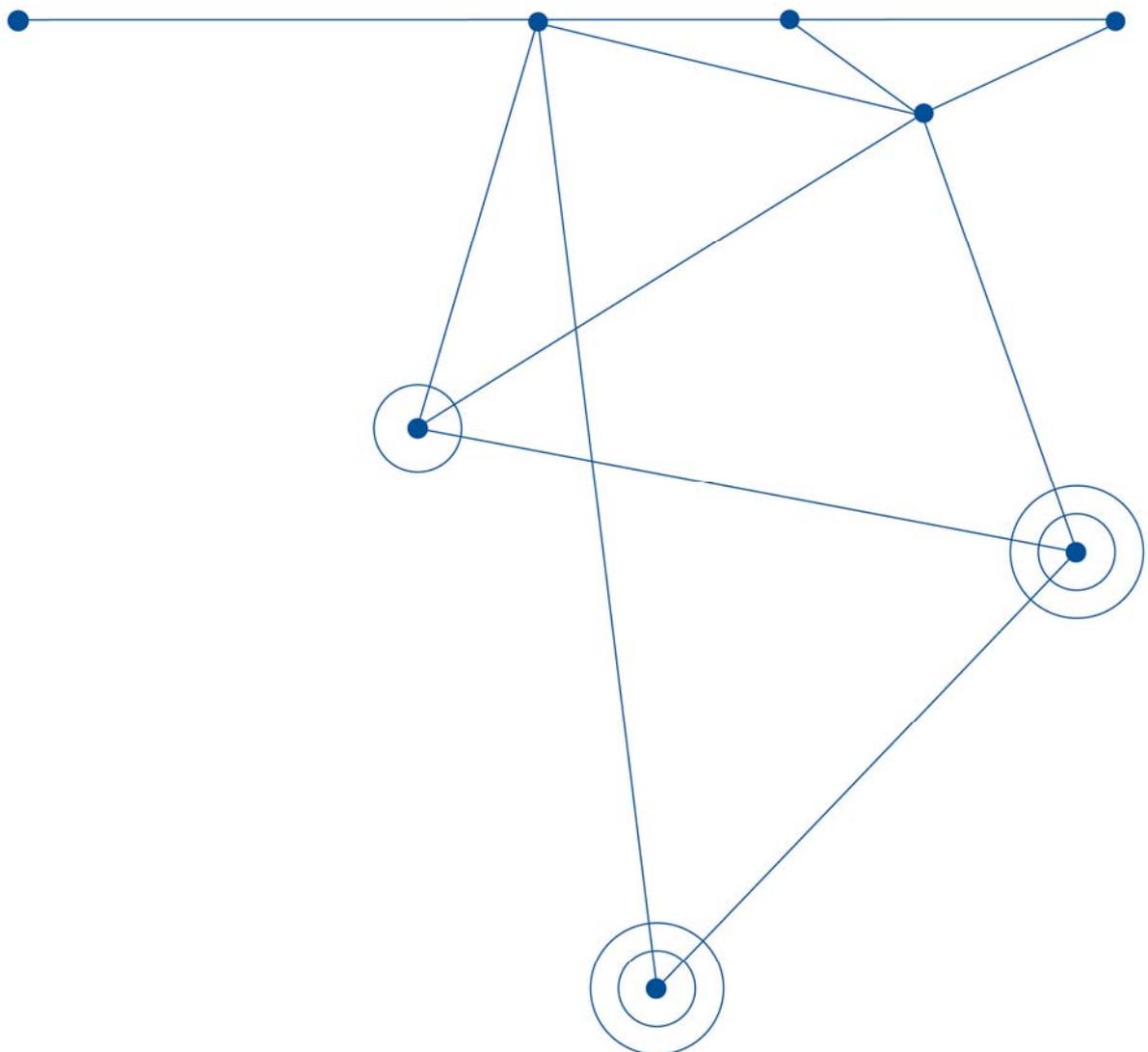


# Rapport d'activités 2017 du Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan Pays de Loire



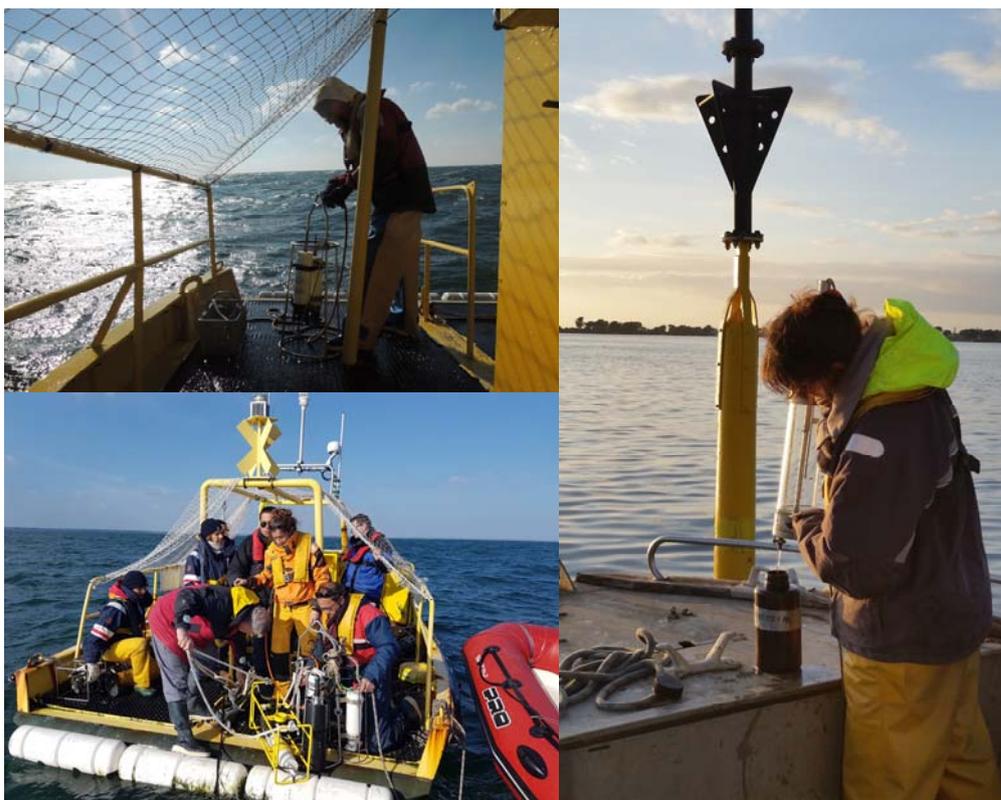


Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes - Unité Littoral  
Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan Pays de Loire  
Cochennec Laureau Nathalie

# RAPPORT D'ACTIVITES 2017

## DU LABORATOIRE ENVIRONNEMENT RESSOURCES

### DU MORBIHAN-PAYS DE LOIRE



## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport : Rapport d'activités 2017 du Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan – Pays de Loire</b>	
<b>Référence interne :</b> ODE/UL/LER-MPL/18.06  <b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)  <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ  <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	<b>Date de publication :</b> 2018  <b>Version :</b> 1.0.0  <b>Référence de l'illustration de couverture</b> Crédit photo/titre/date  <b>Langue(s) :</b> francais
<b>Résumé/ Abstract :</b> Activités d'observation, de surveillance de la qualité des eaux littorales du Morbihan, Pays de Loire et Nord Vendée et résultats des projets de recherche 2017	
<b>Mots-clés/ Key words :</b> Réseaux de surveillance et d'observation, qualité des écosystèmes marins littoraux du Morbihan, Pays de Loire, microbiologie, phytoplancton, eutrophisation, ressources exploitées, huîtres, moules	
<b>Comment citer ce document :</b>	
<b>Disponibilité des données de la recherche :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- REPHY – French Observation and Monitoring program for Phytoplankton and Hydrology in coastal waters (2017). REPHY dataset - French Observation and Monitoring program for Phytoplankton and Hydrology in coastal waters. 1987-2016 Metropolitan data. SEANOE. <a href="http://doi.org/10.17882/47248">http://doi.org/10.17882/47248</a></li> <li>- REPHYTOX - French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms (2017). REPHYTOX dataset. French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms. Data since 1987 . SEANOE . <a href="http://doi.org/10.17882/47251">http://doi.org/10.17882/47251</a></li> <li>- Piquet Jean-Come, Boulben Sylviane, Cheve Julien, Derrien Annick, Lamort Laure, Marco-Miralles Françoise, Marzin Anahita, Meteigner Claire, Morin Dimitri, Orsoni Valerie, Treguier Cathy, Verin Françoise, Amouroux Isabelle, Catherine Martial, Miossec Laurence (2017). REMI dataset : the French microbiological monitoring program of mollusc harvesting areas. SEANOE . <a href="http://doi.org/10.17882/47157">http://doi.org/10.17882/47157</a></li> </ul>	
<b>DOI :</b>	

<b>Commanditaire du rapport : Ifremer</b>	
<b>Nom / référence du contrat :</b> <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
<b>Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit</b> (programme européen, campagne, etc.) :	
<b>Auteur(s) / adresse mail</b>	<b>Affiliation / Direction / Service, laboratoire</b>
Cochennec Laureau Nathalie	ODE/UL/LERMPL
Bizzozero Lucie	ODE/UL/LERMPL
Blouin Antoine	ODE/UL/LERMPL
Bonneau Françoise	ODE/UL/LERMPL
Bouget Jean-François	ODE/UL/LERMPL
Collin Karine	ODE/UL/LERMPL
Fortune Mireille	ODE/UL/LERMPL
Gabellec Raoul	ODE/UL/LERMPL
Le Merrer Yoann	ODE/UL/LERMPL
Manach Soazig	ODE/UL/LERMPL
Mellor Alice	ODE/UL/LERMPL
Pierre-Duplessix Olivier	ODE/UL/LERMPL
Reboul Sébastien	ODE/UL/LERMPL
Retho Michaël	ODE/UL/LERMPL
Schapira Mathilde	ODE/UL/LERMPL
Schmitt Anne	ODE/UL/LERMPL
Souchu Philippe	ODE/UL/LERMPL
Stanisière Jean-Yves	ODE/UL/LERMPL
Tréguier Cathy	ODE/UL/LERMPL
<b>Validé par : René Robert, littoral.dir@ifremer.fr</b>	

## Table des matières

1. Présentation de l'Unité Littoral .....	8
1.1. Missions des LER dans le cadre de l'observation du littoral.....	8
2. Présentation du Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan Pays de Loire (LER/MPL) 8	
2.1. Moyens et effectifs .....	9
2.1.1. Evolution de l'effectif.....	9
2.1.2. Personnel permanent Ifremer.....	10
2.1.3. Personnel temporaire Ifremer en CDD (surcroît de travail/remplacement) .....	11
2.2. Equipements, moyens, matériels .....	11
2.3. Recettes LER/MPL.....	11
3. Résultats obtenus au cours de l'année 2017 .....	12
3.1. Faits marquants.....	12
3.2. Surveillance de l'environnement littoral .....	13
3.2.1. Observation et surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie des eaux littorales .....	13
3.2.1.1. Contexte hydro-climatique.....	14
3.2.1.2. Contexte physico-chimique .....	16
3.2.1.3. Biomasse phytoplanctonique .....	17
3.2.2. Stratégie d'observation du réseau REPHYTOX.....	18
3.3. Directive Cadre sur l'Eau (DCE).....	20
3.3.1. Programme de surveillance 2017.....	22
3.4. Réseau de surveillance de la contamination microbiologique (REMI).....	22
3.4.1. Etudes de zones.....	23
3.4.1.1. Etude sanitaire du « Golfe du Morbihan » .....	23
3.4.1.2. Etude sanitaire de « Sud Pont d'Yeu » .....	23
3.4.1.3. Etude sanitaire de la « Baie du Croisic » .....	24
3.4.1.4. Etude sanitaire de « Piriac Lanséria » .....	24
3.4.2. Estimation de la qualité des zones .....	25
3.4.3. Suivi des Toxi-infections Alimentaires Collectives (TIAC) .....	26
3.2.4. Réseau de Contamination Chimique dans les Coquillages (ROCCH) .....	26
3.2.5. Réseau de Surveillance des performances et mortalités des huîtres creuses (RESCO2) .....	26
3.2.6. Réseau de surveillance de la performance des moules bleues (MYTILOBS 2).....	29
3.2.7. Réseau de Pathologie des Mollusques (REPAMO).....	30
3.5. Expertise scientifique.....	31

3.5.1. Expertise Scientifique Collective (ESCO) Eutrophisation .....	31
3.6. Expertise technique.....	31
3.6.1. Atelier technique RESOMAR COAST HF .....	31
3.6.1.1. <i>Objectif de l'atelier</i> .....	32
3.6.1.2. <i>Atelier Pratique (5-7 avril, à Pénerf)</i> .....	32
3.6.1.3. <i>Journées Techniques (14-15 juin, au SHOM à Brest)</i> .....	32
3.6.2. Activités analytiques du laboratoire d'analyses des nutriments .....	33
3.7. Résultats des projets de recherche .....	34
3.7.1. Diagnostic Etendu de l'Eutrophisation dans le Mor Braz (DIETE : 2014-2017).....	34
3.7.1.1. <i>Rappel du contexte du projet</i> .....	34
3.7.1.2. <i>Questions scientifiques</i> .....	35
3.7.1.3. <i>Objectifs</i> .....	36
3.7.1.4. <i>Synthèse des données historiques</i> .....	36
3.7.1.5. <i>Recyclage benthique dans la baie de Vilaine en 2015-2016</i> .....	40
3.7.1.6. <i>Conclusions</i> .....	47
3.7.2. Dynamique des nutriments et du carbone le long du continuum Marais Poitevin Baie de l'Aiguillon (2016-2019).....	48
3.7.3. Etude des mortalités de moules bleues, <i>Mytilus edulis</i> (MORBLEU) .....	49
3.7.4. MONITOOL (2017-2020).....	49
3.7.5. Etude de détermination de BAF (facteur de bioaccumulation) sur les mollusques marins pour la détermination de l'état chimique dans le contexte de la DCE (2016-2019).....	49
4. Perspectives 2018 .....	49
4.1. EPICE : Efflorescences de <i>Lepidodinium chlorophorum</i> au large de la Loire et de la Vilaine .....	50
4.2. FOREVER : Flat Oyster Conservation program : Ecology, Inventory and Recovery of the last native oyster beds in Brittany .....	51
5. Annexes .....	53
Annexe 1 : Productions scientifique et technologique .....	53
Publications.....	53
Rapports.....	53
<i>Réseaux de surveillance et Observation</i> .....	53
<i>Projets de recherche</i> .....	55
Avis et expertises.....	55
Jeux de données .....	56
Communications dans des colloques et congrès, posters .....	57
<i>International</i> .....	57
<i>National</i> .....	57

Articles de vulgarisation .....	58
Annexe 2: Implication dans la formation (par la recherche) .....	59
Formations données .....	59
Accueil et encadrement de stagiaires .....	59
Accueil et encadrement d'apprentis en alternance .....	59

## Sigles

AFB : Agence Française pour la Biodiversité

AELB : Agence de l'Eau Loire Bretagne

COFRAC : COmité FRançais d'ACrréditation

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DCSMM : Directive Stratégie du Milieu Marin

DGAL : Direction Générale de l'Alimentation

HDR : Habilitation à Diriger des Recherches

IGA : Impact des Grands Aménagements

MORBLEU : MORtalité des moules BLEUes

MYTILOBS : Réseau d'OBServation des performances des moules, *MYTIlus edulis*

ODE : Département Océanographie et Dynamisme des Ecosystemes

REBENT : REseau BENThique

REMI : REseau de surveillance Microbiologique des coquillages exploités

REMORA : REseau MOllusques des Rendements Aquacoles de l'huître creuse sur les côtes françaises

REPAMO : REseau de PATHologie des MOllusques

REPHY : REseau d'observation du PHYtoplanton

REPHYTOX : REseau de surveillance des PHYcoTOXines

RESCO : RESeau d'observation des performances CONchylicoles

ROCCH : Réseau d'Observation de la Contamination CHimique

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

SOMLIT : Service d'Observation en Milieu LITtoral

TIAC : Toxi Infection Alimentaire Collective

## 1. Présentation de l'Unité Littoral

L'Unité **LITTORAL** est constituée de neuf **Laboratoires Environnement Ressources (LER)** répartis sur treize implantations différentes couvrant la totalité du littoral métropolitain.

