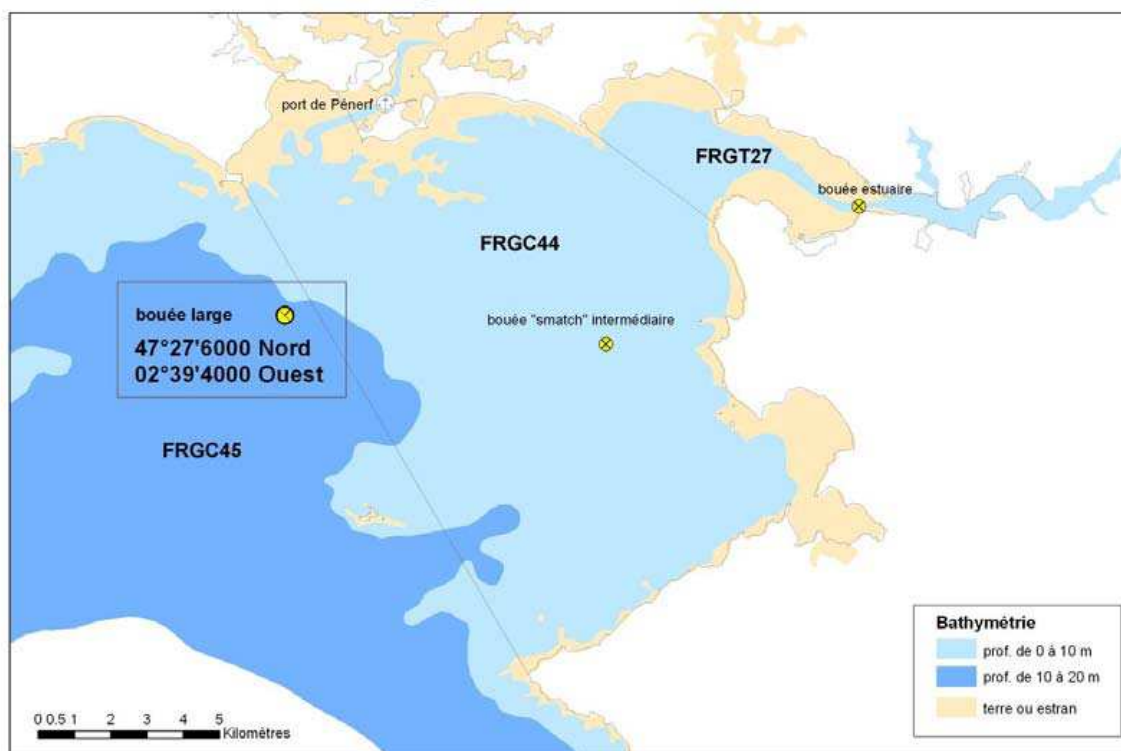


Figure 85 : Localisation bouée MAREL large Vilaine (Aoustin 2007)

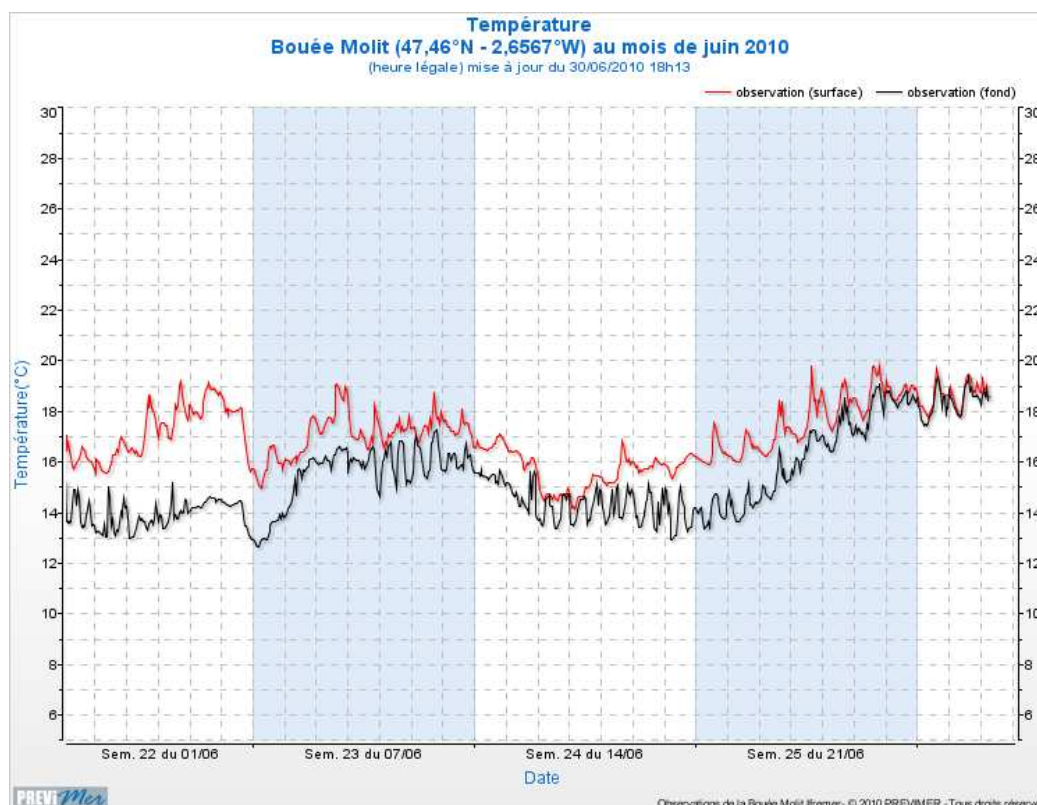


Figure 86 : Relevé des températures de fond et de surface données par la bouée Molit placées à l'entrée de la Vilaine (sur le site www.previmer.org)

Le site d'Ifremer www.previmer.org grâce à un modèle ECO-MARS3D Bretagne permet maintenant de visualiser en ligne les prévisions de concentrations en chlorophylle *a* sur différentes zones. Il donne aussi des estimations ponctuelles sur des sites particuliers sur le site en entrée de Vilaine.

Ces relevés et prévisions sont très précieux pour la compréhension des phénomènes des blooms d'algues phytoplanctoniques et des hypoxies/anoxies consécutives.

➤ Les pêches en mer

Les statistiques de pêches sont gérées par la déclaration de volumes débarqués dans les ports. Les données sont collectées par le CRTS (bateaux >10m) et par l'Ifremer (<10m). Des campagnes d'inspection et d'observation en mer sont aussi régulièrement mises en œuvre, gérées par l'Ifremer.

➤ Etude du BRGM sur les résidus de médicaments humains

Il faut souligner ce travail récent du BRGM (Togola *et al.* 2008) qui a permis d'obtenir des premiers éléments sur la présence de résidus de médicaments humains dans les eaux souterraines et superficielles du bassin Loire-Bretagne. Dans cette étude, des points de prélèvement ont été effectués sur les fleuves Loire et Vilaine ainsi que sur la masse d'eau côtière Loire large (FRGC46). A la suite de ces travaux préliminaires, l'Ifremer avait suggéré que certaines de ces substances soient suivies dans le rejet de la station d'épuration de la CARENE, ce qui a été accepté.

III.2 Les conclusions de ces réseaux sur l'état de santé de l'écosystème Loire/Vilaine

III.2.1 Qualification générale

Selon les conclusions de plusieurs auteurs et par l'approche préconisée par la DCE, il est possible de donner une qualification générale à l'état de santé, résultante de l'état écologique et chimique de l'écosystème côtier du secteur Loire/Vilaine.

Après un travail d'enquête auprès des certains gestionnaires et usagers du littoral du secteur, Baudrier (2002) souligne dans sa conclusion que le secteur Loire/Vilaine, largement sous la dépendance des 2 fleuves, en subit les conséquences. Ce milieu bénéficie des apports des fleuves qui contribuent à sa productivité et sa richesse. Mais c'est aussi un apport excessif de nutriments qui le conduit à une eutrophisation, et des contaminations d'autres polluants. Les conditions hydrologiques et hydrodynamiques particulières de l'ensemble du secteur, et plus particulièrement la Baie de Vilaine, le rendent très vulnérable. L'influence des conditions climatiques et de houle est prépondérante. Enfin, parmi les pressions allant en augmentation, il souligne la forte attractivité du territoire, tant sur le plan touristique que par une migration à l'année de personnes retraitées. Une bonne gestion intégrée du secteur Loire/Vilaine sera donc primordiale pour éviter les conflits d'usage croissants et les menaces sur l'écosystème.

Le tableau 12 ci-dessous de Baudrier (2002) donne une importance relative à ces usages-pressions dans le secteur Loire/Vilaine. La conchyliculture, la pêche professionnelle et la pêche récréative apparaissent importantes, et de manière spécifique pour le secteur Loire : le clapage en mer, les extractions et le transport maritime.

Tableau 12 : Importance des usages dans le secteur côtier Loire Vilaine (d'après Baudrier 2002)

Usages/Fréquentation	Baie de Vilaine			Estuaire de la Loire		
Absence	Faible	Moyenne	Forte			
Conchyliculture						
Pêche professionnelle côtière et estuarienne						
Loisirs aquatiques						
Pêche à pied récréative						
Pisciculture						
Saliculture						
Extractions marines						
Clapage en mer (*Dévasage).						
Transport maritime						
Alimentation en eau et autres (thalassothérapie)						

* Selon les conclusions apportées par la Partie I, on pourrait ajouter à cette ligne « Clapage » la problématique « Dévasage » en Vilaine, qui ressortirait comme « forte » (rouge selon les codes couleur de Baudrier 2002).

A la suite de ce premier constat sur les usages/pressions, Baudrier (2002) restitue l'importance des perturbations dans le secteur côtier Loire/Vilaine, telles qu'elles ont pu être ressenties dans son enquête (cf Tableau 13 ci-dessous).

Tableau 13 : Importance des perturbations rencontrées dans le secteur côtier Loire Vilaine (d'après Baudrier 2002)

Perturbations			Nature	Baie Vilaine	Estuaire Loire
Faible	Moy.	Forte			
Qualité sanitaire			Microbiologie		
			Contaminants chimiques		
			Phycotoxines		
Eutrophisation			Microalgues		
			Macroalgues		
			Anoxies		
Géomorphologie			Envasement		
			Evolution fonds		
Déséquilibre écologique			Esp. invasives/proliférantes		
Compétition – Conflits d'intérêt ou usages			Entre professionnels de la mer		
			Entre professionnels et plaisanciers		
			Préservation de l'environnement		

Pour Baudrier (2002), les signes de dégradation de l'écosystème sont visibles et perceptibles, menaçant des activités humaines. Parmi ceux-ci, il souligne en premier lieu l'eutrophisation. Mais il relève aussi d'autres problèmes comme :

- L'envasement de certains secteurs,
- La dégradation de la qualité bactériologique des eaux côtières
- La diminution des ressources halieutiques,
- La dégradation des biotopes,
- L'émergence des conflits d'usage.

Le SAGE Estuaire Loire (2005, 2009) reconnaît la mauvaise qualité globale des eaux continentales de surface de la Loire. En aval, il souligne les évaluations préliminaires selon la DCE avec un risque de non atteinte du bon état en 2015.

La qualification provisoire de la DCE fait apparaître les points suivants

(http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr):

- Pour l'état écologique, toutes les masses d'eau considérées dans notre étude sont classées **RNROE** même si le tableau 14 ci-dessous montre que l'évaluation DCE de mars 2011 donne une note provisoire de « bon état écologique » à 4 sur 5 des masses d'eau considérées avec un niveau moyen de confiance sur ce diagnostic global.
- De fait, sur les masses d'eau « Vilaine côte et large » (FRGC44 et 45) et Loire large (FRGC46), un problème majeur est lié à l'**eutrophisation** qui se manifeste par des blooms de phytoplancton. On ne pourra pas atteindre le bon état écologique en 2015 en raison de ce problème sur le phytoplancton sur la masse d'eau Vilaine côte (FRGC44). Il est à signaler aussi le fait que cette masse d'eau Vilaine Large apparaissent en **qualité médiocre pour l'indicateur macroalgue subtidale** en lien certainement avec un excès de turbidité (Figure 83).
- Le diagnostic n'est pas non plus bon sur l'**état chimique** des masses d'eau Vilaine Large (FRGC45) et Loire transition (FRGT28). Selon l'atlas mis en ligne par Ifremer, les micropolluants constituent un problème sur ces masses d'eau mais il faut nuancer cette conclusion pour les raisons suivantes :

- FRGC45 : dépassement pour le 4 tert octylphénol. Mais, en fait la limite de quantification de la méthode analytique est égale à la NQE, donc on trouve toujours une valeur égale à la NQE, ce qui implique une remise en cause du résultat. Des prélèvements complémentaires ont eu lieu fin 2010 sur des coquillages pour voir si ce résultat est confirmé (résultats en attente).
- FRGT28 : dépassement dû au TBT, mercure et 2 hydrocarbures (confirmation par coquillages en attente).

Tableau 14 : Evaluation des masses d'eaux côtières (état de l'évaluation selon atlas Ifremer, mars 2011)

		IC	Etat écologique	IC	Etat chimique
FRGC44	Vilaine côte	2		2	
FRGC45	Vilaine large	2		2	
FRGC46	Loire large	2		2	
FRGT27	Vilaine	2			
FRGT28	Loire	2			

Légende :

Etat chimique : bleu = bon, rouge=mauvais ; IC = indice de confiance des experts noté de 1 à 3

Etat écologique :

Non pertinent

Inconnu

Très bon

Bon

Moyen

Médiocre

Mauvais



Il faut cependant bien garder en tête l'avertissement donné sur le site de l'atlas DCE :

Entre les deux évaluations, celle de Baudrier (2002) et celle proposée par la DCE, près de 10 années se sont écoulées avec une surveillance renforcée du littoral, la mise en place de la DCE qui représente un chantier très important.

Dans les deux évaluations générales sur l'état de santé des eaux côtières sur le secteur Loire/Vilaine, des diagnostics communs ressortent : l'eutrophisation du milieu apparaît comme un enjeu majeur, ainsi que la présence de micropolluants, de localisation variable selon les études.

D'autres enjeux sont soulignés par Baudrier (2002), sur lesquels l'évaluation DCE n'est peut-être pas encore capable de statuer objectivement ou son dispositif ne permettra pas de le faire. Nous reviendrons sur ces points.

III.2.2. Enjeux majeurs

III.2.2.1 Eutrophisation

III.2.2.1.1 Rappel sur l'état d'eutrophisation-Définitions

Compte tenu de l'importance de l'enjeu sur le secteur Loire/Vilaine, nous avons voulu reprendre quelques points essentiels sur l'état d'eutrophisation.

Pour Ménesguen *et al.* (2001), au lieu de la définition étymologique *stricto sensu* de progression de l'enrichissement d'un milieu par un apport de nutriments, il vaudrait mieux retenir la notion d'état enrichi à un point tel qu'il en résulte des nuisances pour l'écosystème, et donc pour l'homme. P. Souchu et A. Aminot dans ce même rapport Ménesguen *et al.* (2001) soulignent d'ailleurs que le terme eutrophisation est souvent mal employé.

La notion d'« eutrophisation » est délicate à manier, puisqu'elle ne désigne pas un état mais l'évolution du milieu vers un état, lui-même défini de manière subjective (« enrichi »). Le terme eutrophisation contient donc en germe la dérive de sens qu'il a subi, désignant à la fois les causes et les conséquences de la fertilisation du milieu.

Si les causes sont bien identifiées (apport de nutriments), les conséquences sont diverses :

- Au premier niveau on trouve le développement de phytoplancton et de macrophytes.
- Au second niveau on trouve les conséquences (les nuisances) de ces développements lorsqu'ils deviennent excessifs : gênes directes pour l'utilisation de l'eau ou du domaine aquatique, hypoxie ou anoxie du milieu mortelles pour la faune, poussées d'espèces opportunistes toxiques.

III.2.2.1.2 Classification OSPAR de l'état d'eutrophisation

La Convention OSPAR est entrée en vigueur en 1992 et demande aux états signataires l'obligation de mettre en place une protection du milieu marin Atlantique Nord-Est, soit entre autre une diminution des pollutions d'origines telluriques. Une première évaluation de l'état de santé de ces grandes régions côtières a été faite en 2003. (OSPAR 2003). Elle vient d'être actualisée en 2010 et se trouve disponible sur le site www.ospar.org dont plusieurs rapports téléchargeables.

On retiendra la classification et la caractérisation des écosystèmes côtiers données par la Convention OSPAR en 1993 résumées dans le tableau en Annexe 19, qui définit 4 catégories d'effets (I à IV), classés en effets directs ou indirects :

- Catégorie I : Degré d'enrichissement en nutriments (Facteurs causatifs)
- Catégorie II : Effets directs de l'enrichissement en nutriments
- Catégorie III : Effets indirects de l'enrichissement en nutriments
- Catégorie IV : Autres effets éventuels de l'enrichissement en nutriments

La Convention OSPAR (2003) propose une démarche dont une étape est l'intégration des paramètres ainsi répartis en catégories, de façon à obtenir une classification cohérente. Pour chaque paramètre des Catégories I, II, III et IV mentionné au tableau 1, on peut indiquer si sa concentration mesurée se rapporte à une zone à problème, à une zone à problème potentiel ou une zone sans problème (A, B, C, D), selon les définitions de la Stratégie OSPAR de lutte contre l'eutrophisation. Les résultats de ces étapes d'évaluation sont expliqués ci-après.