Les principales missions de ces laboratoires portent sur :

- l'observation du littoral (réseaux de surveillance et diagnostics de la qualité du milieu marin),
- l'étude des écosystèmes littoraux et conchylicoles,
- les études régionales intégrées (interaction littoral – bassin versant) dans une vision nationale et européenne,
- le suivi de la qualité des produits de la conchyliculture dans le milieu naturel,
- la réalisation d'expertises,
- l'émission d'avis à l'attention des services déconcentrés de l'État,
- la valorisation et le transfert des connaissances.

### 1.1. Missions des LER dans le cadre de l'observation du littoral

- Les LER mettent en œuvre et optimisent, pour les zones géographiques de leur responsabilité, les réseaux nationaux d'observation du milieu (REPHY - ROCCH - DCE Benthos) et de la ressource (RESCO, MYTILOBS), et de surveillance sanitaire/zoosanitaire (REMI, REPHYTOX, REPAMO, IGA).
- Ils collaborent aux nouveaux besoins exprimés par la DCE et la DCSMM.
- Ils opèrent des réseaux régionaux contractualisés sur des zones jugées localement prioritaires.
- Ils complètent et renforcent les réseaux d'observation pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes littoraux, la validation et la construction de modèles.

Ces neuf laboratoires sont engagés dans une démarche Assurance Qualité au niveau de l'ensemble des réseaux existants, avec les procédures d'obtention des accréditations COFRAC conformes aux objectifs qualité de l'Ifremer.

L'observation et la surveillance sont basées sur un échantillonnage régulier et des analyses réalisées selon des protocoles qualité. Les données obtenues enrichissent la base Quadrigé<sup>2</sup> de l'Ifremer. La valorisation des données et le transfert des connaissances sont assurés par des bulletins de synthèse, l'alimentation de sites web et des publications scientifiques. Elles sont ainsi à la disposition de la communauté scientifique, des services de l'Etat, des collectivités territoriales, des pêcheurs et conchyliculteurs et du grand public.

Les LER sont les interlocuteurs privilégiés des gestionnaires des zones côtières pour les accompagner dans la définition de stratégies de reconquête de la qualité des eaux littorales, de soutien aux filières économiques, de protection et de valorisation des habitats et des ressources conchylicoles.

## 2. Présentation du Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan Pays de Loire (LER/MPL)

Le Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan Pays de Loire (LER/MPL) joue un rôle important dans le suivi et la surveillance des écosystèmes littoraux et des ressources exploitées de la Bretagne sud et des Pays de Loire sur les trois départements du Morbihan, de la Loire Atlantique et du Nord Vendée en appui aux politiques publiques locales et régionales. Il coordonne les activités de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en Loire Bretagne. Dans le cadre des réseaux d'observation et de surveillance (REPHY et DCE), les paramètres physico-chimiques, les concentrations de nutriments, la biomasse chlorophyllienne et le dénombrement et l'identification du phytoplancton sont suivis. Ces suivis sont

complétés par une station d'observation haute fréquence (MOLIT) qui enrichit le dispositif de surveillance de la baie de Vilaine. L'ensemble des données permet annuellement d'évaluer la qualité écologique et chimique des masses d'eaux du littoral Loire Bretagne. Plus particulièrement, il permet au LER/MPL d'étudier l'évolution de l'eutrophisation des eaux littorales morbihannaise et ligérienne, situées sous l'influence des deux grands bassins versants de la Loire et de la Vilaine.

Les activités de recherche et d'expertises du LER/MPL sont centrées sur les processus biogéochimiques d'eutrophisation (enrichissement du milieu littoral en nutriments) et leurs conséquences directes ou indirectes sur la qualité de l'écosystème (dynamique et diversité phytoplanctoniques, évolution des espèces phytoplanctoniques toxiques et nuisibles, dynamique des eaux colorées) et les espèces exploitées d'intérêt (moules et huîtres). Ces activités sont en lien avec les thématiques développées dans l'Unité DYNECO (Dynamique des Ecosystèmes Côtiers).

## 2.1. Moyens et effectifs

### 2.1.1. Evolution de l'effectif

Le laboratoire dispose de deux implantations, l'une à la station Ifremer de La Trinité sur Mer (Morbihan) et l'autre au Centre Atlantique de Nantes. Le nombre d'Equivalent Temps Plein (ETP) a été de 14,7 ETP en personnel permanent et de 1,9 ETP en personnel non permanent en 2017.

<b>Personnel permanent* (dont % en UMR)</b>	<b>15 (14,7 ETP)</b>
Scientifique et technologique	1(1)
- animation scientifique et technique (dont ayant une HDR)	2(1)
- chercheurs (dont ayant une HDR)	5
- ingénieurs recherche et développement	
Soutien à la recherche	
- ingénieur	6
- technicien	
- appui opérationnel	
Fonctions support	0,9
- gestionnaire	
- direction	
<b>Personnel non permanent* (dont % en UMR)</b>	<b>1,9*</b>
- CDD et (formation en alternance)	1,9
- Doctorants (dont étrangers)	
- Post-doctorants (dont étrangers)	
- Chercheurs étrangers invités	

\* présents fin 2017

Nom	Date de départ	Date d'arrivée	Raison du mouvement (retraite, MI, CSS, recrutement...)	Catégorie	Compétence(s)
Cathy TREGUIER	30/09/2017		MI	C	Ingénieur en environnement (microbiologie)
Guylaine LE MOUROUX	30/10/2017		Rupture de CDI	T	Assistante et gestionnaire du LER/MPL et de la station de la Trinité sur mer

### 2.1.2. Personnel permanent Ifremer

Etat au 31/12/2017

LER/MPL techniciens et cadres		
<b>2 techniciens</b>		1,9 ETP
<b>Site de La Trinité</b>	<b>Responsabilités, thématiques</b>	
Michaël RETHO	<i>Technicien hydrobiologiste - métrologue</i> Correspondant REPHY, Métrologie, Hydrologie	1
Soazig MANACH	<i>Technicienne environnement</i> Correspondante suppléant REPHY, Identification du phytoplancton	0,9
<b>4 cadres</b>		4 ETP
<b>Site de La Trinité</b>	<b>Responsabilités, thématiques</b>	
Nathalie COCHENNEC-LAUREAU	<i>Responsable du Laboratoire "Environnement Ressources Morbihan Pays de Loire »</i> <i>Responsable de la Station de la Trinité sur mer</i>	1
Jean-Yves STANISIERE	<i>Ingénieur conchyliculture</i> Modélisation	1
Raoul GABELLEC	<i>Ingénieur en environnement</i> Correspondant suppléant REMI, ROCCH, Métrologie	1
Jean-François BOUGET	<i>Ingénieur conchyliculture</i> Correspondant RESCO, MYTILOBS, Métrologie	1
<b>5 techniciens</b>		4,8 ETP
<b>Site de Nantes</b>	<b>Responsabilités, thématiques</b>	
Françoise BONNEAU	<i>Technicienne administrative</i> Assistante et Gestionnaire	0,9
Mireille FORTUNE	<i>Technicienne environnement</i> Correspondante REPHY et DCE	0,9
Karine COLLIN	<i>Technicienne chimiste - métrologue</i> Métrologie, Analyse des nutriments, Responsable Technique adjointe laboratoire accrédité, Correspondante suppléante REPHY	1
Anne SCHMITT	<i>Technicienne environnement</i> Correspondante suppléant REMI-ROCCH, Identification du phytoplancton	1

Olivier PIERRE DUPLESSIX	<i>Technicien chimiste et hydrobiologie</i> Analyse des nutriments et Responsable Qualité suppléant	1
<b>4 cadres Site de Nantes</b>	<b>Responsabilités, thématiques</b>	4 ETP
Philippe SOUCHU	<i>Chercheur/expert en biogéochimie et environnement (PhD et HDR)</i> Eutrophisation, Environnement côtier, Biogéochimie	1
Yoann LE MERRER	<i>Ingénieur en environnement</i> Responsable technique du laboratoire accrédité d'analyses des nutriments	1
Mathilde SCHAPIRA	<i>Chercheur/expert en écologie fonctionnelle des écosystèmes côtiers (PhD)</i> Ecologie du Phytoplancton	1
Lucie BIZZOZERO	<i>Ingénieur en environnement</i> Coordination DCE Loire Bretagne	1

### 2.1.3. Personnel temporaire Ifremer en CDD (surcroît de travail/remplacement)

Nom	Nature	Qualité	Période	Durée
Sébastien REBOUL	Surcroît d'activités REPHY, REMI, DCE	Technicien biologiste	19/06/2017 au 31/12/2017	6,5 mois
Antoine BLOUIN	Correspondant REMI 44 et 85 nord et Etudes de zones	Ingénieur en environnement	01/01/2017 au 31/03/2017	3 mois
Alice MELLOR	Assistante et gestionnaire LER/MPL la Trinité sur mer	Technicienne administrative	01/06/17 au 31/12/17	11 mois

## 2.2. Equipements, moyens, matériels

Un capteur à oxygène de référence pour la métrologie des sondes de mesure : 1 500 €

Un module Epi fluorescence pour compléter le microscope inversé : 14 042 €

## 2.3. Recettes LER/MPL

Recette AELB pour la DCE 2017 Loire-Bretagne: 50 % à la signature soit 268 400,83 €.

Recette AELB pour le projet DIETE : 64 362,55 €.

## 3. Résultats obtenus au cours de l'année 2017

### 3.1. Faits marquants

---

*ESCO : le LER/MPL a participé au travail d'expertise institutionnelle, régie par la charte nationale de l'expertise à laquelle le CNRS, l'INRA, l'Irstea, et l'Ifremer ont adhéré. La finalité était de fournir aux pouvoirs publics un socle de connaissances scientifiques certifiées sur lequel s'appuyer dans un processus de décision politique. L'ESCO Eutrophisation a réuni une quarantaine de scientifiques de compétences complémentaires sur différents écosystèmes aquatiques (eaux douces, estuaires, milieu marin côtier et hauturier) et sur différents aspects de l'eutrophisation : écologie, hydrologie, biogéochimie, biotechnologie, sciences sociales, droit et économie maritime. Cette expertise a donné lieu à un rapport, une synthèse et un colloque de restitution en septembre 2017. La version synthétique de l'ESCO fait l'objet d'un ouvrage aux éditions Quae (sous presse).*

*Organisation de « l'atelier Phyto Grand Ouest ». La quatrième édition de cet atelier s'est déroulée au LER/MPL en janvier 2017. Les analystes du phytoplancton marin des quatre LER bretons et normand se sont réunis pour échanger sur la reconnaissance, l'identification des espèces planctoniques et l'harmonisation des pratiques de saisies dans la base de données nationale Quadrigé2.*

*Organisation de « l'atelier Technique RESOMAR-COAST-HF » à La Trinité-sur-Mer. Cet atelier a été organisé par les partenaires Ifremer/CNRS/SHOM/SOMLIT, sous l'égide du RESOMAR (Réseau des Stations et Observatoires Marins et l'IR ILICO). L'atelier pratique a consisté en un recueil de données de fluorescence in vivo et in situ par différents instruments. Ils ont été simultanément immergés aux abords de la station de mesure MOLIT (Nord Dumet en baie de Vilaine) permettant de réaliser une comparaison des réponses à ces capteurs. Des journées techniques (14-15 juin au SHOM à Brest) ont permis à une trentaine d'opérateurs de mesures HF d'échanger sur les pratiques menées autour de la mesure de fluorescence. Un état des lieux des instruments déployés sur les stations automatisées du réseau Coast-HF a été réalisé et les atouts et inconvénients ont pu être dégagés au regard des technologies émergentes et complémentaires.*

*Transfert des réseaux sanitaires REMI et REPHYTOX : le LER/MPL a participé à 18 réunions avec les DDTM et les DDPP des départements du Morbihan, de la Loire Atlantique et de la Vendée pour accompagner le transfert des prélèvements de coquillages et analyses de ces deux réseaux de surveillance sanitaire. L'ensemble des documents nécessaires à la bonne réalisation de ce transfert (stratégie d'échantillonnage des lieux de surveillance, coordonnées des sites, cartographie, logigramme décisionnel...) ont été produits et envoyés aux DDi. Des formations théoriques et pratiques ont également été effectuées au cours de cette année 2017.*

---

## 3.2. Surveillance de l'environnement littoral

En 2016, le Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY) a été divisé en deux réseaux distincts pour séparer les deux composantes environnementale et sanitaire :

- REPHY : « nouveau » réseau environnemental « Réseau d'Observation et de Surveillance du Phytoplancton et de l'Hydrologie dans les eaux littorales »,
- REPHYTOX, réseau sanitaire « Réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins ».

Ces deux réseaux restent associés puisque la surveillance du phytoplancton toxique est utilisée pour le déclenchement des analyses de toxines et pour une meilleure compréhension des épisodes de contamination des organismes marins.

### 3.2.1. Observation et surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie des eaux littorales

Le linéaire côtier du LER/MPL (environ 1000 km) comprend quatre stations d'observation REPHY qui sont destinées au suivi en surface des paramètres physico-chimiques, des concentrations de nutriments, de la biomasse chlorophyllienne (Chl *a*) et du dénombrement et l'identification du phytoplancton. Elles sont représentatives de la qualité des masses d'eau de ce littoral : « Men er Roué », « Ouest Loscolo », « Pointe saint Gildas large » et « Bois de la Chaise » (Figure 1).

Dans le cadre de la DCE, dix masses d'eaux côtières font également l'objet d'un suivi hydrologique mensuel.

Enfin dans le cadre du réseau de mesure haute fréquence HOSEA (High frequency Observation network for the environment in coastal SEAs), la station de mesure MOLIT est déployée à « Nord Dumet » au cœur de la baie de Vilaine particulièrement sensible aux phénomènes d'eutrophisation.