- Zones à problème (A) :

Zones où l'enrichissement en nutriments est plus élevé et accompagné éventuellement d'autres effets directs et/ou indirects.

- Zones à problème (B) :

Zones pouvant se caractériser par des effets directs et/ou indirects ou, éventuellement, d'autres effets et où, pourtant on ne relève aucun signe d'accroissement de l'enrichissement en nutriments dû, par exemple, à un transport transfrontière d'algues (toxiques) et/ou de matières organiques provenant de zones adjacentes/éloignées.

- Zones à problème potentiel (C) :

Zones présentant un degré accru d'enrichissement en nutriments, mais où on ne décèle aucun effet direct, indirect/autre éventuel.

- Zones sans problème (D) :

Zones où l'on ne constate ni enrichissement en nutriments ni effets directs/indirects/autres éventuels.

III.2.2.1.3 Résultats des évaluations de l'état d'eutrophisation du secteur Loire/Vilaine

➤ Evaluation OSPAR

Dans l'évaluation OSPAR donnée en 2010 (mais sur évaluation faite en 2008, les zones côtières dépendant de la Vilaine et la Loire sont tous deux considérées comme «zones à problème ». En 2003, la zone dépendant de la Vilaine avait été classée dans la catégorie « zone à potentiel problème ».

➤ Evaluation DCE

L'état d'eutrophisation n'est pas jugé de manière spécifique dans le cadre de la DCE. Une évaluation se fait de l'état écologique (dont une eutrophisation ou non du milieu) sur la base de beaucoup des critères en commun proposés par la Convention OSPAR (2003) et selon le paragraphe III.1.7 :

- les paramètres hydrologiques dont le taux d'oxygène dissous,
- les taux de nutriments (et pour l'instant seulement l'azote dissous)
- la concentration en chlorophylle a,
- l'abondance et la composition phytoplanctonique.

On notera cependant que cette approche ne prend pas en compte directement des éléments comme l'occurrence de crise anoxique.

Sur les bases définies, l'évaluation DCE des masses d'eaux côtières considère que le secteur Loire/Vilaine n'est vraiment pas touché par un problème d'algues vertes (état jugé 2, bon sur ce critère), un signe évident d'eutrophisation que l'on retrouve très critique en Bretagne Nord.

En revanche, le critère phytoplancton est déterminant pour indiquer un état est jugé moyen correspondant à la baie de Vilaine près de la côte (FRGC44), ce qui détermine un état écologique moyen de cette masse d'eau. Les autres zones d'eaux côtières sont jugées satisfaisantes sur ce critère.

III.2.2.1.4 Discussion/Conclusion sur l'eutrophisation

En Vilaine, les conclusions les plus récentes sont plutôt vers une tendance à l'augmentation de nitrates et une stabilisation des phosphates (Asconit 2008).

Sur l'estuaire de la Loire, les chiffres retrouvés dans le présent travail donnent des valeurs plus élevées en flux de nutriments que celles reprises par l'évaluation OSPAR (Annexe 19). Les tendances sont identiques à la Vilaine, avec un léger mieux sur les phosphates, et une augmentation des nitrates, le contraire est pourtant annoncé par le SAGE Estuaire Loire (2005,2006).

De toutes les manières, sur ces deux estuaires, on est loin des objectifs fixés de diminution de ces apports par OSPAR (2003) (réduction des flux de 50 % entre 1985 et 1995).

Les modèles plus récents dans Dussauze et Ménesguen (2008) montrent clairement les effets de diminution des flux de nitrates, phosphates et silicates sur le développement des Diatomées, Dinoflagellés en Baie de Vilaine et sur l'estuaire de la Loire. Ils montrent aussi que des diminutions drastiques devront intervenir en amont (objectif de descendre en dessous de 10 mg/l de nitrates) aussi bien en Loire qu'en Vilaine, si l'on veut observer un effet en aval sur le paramètre phytoplancton (seulement les dinoflagellés).

Pour Baudrier (2002) la Baie de Vilaine est un des secteurs du littoral français les plus sensibles à l'eutrophisation. Sur l'estuaire de la Loire, la turbidité élevée empêche le développement du phytoplancton sauf dans sa partie très aval.

Salvaing (2009) dans son rapport sur l'occurrence des « eaux colorées » en Bretagne sud insiste aussi sur la fréquence élevée de ces eaux colorées dans le secteur Loire/Vilaine que reportent les pêcheurs intervenant dans ce secteur. L'étude en cours avec le COREPEM et l'Ifremer devrait permettre de vérifier cette observation. La fréquence d'efflorescences diverses phytoplanctoniques avec des effets nuisibles est confirmée quand on reprend les résultats apportés par le REPHY sur le secteur Loire/Vilaine (Bulletins côtiers annuels du LER/MPL/NT et TM). Il en est de même sur les mesures de concentration en chlorophylle *a*. Des pics très importants ont été détectés dans le secteur Loire/Vilaine. Par exemple, durant l'épisode « eau verte » en Baie de Vilaine en 2007 due à *Lepidodinium chlorophorum*, des mesures de 115 µg/L et 72 µg/L ont été effectuées.

Pour Ménesguen *et al.* (2001), si quelques sites côtiers, souvent au débouché d'estuaires, sont régulièrement touchés par les proliférations massives de phytoplancton; « le seul site ayant atteint au moins une fois le stade de l'anoxie mortelle est la baie de Vilaine, où une mortalité massive de poissons et d'invertébrés benthiques a eu lieu fin juillet 1982 ». Le panache de la Loire est le siège de fréquents blooms phytoplanctoniques printaniers et estivaux, sans que cela n'entraîne plus qu'une hypoxie légère des eaux de fond. Ces auteurs reprennent les mécanismes qui conduisent à l'eutrophisation, tant macroalgale que phytoplanctonique et souligne les spécificités du secteur Loire/Vilaine qui le rend très vulnérable à l'eutrophisation :

- 1/ Un confinement de la masse d'eau liée aux conditions hydrodynamiques particulières en Baie de Vilaine qui favorisent le piégeage horizontal des masses d'eau dans les zones de courant résiduel très faible. Les fronts de densité, horizontaux ou verticaux, sont également des zones d'accumulation favorables à certains dinoflagellés (*Gymnodinium mikimotoi*, *Dinophysis* sp.)
- 2/ Un bon éclaircissement de la suspension algale, ce qui explique la restriction des marées vertes à ulves aux lagunes et eaux littorales peu profondes, claires et bien brassées par le clapot ou la houle. Dans les panaches de dilution de fleuves (Vilaine, Loire, Seine) le confinement en surface, par un front de densité, d'une couche dessalée et riche en nutriments, contribue à assurer au phytoplancton de surface un éclaircissement moyen plus élevé qu'en zone non stratifiée.

- 3/ Des apports de nutriments terrigènes en excès par rapport à la capacité d'évacuation ou de dilution du site. En baie de Vilaine, l'élément limitant au printemps et près de l'embouchure est actuellement le phosphore, tandis que plus au large, l'azote devient limitant, surtout en été.

Les études reportées à divers endroits de ce rapport, et les suivis actuels mis en place par les réseaux, les bouées Molit notamment montrent clairement que l'on a des déficits en oxygène réguliers, récurrents sur la Baie de Vilaine comme sur l'estuaire de la Loire. Sur la base de ce critère, l'ensemble du secteur semble donc plutôt très critique (cf détails des crises anoxiques sur l'estuaire de la Loire et sur la Baie de Vilaine en Annexe 19). Sans aller jusqu'aux mortalités de 1982, il semble qu'à plusieurs reprises depuis cette date, on ait frôlé « la catastrophe » (comme tout récemment en 2007), tributaires alors d'un changement des conditions climatiques pour éviter ces conséquences dramatiques sur l'écosystème.

On n'a pas non plus encore suffisamment d'éléments pour mesurer les impacts potentiels de ces excédents de turbidité (en lien avec le phytoplancton) sur la biodiversité. Mais il est fort possible que les peuplements benthiques en soient affectés, et que des macrophytes comme par exemple les lamineuses souffrent de ces eaux trop colorées. On peut aussi insister comme le font Laroche *et al.* (2009) sur les effets potentiels néfastes à moyen terme que peuvent provoquer des hypoxies chroniques du milieu sur les organismes vivants.

Belin (2003) insiste sur la fréquence d'apparition du DSP sur la zone côtière de la Baie de Vilaine considérée comme une zone à risque DSP, voire un cas d'école (cf paragraphes II.5.1 et III.1.2). Sur le trait du Croisic, le risque est moindre. Mais plus au large, on a un risque d'ASP et PSP, une sorte de menace à terme qui pourrait impacter fortement les productions conchylicoles.

En plus de l'eutrophisation, le secteur Loire-Vilaine est l'un de ceux qui connaît le plus de contamination par les espèces de phytoplancton toxique :

(<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/torage/documents/parammaps/phytoplancton/index.html>).

Baudrier (2002) reprend ce critère de jours de fermeture et le considère comme un point majeur pour juger de l'état d'eutrophisation de la Baie de Vilaine (Figure 87). Mais selon les études récentes, il faut tempérer cette appréciation puisque la présence de phycotoxines dans les coquillages n'est pas liée directement à l'état d'eutrophisation (Gailhard 2006).

En conclusion, on pourrait souligner que l'état critique d'eutrophisation du secteur Loire/Vilaine est reconnu par tous les acteurs directement impliqués et concernés (milieu scientifique, services de l'état, secteurs professionnels comme la conchyliculture et la pêche).

En revanche, pour d'autres usagers, des élus locaux, et le grand public, il est fort possible qu'il ne soit pas reconnu comme un enjeu majeur. Sur ce secteur Loire/Vilaine, en raison de l'absence ou la faible incidence des proliférations d'algues vertes, des nuisances « plus visibles », il est possible que l'opinion publique n'ait pas été suffisamment alertée. Il est aussi clair que la notion d'eutrophisation est méconnue. Ces points mériteraient d'être vérifiés par une enquête auprès des diverses parties prenantes.

Etat de l'eutrophisation sur le secteur Loire Vilaine



- | | |
|-------------------|---|
| Trait de côte | Anoxies récurrentes |
| Domaine maritime | Prolifération de <i>Gymnodinium</i> sp ayant provoqué des mortalités d'animaux marins depuis 1992 |
| Estran | Sites à marées vertes |
| Domaine terrestre | Nombre de jours de fermeture pour DSP sur la période 1984 - 1995 |

Figure 87 : Etat de l'eutrophisation sur le secteur Loire/Vilaine (Baudrier 2002)

III.2.2.2 Contamination chimique

Jeanneret *et al.* (2006) reprend une citation utile : « aux Etats-Unis, on estime qu'un dollar de dépense en pesticides permet de sauver 4 dollars de récolte pour le producteur alors que ce chiffre tombe de 1 à 1,3 dollars en tenant compte des coûts externes de restauration du milieu » (OCDE, 1997 in Chambard, 2004).

Les résultats du réseau RNO (cf paragraphe III.1.2) (établi depuis 1974) permettent d'établir un état de la situation en matière de contaminants sur le secteur Loire/Vilaine, complétée par des études ponctuelles.

III.2.2.2.1 Contaminants chimiques et métaux lourds

Les bulletins RNO annuels parus depuis 1974 ainsi que les bulletins annuels de surveillance, publiés par les laboratoires côtiers d'Ifremer montrent que l'on a des teneurs en métaux lourds sur l'ensemble du secteur Loire/Vilaine qui sont en majorité maintenant en-dessous des seuils critiques.

En plus des bulletins, une représentation très synthétique des résultats RNO-ROCCH (milieu marin seulement) est donnée à l'adresse suivante :

<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/contaminants-chimiques/>

Des contaminations ponctuelles peuvent être observées ; c'est le cas par exemple d'une contamination au Chrome signalé à Tharon dans l'estuaire de la Loire (4.2 µg.g-1 chez les moules *M. edulis*) dans le bulletin RNO (1994).

Cependant, la contamination par des métaux lourds sur l'estuaire de la Loire a pendant longtemps été signalée comme critique (Sauriau *et al.* 1994 pour l'APEEL) pour qui l'estuaire de la Loire apparaît comme le site atlantique le plus contaminé par le plomb, sur la base des résultats du RNO même si une tendance à la diminution est observée. Des niveaux de contamination stables sont observés par le mercure, le cadmium et le lindane en chacun des 4 sites de l'estuaire selon les résultats RNO (1993) et en trois sites sur quatre pour les hydrocarbures HAP et le cuivre. Une contamination croissante en zinc est observée pour les moules de la Pointe de Chemoulin, et de Tharon, phénomène commun à de nombreux sites de la façade Manche-Atlantique (RNO, 1992).

La source de la contamination au plomb a été identifiée comme étant l'usine Octel-France à Paimboeuf qui fabrique des alkyles-plomb. Les rejets de cette usine, qui se sont élevés jusqu'à 60 kg/jour en 1989, représentaient alors 70 % des rejets industriels français de plomb dans les eaux françaises. Au moment de l'étude de Sauriau *et al.* (1994 APEEL), suite à une amélioration du traitement des effluents, ils n'étaient estimés plus qu'à 5 kg/jour. L'auteur note cependant qu'il n'existe malheureusement pas de données sur les apports de micropolluants organiques ou minéraux, et en particulier de plomb, par les rejets urbains dans l'estuaire de la Loire.

Sauriau *et al.* (1994 APEEL) rapporte que la contamination de l'estuaire de la Loire par le plomb a aussi été mise en évidence par divers auteurs en pratiquant des analyses des sédiments en comparaison de la Loire fluviale et par l'analyse du muscle de poissons planctonophages estuariens, ou benthiques comme le flet dont l'habitat est en partie estuarien. Les concentrations mesurées sur les poissons restent néanmoins inférieures aux concentrations critiques pour le consommateur. La contamination par le plomb n'est pas amplifiée le long des chaînes alimentaires estuariennes. L'estuaire de la Loire et la Baie de Bourgneuf montreraient une absence de biomagnification du plomb dans les chaînes alimentaires.

A propos de cette contamination au plomb sur l'estuaire de la Loire, le RNO (2000) note que, depuis l'arrêt de la production de l'usine en 1991, les niveaux de concentration en Plomb ont été divisés par 2 en 20 ans. La généralisation de l'usage d'essence sans plomb a certainement aussi contribué à cette nette diminution de la contamination par ce métal sur tout le littoral.

Le RNO (2005) présente des résultats intéressants comparatifs sur une campagne de prélèvements des sédiments (RNOSED 1999) qui montre à quel point le sédiment peut accumuler à moyen et long terme des contaminants. Sur le Plomb, l'approche normalisée utilisée montre que les points représentant l'estuaire et le grand estuaire de la Loire sont situés nettement au dessus de la droite de référence. Les autres points sont groupés entre la droite de référence et les points représentant la Loire, traduisant un état de contamination modéré (Fig. 88 ci-dessous).

La normalisation à 5% d'aluminium permet une hiérarchisation plus précise des niveaux d'exposition. La région Bretagne Ouest, comprise entre le Finistère et la Vilaine non incluse, présente les teneurs normalisées les plus basses. La Loire et le Pays Basque, abritent les stations les plus contaminées avec des concentrations moyennes de 59, 55, et 58 $\mu\text{g/g}$ respectivement. Cette contamination se retrouve dans les résultats du RNO matière vivante.

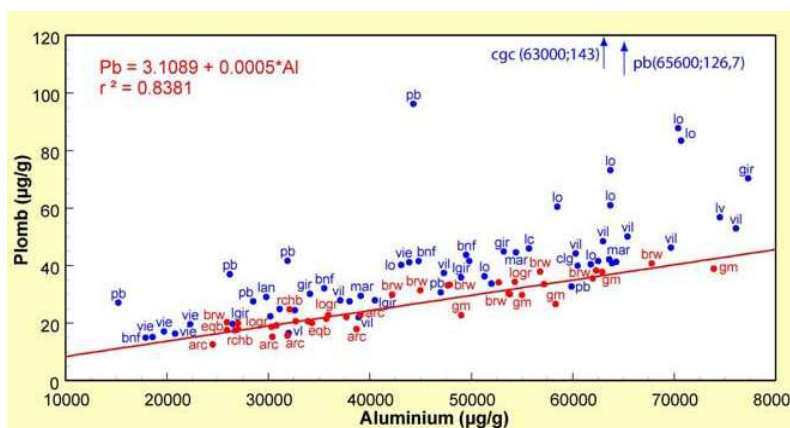


Figure 88 : Relation entre les concentrations en Plomb par rapport à la teneur en aluminium dans les sédiments du Golfe de Gascogne (tiré du RNO 2005)

Légende :

● : Points supposés non contaminés ayant servi à la construction de la droite de référence (en rouge).

● : Autres points : brw : Bretagne ouest, logr : Lorient, gm : Golfe du Morbihan, vil : Vilaine, lo : Loire, mar : Marennes Oléron, gir : Gironde, arc : Bassin d'Arcachon, Pb : Pays Basque

En matière de Zinc, Cuivre, Cadmium, Nickel, et Chrome, les mêmes tendances sont observées, plus marquées pour la Loire, moins pour la Vilaine.

Pour le SAGE Estuaire Loire (2005), les sédiments de l'estuaire interne de la Loire dénotent une contamination moyenne par l'arsenic, le chrome, le nickel et le plomb. Les sédiments de l'estuaire externe montrent une contamination moyenne par le nickel et le chrome.

Les concentrations relevées sur les moules au niveau de la Pointe de Chémoulin et le Traict du Croisic (point de mesures RNO/Ifremer) sont tout à fait comparables aux autres sites de la façade atlantique du point de vue du cuivre, du mercure, du zinc. Les concentrations en cadmium et plomb sont légèrement supérieures.

Truhaus (2006) dans son travail sur l'impact du dragage de l'estuaire de la Loire insiste sur les risques de dissémination des contaminants métaux lourds (Chrome, Nickel). Il met en avant le fait que des risques de toxicité sur les organismes marins peuvent apparaître à des microconcentrations et sont encore méconnus. Par exemple, sur le Chrome, le taux est peu élevé dans les sédiments de la Loire. En effet, la moyenne est de 75 mg/kg. Mais le niveau 1 (défini dans son étude) (90 mg/kg) est dépassé à 4 reprises tout au long de la zone d'échantillonnage. Le pouvoir toxique du Chrome sur le milieu vivant est peu étudié. Parmi les espèces de la Loire, l'Annelide Oligochète *Limnodrilus hoffmeisteri* y serait sensible, cependant les différentes études ne donnent jamais les mêmes valeurs de toxicité. La crevette grise *Crangon crangon* serait également sensible aux pollutions par le chrome.

Le bulletin RNO (1994) signale aussi la présence d'arsenic sur l'estuaire de la Loire mais insiste sur l'absence de risque pour le consommateur et de toxicité sur des organismes comme les mollusques.

En effet, l'arsenic est présent dans le milieu sous de nombreuses formes organiques ou inorganiques en relation avec l'activité biologique de ce milieu. Ce point semble contesté par Truhaus (2006). Il rapporte des teneurs moyennes en Arsenic des sédiments de la Loire de 20 mg/kg. Le niveau 1 réglementaire (25 mg/kg) est dépassé pour 25 points d'échantillonnage comme l'indique l'étude du PANSN rapportée par Truhaus (2006). Il recense les effets potentiels toxiques de l'arsenic sur la croissance des diatomées, la moule zébrée *Dreissena polymorpha*. D'autres organismes (annélides, poissons et oiseaux) peuvent aussi être touchés. Le phytoplancton est le plus vulnérable face à ce polluant métallique. A partir de 5 µg/L on peut observer l'inhibition de la croissance de certaines espèces de diatomées.

L'Annelide *Hediste diversicolor* est connue pour concentrer l'arsenic. Ce polychète est la proie d'un grand nombre de poissons (bar, anguille, flet, sole), de crevettes (*Palaemon longirostris* et *Crangon crangon*) et d'oiseaux comme le Tadorne de Belon ou encore l'avocette. Cependant la forme accumulée par ces différents prédateurs n'est pas toxique. Une autre espèce benthique de l'estuaire est sensible à ce composant: la moule zébrée *Dreissena polymorpha*, connue pour être bioindicatrice du taux d'Arsenic.

On peut aussi noter que les résultats préliminaires mis en ligne sur le site Atlas DCE confirmeraient un potentiel problème de mercure sur la masse d'eau FRGT28 (cf Paragraphe III.2., adresse http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin_bassin_loire_bretagne/fr).

En Baie de Vilaine, les risques de contamination d'origine industrielle semblent moins élevés que sur l'estuaire de la Loire. Le LER/MPL/TM (2008, 2010) signale cependant sur un point « Pointe Er Fosse », situé à l'entrée de la rivière de Pénerf, des concentrations en métaux lourds cadmium, et mercure qui restent supérieures aux valeurs médianes nationales. Le constat est le même pour l'argent et le nickel. Une tendance à la baisse est constatée depuis 10 ans. Les concentrations en plomb restent stables et inférieures à la médiane nationale.

En matière de contamination aux métaux lourds, le risque semble donc existant sur le secteur Loire/Vilaine d'une présence ponctuelle, voire permanente ou due à des contaminations antérieures dont on pourrait concevoir des effets sur les organismes marins. Mais, comme le rappelle H. Oger-Jeanneret (com. pers.) jusqu'à présent les résultats du RNO-ROCCH ne montrent pas de contamination avérée par les 20 substances OSPAR (métaux lourds, hydrocarbures,...) suivies dans le sédiment et la matière vivante. Les seuils OSPAR, quand ils existent, sont des seuils « environnementaux » y compris pour le Plomb, Cadmium, et Mercure (pour lesquels il existe aussi des seuils « santé publique »). Pour les métaux lourds, ils ne sont jamais dépassés dans les données RNO de 2003 à 2007. En 2008-2009, il est de même pour les données DCE dans les coquillages.

III.2.2.2.2 Contamination par les hydrocarbures polycycliques (HAPs)

Le SAGE Estuaire Loire (2005) mentionne que les teneurs en PCB et en HAP sont plutôt inférieures à d'autres sites de la façade atlantique, plus faibles sur l'estuaire externe de la Loire que sur l'estuaire interne. Les concentrations relevées sur les moules au niveau de la Pointe de Chémoulin (point de mesures RNO/IFREMER) sont tout à fait comparables aux autres sites de la façade atlantique du point de vue du benzo(a)pyrène(B(a)P) (HAP).

Cependant, le RNO met en évidence une contamination chronique par HAP de certains points. Par exemple, comme il est souligné dans le bulletin RNO (2002), la distribution des valeurs observées pour la somme des 13 HAP par point de prélèvement entre 1994 et 1999, permet d'estimer un niveau moyen de contamination compris entre 100 et 125 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.s. On retrouve deux groupes de points: les points présentant des valeurs moyennes comprises entre 75 et 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.s., et ceux pour lesquels la contamination est comprise entre 125 et 200 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.s.

Les points les plus contaminés se situent soit dans l'embouchure de rivières soit dans des secteurs où les activités nautiques, urbaines ou portuaires sont proches et importantes (ex. le Croisic). Ils sont soumis à des apports ponctuels d'intensité et de fréquence variables. La majorité des points échantillonnés présente une contamination comprise entre 80 et 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.s. Les points du secteur du Croisic, où ont été échantillonnées des moules et des coques, sont les plus contaminés (entre 300 et 400 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.s. La contamination initiale semble marquée principalement par le phénanthrène, le pyrène et le fluoranthène et dans une moindre mesure par le chrysène et le benzo(b)fluoranthène.

Lors de la pollution de l'Erika (RNO 2002), le réseau RNO a permis de dresser un bilan environnemental de l'impact de la marée noire du Finistère à la Vendée. Il a permis comme cela est souligné en paragraphe III.1.4, d'établir des états de référence et de faire une différence entre les contaminations chroniques et ponctuelles avant la catastrophe.

Le Traict du Croisic subissait une contamination directement liée aux activités portuaires et à l'utilisation des carburants qui semble en amélioration.

Suite au naufrage, les mollusques suivis ont présenté des concentrations en HAP deux à dix fois supérieures aux concentrations initiales de référence. Au bout d'un an et demi de suivi les niveaux de contamination sont redevenus proches des niveaux de référence, cependant, en termes de composition il est encore possible de caractériser l'empreinte de la contamination de l'Erika jusqu'en décembre 2001 dans certains secteurs. Les zones d'accumulation (enrochements, falaises...) ainsi que les sédiments sont très certainement responsables de cette persistance des HAP dans le milieu marin littoral, et on ne peut exclure l'apparition de nouvelles périodes de contamination.

Pour Laroche *et al.* (2008), dans leurs études comparatives entre plusieurs estuaires en travaillant sur un poisson estuarien comme le flet, l'ensemble du littoral atlantique est impacté par des HAP très vraisemblablement véhiculés par lessivage des sols, transport atmosphérique puis dilution et diffusion vers le milieu marin côtier. On est confronté à une pollution diffuse chronique qui est la moins marquée pour le Ster et clairement détectée sur la Vilaine (hiver), la Gironde et la Loire.

On peut aussi souligner que les résultats préliminaires mis en ligne sur le site Atlas DCE confirmeraient un potentiel problème d'HAPs sur l'estuaire de la Loire (cf Paragraphe III.2., adresse http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr).

III.2.2.2.3 Contamination par les pesticides

Dans les deux estuaires de la Vilaine et de la Loire ((Forget 1998, IAV 2010 ; Laroche *et al.* 2008 ; Marchand *et al.* 2004 ; SAGE Vilaine 2003, SAGE Estuaire Loire 2005 ; cf paragraphes I.2.1.3.3 et I.2.2.3.2), compte tenu de leur bassin versant étendu et très agricole, il est signalé par de nombreux auteurs la possibilité de retrouver divers pesticides en concentrations au-delà des seuils acceptés.

Ces observations ne sont pas tout à fait pas en cohérence avec l'évaluation DCE de ces 2 masses d'eaux de transition, qui pour l'instant classe la masse d'eau de transition de la Vilaine en « Bon » et celle de la Loire en « Mauvais ». Aucun dépassement critique des normes NQE des pesticides n'a été détecté dans les résultats DCE de 2008-2009 (Oger-Jeanneret, comm.personnelle).

➤ De la Loire vers le large

Le SAGE Estuaire Loire (2005) rappelle que l'eau de la Loire, en amont de Nantes est de qualité moyenne pour la vie aquatique. Les pesticides isoproturon et lindane sont présents à des concentrations susceptibles d'induire ou d'avoir induit des effets toxiques sur le milieu aquatique.

Les sédiments de l'estuaire interne et externe de la Loire sont peu contaminés en PCB. Il relève néanmoins que sur les moules au niveau de la Pointe de Chémoulin (point de mesures RNO/IFREMER), les concentrations en PCB sont parmi les plus élevées de la façade atlantique, confirmant des remarques de Sauriau *et al.* (1994 pour l'APEEL) qui n'avait pas noté d'amélioration sur la concentration en PCB, notamment sur la rive nord.

En matière de contamination au TBT (indicateur imposex sur un mollusque, Annexe 14), le RNO (2004) et Huet *et al.* (2003) signalent des cas de masculinisation de femelles à l'ouest de Saint-Nazaire, Truhaus (2006) rapporte aussi des valeurs assez élevées du taux de TBT dans les sédiments de l'estuaire de la Loire, suffisantes pour impliquer des compléments d'étude pour permettre le clapage des sédiments sur le site de la Lambarde. Les résultats préliminaires mis en ligne sur le site Atlas DCE confirmeraient un potentiel problème de TBT sur l'estuaire de la Loire (cf Paragraphe III.2., adresse http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr).

➤ De la Vilaine vers le large

Forget *et al.* (2003) utilisent un modèle copépode échantillonné en Vilaine pour tester l'effet de certains pesticides sur l'activité de l'enzyme Acetylcholine estérase (AChE). Certains composés neurotoxiques ont un effet inhibiteur sur cette enzyme, provoquant des troubles nerveux, une tétanie, et de la mortalité. En général, on suit l'AChE sur les moules ou les huîtres. Mais les crustacés semblent plus sensibles. Le copépode utilisé *Trigriopus brevicornis* est très présent dans les milieux estuariens, zones intertidaux. Forget *et al.* (2003) prend comme site témoin un point de prélèvement près du Croisic. Ses résultats indiquent une différence significative d'AChE, avec un gradient d'intensité de l'effet inhibiteur allant en diminution vers l'aval de la Vilaine. Il fait une corrélation avec les niveaux de concentration en atrazine et simazine, surtout vers l'amont (> 100 ng/l). Mais les atrazines ne sont pas tellement neurotoxiques pour lui. L'effet sur l'AChE serait plutôt dû à autre molécule non analysée dans l'étude.

Dans leurs travaux plus récents sur l'estuaire et la Baie de Vilaine et le flet, l'huître, la moule, et d'autres mollusques comme bioindicateurs des pollutions chimiques, Caquet (2009), Laroche *et al.* (2008, 2009a, b) et Marchand *et al.* (2004) insistent sur les niveaux importants de contamination dans le secteur Vilaine.

Le projet ANR-05-ECCO-010 (Caquet 2009) visait à évaluer la réponse des invertébrés à la présence de pesticides dans l'estuaire de la Vilaine. Il montre que de nombreux pesticides sont fréquemment mesurés dans l'estuaire avec une probable influence des peintures antifouling sur les teneurs en micropolluants. Les teneurs mesurées à partir du mois de mai sont suffisantes pour présenter un risque pour certains organismes aquatiques, notamment les micro-algues qui constituent une des bases de la chaîne trophique estuarienne.

Caquet (2009) effectue des analyses sur les points suivants, indiquées sur la Figure 89 suivante :

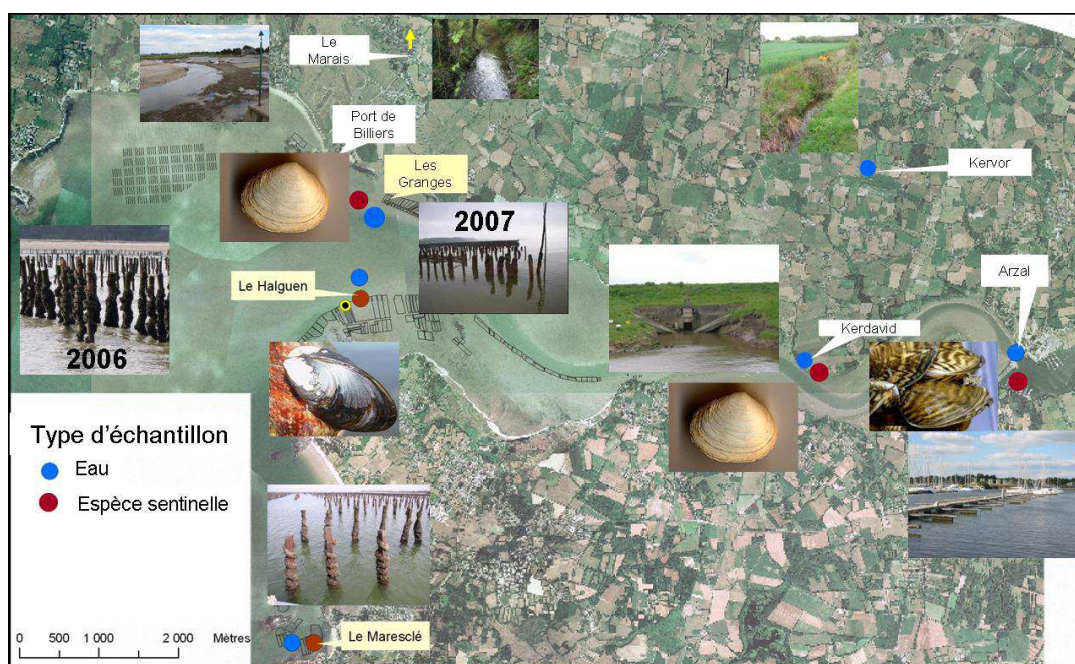


Figure 89 : Emplacement des stations d'échantillonnage de la faune benthique dans les étiers de la rive nord de l'estuaire de la Vilaine : Étier de Billiers (à gauche) et Étier de Kerdavid (à droite) (Caquet 2009)

L'étude IAV-UBO17 sur la contamination du flet par les pesticides confirme ce diagnostic (Laroche *et al.* 2008, 2009 a et b). Cette étude met en avant plusieurs points :

- une contamination des flets de la Vilaine supérieure par rapport aux estuaires de « référence », avec une contamination marquée en Lindane,
- une diminution globale du taux de croissance, de l'indice de condition et surtout de la fécondité dans les populations de flets par rapport aux populations de référence,
- des signes de stress hypoxique des poissons,
- un impact génotoxique sur le flet, en relation avec les pesticides.

Par exemple, Laroche *et al.* (2008, 2009a et b) indiquent que la présence de vitellogénine chez les poissons mâles est indicatrice de perturbations de la signalisation hormonale par des composés oestrogéniques.

Des taux très faibles de vitellogénine sont observés en estuaire du Ster (Finistère sud) utilisé comme estuaire référence du bon état (de l'ordre de 1 µg/mL quelque soit la saison), tandis que des valeurs très supérieures (6 à 23 fois selon les échantillons) ont été mesurées dans le plasma des flets mâles des autres estuaires (Figure 90). Les taux les plus élevés ont été observés chez des individus de l'estuaire de la Loire en hiver (jusqu'à 125 µg/mL chez un individu). En été, des concentrations significativement plus élevées ont été mesurées en estuaire de la Vilaine par rapport aux autres estuaires (15 µg/mL en moyenne).

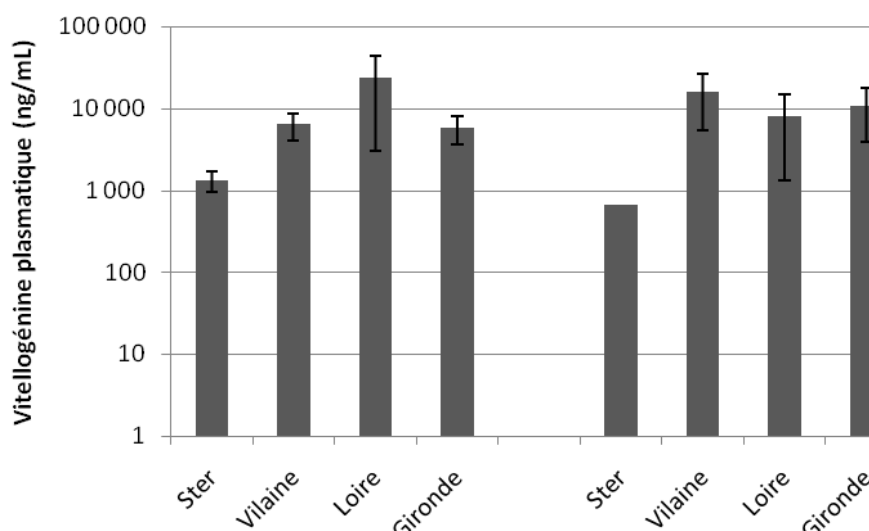


Figure 90 : Concentrations plasmatiques en vitellogénine des flets mâles (A) et femelles (B) de différents estuaires de la façade atlantique en janvier et juin. Les barres représentent les intervalles de confiance à 95% (Laroche et al. 2009)

Ce risque toxique et cette contamination par les micropolluants a été pris en compte dans la définition du risque de non atteinte du bon état pour la masse d'eau de transition « Vilaine ».