Cette station est équipée d'une sonde qui mesure les paramètres physico-chimiques et la fluorescence en surface et au fond avec une fréquence horaire. En 2017, un capteur permettant de mesurer le rayonnement photosynthétique actif (i.e. PAR ; Photosynthetic Active Radiations) a été ajouté ainsi qu'une station météorologique permettant d'obtenir des données sur la vitesse et la direction du vent. L'acquisition des données de vent a été interrompue début juin suite à des problèmes techniques avec la station météorologique. Les données sont en cours de validation.

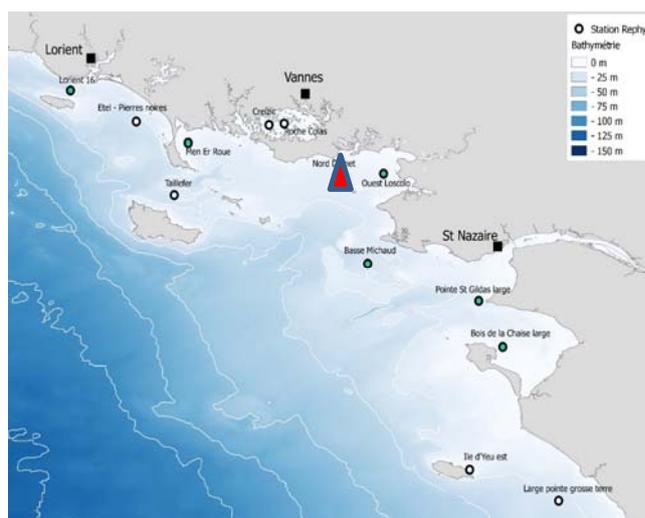


Figure 1. Stations de suivi hydrologique le long du linéaire côtier du Morbihan, des Pays de Loire et du Nord Vendée (environ 1000 km de linéaire côtier). Les 6 points verts correspondent aux stations retenues pour l'analyse des données présentée dans ce rapport, du nord au sud de ce secteur, « Lorient 16 », « Men er Roué », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud », « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise large ». Le triangle rouge correspond à la station de mesures haute fréquence MOLIT.

### 3.2.1.1. Contexte hydro-climatique

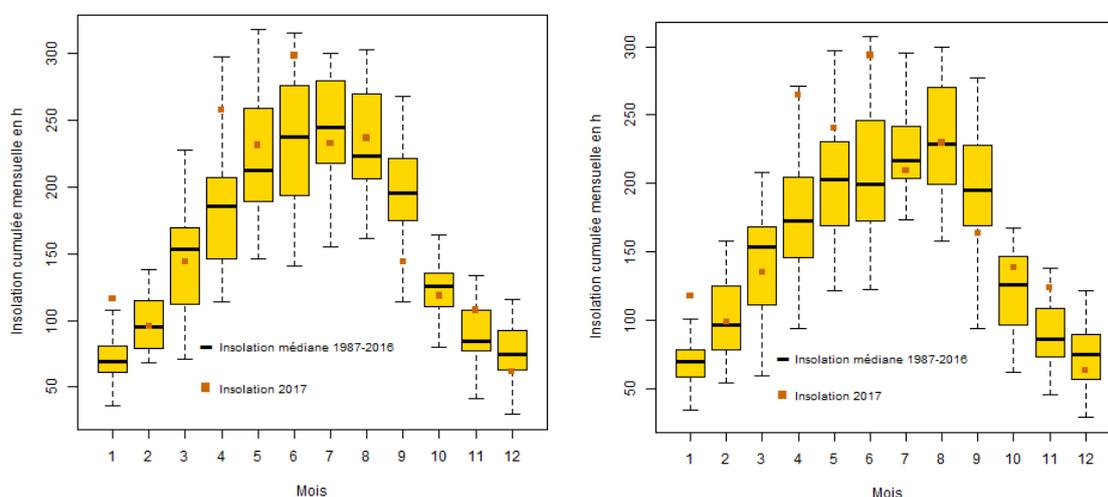


Figure 2. Insolation à Vannes (à gauche) et à Nantes Bouguenais (à droite) en 2017 (carré orange) en comparaison avec la distribution des valeurs sur la période 1987-2016. Une boîte représente 50 % des valeurs. Le trait horizontal de la boîte représente la médiane, et les moustaches correspondent aux valeurs exceptionnelles (données Météo France).

En 2017, l'ensoleillement avait des valeurs souvent élevées par rapport à celles observées depuis 1987 (janvier, avril, mai, juin et novembre, Figure 2). Celui du mois de janvier 2017 a été exceptionnel et constitue désormais la plus forte valeur enregistrée depuis 1987 sur la zone. En revanche, le mois de septembre 2017 a présenté un déficit d'ensoleillement (Figure 2).

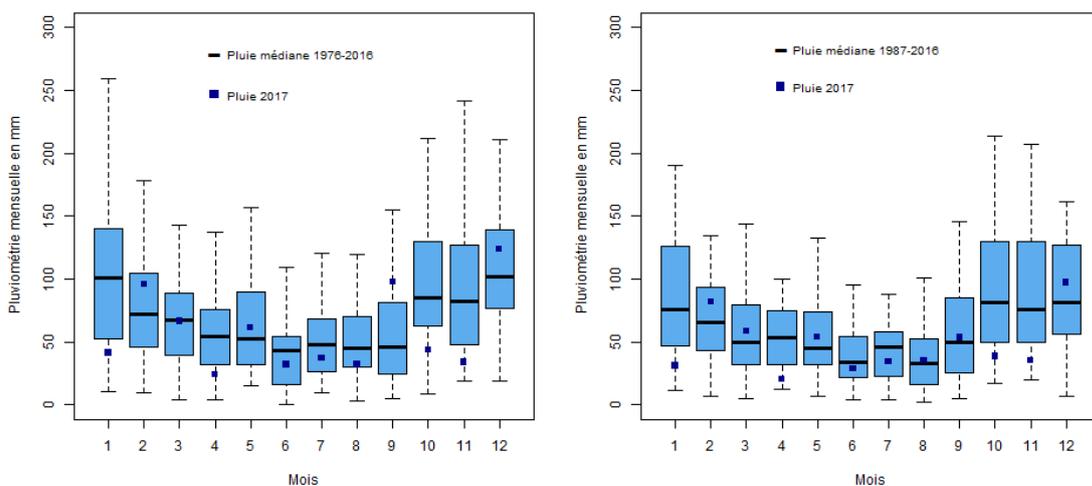


Figure 3. Cumuls des précipitations mensuelles à Vannes (à gauche) et à Saint Nazaire (à droite). Le trait horizontal de la boîte à moustaches représente le cumul médian, pour les années 1976 à 2016 pour Vannes et pour les années 1987 à 2016 pour Saint Nazaire (Données Météo France).

2017 est une année globalement sèche avec les mois de janvier, avril, août, octobre et novembre qui se sont caractérisés par une pluviométrie en dessous des médianes observées depuis 1976 à Vannes et 1987 à Saint Nazaire (Figure 3).

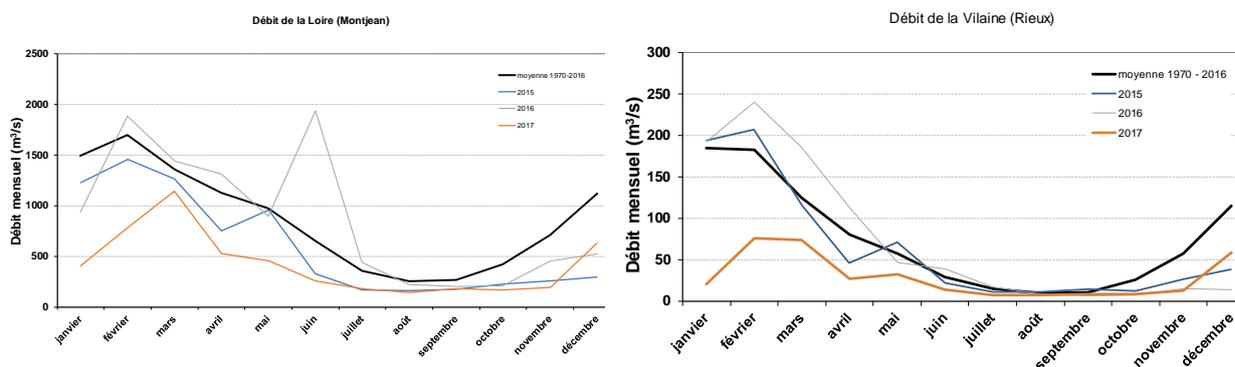


Figure 4. Moyennes mensuelles des débits de la Loire (à gauche) et de la Vilaine (à droite) comparées aux moyennes de la période 1970-2016 et aux années 2015 et 2016.

L'année 2017 se caractérise par des débits de la Loire et de la Vilaine inférieurs aux moyennes interannuelles tout au long de l'année. Ils ont été exceptionnellement faibles en janvier, avec des valeurs trois fois plus faibles en Loire ( $403 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et sept fois plus faibles en Vilaine ( $20,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) que les moyennes interannuelles. Il faut remonter aux années 1976 et 1989 pour observer des valeurs de débits aussi basses pour la Vilaine (respectivement  $15,2$  et  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et aux années 1990 et 1992 pour la Loire ( $333$  et  $344 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Les débits de 2017 augmentent en février et atteignent leur valeur maximale au mois de mars, donc plus tardivement que ce qui est généralement observé (février). Si une augmentation des débits s'est produite en automne 2017, conformément à ce qui est généralement mesuré sur ces deux fleuves, elle a été une nouvelle fois plus tardive (novembre). La fin de l'été et le début de l'automne 2017 ont aussi été marqués par des débits exceptionnellement bas pour cette saison pour les deux bassins versants.

### 3.2.1.2. Contexte physico-chimique

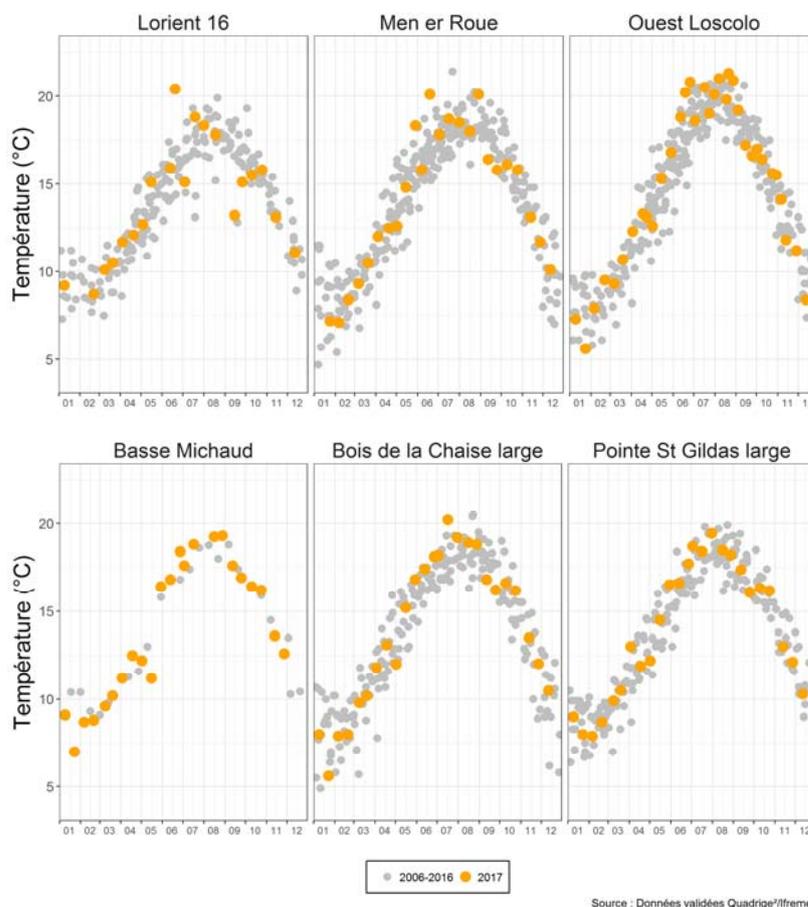


Figure 5. Evolution de la température de l'eau sub-surface des masses d'eaux littorales suivies par le LER/MPL en 2017 : points oranges (2017) en comparaison avec les valeurs des années 2006 à 2016, points gris.

La température de l'eau est assez comparable aux valeurs observées entre 2006 et 2016 (Figure 5). Le mois de janvier 2017 a des valeurs plus basses que les années précédentes, notamment à « Basse Michaud » et à « Ouest Loscolo » où les températures relevées étaient d'environ 6°C. En revanche, le mois de juin a été marqué par des températures souvent supérieures aux valeurs précédemment observées pour les stations du Morbihan (« Lorient 16 », « Men er Roué » et « Ouest Loscolo »). De la même manière, des températures plus élevées que celles généralement observées, ont été mesurées en juillet sur la station « Bois de la chaise ».

Ces températures estivales relativement élevées en surface sont à mettre en relation avec le fort taux d'ensoleillement observé d'avril à juillet sur l'ensemble de la zone. Les températures observées à la station « Ouest Loscolo » sont les plus chaudes du littoral, avec des valeurs au dessus de 20°C en été, probablement dues à un taux de renouvellement de l'eau plus faible que pour les autres stations.

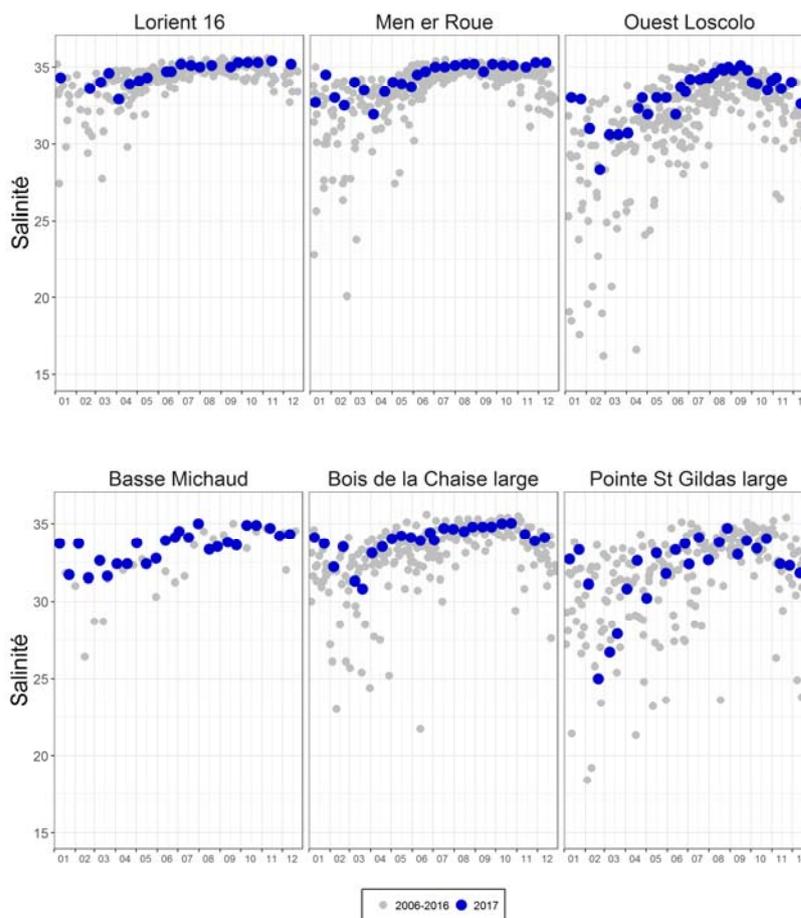


Figure 6. Evolution de la salinité de l'eau sub-surface des masses d'eaux littorales suivies par le LER/MPL en 2017 : points bleus (2017) en comparaison avec les valeurs des années 2006 à 2016, points gris.

La salinité relevée tout au long de l'année est proche des valeurs hautes observées sur la période 2006-2016. Cette salinité relativement élevée confirme les apports faibles d'eau douce par les fleuves et la pluviométrie assez basse sur le territoire en 2017 (Figure 6).

Une dessalure assez nette ( $< 30$ ) pour les stations de « Ouest Loscolo » et « Pointe Saint Gildas Large » a été observée respectivement aux mois de février et février-mars 2017. Ces stations étant toutes deux proches des deux estuaires, elles sont plus fortement impactées par les débits des fleuves que les autres stations plus éloignées, en particulier lorsque les débits sont faibles, tels que cela fut le cas en 2017.

### 3.2.1.3. Biomasse phytoplanctonique

Les mesures de chlorophylle *a* (biomasse phytoplanctonique) indiquent l'apparition d'efflorescences phytoplanctoniques à partir des mois de mai-juin 2017 sur les six stations suivies. Des pics tardifs ont été également mesurés d'août à septembre sur les deux stations « Ouest Loscolo » et « Pointe Saint Gildas Large ». Ces pics sont restés toutefois inférieurs à la valeur de 10  $\mu\text{g/L}$  (Figure 7).

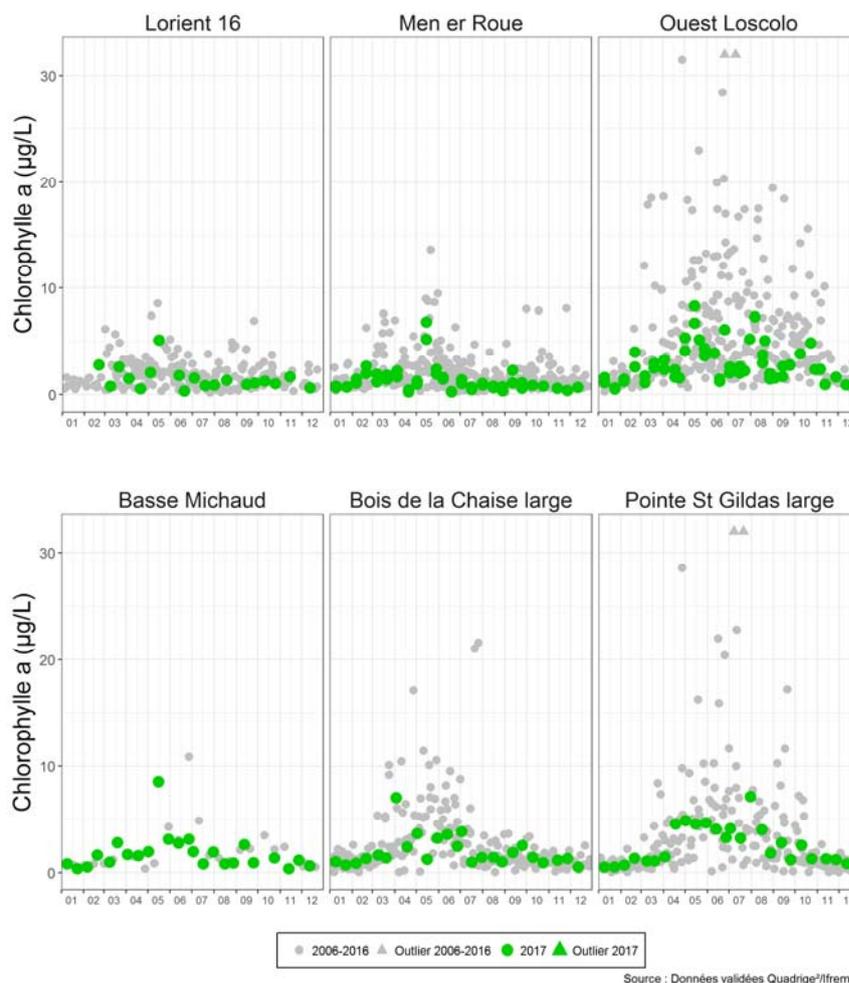


Figure 7. Evolution de la concentration en chlorophylle a des masses d'eaux littorales suivie par le LER/MPL en 2017 : points verts (2017) en comparaison avec les valeurs des années 2006 à 2016, points gris.

### 3.2.2. Stratégie d'observation du réseau REPHYTOX

Dans le cadre du réseau **REPHYTOX**, 17 stations d'alerte « eaux » et 47 points de prélèvements de coquillages sont suivis par le LER/MPL.

En 2017, le LER/MPL a réalisé 525 lectures de flores phytoplanctoniques dont 100 identifications de flores totales (toutes espèces identifiables au microscope inversé).

- 50 échantillons de coquillages issus de gisements au large ont fait l'objet d'analyses lipophiles ASP, et de tests PSP.
- 30 analyses de toxines ASP ont été effectuées dans le cadre d'alerte *Pseudo-Nitzschia*.
- 170 analyses de toxines lipophiles ont été réalisées dans le cadre des périodes à risques et 170 dans le cadre d'alerte à *Dinophysis* en dehors de ces périodes (137 dans le Morbihan et 33 en Loire Atlantique).

*Dinophysis* est apparu début mai sur les stations d'observation suivies par le LER/MPL à des concentrations assez faibles de début mai à fin juin. Un seul dépassement de seuil sanitaire en toxines lipophiles a été enregistré sur les moules de filière de l'Ile Dumet la première semaine de juin.

Les abondances en *Dinophysis* ont ensuite augmenté à partir de début juillet en baie de Vilaine avec une abondance maximale de 26 600 cell.L<sup>-1</sup> observée en baie de Pont Mahé. Cet épisode s'est accompagné d'une concentration en toxines lipophiles au-dessus du seuil sanitaire mi-juillet sur les quatre secteurs de moules de bouchots de la côte de Pénéstin et sur les moules de filière de l'île Dumet. Les fermetures administratives ont duré entre deux et cinq semaines en fonction des secteurs mytilicoles.

L'analyse des toxines lipophiles des tellines du gisement de Penthièvre dans le Morbihan a révélé également une concentration supérieure au seuil sanitaire début septembre mais l'épisode toxique n'a duré qu'une semaine.

Les abondances en *Dinophysis* ont augmenté à nouveau début octobre notamment en baie de Vilaine. Les premiers résultats en toxines lipophiles supérieurs au seuil sanitaire ont été enregistrés mi-octobre sur les moules de filières de l'île Dumet et sur les deux secteurs mytilicoles de l'estuaire de Vilaine. Tous les secteurs mytilicoles de la baie de Vilaine ont ensuite été touchés par des fermetures administratives jusqu'à mi-novembre. La concentration a atteint 1400 µg.kg<sup>-1</sup> de chair totale d'AO+DTXs+PTX dans les moules de filière de l'île Dumet fin octobre et il a fallu attendre début décembre pour obtenir le premier résultat en-dessous du seuil sanitaire sur ce secteur.

Cet épisode à *Dinophysis* a été également à l'origine de la toxicité des moules de Groix et des coquilles St Jacques de la baie de Quiberon pendant une semaine. Enfin, la pêche du gisement de coquilles St Jacques du secteur Golfe-La Teignouse a été également fermée de fin octobre à mi-novembre.

Un bloom de *Pseudo-Nitzschia* sp. a été constaté en avril sur l'ensemble des stations suivies par le LER/MPL, avec une abondance maximale de 500 000 cell. L<sup>-1</sup> observée à Ouest Loscolo en baie de Vilaine. Cette efflorescence n'a pas eu de conséquence sur la concentration des toxines ASP dans les coquillages.

Un second bloom de *Pseudo-Nitzschia* sp. a été observé mi-juin sur le secteur de Lorient à la rivière d'Etel (ouest du Morbihan). Les analyses de toxines ASP ont montré l'absence de toxines ASP dans les coquillages.

Le seuil d'alerte dans l'eau en *Alexandrium* n'a pas été dépassé en 2017.

---

*L'ensemble des données sur la quantification des espèces phytoplanctoniques toxiques et les niveaux de concentration dans les coquillages font l'objet de bulletins hebdomadaires disponibles sous <https://envlit-alerte.ifremer>*

---

### 3.3. Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Le LER/MPL assure la coordination de la mise en œuvre de la DCE sur le littoral de Loire Bretagne.

Les derniers résultats validés sont ceux de 2015 et sont présentés dans le rapport bilan DCE Loire Bretagne<sup>1</sup> ( Figure 8, Tableau 1 ). Le bilan 2015 basé sur les critères DCE 2000/60/CE est réalisé à partir des derniers résultats validés. Il ne se substitue pas à l'état de lieux officiel des masses d'eau disponibles sur le site de l'agence de l'eau Loire Bretagne, réactualisé en 2013.

Ils montrent sur les départements du Morbihan, de la Loire Atlantique et de la Vendée nord :

- deux masses d'eau en mauvaise qualité : Baie de Vilaine (côte) et la Loire,
- une masse d'eau en qualité médiocre : Nord Sable d'Olonne,
- sept en qualité moyenne, Le Blavet, Ria d'Étel, Rivière de Vannes, Golfe du Morbihan, Golfe du Morbihan (Large) et la Baie de Bourgneuf,
- treize en bonne qualité, le Scorff, Lorient Groix, Baie d'Étel, Belle Ile, Baie de Quiberon, Rivière de Crach, Rivière d'Auray, Rivière de Noyal, La Vilaine, la Baie de Vilaine (Large), L'Ile d'Yeu, la Barre de Monts,
- deux en très bonne qualité, Groix large et la Rivière de Pénerf.

Les motifs de déclassement sont précisés dans le Tableau 1.

Les évaluations de la qualité 2016 et 2017 permettront de mettre à jour, en 2019, l'état des lieux officiel des masses d'eau. Le guide « **Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales en vue de la mise à jour de l'Etat des lieux 2019** » précisant les règles de mise à jour a été validé en février 2018.

L'évaluation de la qualité intégrant les données 2016 est donc en cours de validation par les experts thématiques et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. Compte tenu des délais d'analyse des échantillons et de traitement des données, l'évaluation de la qualité intégrant les données 2017 sera finalisée au deuxième semestre de l'année 2018.

---

<sup>1</sup> Bizzozero Lucie (2017). **Directive cadre sur l'eau. Bassin Loire-Bretagne. Contrôle de surveillance dans les masses d'eau côtière et de transition. Actions menées par Ifremer en 2015.** RST/LER/MPL/17.12.

<http://archimer.ifremer.fr/doc/00392/50341/>

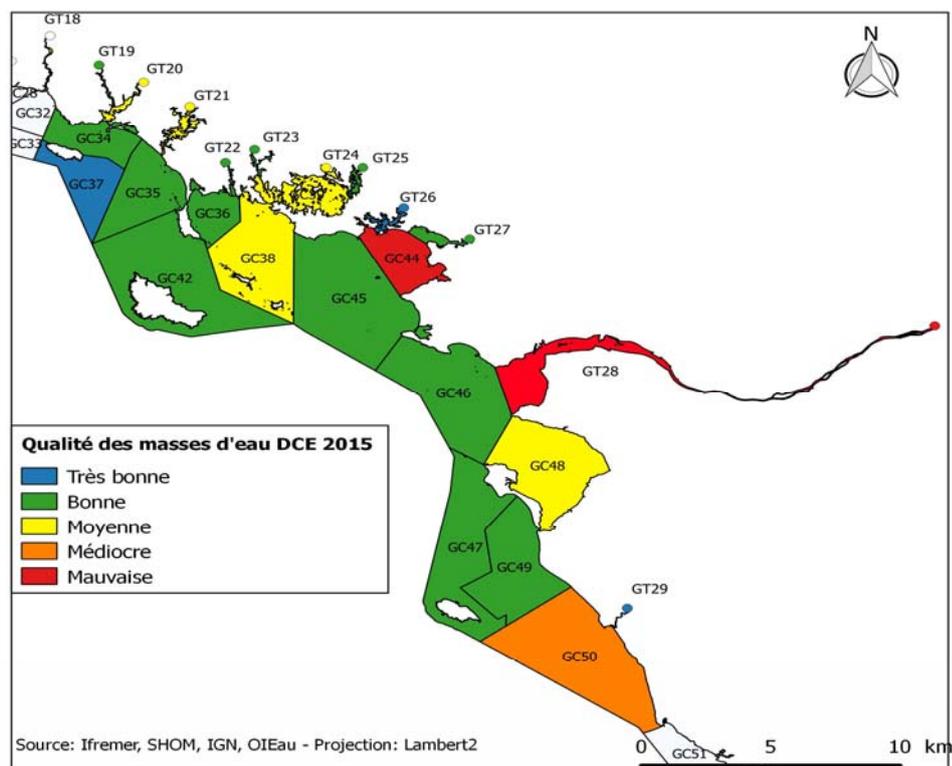


Figure 8. Bilan de la qualité des masses d'eau basé sur les résultats de 2015 sur le secteur du LER/MPL – cette évaluation ne tient pas compte de la qualité hydromorphologique des masse d'eau.

Tableau 1. Masses d'eau DCE du secteur LER/MPL, ayant un état moyen, médiocre ou mauvais

Masses d'eau	Qualité	Paramètres déclassants	
FRGC38	Golfe du Morbihan (large)	moyenne	macroalgues zone subtidale (moyen)
FRGC39	Golfe du Morbihan	moyenne	blooms macroalgues opportunistes (moyen) angiosperme (moyen)
FRGC44	Baie de Vilaine (côte)	mauvaise	macroalgues zone subtidale (mauvais) phytoplancton (moyen)
FRGC48	Baie de Bourgneuf	moyenne	macroalgues zone intertidale (moyen)
FRGC50	Nord Sables d'Olonne	médiocre	macroalgue zone subtidale (médiocre)
FRGT18	La Laïta	moyenne	poisson (moyen)
FRGT20	Le Blavet	moyenne	blooms macroalgues opportunistes (moyen)
FRGT21	Ria d'Etel	moyenne	blooms macroalgues opportunistes (moyen)
FRGT24	Rivière de Vannes	moyenne	blooms macroalgues opportunistes (moyen)
FRGT28	La Loire	mauvaise	chimie (mauvais) <sup>2</sup> poisson (moyen)

<sup>2</sup> Le classement de la Loire en mauvais état est lié au dépassement de la norme de qualité environnementale (concentration moyenne annuelle) de deux HAP (Benzo(g,h,i)perylène et Indeno(1,2,3-cd)pyrène) suite à l'analyse dans l'eau des 41 substances chimiques DCE entre mai 2008 et mai 2009. L'analyse dans l'eau n'est pas une matrice pertinente pour toutes les substances. Ainsi, l'analyse des substances chimiques DCE sera reprogrammée pendant le plan de gestion 2016-2021 lorsque la liste des molécules à suivre, les stratégies d'échantillonnage, les méthodes analytiques, les matrices et les NQE seront précisées.