Les résultats préliminaires mis en ligne sur le site Atlas DCE confirmeraient un potentiel problème sur la masse d'eau Vilaine large (FRGC45) avec un composé 4-tert-Octylphenol mais ce résultat n'est pas considéré comme significatif pour l'instant (cf Paragraphe III.2.1, adresse http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr). Cela dit, ce résultat ne serait pas étonnant avec l'activité nautique des ports du sud Morbihan et sur le Mor Braz. Car les octylphénols sont principalement utilisés comme intermédiaires dans les résines phénoliques que l'on retrouve notamment comme agent adhésif dans le caoutchouc pneumatique et dans les peintures pour l'industrie nautique (selon l'Ineris 2006, site envlit.ifremer.fr/).

➤ En aval et entre les deux fleuves

Dans le Trait du Croisic, les pesticides font l'objet d'une surveillance toute particulière avec la mise en place d'un Système d'Information Géographique permettant de suivre et de modéliser les apports polluants dans le Trait du Croisic (SAGE Estuaire Loire 2005). Les premières phases d'acquisition de données ont révélé la présence ponctuelle de certaines molécules telles que le Diuron. Des investigations ont eu lieu en 2004 afin de contrôler les origines de ces molécules. Sur les moules, les concentrations en lindane, et DDT sont par contre légèrement supérieures à la moyenne nationale (comme c'était le cas pour les HAP).

Jeanneret *et al.* (2006) rappellent aussi ces cas de contamination locale, avec le déversement des bassins intermédiaires, le lien étant fait entre l'utilisation des pesticides dans les communes avoisinantes et les concentrations de pesticides en aval. En 2002, un diagnostic a été réalisé sur le bassin versant des traicts du Croisic. Une large consultation a été réalisée qui a permis d'inventorier les sources de pollutions potentielles caractéristiques de ce bassin versant à dominante urbaine. Les sources potentielles de pollution des pesticides viendraient de l'utilisation de phytosanitaires, insecticides, fongicides par les particuliers, les collectivités, les agriculteurs et autres organismes (DDE, SCNF, Entente Interdépartementale pour la Démoustication). Les mesures de suivi des étiers effectuées au printemps et été montrent effectivement que les bassins versants du Croisic sont fortement contaminés par les produits phytosanitaires d'origine urbaine. En revanche, les mesures réalisées au cours de cette étude indiquent que le bassin versant de Pen-Bé est modérément contaminé par les produits phytosanitaires utilisés en agriculture.

Les influences de la Loire et de la Vilaine restent prépondérantes et le facteur dilution en lien avec les débits très important. Sur le secteur Loire par exemple, une première estimation sommaire (Jeanneret *et al.* 2004) avait été tentée en 2004 à partir d'une étude réalisée par l'Ifremer de décembre 1997 à février 1999 (Tronczynski et Moisan 1999). Cette étude portait sur la quantification des apports annuels de la Loire en produits phytosanitaires à l'état dissous. Les prélèvements étaient réalisés deux fois par mois et avec une fréquence plus grande lors des périodes de crues ; sur la période considérée, les débits de la Loire à Montjean variaient de 136 à 3390 m³/s. Les matières actives recherchées étaient au nombre de 75 et certains pesticides ont été observés de façon systématique tout au long de l'étude (atrazine, simazine, métolachlor, alachlore,...).

A partir des concentrations mesurées et des débits de la Loire, les flux instantanés et annuels ont pu être calculés pour les matières actives recensées dans l'étude. Une simulation du devenir de l'atrazine au débouché de l'estuaire de la Loire et de la Gironde a été entreprise sur la période correspondant à la crue de février 1999; elle montrait que dans ces conditions hydrométéorologiques les concentrations en atrazine les plus élevées se retrouvaient au large de St Nazaire et du Croisic et variaient autour de 5-10 ng/L (0.005-0.01 µg/L), ce qui est largement inférieur à la norme de qualité environnementale (NQE) appliquée à l'atrazine (600 ng/L).

Dans le cas particulier du diuron (présent dans près de 90% des échantillons du suivi réalisé, parfois à de très fortes concentrations), Jeanneret *et al.* (2006) intègrent ces données dans le modèle hydrodynamique MARS 2D et montrent que les concentrations en diuron peuvent néanmoins varier selon les cas sur les traicts du Croisic, en atteignant des valeurs importantes, de 0,11 à 6,87 g/j. Les suivis mis en œuvre montrent des concentrations jusqu'à 6,5µg/L, ce qui est largement supérieur aux seuils acceptables.

Jeanneret *et al.* (2006) observent aussi que l'impact des étiers sera prépondérant à leur proximité immédiate, tandis que des zones plus éloignées subiront essentiellement l'influence de la Loire. Ces variations dépendront fortement des conditions de marée, hydrologiques, et météorologiques de la période étudiée.

De même, plus au nord, Jeanneret *et al.* (2006) effectuent une simulation avec leur modèle hydrodynamique et des relevés *in situ* pour le diuron sur le bassin versant de Pen-Bé qui montre clairement un sous-bassin versant plus polluant local. L'influence du panache de la Vilaine en période de crue est néanmoins importante (cf Figure 91), le contaminant de la Vilaine pouvant atteindre tout ce secteur de Pen Bé. Selon cette simulation, on peut noter aussi l'influence du panache sur l'ensemble de la Baie de Vilaine.

Jeanneret *et al.* (2006) concluent que, sous certaines conditions, les contaminants rejetés par la Loire peuvent arriver devant le traict du Croisic après plusieurs semaines. Cela concernera donc des polluants plutôt stables, certains composés chimiques comme la simazine étant rapidement décomposé par les ultra-violets. La présence quasi-systématique, et à fortes concentrations, de diuron dans les échantillons du suivi des étiers est problématique. De la même façon, les simulations sur le secteur étier de Pont d'Arm, Baie de Pont Mahé et Vilaine montrent que les apports de la Vilaine sont comparables à ceux de l'étier de Pont d'Arm en période de crue. En revanche, ils sont négligeables à l'étiage, et ce malgré des vents dominants (WNW) favorables au transfert de polluants.

Sur la potentielle contamination d'origine locale, selon des discussions avec l'équipe de Cap Atlantique, il semble que cette étude Jeanneret *et al.* (2006) a été déterminante pour engager la plupart des municipalités de Cap Atlantique dans une démarche de diminution voire suppression des produits phytosanitaires utilisés par la collectivité. D'autre part, des contrats avec les agriculteurs locaux ont aussi été engagés pour diminuer leur impact en pesticides.

Pour Jeanneret *et al.* (2006), le suivi des apports en produits phytosanitaires par les bassins versants et la modélisation de leur dispersion dans les traicts du Croisic et de Pen-Bé s'est trouvé justifié par la détection de nombreuses substances, parfois en concentrations très importantes (cas du Diuron), pouvant avoir des conséquences sur le développement de la vie aquatique et, par suite, économique locale. Des mesures complémentaires restent à faire pour mieux évaluer un éventuel rôle épuratoire des marais salants dans la préservation de la qualité des eaux des traicts du Croisic et de Pen-Bé. Mais, selon l'équipe de cette étude, la qualité des eaux de ces secteurs peut, sur la base des normes provisoires disponibles et des résultats du suivi (de nombreuses substances ne sont pas recherchées), être qualifiée de « bonne ».

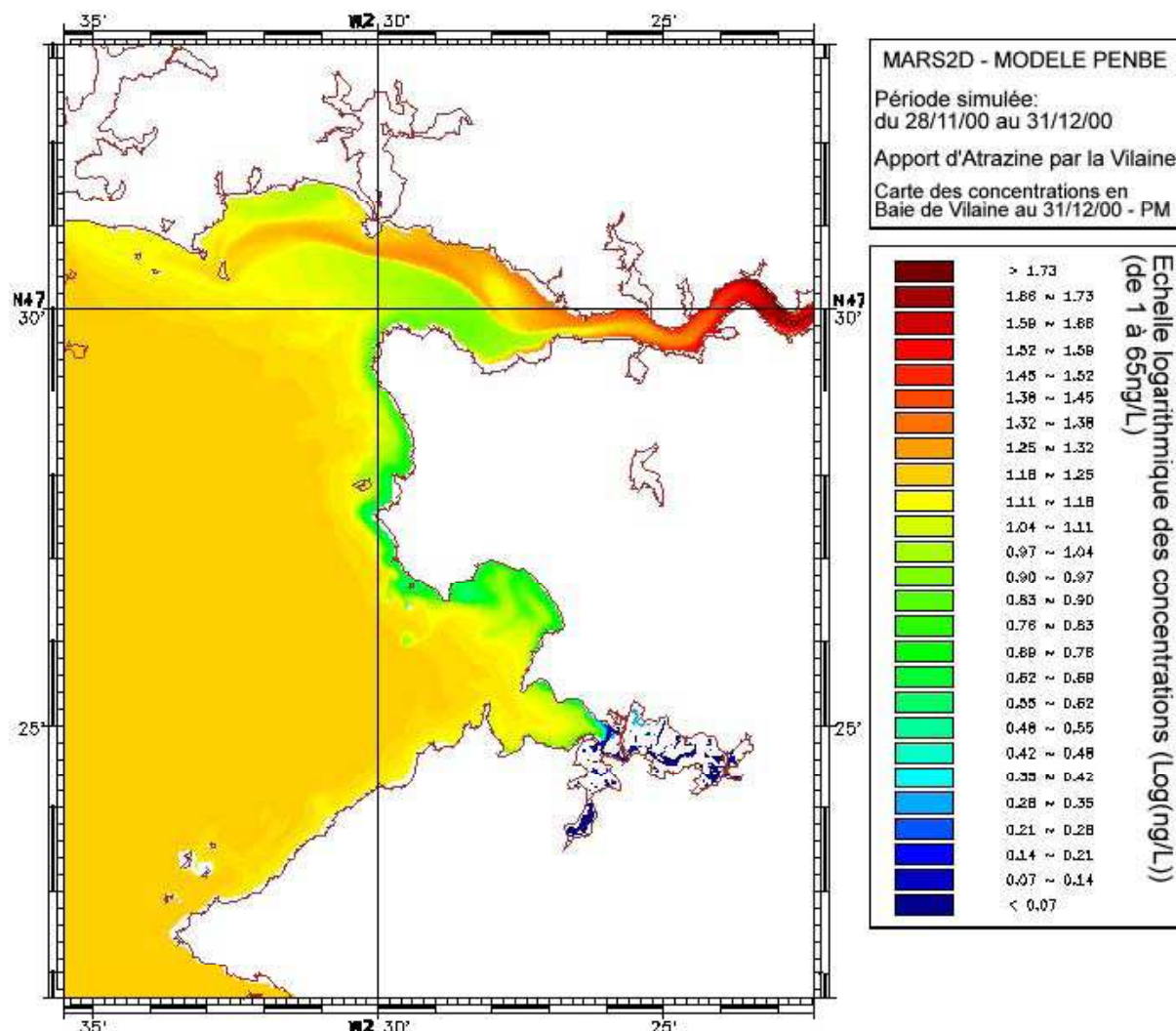


Figure 91 : Apport d'atrazine par la Vilaine, et concentrations simulées par le logiciel MARS-2D à pleine mer en période de crue (Jeanneret et al. 2006)

➤ Cas particulier des résidus de médicaments

L'étude récente du BRGM (Togola *et al.* 2008) montre la présence potentielle de résidus de certains médicaments dans les eaux superficielles et le sédiment des 2 fleuves Loire et Vilaine ainsi que sur l'estuaire de la Loire. En estuaire de Loire, les teneurs mesurées restent assez faibles (de l'ordre de 100 ng/l) et six composés sont présents de manière récurrente lors des campagnes de 2006: le bromazépam, la carbamazépine, l'oxazépam, le paracétamol, le sulfaméthoxazole et le triméthoprim présents.

De l'ensemble de ces travaux en matière de pesticides, il ressort cependant que la présence avérée de divers contaminants chimiques sur les estuaires de la Loire et de la Vilaine peut constituer un vrai problème, d'autant qu'elle peut aussi avoir une influence sur le littoral en aval. La possibilité de contamination locale de certains étiers est aussi à prendre en compte.

Aux concentrations mesurées, des effets directs ou indirects sur la macro- et microfaune et flore sauvages sont possibles ainsi que des impacts sur les activités primaires comme la conchyliculture et pêche.

III.2.2.3 Contamination microbiologique

III.2.2.3.1 Origine de la contamination

Sur le site <http://envlit.ifremer.fr/> et dans les derniers bulletins LER/MPL/NT et TM (2009, 2010), un rappel utile des sources potentielles de contamination microbiologique des eaux littorales est donné dans sur la Figure 92 suivante :



Figure 92 : Les sources de contamination microbiologique (<http://envlit.ifremer.fr/>)

Un rapport (Anonyme 1999) précise en matière de contamination microbiologique qu'il a pu être démontré que les concentrations de germes en "bruit de fond" d'un cours d'eau étaient multipliées par 10 à 10000 lors des épisodes de crue. Vu la faible longueur de nombreux cours d'eau bretons - et donc la brièveté des transferts -, il est certain que la contamination de la zone côtière est en fait sous la dépendance de la totalité du cours d'eau, et non que de sa fraction proche de la côte. Des germes, issus de lisier de porc, ont montré par exemple leur très bonne résistance dans l'eau : jusqu'à 10 % de survie à six jours. Chalmin (1997) soulignait aussi que la source de contamination bactérienne sur le secteur Vilaine était probablement due à des rejets d'élevages.

Pour le bureau d'études ERAMM (1995), les contaminations des sites en Baie de Vilaine et sur son estuaire (le Scal, les Granges, Cremenach), adviennent plutôt en périodes de crues et d'étiages, et seraient liées à un assainissement jugé défectueux à l'époque.

Baudrier (2002) rappelle la problématique des flux touristiques non contrôlés qui pourront dépasser les capacités épuratoires des communes concernées. Pour mémoire, on estime un rejet approximatif par habitant et par jour à un million de coliformes fécaux. Les possibilités de non fonctionnement du réseau collectif peuvent être liées à :

- des rejets non raccordés au réseau (ce qui existe encore sur le secteur Loire/Vilaine),
- des rejets des assainissements autonomes défectueux sur la côte (ce qui est tout à fait envisageable, compte tenu des coûts d'entretien ou de remise aux normes, ndlr)
- des rejets des stations dépassées en capacité,
- des débordements potentiels au poste de relèvements,
- des by-pass stations,
- des surverses des déversoirs d'orages (eaux de ruissellement mêlées aux eaux usées).

Côté Loire, la situation est aussi complexe. Pour Sauriau *et al.* (1984-94 APEEL), la contamination bactériologique de l'estuaire externe de la Loire résulte de vraiment de la situation du bouchon vaseux en crue (hiver, printemps, automne), avec des rives au sud plus sensibles. En été, selon lui, les problèmes de qualité bactériologique des plages et des coquillages de l'estuaire externe étaient principalement dus à des problèmes dans l'assainissement local (réseau, station, raccordement).

Les résultats récents du réseau REMI (Ifremer) montrent les variations saisonnières de la concentration en *Escherichia coli* pour les moules de bouchots de l'estuaire en zone salubre. La contamination est accentuée en hiver (seuil de qualité médiocre atteint) du fait des apports estuariens et au contraire plus faible en période estivale et automnale (classe de bonne qualité).

Le GIP Loire Estuaire (2005), dans sa fiche indicateur L2A7 signale une amélioration globale de la contamination bactérienne en se basant sur l'indicateur *E. coli*, imputée à l'amélioration de l'assainissement. Mais en aval, lors de crues hivernales, il reconnaît aussi que des pollutions sont possibles, détectables sur la rive nord par le suivi des coquillages. En revanche, sur la rive sud de l'estuaire de la Loire, le flux de Loire est prépondérant et entraîne plus de dispersion des contaminants. En été, les plages contaminées sont moins nombreuses mais quand il y a contamination, elle est plus élevée, ce qui témoigne d'une pollution locale (base: évolution de 1996 à 2003).

Jeanneret *et al.* (2006) effectuent un travail de modélisation et de vérifications in situ qui montre bien les risques de contaminations bactériennes d'origine urbaine sur certains secteurs du littoral dépendant de Cap Atlantique. Cette étude leur permet de définir les zones à risques avec la nécessité de mettre en place un suivi sanitaire. Le choix des stations de Rejet 2000 et Torgouët (Le Croisic) et la Croix de l'Anse (La Turballe) se trouve ainsi validé pour une surveillance accrue.