### 3.3.1. Programme de surveillance 2017

Le **programme de surveillance 2017 du bassin Loire Bretagne** a été mis en œuvre par les quatre LERs concernés (LER/MPL, LER/BO, LER/BN et LER/PC), par les partenaires (DDTMs, bureaux d'études, IUEM, Station biologique de Roscoff, LIENs) conformément au programme de travail arrêté dans le cadre de la convention annuelle liant l'Ifremer et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne en 2017.

**Pour l'hydrologie et le phytoplancton**, l'ensemble des points prévus au réseau de contrôle de surveillance (RCS) a été échantillonné dans 42 masses d'eaux (23 Masses d'Eaux Côtières -MEC et 19 Masses d'Eaux de Transition –MET).

Le point « Basse Michaud », dont le suivi a débuté en 2016, est suivi pour la deuxième année consécutive. Ce suivi vise à compléter le suivi actuel qui est réalisé à partir du point « Pointe de Saint Gildas Large » situé près de la côte pour le suivi de la masse d'eau Loire (large) (GC46). De la même manière le point « Roche Colas » a été suivi pour compléter le suivi réalisé sur le point « Creizic » dans le Golfe du Morbihan (GC39). Une analyse des données comparant les résultats des points « Basse Michaud » et « Point Saint-Gildas » ainsi que « Creizic » et « Roche Colas » sera effectuée, en 2019, pour définir la stratégie à retenir pour ces deux masses d'eau.

Les **analyses chimiques** des 41 substances DCE sur l'eau, les coquillages et le **sédiment** ont été réalisées en 2008 et 2009. Les analyses de la liste complète des molécules de l'état chimique de la DCE dans les coquillages interviendront lorsque les normes de qualité environnementale (NQE) auront été déterminées par Aquaref.

Les campagnes de prélèvements et analyses de sédiments ont été réalisées en 2014 (zones « sud ») et 2015 (zones « nord ») et de ce fait aucune campagne de sédiment n'a donc été réalisée en 2017 (programmation tous les six ans).

Comme chaque année, les paramètres OSPAR ont été analysés dans les coquillages de 23 masses d'eau (14 MEC et 9 MET). La **surveillance Imposex** (effet biologique du TBT) a été effectuée sur huit masses d'eaux en 2016.

Les **invertébrés de substrats meubles** ont été étudiés sur les huit sites d'appui du RCS uniquement, ce qui concerne huit masses d'eaux.

En 2017, la coordination du **suivi macro algues** a été confiée au MNHN (convention MNHN-AELB) et n'est plus inclus dans la convention de surveillance Ifremer – AELB.

Les **herbiers de zostères** sont étudiés chaque année. Neuf masses d'eau côtière sont concernées par l'espèce *Zostera marina*. Quatre masses d'eau côtière et deux masses d'eau de transition sont concernées par l'espèce *Z. noltii*.

Le LER/MPL a participé à une consultation en ligne proposée par le SDAGE et le SAGE en Loire Bretagne pour donner un avis sur le projet de plan d'adaptation au changement climatique du bassin Loire Bretagne.

## 3.4. Réseau de surveillance de la contamination microbiologique (REMI)

Le LER/MPL a géré, au total en 2017, 98 stations de prélèvements, 51 dans le Morbihan, 33 en Loire Atlantique et 14 en Nord Vendée et a réalisé quatre études sanitaires de zone, Golfe du Morbihan, Saint Jean de Mont/Saint Hilaire (Sud Pont Yeu), Trait du Croisic et Piriac Lanséria.

### 3.4.1. Etudes de zones

#### 3.4.1.1. Etude sanitaire du « Golfe du Morbihan »

Cette étude de zone (56.13.1) a été conduite pour le groupe des coquillages filtreurs (groupe 3) et avait pour objectif de vérifier l'homogénéité de la contamination microbiologique de la zone et si nécessaire de proposer un redécoupage ainsi que la définition de futurs points de suivi (Figure 9). L'étude des informations disponibles a permis le recensement des sources de contamination potentielles et la définition d'une stratégie d'échantillonnage. Six points de suivis ont été positionnés dans des secteurs jugés sensibles aux sources de contamination et représentatifs des secteurs de production conchylicole. Des prélèvements ont été réalisés selon une fréquence bimestrielle de janvier à décembre 2016. Les concentrations mesurées pour les trois métaux (cadmium, mercure et plomb) ont été inférieures aux critères réglementaires et sont compatibles avec un classement de la zone en catégorie A, B ou C. Les résultats des analyses microbiologiques ont montré une qualité compatible avec un classement en catégorie A. Toutefois, les données ont été acquises au cours d'une année exceptionnellement sèche, ce qui n'a pas permis d'observer de réels événements pluvieux et potentiellement contaminants (Retho *et al.*, 2017). A l'issue de l'étude, l'Ifremer a proposé un redécoupage en cinq zones, chacune évaluée de qualité A selon les critères de l'indicateur bactérien *E. coli*.

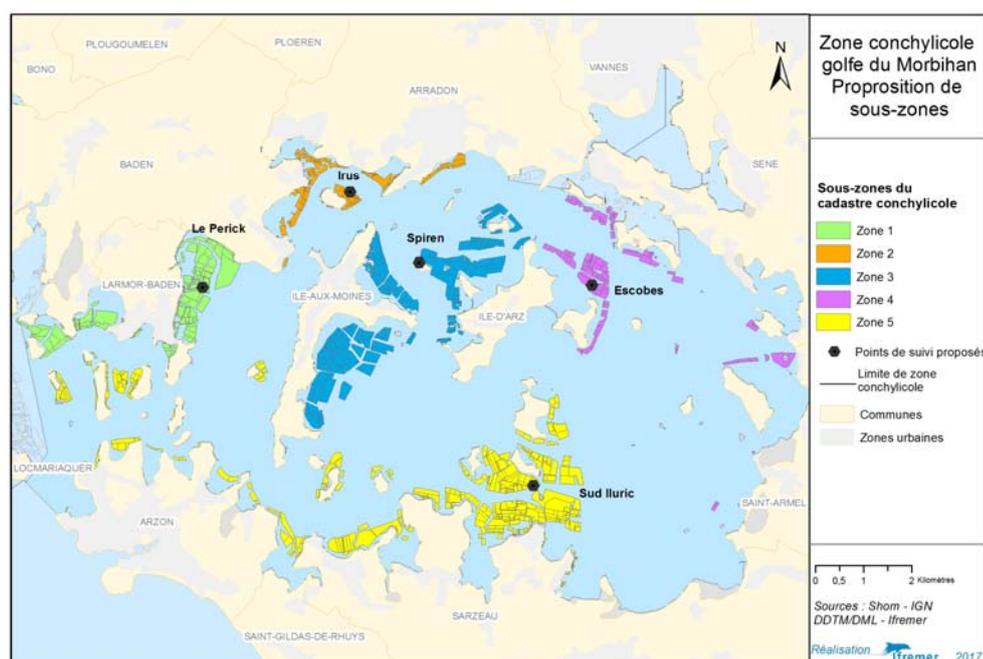


Figure 9. Carte de production des sous-zones de production du Golfe du Morbihan et des points de suivis associés.

#### Rapport disponible sous Archimer

Treguier Cathy (2017). Etude sanitaire du golfe du Morbihan. Zone N° 56.13.1. Département du Morbihan. RST/LER-MPL/17-05. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00375/48590/>

#### 3.4.1.2. Etude sanitaire de « Sud Pont d'Yeu »

Cette étude de zone (85.05) conduite pour le groupe 2 des coquillages fouisseurs avait pour objectifs de déterminer la qualité de cette zone et de définir la stratégie d'échantillonnage à appliquer dans le cadre de

la surveillance REMI. Le bassin versant étant restreint à la plage, les principales sources de contamination potentielles sont diffuses et liées aux activités à proximité immédiate de la plage. Les trois points de prélèvements ont été positionnés en fonction de la répartition spatiale du stock de tellines, *Donax trunculus*, et des sources de contamination potentielles. Les résultats des analyses indiquent une bonne qualité sur les trois points, qui sont estimés de qualité A. L’Ifremer a proposé le découpage de cette zone en deux points qui seront intégrés au dispositif REMI.

---

**Rapport disponible sous Archimer**

Blouin Antoine, Cochennec-Laureau Nathalie (2017). *Etude de la qualité microbiologique et chimique du gisement de tellines de St Jean de Monts et St Hilaire de Riez. 85.05 « Sud Pont d’Yeu ».* Département de Vendée. RST/LER-MPL/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00374/48553/>

---

### 3.4.1.3. Etude sanitaire de la « Baie du Croisic »

Cette étude de zone (44.06) a été conduite pour le groupe 3 des coquillages filtreurs. Elle avait pour objectif de mettre à jour la stratégie d’échantillonnage du REMI en identifiant le ou les points sensibles à retenir dans le cadre de la surveillance régulière et en proposant, si nécessaire, une sectorisation en termes de classement. Les principales sources de contamination identifiées sur la base des informations disponibles sont essentiellement d’origine humaine avec de nombreux émissaires d’eaux pluviales au niveau du port de plaisance. Au regard des données recueillies, l’acquisition de données et de connaissances complémentaires sont nécessaires afin de mieux caractériser la contamination microbiologique de la zone : évaluation des flux et hiérarchisation des apports, évaluation du devenir en mer des apports et hiérarchisation des impacts sur les zones conchylicoles. A l’issue de cette étude, l’Ifremer a proposé une sectorisation en trois sous-secteurs.

---

**Rapport disponible sous Archimer**

Blouin Antoine (2017). *Etude sanitaire de la baie du Croisic (zone 44.06).* Département de la Loire-Atlantique. RST/LER-MPL/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00372/48328/>

---

### 3.4.1.4. Etude sanitaire de « Piriac Lanséria »

Cette étude de zone 44.04.03 « Côte Piriac Lanséria » a été conduite pour le groupe des coquillages filtreurs (groupe 3). Les objectifs étaient de déterminer la qualité de cette zone et de définir le point le plus pertinent pour la surveillance régulière (REMI). Les principales sources de contamination identifiées sur la base des informations recueillies sont d’origine humaine avec de nombreux émissaires d’eaux pluviales à proximité des zones de pêche. Deux points de prélèvements ont été suivis durant l’année 2017 et les résultats montrent qu’ils sont de qualité B. Le suivi a montré une homogénéité des résultats entre les deux points et une similarité des facteurs de contaminations identifiés. L’Ifremer a donc proposé qu’un point soit suivi dans le cadre de la surveillance régulière.

---

**Rapport disponible sous Archimer**

Blouin Antoine (2017). *Etude Sanitaire de la zone 44.04.03 Piriac - Lanséria. Coquillages non fousisseurs (Groupe 3).* Département de la Loire – Atlantique. RST/LER/MPL/17.02. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00372/48325/>

---

### 3.4.2. Estimation de la qualité des zones

**Pour le département du Morbihan**, un arrêté préfectoral du 29 septembre 2017 a porté révision du classement sanitaire des zones de production de coquillages. Les résultats basés sur les années 2014 à 2016 montrent une amélioration notable de la qualité microbiologique des zones de production conchylicole :

- 14 zones de production sur 34 (41 % des zones), pour les coquillages filtreurs (Groupe 3 : huîtres, moules) passent de qualité B (nécessitant une purification des coquillages avant mise en vente) en qualité A (qualité optimale permettant la vente directe des produits), auxquelles s'ajoutent les 5 nouvelles zones de suivis du Golfe du Morbihan suite aux résultats de l'étude sanitaire de zone (Treguier, 2017),
- 3 zones de production sur 20 (15 % des zones, Le Blavet, rivière d'Auray et rivière de Pénerf) pour les coquillages fouisseurs (Groupe 2 : palourdes, coques, tellines) passent de qualité C (coquillages impropres à la consommation) à qualité B.

Huit alertes de niveau 1 ont été enregistrées réparties de juin à décembre 2017 sur six zones classées A et une zone classée B. Aucune de ces huit alertes n'a donné lieu à une confirmation d'alerte.

Les résultats de l'année 2017 sont globalement satisfaisants dans le Morbihan et semblent confirmer la tendance à une amélioration de la qualité microbiologique des zones de production.

---

*Rapport disponible sous Archimer*

*Treguier Cathy (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole - Département du Morbihan - Edition 2017. RST/LER/MPL/17/11. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00386/49704/>*

---

**Pour le département de la Loire Atlantique**, l'arrêté du 10 juillet 2017, portant sur la révision du classement sanitaire des zones de production, ne présente pas de modification de qualité. Trois nouvelles zones de production ont été définies :

- la zone de production « Piriac Lanséria » a été classée en B suite à l'étude de zone réalisée,
- la zone du secteur du Croisic pour le classement du groupe des non fouisseurs (groupe 3) a engendré un redécoupage en deux zones distinctes, « Nord Traict du Croisic » (classé A) et « Sud Traict du Croisic » (Classé B).

Suite à une demande d'avis (LER/MPL/17.83) le point de prélèvement « Villès Martin » a été activé pour représenter la zone à éclipse « Estuaire de la Loire » en remplacement du point « Banc de Mindin ».

---

*Rapport disponible sous Archimer*

*Blouin Antoine, Treguier Cathy, Cochennec-Laureau Nathalie (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Département : Loire-Atlantique. Edition 2017. RST/LER/MPL/17.05. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00389/50037/>*

---

**Pour le département de la Vendée Nord**, l'arrêté de classement des zones est paru le 22 décembre 2017.

Treize alertes ont été déclenchées sur ces départements (44 et 85 nord), huit de façon préventive principalement dues à des défauts de poste de relevage et cinq de niveau 1.

---

*Rapport disponible sous Archimer*

*Morin Dimitri, Treguier Cathy, Blouin Antoine (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Département : Vendée. Edition 2017. RST/LER/MPL et PC/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00387/49800/>*

---

Le programme prévisionnel de l'année 2017 a été respecté à hauteur de 95 % pour le Morbihan et 96 % pour les départements de Loire Atlantique et Vendée nord. Les 21 échantillons manquants pour le Morbihan correspondent à des ressources insuffisantes concernant essentiellement les coquillages fouisseurs. Les 20 échantillons manquants pour les départements de Loire atlantique et Vendée nord correspondent à des prélèvements non réalisés par les professionnels ou par manque de ressources.

### 3.4.3. Suivi des Toxi-infections Alimentaires Collectives (TIAC)

Aucune saisine de la DGAL n'a été émise en 2017.

### 3.2.4. Réseau de Contamination Chimique dans les Coquillages (ROCCH)

En 2017, 20 points ont été échantillonnés en février (10 pour le 44-85 ; 10 en Morbihan). Les résultats 2016 ont été publiés dans les bulletins de la surveillance (édition juin 2017) de la qualité des milieux marins et sont téléchargeables sur le site Envlit.