La figure ci-dessous (Figure 93) tirée de leur simulation permet ainsi de visualiser les zones à risque qui sont clairement situées autour des territoires les plus urbanisés.

Jeanneret *et al.* (2006) tempèrent néanmoins les résultats obtenus par le modèle qui ne permet pas de reproduire la qualité bactériologique des coquillages observée par le réseau REMI, bien que les rapports de concentration d'un secteur à l'autre soient correctement reproduits. Cet écart pourrait être dû à certains rejets qui ne sont pas répertoriés. Dans leur modèle, il est aussi possible que la valeur unique de 30 choisie pour le coefficient d'accumulation entre l'eau et les mollusques ne soit pas adaptée; car ce coefficient dépend des espèces de mollusques et de leur durée d'immersion.

Jeanneret *et al.* (2006) à la suite de ses travaux de modélisation de la contamination bactérienne sur les traicts du Croisic et de Pen Bé soulignent qu'il s'agit globalement d'une zone de bonne qualité dans laquelle les fortes contaminations bactériologiques sont épisodiques et fugaces.

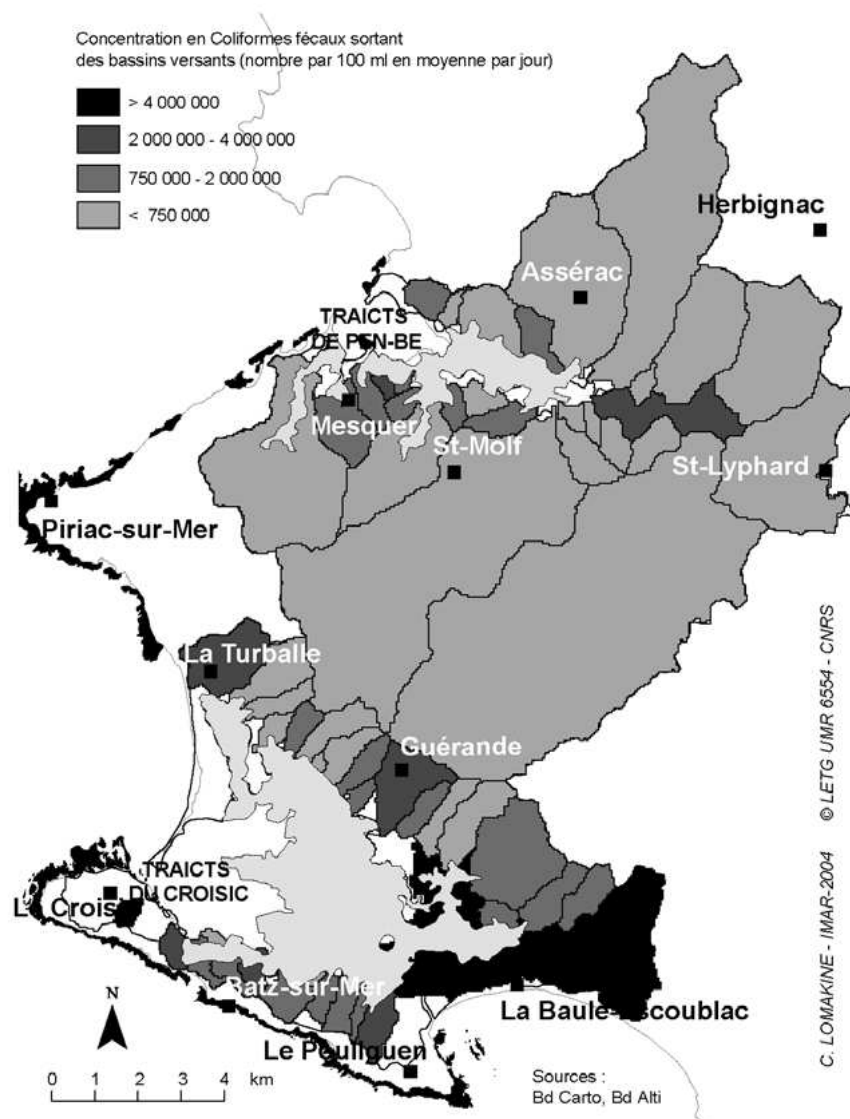


Figure 93 : Simulation des concentrations en coliformes fécaux (Jeanneret *et al.* 2006)

L'examen approfondi des résultats des bulletins côtiers d'Ifremer ou le travail d'Amouroux (2008) montrent cependant que, sur le secteur Loire/Vilaine, chaque année, des alertes microbiologiques sont données, entraînant des arrêtés préfectoraux de fermeture provisoire de la pêche à pied ou des exploitations professionnelles. On en recense 37 en 2006, 49 en 2007. Il faut donc continuer à se poser la question de savoir d'où viennent ces contaminations fécales épisodiques, retrouvées régulièrement sur ce littoral, que l'on impute plus à des contaminations d'origine locale, puisque l'on ne les retrouve pas en amont, et ceci, malgré une amélioration de l'assainissement urbain, selon les dires des municipalités, et intercommunes concernées.

Ce travail de fond semble démarré dans le secteur Loire/Vilaine. Lors de la réunion du 8/07/2010 du Comité Estuaire Vilaine, Maud Gendronneau (Cap Atlantique) dans une communication orale a présenté une approche bassin versant mise en place sur la plage du Nau en Baie de la Baule (classement en C sur les coques) qui a permis de mettre en évidence par exemple des sources de contamination locale liées à un centre équestre, voire une contamination fécale liée à la population de goélands très nombreuse aux Evens. Un plan d'action est mis en route par le comité de bassin créé devant permettre d'améliorer la situation. Cette approche par bassin ou sous-bassin versant est envisagée sur certains étiers et sites à problème sur la Baie et l'estuaire de Vilaine.

III.2.2.3.2 Conséquences sur la qualité des eaux de baignade en mer

Sauriau *et al.* (APEEL 1984-94) étudient les résultats acquis entre les années 1975 et 1981 qui montrent la mauvaise qualité des plages du littoral de la Loire-Atlantique. En particulier, l'influence de la pluviométrie estivale est manifeste (apports des effluents urbains et diffus vers le littoral) avec des années sèches et de meilleure qualité comme 1976 et des années pluvieuses 1977 et 1980 de mauvaise qualité. Depuis 1982, apparaît une amélioration nette de la qualité des eaux de baignade pour la période estivale qui résulte de la résorption des sources de contamination directe par la réalisation de travaux d'assainissement engagés par les communes (en particulier raccordement des usagers aux réseaux d'épuration).

Baudrier (2002) signale que la qualité des eaux de baignade est globalement moyenne (notée B) sur l'ensemble de la côte qu'il étudie entre Quiberon et Noirmoutier. Son constat paraît pessimiste. Mais on a, semble-t-il, pas vraiment atteint les objectifs que le SAGE Vilaine (2003) s'était donné à 5 ans (90% des plages classées en A).

Pour le SAGE Estuaire Loire (2005), sur les 71 sites de la façade littorale du département de Loire-Atlantique, en 2002, 33 sites étaient classés en catégorie A (83% des sites), 3 sites en catégorie B (7% des sites) et 4 sites en catégorie C (10% des sites). Le SAGE attribue un déclassement en C à Saint Nazaire à un déversement direct d'eaux usées en mer suite à un dysfonctionnement du réseau d'assainissement. Selon le SAGE Estuaire Loire (2009), on a donc obtenu une nette amélioration des sites de baignade en mer observée depuis 1988, le pourcentage en catégorie A est passé de 29 à 83% en 2002.

Le service Santé-Environnement de la DDASS-ARS de Loire-Atlantique souligne une amélioration globale et persistante de la qualité des eaux de baignade sur le littoral et une amélioration de l'efficacité des réseaux d'assainissement. Les dégradations ponctuelles de la qualité observées actuellement en période estivale ont encore souvent pour origine des défaillances des réseaux d'assainissement (débordements de postes de refoulement entraînant des rejets d'eaux usées directement en mer) ou des pluies orageuses. Les services de la DDASS-ARS mettent en avant les efforts réalisés par les communes littorales en matière d'équipement des sites en blocs sanitaires et douches.

Sur les documents bilan (2009) de la DDASS-ARS, sur les 70 sites suivis du secteur qui nous intéresse, 19 ont été notés en B ou C (soit 27%).

III.2.2.3.3 Conséquence pour la qualité microbiologique des coquillages

Les données sont issues de la surveillance REMI sur les coquillages, complétés par celle de la DDASS-ARS et de Cap Atlantique.

Le SAGE Vilaine (2003) s'est donné comme objectif général à 5 ans que la qualité de l'eau des zones où sont exercées des activités de conchyliculture, de pêche ou de baignade permette le classement d'au moins 90% de celles-ci dans les catégories «A» correspondantes. A l'époque de son édition, certaines zones étaient strictement interdites à la pêche et à l'élevage (fond de la rivière de Pénerf, étier de Billiers et un tronçon de la Vilaine situé juste à l'aval du barrage d'Arzal), mais ces interdictions étaient plus le fait d'un principe de précaution vis-à-vis de secteurs fragiles que d'une dégradation des conditions de milieu. Pour les coques et les palourdes, la majorité des zones étaient classées en "B" alors que, pour les huîtres et les moules, les zones étaient classées majoritairement en "A/A provisoire".

Le bulletin du LER/MPL/NT (2009) indique les résultats de classement. En Loire-Atlantique, seulement 1 ou 2 sites étaient classés en A, selon le type de coquillages, aucun site n'était classé en C.

Dans le bulletin LER/MPL/TM sur le Morbihan (2009), les auteurs soulignent que l'analyse des tendances sur les 10 dernières années met en évidence une dégradation de la qualité sanitaire de plusieurs secteurs de production, principalement sur les stations palourdes, espèce plus sensible à la contamination microbiologique. Cependant, dans ses conclusions sur le bulletin 2010, le laboratoire indique que la tendance pour le secteur est stable, voire plutôt bonne.

En 2007, à la demande du Comité Estuaire Vilaine, le LER/MPL/TM effectue un travail complémentaire du REMI. Dans son bulletin 2008, il indique que les cas de contaminations ponctuelles des coquillages en hiver sur le secteur Vilaine ne sont pas liés aux travaux de dragage de la Vilaine par le rotovaseur. En revanche, sur les 4 résultats les plus élevés, trois sont enregistrés après une forte pluie. Toutefois on observe également une contamination après l'absence totale de pluie.

La réglementation évoluant, l'état actuel des classements est donné dans les derniers bulletins de laboratoires côtiers de l'Ifremer (2010). En Loire-Atlantique, l'arrêté 263/2009 du 17 décembre a porté les modifications suivantes au classement : les zones 44.02 et 44.03 (zones autour du traict de Pen Bé) passent d'un classement A à B pour le groupe 3, d'un classement B à C pour le groupe 2, respectivement.

L'ensemble du secteur est donc passé en B, voire C, ce que l'ensemble des acteurs cherche à éviter comme le souligne le SAGE Estuaire Loire en 2009. Un classement en C entraîne une interdiction de pêche à pied et constitue une très mauvaise « image ».

Dans le Morbihan, se produit la même tendance au déclassement. En application de la nouvelle directive et selon l'arrêté préfectoral du 17/02/2010, l'ensemble des zones conchylicoles sur le secteur Baie de Vilaine est maintenant classé en B, à l'exception de 2 points (le Halguen et le Maresclé) qui sont classés temporairement en A, entre avril et fin septembre. L'étude des résultats obtenus par le REMI sur les 4 dernières années a en effet montré que sur ces zones, le risque de dépasser le seuil 230 *E.coli*/100g était faible, et limité aux seules périodes hivernales, au moment des pluies (J.P. Allenou, comm. personnelle 8/07/10).

Ces nouvelles données de classement entraînent une modification importante de la stratégie des conchyliculteurs, la plupart ayant dû investir dans des installations de purification conformes à la réglementation.

III.2.2.4 Une augmentation de la turbidité

L'augmentation de la turbidité qu'elle soit liée à des proliférations phytoplanctoniques ou un excédent de microsediments en suspension est un problème récurrent, cité par les acteurs interviewés de Baudrier (2002) mais aussi par de nombreux autres auteurs. Une turbidité élevée a toujours été caractéristique de littoral estuarien. Mais une turbidité trop élevée peut traduire des déséquilibres dans la gestion de l'écosystème et engendrer d'autres perturbations.

L'augmentation de la turbidité en lien avec le phytoplancton a déjà été abordée dans le chapitre III.2.2.1. L'eutrophisation du secteur Loire/Vilaine est reconnue comme un problème dans l'évaluation DCE et OSPAR. Mais la turbidité ne l'est pas. Il n'existe pas d'indicateurs DCE.

L'augmentation de la turbidité en lien avec la remise en suspension de particules fines du sédiment est pourtant clairement imputable aux interventions humaines. Y contribuent : les opérations de désenvasement de l'estuaire de la Vilaine, le clapage à la Lambarde et autres opérations de dragage d'un chenal de navigation de la Loire, les extractions de granulats marins sur le Pilier ou des Charpentiers.

Sur la Vilaine, Le Bris et Glémarec en 1996, parlaient déjà d'un appauvrissement du benthos en corrélation avec une augmentation de la turbidité. Au milieu de l'estuaire très turbide, ils trouvaient une zone complètement oligobiotique. Barillé et Derrien-Courtél (2010) dans leur travail sur les laminaires imputent les différences de peuplement macrophyte des substrats rocheux subtidiaux échantillonnés aux différences de turbidité, l'influence des panaches des fleuves et des interventions humaines (désenvasement, dragage, clapage), ce qu'indique aussi la récente évaluation DCE sur la masse d'eau Vilaine côte (FRGC44). Les macrophytes intertidaux semblent aussi sensibles à des augmentations de turbidité (Dion *et al.* 2009). Lhorty (2008) représentant le secteur associatif dénonce les projets d'aménagements du PANSN, le dragage-clapage tel qu'il est pratiqué et les futurs projets d'extension du port de Donges qui devraient se traduire par des volumes accrus de dragage d'entretien.

Les conséquences du barrage d'Arzal, notamment l'envasement de la Vilaine ont déjà été très discutées dans le paragraphe Partie I.2.1. L'étude DHI en cours sur une modélisation hydrosédimentaire sur l'estuaire de la Vilaine permettra de mieux gérer les interventions. Mais cette étude reste cantonnée à la côte. L'ensemble de la Baie de Vilaine n'est pas pris en compte.

Un travail de thèse en cours au laboratoire DYNECO/PHYSED de l'Ifremer de Brest (Le Hir comm. écrite 2007) propose de mieux comprendre la dynamique hydrosédimentaire au large de la Loire, les échanges entre le large et les estuaires (cf paragraphe Part.II 1.5.3), les impacts négatifs ou les menaces que peuvent représenter les diverses interventions humaines, la possibilité que ce flux de sédiments fins sortant de l'estuaire de la Loire soit susceptible de contribuer à l'envasement des baies adjacentes et du littoral concerné, en baie de Bourgneuf et en baie de Vilaine. Les échanges entre l'estuaire et la mer sont extrêmement variables, et dépendent des conditions de forçages représentés par le débit fluvial, les conditions météorologiques, l'intensité de la marée et les forçages anthropiques que constituent les dragages.

Une confusion existe dans les chiffres réels sur le volume de sédiments sur l'ensemble du secteur Loire/Vilaine. On aurait potentiellement 100000 à 1 million de tonnes, de sédiments fins capables d'y circuler et se déposer sur diverses zones selon les courants locaux. Des facteurs modifiant l'hydrodynamisme comme certaines interventions humaines d'aménagement du littoral (aménagement et dragages de chenaux et des ports), pourront créer des conditions propices à des dépôts localisés.

III.2.2.5 Des atteintes à la biodiversité

Nous ne disposons pas d'information directe sur ce point. Les séries récentes et futures de données acquises dans le cadre de la DCE ou du REBENT permettront de répondre à ces questions de manière objective. On peut néanmoins souligner des signes d'atteintes à la biodiversité comme :

➤ **Une diminution des peuplements halieutiques ?**

Elle semble avérée sur les populations de poissons migrateurs en Loire et Vilaine (Baudrier 2002, SAGE Estuaire Loire 2009, Bio-Littoral 2008), peut-être aussi en Baie de Vilaine (Desaunay et Guérault 2003). Des espèces majeures comme l'anguille sont clairement menacées. Certaines auraient disparu ou sont devenues très peu fréquentes, ce serait le cas de l'éperlan sur l'estuaire de la Loire.

Une menace apparaît comme latente sur le bon état des nourriceries de sole et flets en Vilaine et Loire (Bio-Littoral 2008 et Delemarre 2009). La superficie des vasières intertidales sur l'estuaire de la Loire a clairement diminué en raison des aménagements faits sur la Loire.

L'état des pêcheries de crustacés serait aussi à faire. La chute des captures d'étrilles rapportée par Wilhelm (1995) est-elle confirmée ?

➤ **Une diminution des couvertures algales macrophytes ?**

La diminution de la couverture en fucale en Bretagne sud depuis plusieurs décennies semble avérée (Dion *et al.* 2009) même si elle est tempérée par les résultats très récents de Rossi *et al.* (2009). On peut aussi souligner que la masse d'eau FRGC44 (Vilaine) est une des rares masses d'eaux à être déclassée du fait de la qualité médiocre des macroalgues subtidales en raison de l'état jugé médiocre de ces champs de laminaires. En général, dans les autres masses d'eau, quand il y a déclassement des critères macroalgues, c'est plutôt dû à la prolifération des algues vertes. C'était un constat de départ et l'indicateur DCE a validé.