Dans le cadre de l'étude Veille-POP financée par l'AFB (coord. C. Munsch, RBE-BE-LBCO) qui concerne les contaminants organiques émergents, le LER/MPL a prélevé cinq échantillons (2 pour le Morbihan et 3 pour le 44-85).

### 3.2.5. Réseau de Surveillance des performances et mortalités des huîtres creuses (RESCO2)

Le LER/MPL a réalisé les suivis réguliers des mortalités d'huître creuse, *Crassostrea gigas*, de trois sites, Larmor Baden et Pénerf dans le Morbihan et Coupelasse en baie de Bourgneuf en Loire Atlantique. De fortes mortalités ont été constatées sur le naissain en mai et juin 2017, environ 60 % à Larmor Baden et 70 % à Pénerf et Coupelasse (Figure 10). Ces mortalités sont comparables à celles des années précédentes. Des analyses pathologiques ont montré la présence de virus OsHV1 et de bactéries du groupe *splendidus* sur les échantillons des trois sites. Il n'a pas été observé de *Vibrio aestuarianus* ni d'organisme pathogène réglementé.

Concernant les classes d'âge « juvéniles » et « adultes », les mortalités n'ont pas dépassé 20 % quel que soit le site. Aucune analyse de recherche d'agents pathogènes n'a été effectuée sur ces classes d'âge.

La croissance des huîtres a été également suivie sur ces trois sites. Comme l'illustre la figure 11, le gain de poids en 2017 a été le plus important sur le site de Larmor Baden quelle que soit la classe d'âge, un, deux ou trois ans.

Pour la classe d'âge deux ans, ce gain a été de 34 g pour le site de Larmor Baden, 28 g pour celui de Pénerf et 22 g pour celui de Coupelasse. Pour la classe d'âge trois ans, cela a été respectivement de 37,2 g et 18 g.

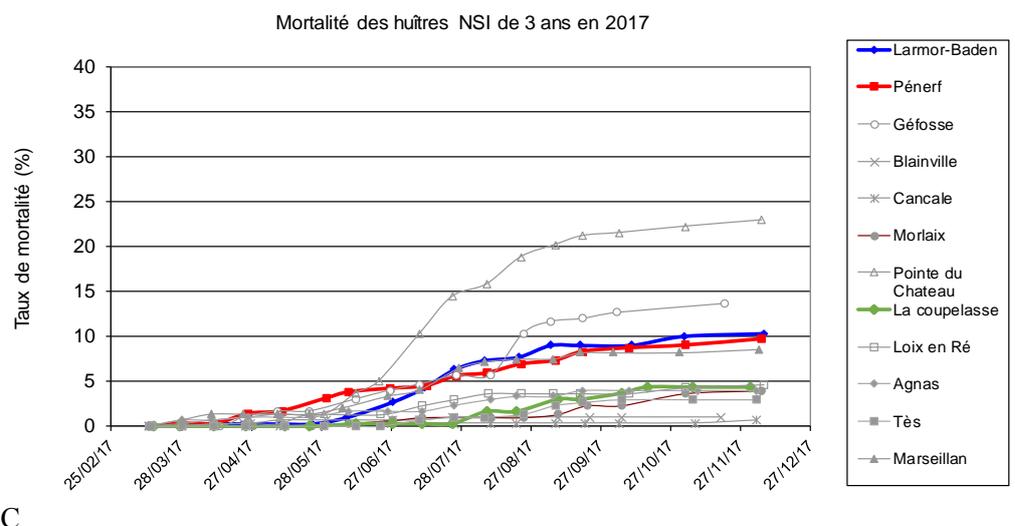
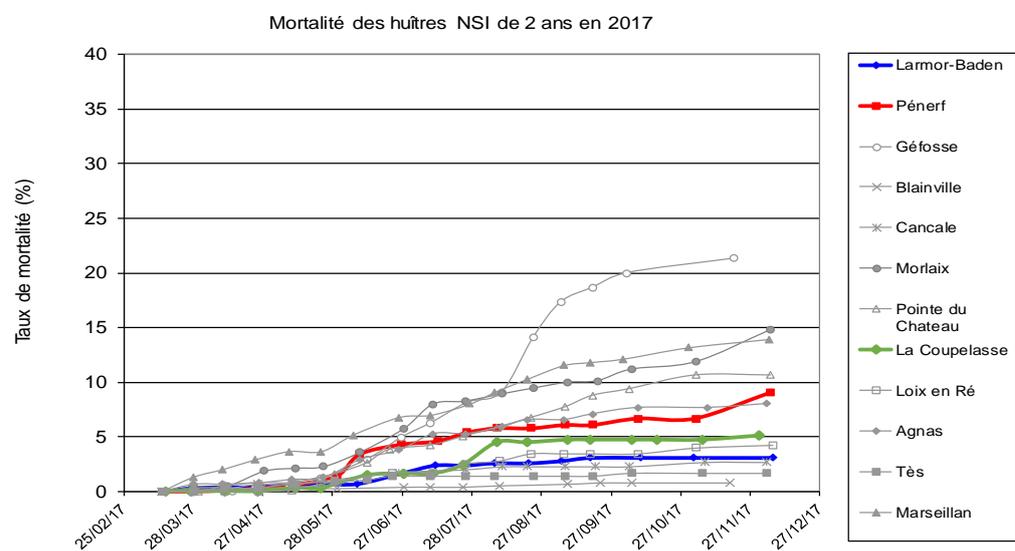
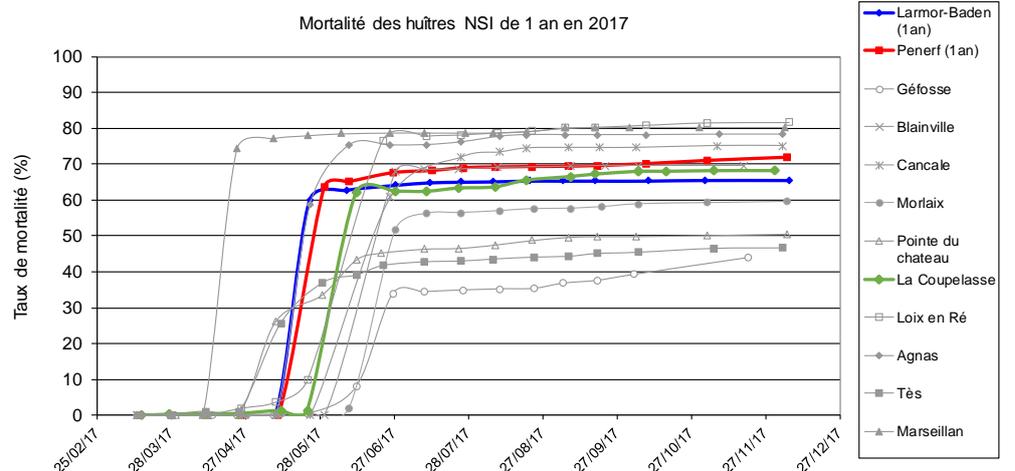


Figure 10. Mortalité cumulée des huîtres creuses depuis leur mise à l'eau A) pour le naissain, B) pour les juvéniles et C) pour les huîtres adultes de trois ans.

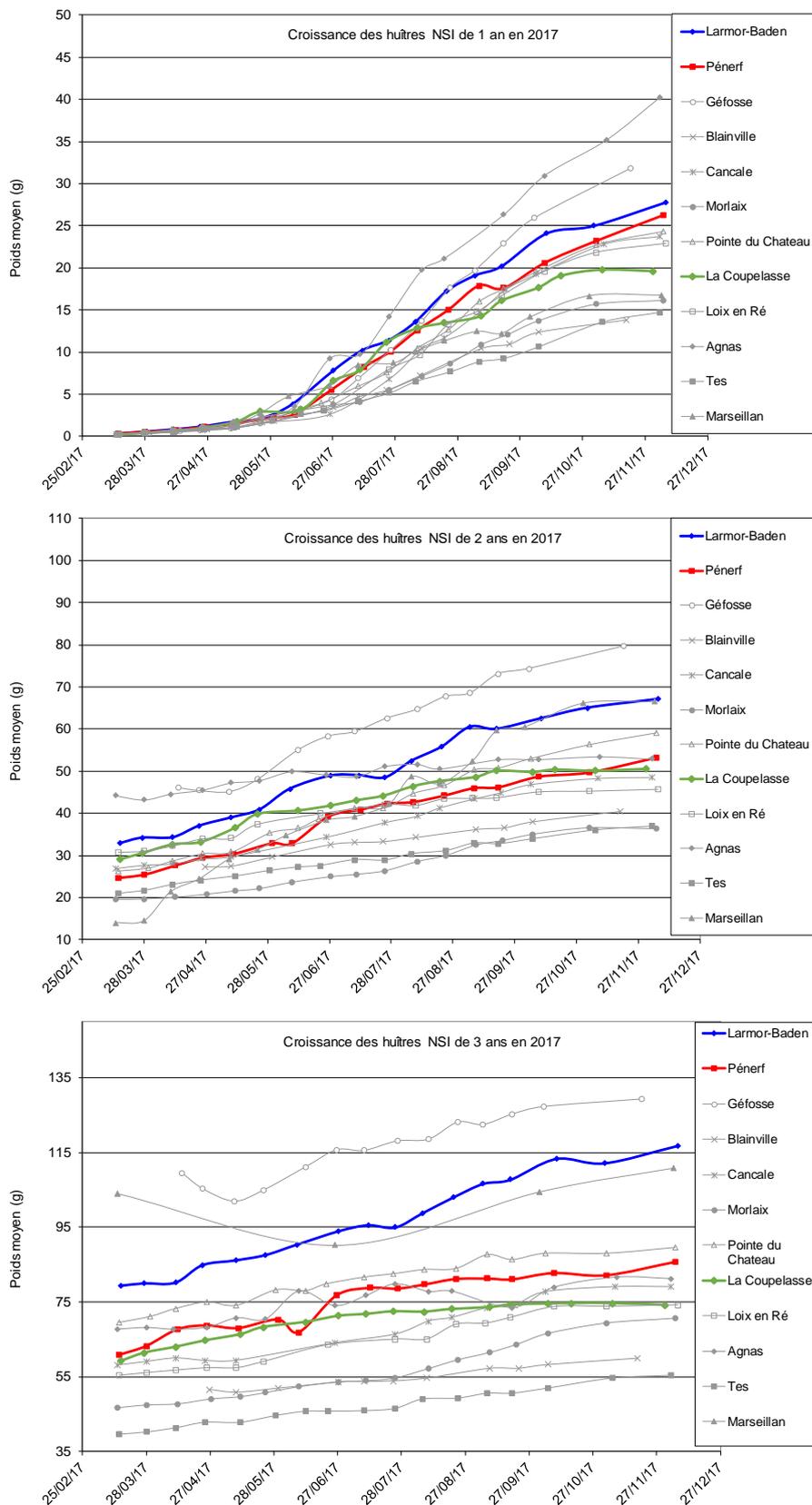


Figure 11. Evolution de la croissance des huîtres creuses des classes d'âge un, deux et trois ans.

### 3.2.6. Réseau de surveillance de la performance des moules bleues (MYTILOBS 2)

Le LER/MPL suit deux lots de moules situés à Pont Mahé (baie de Vilaine) et Maison blanche (Baie de Bourgneuf) (Figure 12). Le site de Maison Blanche a montré des mortalités importantes d'environ 70 %. Ces mortalités sont intervenues principalement entre février et mars 2017. Les analyses pathologiques ont confirmé la présence de bactérie du groupe *splendidus* et l'absence de *V. aestuarianus*, de virus OsHV1 et d'organisme pathogène réglementé notamment *Marteilia refringens*.

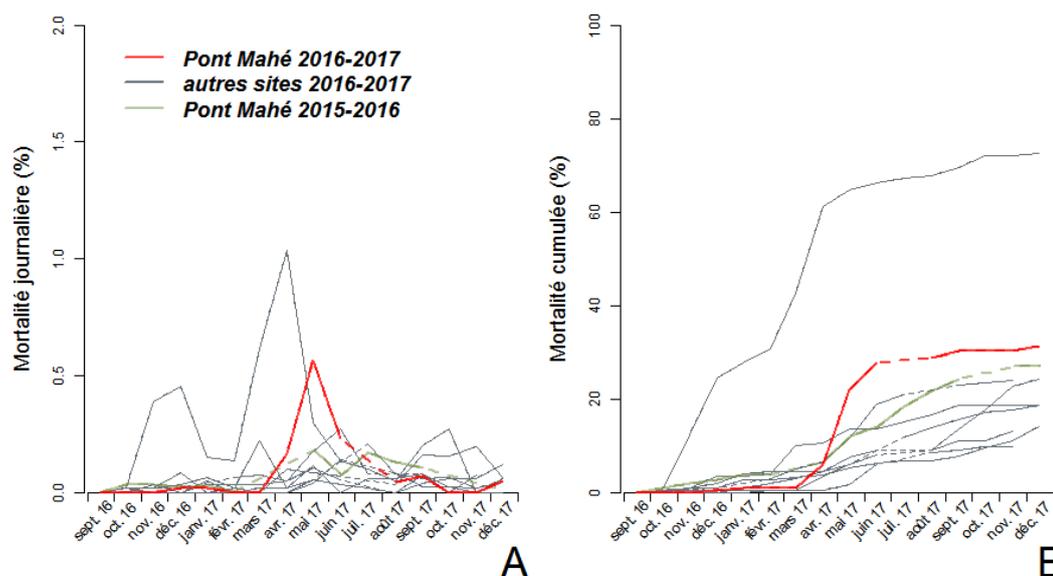


Figure 12. Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Pont-Mahé, A) Mortalité journalière et B) Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Sur le site de Pont-Mahé, un court épisode de mortalité a été observé au cours de la campagne 2016-2017, avec des taux de mortalité journalière supérieurs à 0,2 % entre avril et juin 2017 (Figure 12.A). La proportion de mortalité au mois de décembre 2017 a finalement atteint 31,3 % (Figure 12.B), ce qui fait de Pont-Mahé le seul site du réseau où les taux de mortalités observés en 2017 ont été supérieurs à ceux de 2016.

Les longueurs et les masses moyennes individuelles ont présenté une évolution nettement moins linéaire que sur les sites situés plus au nord (Figures 13.A et 13.B). La reprise de la croissance au printemps s'est ainsi traduite par une augmentation très brutale des valeurs entre avril et mai (la longueur passant en 1 mois de 33 à 40,2 mm et la masse de 3,1 à 5,7 g), coïncidant avec les efflorescences phytoplanctoniques printanières. Les performances de croissance observées au cours de cette campagne placent le site de Pont-Mahé parmi les trois meilleurs sites du réseau pour la croissance.

Les indices de condition indiquent des niveaux de remplissage supérieurs à la moyenne inter-sites sur l'ensemble de la campagne d'observation pour la station de Pont-Mahé. Toutefois, les valeurs maximales atteintes restent, comme pour la plupart des sites, très nettement inférieures à celles observées au cours de la campagne précédente (Figures 13.C et 13.D).

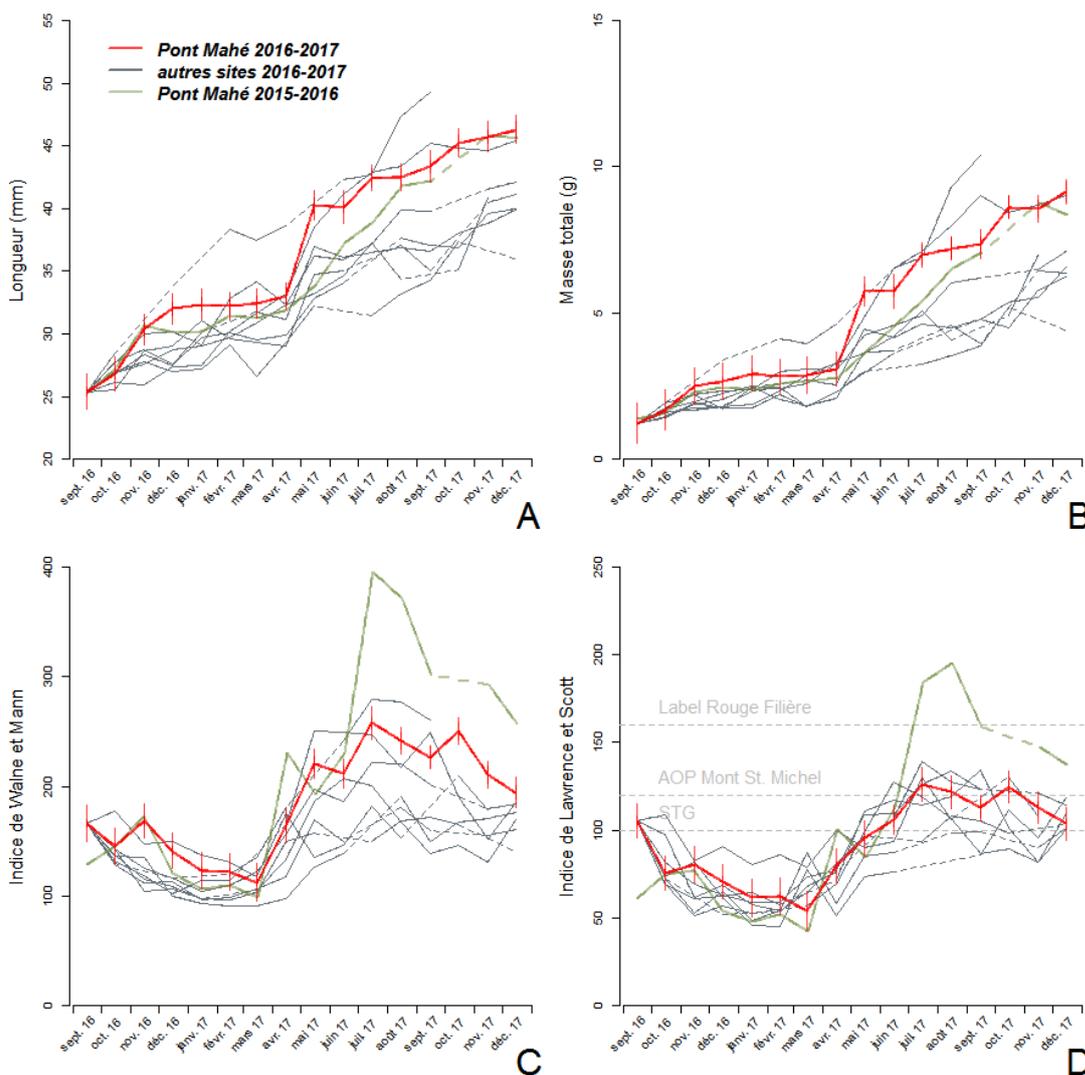


Figure 13. Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Pont-Mahé, moyenne  $\pm$  erreur-standard, A) Longueur droite (en mm), B) Masse totale (en g), C) Indice de Walne et Mann (sans unité), D) Indice de Lawrence et Scott (sans unité). Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

### 3.2.7. Réseau de Pathologie des Mollusques (REPAMO)

Ce réseau permet de surveiller les mortalités évènementielles des autres coquillages en dehors des suivis RESCO et MYTILOBS. Dans le cadre des déclarations de mortalité basées sur les déclarations des professionnels suivies de saisines des DDTM (REPAMO), le LER/MPL a réalisé les prélèvements de :

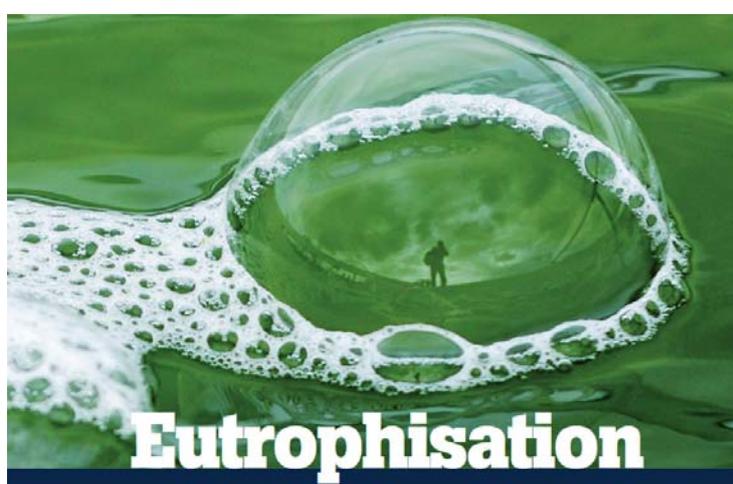
- un lot d'huître creuse adulte en Baie de Bourgneuf. La présence de bactérie du groupe *splendidus* a été confirmée sur ce lot. Il n'a pas été observé de virus OsHV1, de *V. aestuarianus* ni d'organisme pathogène réglementé,
- un lot de moules en Baie de Bourgneuf à Maison Blanche en décembre. Les analyses pathologiques sont en cours.

Le dispositif de surveillance zoonitaire (huîtres, moules et autres coquillages) évoluera en 2018. Il sera basé sur la(es) déclaration(s) des conchyliculteurs et/ou des professionnels de la pêche aux DDTM. L'Ifremer sera saisi par les DDTM pour effectuer des prélèvements d'animaux moribonds en vue de la recherche d'agents infectieux. La note de service DGAL est en cours de préparation.

## 3.5. Expertise scientifique

### 3.5.1. Expertise Scientifique Collective (ESCO) Eutrophisation

Le LER/MPL a participé au travail d'expertise institutionnelle, régie par la charte nationale de l'expertise à laquelle le CNRS, l'INRA, l'Irstea, et l'Ifremer ont adhéré, avec le soutien financier de l'AFB. La finalité était de fournir aux pouvoirs publics un socle de connaissances scientifiques certifiées sur lequel s'appuyer dans un processus de décision politique. L'ESCO Eutrophisation a réuni une quarantaine de scientifiques de compétences complémentaires sur différents écosystèmes aquatiques (eaux douces, estuaires, milieu marin côtier et hauturier) et sur différents aspects de l'eutrophisation : écologie, hydrologie, biogéochimie, biotechnologie, sciences sociales, droit et économie maritime. Cette expertise a donné lieu à un rapport, une synthèse et un colloque de restitution en septembre 2017. La version synthétique de l'ESCO fait l'objet d'un ouvrage aux éditions Quae (sous presse).




---

*Pour en savoir plus, la synthèse, le rapport et la présentation du colloque de restitution sont disponibles sous : [www.cnrs.fr/inee](http://www.cnrs.fr/inee)*

---

## 3.6. Expertise technique

### 3.6.1. Atelier technique RESOMAR COAST HF

En 2017, le LER/MPL a co-organisé un atelier technique RESOMAR Coast-HF sur la mesure de fluorescence *in-vivo* et *in-situ* avec le laboratoire Ifremer RDT/LDCM, le SHOM et le CNRS.

Les mesures de fluorescence *in vivo* figurent parmi les mesures le plus répandues en océanographie depuis la fin des années 1960's, que ce soit sous forme de profils via des fluorimètres incorporés dans les sondes CTD, ou à partir d'enregistrements en continu sur de l'eau pompée à des profondeurs discrètes, à bord de navires de recherche, navires d'opportunité et bouées ou plateformes de mesures automatisées. Elles ont permis des avancées importantes sur la compréhension de la distribution spatiale et temporelle de la biomasse phytoplanctonique en liaison aux variables physico-chimiques.

La plupart des sondes proposent des résultats exprimés en concentration de chlorophylle *a* à partir de l'excitation faite par une LED directement dans l'eau, recueillant ainsi la fluorescence *in vivo* à travers les structures membranaires, à travers l'eau et ses constituants particuliers et dissous, tous pouvant interférer d'une façon ou d'une autre avec la mesure. De plus, malgré un étalonnage d'origine (indicatif) il demeure important de le valider ou le corriger dans les conditions d'utilisation.

Plusieurs facteurs naturels influencent l'analyse *in vivo* et *in situ* : depuis la physiologie et la morphologie des cellules à la composition pigmentaire des communautés présentes, l'éclairement avant et

au moment de la mesure, la concentration en substances dissoutes chromophoriques, la température, etc. Il s'agissait donc de discuter de comment mieux interpréter ces mesures dans le cadre de suivis pluri-annuels et sur différents sites, à partir d'une mesure qui est par définition essentiellement semi-quantitative.

### 3.6.1.1. Objectif de l'atelier

L'Atelier Technique RESOMAR Coast-HF 2017 a cherché à mieux comprendre, mettre en œuvre, utiliser, interpréter et qualifier les données issues de mesures de fluorescence *in vivo* et *in situ*, dans le procédé d'acquisition haute fréquence côtière.

Cet atelier a été organisé par les partenaires IFREMER/CNRS/SHOM/SOMLIT, sous l'égide du RESOMAR (REseau des Stations et Observatoires MARins et l'IR ILICO). Il s'est déroulé en deux parties.

### 3.6.1.2. Atelier Pratique (5-7 avril, à Pénerf)

Cette première partie a consisté en un recueil de données de fluorescence *in vivo* et *in situ* acquises par différents capteurs : sondes multiparamètres NKE MP6, Smatch NKE, sonde SBE35, fluoroprobe (fluorimètre multispectral) cytomètre en flux Cytosub. Ces appareils de mesure ont été apportés par différents partenaires (2 laboratoires CNRS, 3 laboratoires IFREMER, SHOM). Ces capteurs ont été simultanément immergés aux abords/au sein de la bouée MOLIT, permettant de réaliser ainsi une inter-comparaison des réponses de différents capteurs (mesures en continu, ponctuelles).

En parallèle, des prélèvements d'eau ont permis de réaliser :

- des mesures de chlorophylle *a* (LER/MPL) et de pigments (SHOM) pour servir de mesures de référence,
- des analyses de flores phytoplanctoniques totales (LER/MPL),
- des analyses au Phyto-PAM (CNRS).

Un jeu de données commun a été ainsi généré. Les résultats de cette inter-comparaison ont été discutés dans la seconde partie de l'atelier.

### 3.6.1.3. Journées Techniques (14-15 juin, au SHOM à Brest)

Cette seconde partie a permis à une trentaine d'opérateurs de la mesure haute fréquence en milieu littoral et côtier d'échanger sur les pratiques menées actuellement autour de la mesure de la fluorescence *in vivo* et *in situ*. C'est autour de cas pratiques concrets, reposant sur des jeux de données acquis par différents instruments et dans différents milieux marins, incluant le jeu de données commun acquis lors de l'Atelier Pratique, que les journées techniques se sont organisées.

Des interventions thématiques ont amorcé des discussions autour de questionnements techniques et scientifiques plus spécifiquement liés à l'exploitation des données. Un cas concret d'inter calibration a été présenté par l'analyse des données acquises en commun lors de l'Atelier Pratique à Pénerf. Cette analyse devrait fournir les éléments techniques et scientifiques permettant de s'accorder, à l'échelle du réseau, sur une stratégie d'équipement homogène pour ce paramètre et optimale pour répondre aux différents questionnements et besoins de la recherche.

L'atelier a permis de faire un état des lieux des instruments déployés sur les stations automatisées du réseau Coast-HF ainsi qu'au cours de campagnes de mesures embarquées (navires de recherche/d'opportunité) et d'en dégager les atouts et les inconvénients au regard des nouvelles technologies émergentes et complémentaires.



### 3.6.2. Activités analytiques du laboratoire d'analyses des nutriments

Le laboratoire d'analyse des nutriments du LER/MPL, accrédité Cofrac ISO 17025, intervient pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et la Directive Cadre Stratégie sur le Milieu Marin (DCSMM), à travers les réseaux d'observation (REPHY) et les campagnes halieutiques annuelles (Pelgas). En 2017, le laboratoire a réalisé 6700 analyses sous la couverture de l'accréditation du Cofrac (Revue de Direction, 2017).

Pour répondre aux activités de recherche, et plus particulièrement celles du LER/MPL sur la problématique de l'eutrophisation, le laboratoire d'analyse des nutriments, a développé de nouvelles méthodologies. Ainsi, en plus des paramètres de routine que sont les formes inorganiques dissoutes (nitrate, nitrite, phosphate et ammonium), le laboratoire réalise la détermination des formes totales et organiques dissoutes des nutriments dans la colonne d'eau et dans le sédiment. Il est capable également de réaliser en routine des analyses de silice biogénique contenus dans les sédiments.

Le laboratoire d'analyse constitue également une plateforme d'accueil technique pour les personnes du laboratoire BRM/PBA dans le cadre de ses programmes de recherche pour les analyses de nutriments et de carbone organique total en culture de micro-algues.

Il a également contribué et participé à plusieurs projets de recherche pour différents laboratoires :

RBE-BE-LBEX : détermination des nutriments pour l'analyse des milieux de culture de microalgues (COSELMAR),

DYNECO-PHYC : étude des conditions environnementales des proliférations de *Pseudo-Nitzschia* (Thèse PHYC),

RBE-BIODIVENV : étude « nitrate » et inter-comparaison des analyses de nutriments avec le laboratoire RBE de Martinique,

LER/PC : étude des mortalités de moules bleues, MORBLEU.

Le LER/MPL est dans une dynamique d'amélioration et de développement en continue de ses performances analytiques et est amené à soutenir techniquement les quatre autres laboratoires accrédités de l'Ifremer (problèmes techniques et conseils lors des audits techniques internes). Par exemple, le développement récent d'une technique alternative d'analyse du nitrate pourra être proposée et/ou déployée dans les autres laboratoires courant 2018. L'acquisition en 2017 d'appareils de la station de l'Houmeau, va permettre également la mesure de paramètres supplémentaires comme l'urée et le carbone total.

Il est prévu pour 2018, en plus des clients pérennes que sont la DCE et la DCSMM, de réaliser :

- des analyses pour l'étude ESMAMA sur l'étang des Salines de Martinique (Laboratoire RBE-BIODIVENV),
- le suivi des nutriments, analyses et interprétations des résultats dans le cadre du programme EPICE (ODE LER/MPL)
- la réalisation des analyses de la DCE/ASN (Silicates) et des campagnes IGA suite à la suspension de l'accréditation du laboratoire d'analyses de la station de Port en Bessin.