Les résultats des campagnes interannuelles orchestrés par ELV sont aussi très importants pour observer l'évolution de cette couverture des laminaires en milieu rocheux subtidal fragilisée sur le secteur Loire/Vilaine (ELV 2009 ; Barillé et Derrien-Courtél 2010).

➤ **Une diminution de la richesse des invertébrés benthiques ?**

Une diminution de la richesse des invertébrés benthiques ou une évolution vers des peuplements différents, témoins de milieux très eutrophisés serait à confirmer.

Les séries de données obtenues dans le cadre du REBENT et de la DCE permettront peut-être de confirmer ces tendances. Pour l'instant, ces masses d'eau sont en bon état sur ce critère dans le cadre de la DCE. Mais comme le souligne Gentil (2008), l'absence de véritable « bon état de référence » sur le littoral breton ne permet pas par exemple de statuer sur l'évolution de la biodiversité des peuplements benthiques sur des substrats meubles comme en Baie de Vilaine.

➤ **Une prolifération de macro- et microalgues opportunistes ?**

Cette question mérite d'être soulevée. La présence des algues macrophytes les sargasses doit être approfondie. Sur le phytoplancton, peut-on parler de perte de biodiversité phytoplanctonique quand on assiste à des proliférations régulières et gênantes de certains dinoflagellés ?

➤ **Une prolifération d'espèces invasives ?**

Sur ce point, nous n'avons pas trouvé de travaux spécifiques. Mais les crépidules sont aussi présentes dans le secteur Loire/Vilaine, décrites ailleurs comme un réel problème (Blanchard 2007, Goulletquer 2008 et site www.ifremer.fr).

L'huître creuse sauvage est reconnue depuis peu comme espèce invasive (Miossec *et al.* 2009). Elle a aussi fortement colonisé les substrats rocheux intertidaux du secteur Loire/Vilaine, dans les zones où les fucales ne sont plus présentes. D'autres espèces invasives sont probablement présentes sur le secteur Loire/Vilaine.

Les menaces qui pèsent sur la biodiversité marine et côtière comme le souligne Goulletquer (2008) sont nombreuses. Les dispositifs de surveillance de type REBENT, REPHY, DCE et autres permettront de suivre l'évolution de cette biodiversité sur le littoral, encore faut-il que les réseaux mis en place soient suffisamment pertinents et adaptés à l'échelle locale pour voir des changements et les prévenir. D'autre part, la question de l'état de référence se posera toujours sur des secteurs Loire/Vilaine, déjà très fortement impactés.

Partie IV
CONCLUSIONS GENERALES

IV.1 Principaux points retenus

IV.1.1 De la Partie I : Introduction – De La Terre Vers La Mer

La partie I de ce rapport en quelque sorte « dresse le décor » en s'attachant à définir les grandes bases, liées à l'influence des deux fleuves la Vilaine et la Loire.

Sur la Vilaine, on retiendra les points suivants :

- **Le bassin versant est à dominance agricole**, important en superficie (premier fleuve de Bretagne): près de 11 000 km²,
- **Son terrain** est assez imperméable, d'où une propension au ruissellement, lessivage des sols, avec un risque d'inondations, un **débit très variable** (entre 1-2 m³/s jusqu'à 1500 m³/s, moyenne 80 m³/s).
- Sa **qualité d'eau** est médiocre, résultant de la nature du bassin, la teneur en nitrates est en stagnation depuis 2000, voire en diminution. Mais ce point nécessite d'être revu et fait l'objet d'une attention particulière dans la révision du SAGE Vilaine en cours (IAV comm. pers., 2010). La qualité d'eau est devenue meilleure sur le phosphore et phosphates (en lien avec l'amélioration des rejets urbains et industriels en amont) mais il semble qu'un plateau soit atteint dans cette diminution.
- Les **teneurs en pesticides restent élevées et préoccupantes** : dans son analyse récente, le SAGE Vilaine (IAV 2010, communication sur la révision en cours) conclut clairement que l'usage des pesticides ne diminue pas: on retrouve aujourd'hui moins fréquemment les substances les plus connues, mais on retrouve leurs métabolites ou bien de nouvelles molécules.
- Sur la partie aval, l'édification du **barrage d'Arzal** a été contestée dès le départ (années 1960-70). Il était conçu pour réguler les débits, éviter les inondations. et créer une réserve d'eau potable.
- La conséquence directe du barrage a été une accélération incontestable de l'**envasement** sur l'estuaire de la Vilaine, en raison d'une diminution importante (80%) du volume oscillant ayant entraîné une diminution des courants. Cet envasement se traduit par exhaussement des fonds et des vasières, une modification de la géométrie du chenal et des épisodes de dépôt sur le littoral. Entre 1960 et 2003, près de 16 millions de m³ de sédiments se seraient déposés. Le bilan annuel indique selon les années une quantité de sédiments de 1 à 2 millions de m³ qui circulent et peuvent se déposer, s'éroder sur le chenal et les vasières. La quasi-totalité des sédiments vient de la mer, avec des particules pouvant être très fines, ce qui explique aussi sa « volatilité ».
- Depuis les années 1990, une **sorte d'équilibre** semble atteint dans le processus d'envasement selon les débits, qui se poursuit plus lentement. Dans l'estuaire intermédiaire et interne, le comblement est maintenant proche de son maximum (il fluctue au rythme des grandes crues et des années), on peut y voir des vasières latérales de 4 à 7 mètres d'épaisseur. Pour l'estuaire externe, le phénomène progresse encore.
- Il y a donc toujours nécessité d'agir, d'où le **désenvasement** mis en œuvre par l'Institut d'Aménagement de la Vilaine (IAV) à différents points de l'estuaire (par remise en suspension) sur 20 000 m³/an en moyenne, en attendant les résultats de l'étude en cours (DHI, 2009) de modélisation hydrodynamique et hydrosédimentaire du fonctionnement de l'estuaire de la Vilaine pour mieux suivre le devenir des sédiments en Vilaine et gérer les interventions humaines (dragages, entretien des ports, chenal de navigation).

- La **controverse**, de fait, n'est plus sur l'envasement, conséquence directe du barrage. Ce sont les **conséquences** de cet envasement sur l'ensemble du socio-écosystème de l'estuaire et la baie de Vilaine qui prêtent à discussion ainsi que les mesures adoptées de gestion de l'estuaire. On parle des :
 - **Conséquences en aval sur l'hydrologie-biologie** : l'accentuation de la stratification haline et thermique en lien avec les ouvertures du barrage et les apports d'eau douce correspondants. Le risque d'eutrophisation est accru sur ces couches où l'apport de nutriments peut être important, d'où un risque d'hypoxie voire d'anoxie du fond de l'estuaire et de la baie.
 - Les **conséquences socio-économiques** sont nombreuses, positives ou négatives: développement du port de plaisance d'Arzal-Camoël mais limitation des sorties en mer aux heures d'éclueses du barrage, baignade et pêche à pied potentiellement gênées par l'envasement, difficulté de navigation dans l'estuaire, essor de pêche du naissain de coques, effort augmenté de pêche à la civelle avec risque maintenant sur la ressource,..
 - Mais c'est surtout la **mytiliculture de Pénestin** qui a été affectée au départ par l'envasement de l'estuaire. Après une période de crise, la majorité de la production a dû migrer en aval, à l'extérieur de l'estuaire. Cependant, on peut souligner que la production est revenue à son niveau antérieur, (voire au-delà).

On pourra conclure que **l'estuaire de la Vilaine a été profondément modifié par l'action de l'homme**. Il s'agit maintenant de « composer » avec ce barrage d'Arzal et de gérer au mieux ce système. L'étude de modélisation en cours est donc fondamentale pour mieux comprendre le fonctionnement de l'estuaire de la Vilaine qui est extrêmement dépendant des conditions climatiques et de la marée.

La Baie de Vilaine (200-300 km²), très peu profonde (7-12 m), protégée du large par une barrière d'îles et plateaux rocheux est très influencée par le fonctionnement de l'estuaire ainsi que les conditions climatiques qui brassent plus ou moins les masses d'eaux.

Sur la Loire, les éléments majeurs qui se dégagent sont :

- La Loire est un Très grand fleuve, avec un Très **grand bassin versant** (10 fois supérieur en superficie à celui de la Vilaine). On a toujours observé de Très grandes variations de débit, crues, le débit moyen annuel est autour de 800-850 m³/s, mais il peut varier entre de 100 à 6 000 m³/s.
- **La qualité des eaux est médiocre** en amont (nutriments, pesticides, eutrophisation). On assisterait à une amélioration du taux de phosphore-phosphates, moins évidente pour les nitrates (SAGE Estuaire Loire (2005).
- Le **volume oscillant** est très important (200-400 Mm³/an). Selon la marée, le débit, les eaux peuvent séjourner longtemps dans l'estuaire, ce qui est d'autant préjudiciable à leur qualité.
- Les **aménagements** du cours de la Loire ont été considérables surtout au 20^{ème} siècle, justifiés pour une meilleure navigabilité. Ils ont eu une incidence nette sur l'hydrodynamisme, la morphologie du fleuve, et l'équilibre estuarien, notamment avec des pertes de superficie de vasières en aval.
- Le **creusement du chenal de navigation** en aval de Nantes et la création d'un bassin à marée à l'amont ont eu pour effet de favoriser l'intrusion de la mer dans l'estuaire, de permettre la remontée du bouchon vaseux très en amont.

- Le positionnement et fonctionnement du **bouchon vaseux et de la crème de vase** sont très dépendants du débit. En aval du bouchon, des situations critiques peuvent se mettre en place, notamment une hypoxie, voire anoxie du milieu pouvant mettre en péril la faune. Si on ne faisait rien (étude du scénario « zéro » comme sur la Vilaine), la dégradation de l'estuaire se poursuivrait avec :
 - Une progression des fronts de salinité et turbidité vers l'amont lors des étiages,
 - Une perte accrue de surfaces de vasières,
 - Une augmentation des volumes de dragage d'entretien (SAGE Estuaire Loire 2005).
- « Parlons de ces **dragages** », sujet aussi polémique que l'envasement de la Vilaine.
 - Les dragages d'entretien orchestrés par le GPMNSN ont augmenté en volume et évolué en technologie. La plupart des volumes dragués (en grande partie issus de la partie la plus aval de l'estuaire) sont surtout dragués avec la Drague Aspiratrice en Marche (DAM) puis transportés et clapés sur le site au large, La Lambarde. En théorie, les dragages avec la Drague Aspiratrice Stationnaire (DAS) ou dragages par surverses par densification et à l'américaine (qui remettent les sédiments en suspension dans le lit du fleuve) sont interdits, réservés aux seuls cas exceptionnels. Mais il semble qu'il y ait un certain flou entretenu sur ces « cas exceptionnels ». Des contradictions dans les chiffres sont apparentes entre tous les auteurs. On retiendra que 10-12 millions m³ sont dragués/an (de 6 à 17 selon les années), dont la moitié (7) serait clapée à la Lambarde, le reste est évacué par surverses, des clapages sur d'autres sites. Près de 70-80 % du volume clapé pourrait revenir dans l'estuaire, et contribuer à envenimer la situation. Sur le site de la Lambarde, il semble clair que la plupart du sédiment clapé repart en circulation.
 - Les impacts du dragage sont importants, créés surtout par cette remise en suspension de sédiments fins, une augmentation de la turbidité, un engraissement du bouchon vaseux, un risque latent de toxicité sur la faune si des résidus sont présents dans les sédiments (quoique apparemment peu en quantité), un déséquilibre de l'estuaire, un risque de déplétion en oxygène, donc des impacts sur la faune et la flore en aval.
 - Beaucoup de questions demeurent quant aux mesures de gestion de ces dragages. Peu de transparence apparaît sur le fonctionnement de ces dragages, à la différence des travaux de désenvasement de la Vilaine qui font l'objet de concertation et d'information. Il y a un besoin évident d'étude comme celle de DHI en Vilaine, d'où importance du travail de thèse en cours de Pierre Le Hir (Ifremer, Brest) qui permettrait de faire un bilan hydrosédimentaire sur l'estuaire de la Loire et mieux comprendre les échanges de sédiment entre la Loire/le Large/La Vilaine, pouvant impacter tout le littoral adjacent.

Les études récentes de Dussauze et Ménesguen (2008) montrent bien d'ailleurs comment ces panaches de Loire et Vilaine sont intimement liés et peuvent impacter toute la Bretagne sud. Cependant, il faut retenir que ces études modélisent des éléments dissous ou assimilés (nutriments, phytoplancton). Les résultats des modèles ne seraient pas forcément les mêmes pour des particules (sédiments).

Entre ces deux estuaires, se dessine une côte très touristique, une succession de pointes rocheuses et plages sableuses, sablo-vaseuses plus ou moins soumises à l'érosion, des masses d'eaux côtières largement placées sous l'influence des deux fleuves, avec quelques petits bassins versants indépendants capables d'influencer la qualité d'eau localement. Ce secteur côtier est particulièrement surveillé par la communauté d'agglomération Cap Atlantique qui gère ce territoire.

Au large, l'ensemble du secteur Loire/Vilaine est en quelque sorte protégé du Golfe de Gascogne (qui démarre par l'étendue de la Grande Vasière) par une succession d'îles, îlots et plateaux rocheux.

IV.1.2 Partie II : Le Secteur Loire/Vilaine

La partie II de ce rapport est une restitution des études disponibles, une description du secteur Loire/Vilaine en abordant tous les compartiments de ce socio-écosystème.

IV.1.2.1 Milieu physique

Le secteur est caractérisé par son **climat océanique** plutôt doux, précipitations moyennes (600-900 mm/an) à dominance de vents de secteur Ouest. Les vents du secteur Est sont aussi présents, typiques de situation anticyclonique. Les marées semi-diurnes sont d'un **marnage moyen** (2,4 à 6 m). Les **courants de marée sont faibles** (<20 cm/s en baie de Vilaine) (Baudrier 2002).

Sur l'ensemble du secteur, la bathymétrie est réduite. L'isobathe -30 m marque en quelque sorte le territoire au large sauf à un endroit où il se rapproche de la côte entre Belle Ile et Noirmoutier, par une fosse vers la Loire.

Dans cette configuration, **l'influence des fleuves** par leurs débits très variables est prépondérante ainsi que celle des vents qui génèrent conjointement des courants de surface, des courants côtiers (voire des tourbillons locaux), une **forte stratification haline et saline**. La **circulation générale** des masses d'eaux est donc très **complexe**, avec semble-t-il une circulation générale dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Les **sédiments** sont décrits en détail en Baie de Vilaine (Ehrhold *et al.* 2008), trois zones se distinguent avec

- une partie nord ouest (mettre des majuscules partout ou des minuscules partout) très vaseuse,
- des fonds plus irréguliers et graveleux au sud,
- une zone de transition entre les deux faciès.

La description au large de la Loire est moins récente (Chassé et Glémarec 1976). Le fond serait une succession de zones sableuses, de platiers et de rochers.

Comme cela a déjà été souligné auparavant, la **problématique des échanges sédimentaires entre la Loire/La Vilaine et le large** demande à être éclaircie. Selon les auteurs et documents, potentiellement, 100000 à 1 million de tonnes de sédiment sont capables de « circuler » sur ce secteur Loire/Vilaine et se déposer « quelque part ».

Sur les températures et salinités du secteur, on retiendra les grandes variations saisonnières en lien avec les débits des fleuves. Il en résulte un cycle annuel de succession de stratification estivale - mélanges des eaux côtières au printemps-automne, ayant de grandes conséquences sur le **développement phytoplanctonique**, en raison des concentrations en nutriments qui suivent ces strates.

Les conséquences sont aussi importantes sur les fluctuations en chlorophylle *a*, témoin de la biomasse phytoplanctonique et sur la teneur en oxygène dissous, avec des gradients surface/fond, des risques d'anoxie sur le fond.

L'ensemble de ces conditions implique aussi de très grandes **variations saisonnières de la turbidité** sur secteur Loire/Vilaine, d'autant plus prononcées que l'on se situe à proximité des panaches de deux fleuves, cette turbidité pouvant varier très rapidement selon les conditions de marée et vents.

IV.1.2.2 La Biodiversité

Le **compartiment « Phytoplancton »** est un point très critique sur le secteur Loire/Vilaine qui a toujours été caractérisé par sa forte productivité, en lien avec l'apport des nutriments des fleuves.

Les stratifications haline et thermique induisent une succession très nette des efflorescences phytoplanctoniques, avec les Diatomées à partir du printemps. Puis, en raison d'une consommation par ceux-ci du silicium disponible qui devient alors limitant, les Dinoflagellés prennent le relais. Le mixage des couches d'eau en fin d'été permet une nouvelle croissance des Diatomées.

Ces développements phytoplanctoniques peuvent entraîner des eaux colorées, et donc très turbides ; de même, des proliférations aussi d'espèces indésirables sont fréquentes et peuvent être nuisibles :

- à l'environnement : parce qu'au-delà d'une certaine densité, elles peuvent provoquer des hypoxies régulières, des crises anoxiques. Des mortalités d'animaux benthiques ou de poissons ont été observées sur les 2 zones, baie de Vilaine ou estuaire de la Loire,
- à la faune marine: certains phytoplanctons sont capables de libérer des toxines qui affectent d'autres espèces (exemple en 1995),
- à la conchyliculture: des phytoplanctons (*Dinophysis*, *Pseudo-nitzschia*) ont des fréquences d'apparition quasi annuelles sur le secteur Loire/Vilaine. Ils libèrent des toxines qui vont entraîner des problèmes d'ordre sanitaire sur la consommation des coquillages dues à des phycotoxines, la plus fréquente étant le DSP, mais on a aussi une potentielle menace de toxines beaucoup plus graves pour l'homme (ASP et PSP).

Il n'existe quasiment pas de données sur le **zooplancton** mais cette absence d'élément n'est pas propre au secteur Loire/Vilaine. En revanche, plusieurs études ont été effectuées sur les **peuplements benthiques**, surveillés depuis plus longtemps du côté Baie de Vilaine qui fait partie du réseau REBENT (Ehrhold *et al.* 2008), mais le suivi DCE devrait combler ce déficit de connaissance du côté Large de la Loire (Oger-Jeanneret *et al.*, 2007).

Les **peuplements d'invertébrés** en Baie de Vilaine semblent suivre les 3 types de faciès sédimentaire identifiés, selon un gradient de salinité et pourcentage de matière organique et en fonction du type de substrat plus ou moins vaseux. L'abondance et la richesse de ces peuplements semblent correctes si l'on compare à d'autres sites en Bretagne (Gentil *et al.* 2006, Gentil 2008) mais l'absence de véritable état de référence en Bretagne introduit un biais dans l'interprétation des résultats. Le travail de Gentil (2008) montre surtout que le secteur Vilaine (baie + large) est très envasé; le pourcentage de matière organique varie de 2 à 6% mais selon Gentil (200) on est dans la même gamme que les autres sites bretons. Les données sur les peuplements benthiques sont plus fragmentaires au large de la Loire. Les premières observations montreraient un état des peuplements variables selon les sites (Barillé *et al.* 2007).

Sur les **macrophytes intertidaux**, une importante réduction de la couverture fucale, traduisant une évolution majeure entre 1986 et 2003 a été mise en évidence (Dion *et al.* 2009) néanmoins tempérée par des résultats récents entre 2004 et 2007 (Rossi *et al.* 2009). Les **macroalgues subtidales** (ceintures de laminaires) suivraient les mêmes tendances de diminution sur les sites exposés aux panaches de fleuves (Barillé et Derrien-Courtél 2010) Toutefois, les observations obtenues grâce à programme ELV dont est tiré ce rapport montrent que l'on a de fortes variations interannuelles.

On aurait donc sur les substrats rocheux intertidaux et subtidaux des évolutions importantes des couvertures algales traduisant des perturbations ou évolutions de l'écosystème, à confirmer par d'autres séries de mesures. La sensibilité de ces indicateurs macrophytes semble évidente et montre des variations interannuelles importantes.

On dispose de beaucoup de données sur les **poissons** d'estuaire, les espèces amphihalines en Loire et Vilaine. Les espèces majeures identifiées sont: la sole, l'anguille (civelle), le bar, le flet, les mulets, le tacaud, l'anchois, le merlu, le merlan... Quelques différences de peuplement sont notées entre les 2 estuaires.

L'ensemble des travaux montrerait une diminution préoccupante de cette ressource sur le plan de l'abondance, et la richesse, tendance plus claire sur la Loire (Desaunay et Guérault 2003 ; Biolittoral 2008, 2010). Mais on manque d'une vision générale de la situation des peuplements halieutiques en aval des estuaires, sur le secteur Baie de Vilaine et Loire Large.

L'**importance des vasières** tant en Loire qu'en Vilaine comme lieu de nourricerie pour des espèces comme la sole, mais aussi le flet, et la crevette est souligné. Leur maintien, voire la création de nouvelles zones de vasières en compensation des pertes de superficie engendrée par les aménagements en Loire ou comme une mesure pour améliorer le fonctionnement de l'estuaire, apparaissent comme essentiels. C'est ce qu'a d'ailleurs entrepris le GIP Loire Estuaire dans le programme Loire Grandeur Nature. On peut aussi souligner que le flet, compte tenu de son cycle et temps de résidence en estuaire, est utilisé comme bioindicateur de pesticides en Vilaine.

L'ensemble du secteur Loire/Vilaine montre une très grande richesse de son **avifaune**, tant sur les estuaires (avec les anatidés) que plus au large, avec des espèces migratrices et résidentes. Certaines espèces sont à protéger comme l'Avocette, la Bernache cravant, le Grand gravelot. L'importance de préserver aussi des zones de nourrissage ou de repos comme les vasières, et les estrans est clairement mise en avant, ainsi que les connections avec d'autres sites très riches (comme le Golfe du Morbihan, la Grande Brière).

Les **habitats remarquables** sont de fait très nombreux sur le secteur Loire/Vilaine, recensés par Cap Atlantique sur la frange côtière. Les vasières intertidales de l'estuaire de la Loire sont particulièrement décrites, pour leur rôle biologique mais aussi pour leur fonction épuratrice, contribuant à améliorer la qualité des eaux en aval.

IV.1.2.3 Activités humaines

L'ensemble du territoire du secteur Loire/Vilaine représente 27 communes littorales, soit 4 communautés de communes ou d'agglomération, dépendantes de 2 régions et départements différents.

L'**évolution démographique** du secteur Loire/Vilaine montre une très forte attractivité du territoire, surtout sur le plan touristique, impliquant des pressions grandissantes, un déséquilibre potentiel entre la population à l'année et la population estivale. La capacité d'**assainissement** est un enjeu crucial ainsi que la bonne co-existence des activités touristiques autour de la mer avec les autres usages. Le territoire regroupe 27 communes toutes assujetties à la Loi Littoral, réparties sur 4 intercommunes, 2 départements, 2 régions. La population résidente à l'année serait selon le dernier recensement (2006-2007) autour de 180 000 habitants, multipliée par 3 à 4 au moins en été.

L'**activité industrielle** est dominée par les activités portuaires de Saint Nazaire, véritable poumon économique pour le secteur mais menacé par la crise économique actuelle. Le rôle du GPMNSN est essentiel, responsable des opérations de dragage d'entretien de l'estuaire de la Loire, des projets d'extension du port. L'éolien en mer est en passe de devenir aussi un pôle important d'activités avec plusieurs projets prévus au large de la Loire, qui sont sujets à des polémiques, en raison de potentiels impacts qu'ils pourrait avoir sur la faune et la flore locale (ELV, comm. personnelle).

Autour de la ressource maritime, s'exercent des activités comme la **conchyliculture**, surtout dominée par la mytiliculture à Pénestin qui se « porte » bien après avoir réussi à surmonter les problèmes liés à l'envasement de la Vilaine, mais qui reste vulnérable, en raison de sa forte dépendance à la qualité des eaux, tant sur le plan sanitaire, que pour le problème de DSP ou autres phycotoxines ainsi que les potentielles crises anoxiques. L'expansion de l'activité n'est pas évidente, des conflits d'usage ou de voisinage sont latents. La production de coques (et palourdes) sur le traict du Croisic est aussi importante (premier site de production français), fortement tributaire aussi de la de qualité des eaux et dépendante de l'approvisionnement en naissain en Vilaine. Ces deux activités majeures conchylocoles sont donc très localisées au sein du secteur Loire/Vilaine et en constituent des activités sentinelles de la qualité des eaux, comme le suggère le rapport Tanguy sur l'aquaculture en France (2008).

La **pêche professionnelle embarquée** est surtout côtière, constituées de petites unités, réparties entre la Turballe, et le Croisic, principalement. Les autres quartiers (Quiberon, Noirmoutier) viennent aussi pêcher sur le secteur. Cette pêche est très diversifiée, certains navires utilisent plusieurs engins et peuvent alterner pêche en estuaire (civelles, crevettes, naissain de coques) et pêche côtière. C'est le chalut de fond qui domine. Hors civelle, les espèces les plus importantes pêchées dans le secteur sont : la sole, le bar, les crustacés, les seiches, les coques. La pêche à la civelle est majeure mais très menacée. Un conflit existe entre une opinion scientifique alarmée par la diminution des stocks et les mesures de gestion décidées, pas assez drastiques selon les chercheurs, mais relayées par les professionnels. On est dans la même problématique que le thon rouge.

L'autre pêcherie, celle de la sole, est vraiment tributaire de la bonne santé et du maintien des vasières. Sur le reste des activités de pêche, il est difficile de conclure. Mais on note des inquiétudes de la profession, face à l'augmentation des pressions, la diminution de la ressource en général citée par de nombreux auteurs dont Goulletquer (2008), l'évolution des milieux (d'où le projet « eaux colorées » fait avec le COREPEM présenté par Salvaing (2009).

On peut noter aussi sur le secteur l'importance de l'activité de **pêche à pied**, qu'elle soit professionnelle ou de loisir. Compte tenu de son succès, la pêche à pied peut aussi générer des nuisances sur un environnement fragile.

La **saliculture** se présente comme une activité primaire très dynamique, avec une forte valeur patrimoniale, car elle est en plus garante de ces paysages de marais salants, et de la biodiversité adjacente. Mais elle est aussi très vulnérable face à un problème de qualité d'eau ou résultant d'une mauvaise gestion du littoral.

Les **extractions de granulats marins** sur les sites du Pilier et des Charpentiers, représentent un secteur économique important dont les impacts sur l'environnement ne sont pas négligeables. Mais la difficulté d'accès aux études d'impact ne nous permet pas de statuer.

On retiendra aussi que presque tout l'ensemble du secteur Loire/Vilaine est classé en zones **Natura 2000**, ce qui témoigne de **sa très grande richesse faunistique et floristique**. Les extensions Natura 2000 en mer prévoient d'y inclure aussi des grandes étendues. Cette situation soulève plusieurs questions : qui pourra assumer la gestion de toutes ces zones à protéger, comment conserver les usages tout en répondant aux objectifs environnementaux ?

Il en ressort un intérêt certain pour la création d'un statut nouveau comme celui d'un Parc marin qui permettrait de répondre à ces enjeux (AAMP 2009). Mais le futur parc marin se ferait sans l'estuaire de la Loire, ce qui pourrait être dommageable à l'ensemble de secteur Loire/Vilaine, compte tenu des multiples interactions qui ont été soulignées entre les 2 estuaires et le littoral adjacent.

IV.1.3 Partie III : La Surveillance et ses conclusions sur l'état de santé du secteur Loire/Vilaine

IV.1.3.1 Les suivis sur le littoral

Les suivis mis en place sur la surveillance du littoral sont quasiment tous placés sous la responsabilité de l'Ifremer.

Certains existent depuis longtemps, comme le **RNO (maintenant ROCCH)**, créé en 1974 dont l'objectif était de suivre la contamination des eaux côtières par les métaux lourds, HAPs et pesticides. D'autres ont été créés à la suite de crises majeures ou pour répondre en premier lieu à des exigences d'ordre sanitaire comme pour les réseaux **REPHY** et **REMI**, ou suite à des crises écologiques comme le réseau **REBENT** en Bretagne, créé à la suite de la catastrophe liée au naufrage de l'Erika.

Hormis le REBENT, ces réseaux poursuivent encore des exigences sur le plan sanitaire, en étant basés sur le suivi des coquillages par des contaminants chimiques (RNO-ROCCH), des phycotoxines toxiques pour l'homme (REPHY) ou des germes de contamination fécale (REMI).

Mais des réseaux comme le REPHY qui suit les populations phytoplanctoniques ont permis de répondre à des objectifs environnementaux, de suivi et préservation de la biodiversité, objectifs clairement affichés par la suite dans le cadre du REBENT et de la DCE.

La DCE, directive européenne, contraint les états membres à des obligations de résultats. En théorie, après être définies, évaluées, et placées sous un dispositif de surveillance, l'ensemble des masses d'eaux côtières et de transition (estuaires) européennes devra atteindre un bon état écologique et chimique d'ici 2015.

Grâce à tous ces réseaux gérés par Ifremer plus quelque uns complémentaires et localisés, le littoral français est ainsi surveillé sur les points suivants :

- paramètres hydrologiques (température, salinité, turbidité, teneur en chlorophylle *a* et en nutriments, azote, phosphore et silice) (réseaux de points de prélèvements et bouées de mesures en continu) (via le REPHY, et DCE),
- développement phytoplanctonique (abondance, richesse, composition, présence d'espèces nuisibles, présence de phycotoxines sur les coquillages) (via le REPHY-DCE),
- peuplements benthiques (invertébrés, macrophytes) en zones intertidale et subtidale (via le REBENT et la DCE, moins complète en terme de protocole),
- peuplements halieutiques en milieu estuarien (via la DCE),
- contaminants chimiques (métaux lourds, pesticides et HAPs) sur les coquillages, sédiment et compartiment eau (via le RNO-ROCCH et DCE),
- contaminants microbiens sur coquillages et eaux de baignade (via essentiellement le REMI et la DDASS-ARS).

La mise en œuvre de tous ces réseaux se traduit par des fréquences de prélèvements ou d'observations définies selon chaque variable. Quand la mesure n'est pas faite en continu (cas du réseau des bouées MAREL), la fréquence peut aller de : une fois par semaine à une fois tous les 6 ans. Le **tableau 10** fait une synthèse des réseaux principaux.

A ces réseaux vers le milieu aquatique littoral, on peut ajouter la surveillance de l'avifaune, gérée par les services de l'état pour répondre aux exigences des directives « Habitat » et « Oiseaux » et la mise en place des sites Natura 2000, déléguée à des associations (LPO, Bretagne Vivante) ou des universitaires

Le secteur Loire/Vilaine est donc ainsi surveillé par tous ces réseaux, avec en plus des suivis organisés par des structures publiques locales, comme le GIP Estuaire Loire, Cap Atlantique et l'IAV, pour répondre à des enjeux plus locaux.

La DCE a défini 5 masses d'eaux dans ce secteur : deux de transition (FRGT27 Vilaine et FRGT28 Loire), et 3 côtières (Vilaine côte FRGC44, Vilaine large FRGC45, Loire large FRGC46).

Les Figures 78 à 79 indiquent tous les points de surveillance des réseaux orchestrés par Ifremer. On peut cependant souligner que le réseau REBENT a démarré en Bretagne (jusqu'au Croisic) dès 2004, ce qui fait que les séries de données y sont plus conséquentes qu'au Sud de la Loire.

IV.1.3.2 Les résultats de ces suivis

La DCE et des études plus anciennes (Baudrier 2002) ont permis des premières évaluations de l'état de santé du littoral Loire/Vilaine, résultant pour la DCE d'un état écologique et chimique.

Pour Baudrier (2002), le secteur Loire/Vilaine souffre de perturbations majeures en raison de l'influence des deux fleuves et son hydrodynamisme spécifique qu'il liste :

- L'eutrophisation
- L'envasement de certains secteurs,
- La dégradation de la qualité bactériologique des eaux côtières,
- La diminution des ressources halieutiques,
- La dégradation des biotopes,
- L'émergence des conflits d'usage.

La qualification provisoire de la DCE fait apparaître les points suivants

(http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin_loire_bretagne/fr):

- Toutes les masses d'eau considérées dans notre étude ont le risque de **ne pas atteindre le bon état en 2015** même si l'évaluation DCE donne une note provisoire de « bon état écologique » à 4 sur 5 des masses d'eau considérées avec un niveau moyen de confiance sur ce diagnostic global.
- De fait, sur les masses d'eau « Vilaine côte et large » (FRGC44 et 45) et Loire large (FRGC46), un problème majeur est lié à l'**eutrophisation** qui se manifeste par des blooms de phytoplancton. On ne pourra pas atteindre le bon état écologique en raison de ce problème sur le phytoplancton sur la masse d'eau Vilaine côte (FRGC44) ainsi que pour les macrophytes subtidiaux.
- Le diagnostic n'est pas non plus bon sur l'état chimique des masses d'eau Vilaine Large (FRGC45) et Loire transition (FRGT28). Selon l'atlas mis en ligne par Ifremer, les **micropolluants** constituent un problème sur ces masses d'eau de notre étude mais ces résultats doivent être confirmés par des analyses en cours.

Le diagnostic DCE au final plutôt correct (cf Figure 83 et Tableau 14) (mais soulignons qu'il est provisoire) sur le secteur Loire/Vilaine donné par l'évaluation DCE soulève quelques questions, notamment sur les points suivants :

➤ Sur l'eutrophisation

La Convention OSPAR demandant à ses état signataires de garantir une protection du littoral Atlantique Nord Est a mis en place une procédure d'évaluation spécifique de l'état d'eutrophisation des eaux côtières européennes, sur la base de plusieurs critères qui évaluent les effets directs et indirects des apports excessifs en nutriments, première cause à l'origine de l'eutrophisation (OSPAR, 2003).

L'état d'eutrophisation n'est pas jugé de manière spécifique par la DCE. Mais certains critères de jugement de l'état écologique entrent complètement dans le champ de l'évaluation OSPAR (comme l'abondance phytoplanctonique, sa biomasse jugée par la concentration en chlorophylle *a*).

Il ressort de l'évaluation OSPAR (2003 et 2010) et de la DCE que l'ensemble du secteur Loire/Vilaine est affecté par une eutrophisation problématique, qui entraîne des crises récurrentes (blooms de phytoplancton, crises hypoxiques). Selon l'indicateur DCE « phytoplancton », la baie de Vilaine est classée en « état moyen », ce qui traduit la forte occurrence des blooms et **signifie que des mesures doivent être prises pour atteindre le bon état**

(http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr), On ne mesure pas non encore les conséquences à long terme que cet état d'eutrophisation peut faire sur l'évolution des biotopes et de la biodiversité.

Cet **état critique d'eutrophisation** du secteur Loire/Vilaine est reconnu de longue date par tous les acteurs directement impliqués et concernés (milieu scientifique, services de l'état, secteurs professionnels comme la conchyliculture et la pêche). En revanche, pour d'autres usagers, des élus locaux, et le grand public, il est fort possible qu'il ne soit pas reconnu comme un enjeu majeur. Sur ce secteur Loire/Vilaine, en raison de l'absence ou la faible incidence des proliférations d'algues vertes, des nuisances « plus visibles », il est possible que l'opinion publique n'ait pas été suffisamment alertée. Il est aussi clair que la notion d'eutrophisation est méconnue. Ces points mériteraient d'être vérifiés par une enquête auprès des diverses parties prenantes.

La reconnaissance partagée par tous de la gravité de cet état d'eutrophisation permettrait peut-être de donner plus de poids pour mettre en œuvre des mesures d'amélioration, notamment sur les bassins versants.

➤ **Sur la contamination liée aux contaminants chimiques**

La présence en amont de contaminants sur les deux fleuves est un fait avéré puisque la qualité d'eau est qualifiée de médiocre en Vilaine et Loire, selon les deux SAGE (Vilaine 2003, Estuaire Loire 2005, IAV 2010). L'évaluation DCE confirmerait ce diagnostic critique sur 2 masses d'eaux sur les 5 considérées dans notre étude même si les résultats disponibles sur l'atlas DCE à ce jour doivent être confirmés avant de pouvoir tirer des conclusions sévères.

Les résultats du suivi RNO-ROCCH montrent qu'en matière de métaux lourds, une contamination assez importante en plomb était présente en **estuaire de la Loire** liée aux rejets d'une usine à Paimboeuf qui fabriquait des alkyles-plomb, fermée depuis 1991. La situation est en amélioration, mais il est possible que des sédiments soient encore contaminés. Cela peut être le cas pour d'autres métaux lourds. Dans une étude sur les impacts du dragage d'entretien, Truhaus (2006) soulève d'ailleurs ce problème de potentielle contamination des organismes vivants à partir de ces sédiments remués sur l'estuaire de la Loire, même menace aussi pour le TBT, produit antisalissure très toxique et rémanent dans l'environnement dont des traces ont été trouvées vers Saint Nazaire.

La **Baie de Vilaine**, située en aval d'un bassin moins industriel semble moins touchée par ce type de pollution. En revanche, en matière de pesticides, des contaminants chimiques sont régulièrement trouvés en aval du barrage d'Arzal (IAV 2010). De nombreuses études universitaires sous l'impulsion de l'IAV et pour répondre aux objectifs du SAGE Vilaine (2003) ont été démarrées, utilisant des organismes vivants dans l'estuaire et à son embouchure (modèles copépode, mollusques sauvages ou élevés, flet) pour étudier les effets de ces pesticides (Laroche *et al.* 2008, 2009a, b ; Marchand *et al.* 2004 ; Forget *et al.* 2003, Caquet 2009).

Le projet ANR-05-ECCO-010 (Caquet 2009) visait à évaluer la réponse des invertébrés à la présence de pesticides dans l'estuaire de la Vilaine. Il montre que de nombreux pesticides sont fréquemment mesurés dans l'estuaire avec une probable influence des peintures antifouling sur les teneurs en micropolluants. Les teneurs mesurées à partir du mois de mai sont suffisantes pour présenter un risque pour certains organismes aquatiques, notamment les micro-algues qui constituent une des bases de la chaîne trophique estuarienne.

L'étude IAV-UBO17 sur la contamination du flet par les pesticides confirme ce diagnostic (Laroche *et al.* 2008, 2009 a et b). Cette étude met en avant plusieurs points :

- une contamination des flets de la Vilaine supérieure par rapport aux estuaires de « référence », avec une contamination marquée en Lindane,
- une diminution globale du taux de croissance, de l'indice de condition et surtout de la fécondité dans les populations de flets par rapport aux populations de référence,
- des signes de stress hypoxique des poissons,
- un impact génotoxique sur le flet, en relation avec les pesticides.

Ce risque toxique et cette contamination par les micropolluants a été pris en compte dans la définition du risque de non atteinte du bon état pour la masse d'eau de transition « Vilaine ».

Entre la Loire et la Vilaine, dans leurs travaux de modélisation, Jeanneret (coord.) *et al.* (2006) montrent que les traicts du Croisic et de Pen Bé peuvent être affectés par des polluants d'origine locale (urbaine pour le Croisic et agricole pour Pen Bé), et subir aussi des contaminations à leurs sortie des panaches de la Loire et la Vilaine, selon certaines périodes, et pour des polluants stables.

De l'ensemble de ces travaux, il ressort donc clairement que la présence avérée de divers contaminants chimiques sur les estuaires de la Loire et de la Vilaine constitue un vrai problème, d'autant qu'elle peut aussi avoir une influence sur le littoral en aval. La possibilité de contamination locale de certains étiers est aussi à prendre en compte. Aux concentrations mesurées, des effets directs ou indirects sur la macro- et microfaune et flore sauvages sont possibles ainsi que des impacts sur les activités primaires comme la conchyliculture et pêche.

Mais il semble pour l'instant que le dispositif DCE n'a pu détecter ce problème par les analyses chimiques conduites sur l'eau.

➤ Contamination microbiologique

Malgré des efforts en matière d'assainissement collectif, les résultats du REMI et de la DDASS/ARS montrent que l'on a encore des pics de contamination fécale sur le secteur Loire/Vilaine sur lesquels il faut pouvoir agir. Ces contaminations surviennent le plus souvent à 2 périodes: en période de crues hivernales, probablement liés à des origines agricoles ou débordement des postes de relèvement; en été lors de pluies d'orage, en raison de systèmes d'assainissement dépassés par le taux de fréquentation touristique, d'assainissement individuel défectueux... Ce sont alors plutôt des contaminations locales. Vers la Loire, les plages des rives nord et sud peuvent régulièrement être touchées. Sur l'ensemble du secteur Loire/Vilaine, 27 % des plages de notre secteur Loire/Vilaine sont classés en B ou C selon la DDASS-ARS (2009). En Vilaine, la rive nord de la Baie de Vilaine et certains points plus au sud (vers Pen Bé) sont aussi régulièrement affectés (Allenou, comm. orale 2010). L'ensemble du secteur Loire/Vilaine est d'ailleurs classé en B sur le plan sanitaire pour les coquillages, sauf 2 sites vers Pénestin qui bénéficient d'un classement en A temporaire (pendant l'été).

L'évolution des normes en matière de contrôle de coquillages est probablement une des raisons de ce déclassement. Mais il n'en demeure pas moins que l'ensemble du littoral Loire/Vilaine peut connaître des pollutions fécales épisodiques, témoignant de défaillance dans les systèmes d'assainissement et ayant des conséquences sur les activités humaines (conchyliculture, tourisme).

➤ Augmentation de la turbidité et atteintes à la biodiversité

L'augmentation de la turbidité qu'elle soit liée à des blooms phytoplanctoniques ou des excédents de sédiments fins en suspension a été signalée à plusieurs reprises dans l'ensemble de ce document. La fréquence d'eaux colorées est importante dans le secteur Loire/Vilaine, confirmée par les suivis surtout sur la Baie de Vilaine - côte.

Le bilan hydrosédimentaire de l'estuaire de la Loire n'est pas clairement établi, surtout quand on aborde la question des interactions avec le large. Le Hir (comm. écrite 2007) souligne les éventuelles conséquences, les possibilités d'envasement du littoral adjacent à l'estuaire de la Loire, jusqu'en Baie de Vilaine. Les impacts du dragage d'entretien, des clapages à la Lambarde, des extractions de granulats sont soulignés comme importants, pouvant contribuer de manière à augmenter la turbidité du secteur Loire/Vilaine. Une étude en cours sur la Vilaine (DHI 2009) permettra de mieux comprendre la dynamique sédimentaire de l'estuaire de la Vilaine, mais elle s'arrête à son embouchure.

On aurait potentiellement 100 000 à 1 million de tonnes, de sédiments fins capables d'y circuler et se déposer sur diverses zones selon les courants locaux. A l'échelle de l'ensemble du volume d'eau du secteur Loire/Vilaine, cette masse ne représente peut-être pas beaucoup. Mais des facteurs modifiant l'hydrodynamisme comme certaines interventions humaines d'aménagement du littoral (aménagement et dragages de chenaux et des ports), pourront créer des conditions propices à des dépôts, envasements localisés.

L'augmentation de cette turbidité pourrait être à l'origine d'une **perte de biodiversité**. C'est ce que soulignent des associations comme ELV et Lhorty (2008, 2009). Des effets semblent effectivement déjà constatés comme la diminution de la couverture en macrophytes subtidiaux et intertidaux bien que des résultats récents nuancent ces premières conclusions (Dion *et al.* 2009; Barillé et Derrien-Courtrel 2010; Rossi *et al.* 2009, atlas DCE

[http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin_loire_bretagne/fr](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin/bassin_loire_bretagne/fr)).

L'évolution de ces peuplements benthiques est cependant à confirmer. Elle peut aussi être liée à un réchauffement des eaux. D'autres signes d'atteinte de la biodiversité seront aussi à mieux renseigner comme par exemple: la diminution des peuplements halieutiques est-elle avérée en Baie de Vilaine et sur l'estuaire de la Loire.

L'ensemble de ce travail fait donc apparaître certains manques dans le dispositif de suivi ou de surveillance du secteur Loire/Vilaine, qui si ils étaient comblés, permettraient de mieux renseigner l'état général de l'écosystème Loire/Vilaine, et de mettre en place un plan d'action correctif et préventif, une gestion intégrée de cette portion du littoral français.

Les manques identifiés sont issus de ce travail, et demanderaient à être validés par des concertations auprès des parties prenantes, principaux intervenants et acteurs. Aussi faut-il les prendre vraiment comme des pistes de réflexion proposées par l'auteur de ce rapport.

IV.2 Les manques

La compilation des études fait apparaître des manques de données qui pour certains sont communs à toute la France voire l'Europe, parce que ces données ne sont pas forcément requises dans les dispositifs réglementaires. Mais pour renseigner l'état d'un écosystème littoral, elles pourraient être prises en compte.

IV.2.1 En matière de connaissance et surveillance

➤ Zooplancton : combler un vide ?

Le compartiment zooplancton sur le littoral est complètement mis à l'écart des dispositifs de surveillance. Pourtant son suivi pourrait être utile à la compréhension de certains phénomènes, comme les efflorescences de *Dinophysis*. La présence des méduses sur le littoral mériterait aussi d'être mieux connue. Avons-nous de nouvelles espèces ou des méduses plus abondantes, traduisant une évolution ?

➤ Poissons : renforcer la surveillance, l'étendre au large ?

Les poissons qui ne représentent pas une ressource halieutique sont volontairement mis à l'écart des statistiques de capture ou des campagnes de pêche en Baie de Vilaine. Les suivis de type DCE sur les eaux de transition permettront d'avoir une vision complète des peuplements halieutiques. On n'a pas non plus de données sur les grands prédateurs type requin, le requin bleu étant pourtant supposé fréquenter le banc de Guérande puisque des manifestations de pêche sportive s'y déroulent.

On pourrait imaginer qu'un équivalent se mette en place sur des secteurs plus au large, ce qui semble proposé dans le cadre de la mise en place de la directive européenne Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin DCSMM).

➤ Pesticides : éclaircir leur devenir en aval et leurs effets réels

Le sujet est complexe. Les recherches sur les effets des résidus de pesticides sur la portion aval des estuaires sont nécessaires. En matière d'assainissement, une réflexion doit aussi être menée sur les éventuels résidus des médicaments humains et vétérinaires qui transitent par les stations d'épuration, et qui sont décelables comme le montre l'étude Togola *et al.* (2008) à des concentrations susceptibles d'impacter divers organismes vivants. A la suite de ces travaux préliminaires, l'Ifremer avait suggéré que certaines de ces substances soient suivies dans le rejet de la station d'épuration de la CARENE, ce qui figure dans l'arrêté préfectoral.

➤ Autres

Nous avons aussi listé les manques de données ou d'études sur les points suivants :

- Les mammifères marins qui fréquentent le secteur Loire/Vilaine,
- Cartographie du benthos récente côté Loire comme ce qui a été fait en Baie de Vilaine,
- Modèles hydrosédimentaires Loire/Estuaire/Baie de Vilaine,
- Population estivale exacte en rapport avec l'état de l'assainissement et autres problèmes liées à ces fluctuations de pressions humaines entre l'hiver et l'été,
- L'émergence des conflits d'usage,
- Une réflexion sur la capacité trophique de la Baie de Vilaine, le rôle épurateur des stocks de coquillages, leur contribution écosystémique,
- Une approche écosystémique étendue à tout le secteur.

➤ **Sur les suivis mis en place, qui sont importants, nous avons détecté des manques qui nécessiteraient un renforcement de la surveillance quant à :**

- **l'échelle spatiale** : certains endroits et certains paramètres du secteur Loire/Vilaine mériteraient d'être incorporés dans le dispositif de suivi, par exemple, un suivi stationnel de l'intertidal plus étendu, un suivi des dépôts d'ulves, de la couverture des fucales..., un suivi des rares bancs d'hermelles et herbiers à zostères...
- **l'échelle temporelle**: certains paramètres sont suivis une fois tous les 3 ans, voire tous les 6 ans. Dans une zone aussi sensible et fragile que le secteur Loire/Vilaine, une fréquence accrue serait indispensable. Le travail en cours sur le suivi des laminaires a ainsi montré des fluctuations interannuelles importantes (Barillé et Derrien-Courtél 2010),
- **le secteur plus au large** : il est encore peu suivi, car le cadre de la DCE était côtier. Mais dans le cadre de la DCSMM, des protocoles de surveillance vont probablement être mis en place.

IV.2.2 En matière de gestion générale : améliorer la gouvernance ?

En matière de gestion, si les données sont nombreuses et diverses, nous avons noté le manque de moyens humains pour pouvoir les exploiter à fond, et pratiquer des analyses croisées.

Des structures comme l'IAV, le GIP Estuaire Loire et Cap Atlantique disposent d'une réelle compétence et de moyens humains pour être opératrices sur leur secteur territorial et faire le lien avec les milieux scientifiques. Mais aucune structure ne possède une vision de l'ensemble du secteur Loire/Vilaine et n'est habilitée à le gérer.

La comparaison des éléments disponibles du côté Loire par rapport au secteur Vilaine montre aussi un manque de transparence et d'accès aux données sur l'estuaire aval de la Loire. Le travail remarquable du GIP Loire Estuaire est en effet à souligner mais il ne dépasse pas Saint Nazaire.

Un comité d'estuaire existe en Vilaine, il fonctionne comme un véritable lieu de concertation entre les différents acteurs, impliquant aussi le secteur associatif, et géré par l'IAV, selon une approche de type **Gestion Intégrée d'une Zone Côtière (GIZC)**. Par exemple, les opérations de désenvasement de la Vilaine sont ainsi décidées en concertation.

Il n'en est pas de même côté Loire. Le comité estuaire pressenti s'est transformé en une structure tentaculaire qui n'a jamais fonctionné. Les opérations de dragage, de clapage et d'extraction se déroulent sans que d'autres parties concernées comme des usages de la pêche, plaisance, et autres ne soient au courant. Les études d'impact ne sont pas accessibles au public sauf au moment des enquêtes publiques, avant la mise en place des exploitations.

Pour le moins, si la création d'une unité « Secteur Loire/Vilaine » semble encore loin, il nous semble que la mise en place d'un comité estuaire Loire (aval) équivalent à celui de la Vilaine serait très utile, avec une conduite par exemple par Cap Atlantique, en concertation avec le GIP.

Ce travail met pourtant clairement en évidence la pertinence de l'intuition d'ELV, de considérer l'ensemble du **secteur Loire/Vilaine comme une unité géographique cohérente**. Les interactions Loire/Vilaine et Large sont nombreuses et complexes. Il semble difficile de réfléchir à un plan d'action et de surveillance sur par exemple la Baie de Vilaine sans prendre en compte ce qui se passe du côté de la Loire, et inversement.

Le périmètre proposé pour le futur parc marin est par conséquent un vrai sujet de discussion. Car le statut de parc marin constituerait une réelle opportunité pour vraiment appliquer au périmètre choisi une **gestion intégrée de la Mer et du Littoral**, permettant de concilier les objectifs de préservation et les nombreux usages. Dans ce dispositif, une structure de pilotage, maillon essentiel d'interface, serait aussi nommée, permettant de combler un manque que nous avons identifié. Représentants les usagers de ce secteur, elle pourrait travailler à l'échelle de ce bassin hydrographique marin selon le vœu exprimé par le groupe 1 du Grenelle de la Mer (www.legrenelle-mer.fr/) et les priorités du Livre Bleu des engagements du Grenelle de la Mer (juillet 2009).

Comme le soulignait Isabelle Autissier au moment du Grenelle de la Mer, « *le littoral sera peut-être le territoire où l'homme va pouvoir, s'il le veut, ré-harmoniser son existence avec celle de la nature. Une sorte de révolution ?* » (Le Monde, 17 mai 2009).