Un audit de surveillance COFRAC a eu lieu en septembre 2017. Il n'a pas révélé d'écart. Le renouvellement de l'accréditation est prévu en 2021.

Le LER/MPL a participé à l'exercice d'inter-comparaison international en analyse de nutriments organisé par le laboratoire JAMSTEC au Japon : *Comparability of oceanic nutrient data: IOCCP-JAMSTEC Inter-laboratory Calibration Exercise of a Certified Reference Material for Nutrients in Seawater* (environ 70 laboratoires impliqués de 30 pays). L'intérêt de cet exercice est d'aider la communauté à pouvoir produire des matériaux de référence certifiés (MRC).

## 3.7. Résultats des projets de recherche

### 3.7.1. Diagnostic Etendu de l'Eutrophisation dans le Mor Braz (DIETE : 2014-2017)

Ce programme qui a débuté en 2014 est financé par l'AELB. Il est coordonné par le LER/MPL. L'année 2017 a été consacrée à l'analyse des résultats obtenus au cours des années précédentes et à la rédaction du rapport final (2014-2017).

#### 3.7.1.1. Rappel du contexte du projet

Le programme DINOPHAG (Souchu *et al.*, 2012) avait montré que le Mor Braz, et de façon plus générale le secteur côtier situé sous l'influence de la Loire et de la Vilaine, constitue la zone littorale la plus vulnérable de la côte Atlantique vis-à-vis de l'eutrophisation. La crise anoxique de 1982 en baie de Vilaine, qui en a été le révélateur, avait conduit le Ministre de la Mer à constituer la « Commission Quadripartite chargée de la Protection Hydrologique et de l'Aménagement Halieutique de la Baie de Vilaine » appelée plus simplement Commission «Baie de Vilaine». Un programme multidisciplinaire a été mis en place de 1983 à 1988, afin «d'élucider les causes du déséquilibre écologique et d'apporter des solutions permettant d'éviter que de tels phénomènes se reproduisent dans l'avenir». Ce programme a généré de nombreuses études en relation avec l'eutrophisation, conduisant à l'édition d'une trentaine de volumes (les Cahiers du Mor Braz). Ces documents renferment une quantité importante de données dont beaucoup n'ont pas été regardées depuis cette époque.

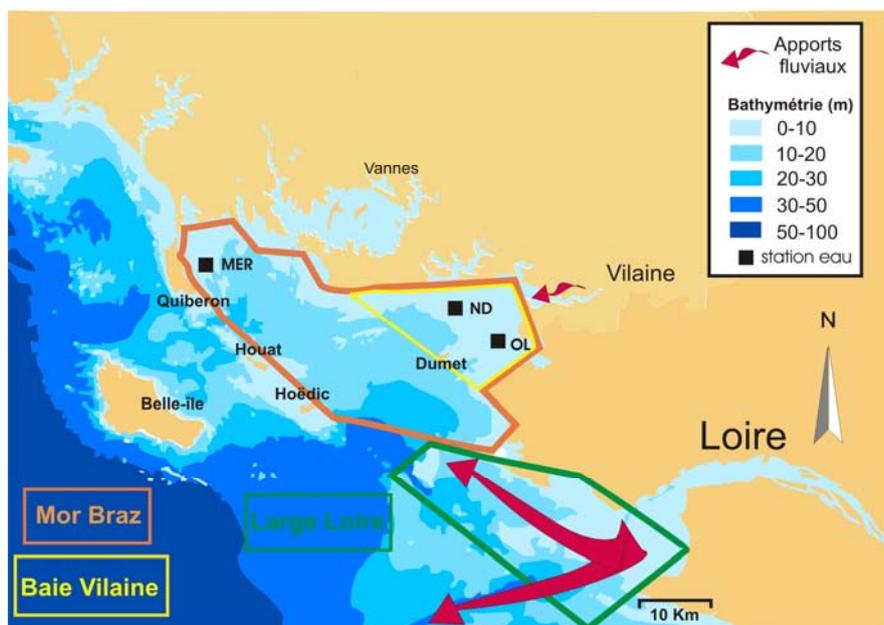


Figure 14. Délimitation du Mor Braz, de la baie de Vilaine et du large de la Loire dans le contexte de la fertilisation par les fleuves Loire et Vilaine. Les deux stations étudiées en baie de Vilaine sont : Ouest Loscolo (OL) et Nord Dumet (ND). La station OL est suivie par le réseau REPHY de l’Ifremer depuis 1987 et fournit des séries à long terme des paramètres de l’eutrophisation. La station ND, suivie dans le cadre de la DCE depuis 2007, est équipée d’une station d’acquisition en continu des paramètres physico-chimiques (température, salinité, turbidité, oxygène dissous et fluorescence) en surface et au fond. Men Er Roué (MER) est la station d’observation de la baie de Quiberon depuis les années 80. C’est à la station ND qu’ont été menées les mesures et expérimentations sur le recyclage benthique des nutriments. La baie de Vilaine a aussi fait l’objet de prélèvements sur une trentaine de stations pour décrire les variations spatiales des paramètres de l’eutrophisation.

Les conclusions du programme «Baie de Vilaine» avaient confirmé la fragilité structurelle de ce secteur confiné du Mor-Braz vis-à-vis des apports d’azote et phosphore qui apparaissaient comme excessifs. D’autre part, les auteurs de la synthèse du programme «Baie de Vilaine» s’inquiétaient de l’impact des déficits chroniques en oxygène sur les ressources vivantes du Mor Braz et donc sur l’économie littorale de cet écosystème. Ils préconisaient la mise en place d’un programme de restauration en diminuant les apports d’azote et de phosphore. Près de 30 ans plus tard, les résultats des programmes de recherche et de surveillance de l’Ifremer montrent que si la crise anoxique de 1982 ne s’est pas encore répétée, les déficits en oxygène et les eaux colorées restent d’actualité dans le Mor Braz.

### 3.7.1.2. Questions scientifiques

La crise anoxique de 1982 avait soulevé des interrogations légitimes sur l’état de la baie de Vilaine par rapport à l’eutrophisation. Le fait que d’autres crises de cette nature ne soient pas réapparues depuis 1982 nous interroge sur la cause précise de cette crise anoxique: accident lié à la gestion hydraulique et/ou résultat d’une dégradation progressive du milieu ? L’eutrophisation s’est-elle développée depuis les années 80 dans le Mor Braz ou a-t-elle diminué? Peut-on trouver des réponses dans les évolutions temporelles et spatiales des producteurs primaires? Si le niveau d’eutrophisation du Mor Braz a évolué, quel a été le rôle des apports fluviaux et ces derniers peuvent-ils expliquer à eux seuls cette évolution. Dans le cas contraire, on peut se demander quelle est la contribution à la production phytoplanctonique des nutriments recyclés dans la colonne d’eau et les sédiments du Mor Braz. Il s’agit aussi de savoir comment les flux de régénération des nutriments peuvent influencer la nature du premier nutriment limitant de la production primaire. Peut-on alors élaborer un schéma saisonnier de limitation par les nutriments dans le Mor Braz pouvant servir à optimiser la stratégie d’abattement des apports externes?

### 3.7.1.3. Objectifs

Le premier objectif du projet DIETE était de récolter les données des variables en lien avec le processus d'eutrophisation dans le Mor Braz (flux et concentrations de nutriments, producteurs primaires) ainsi que les informations pouvant permettre d'établir un schéma d'évolution sur 30 ans (1982-2012). Ce travail sur les séries de données historiques devait mettre en évidence les processus clés à l'origine des évolutions constatées (apports des bassins versants et remobilisation des stocks internes de nutriments).

Le deuxième objectif était de décrire durant deux périodes productives (avril à octobre 2015 et 2016) les cycles de consommation/régénération, dans l'eau et à l'interface eau-sédiment, des nutriments apportés à la baie de Vilaine. A l'intérieur du Mor Braz, la baie de Vilaine a été retenue comme site expérimental car c'est le plus fragile vis-à-vis des processus d'eutrophisation. L'exploitation des résultats expérimentaux devait mettre en évidence la contribution des sédiments dans l'évolution de l'eutrophisation par comparaison avec celles des fleuves. Les processus sédimentaires ont été approchés par le biais de modèles spécifiques à l'azote et au phosphore.

Enfin, ce travail était destiné à optimiser le modèle Ifremer (ECO Mars 3D) simulant l'effet des apports externes de nutriments dans le Mor Braz, l'objectif final étant d'élaborer un schéma saisonnier d'abattement des apports de N ou P (priorité au traitement de N ou P selon la saison) pour conduire à des scénarios réalistes de restauration du Mor Braz par rapport à l'eutrophisation.

### 3.7.1.4. Synthèse des données historiques

Relations entre les apports de nutriments et les producteurs primaires

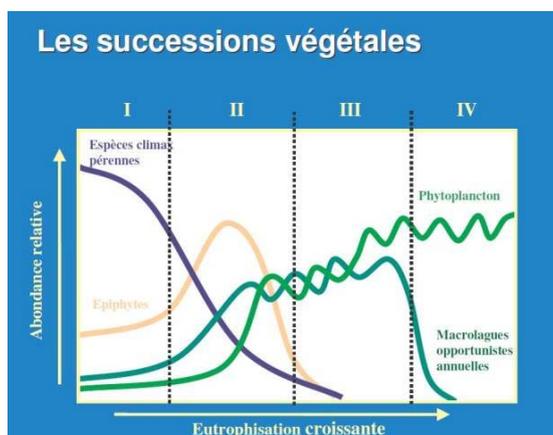


Figure 15. Représentation schématique du changement de dominance dans les producteurs primaires le long d'un gradient d'eutrophisation.

L'eutrophisation anthropique peut se définir comme le « Syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matière organique induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote ».

Les écosystèmes côtiers voient leurs biocénoses végétales évoluer au fur et à mesure que le niveau d'eutrophisation augmente. Cette évolution peut servir de critère pour attribuer un état vis-à-vis de l'eutrophisation. Les quatre états définis en Figure 15 correspondent à une dégradation progressive de la qualité des assemblages végétaux. Dans les écosystèmes oligotrophes, les taxons « climax », phanérogames pour les substrats meubles et macroalgues à croissance lente pour les substrats durs, vont constituer l'essentiel des producteurs primaires (I). Les apports de nutriments dans l'eau vont permettre à des algues à croissance plus rapide de se développer, à commencer par les épiphytes qui utilise des espèces climax comme support. Des macroalgues à croissance rapide peuvent aussi proliférer dans les herbiers (II). L'état eutrophe (III) correspond à la disparition des espèces climax mais des macroalgues opportunistes peuvent toujours proliférer. Dans les écosystèmes hypereutrophes (IV), les fortes densités de microalgues, souvent

représentées par un faible nombre de taxons, entraînent une turbidité qui peut empêcher la lumière de parvenir jusqu'au fond, réduisant ainsi la présence des macrophytes. Dans les écosystèmes côtiers atlantiques, les courants de marées, la houle et les apports fluviaux sont à l'origine d'une remise en suspension des sédiments et/ou d'un apport de particules qui limitent aussi la pénétration de la lumière indépendamment de l'eutrophisation.

### Biomasse phytoplanctoniques et nutriments

L'évolution à long terme de l'eutrophisation sur le continuum Loire-Vilaine/Baie de Vilaine révèle des trajectoires inverses pour la biomasse phytoplanctonique entre les eaux fluviales et les eaux côtières situées sous leur influence. La diminution de l'eutrophisation en amont (fleuves) s'est accompagnée d'une aggravation de l'eutrophisation en aval (Figure 16).

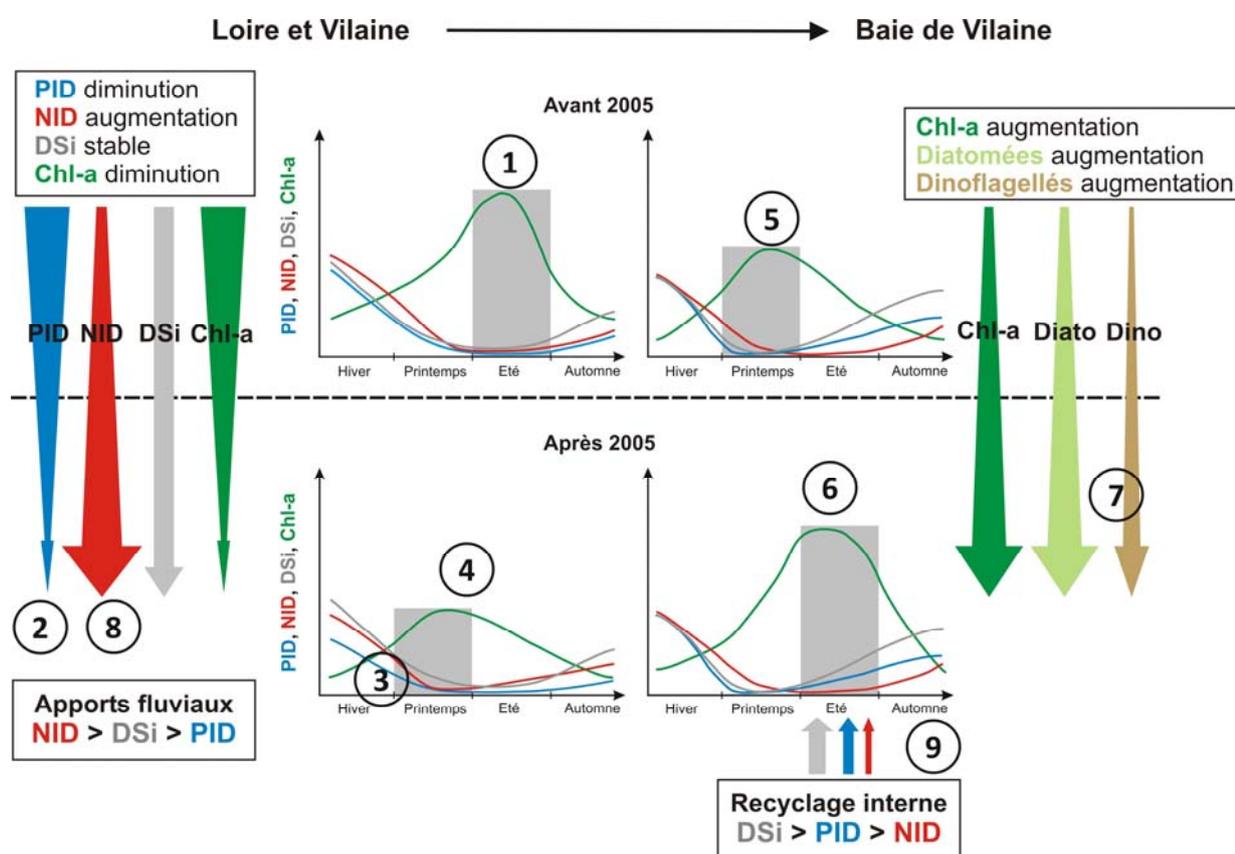


Figure 16. Représentation schématique de l'évolution de l'eutrophisation sur le continuum Loire-Vilaine/Baie de Vilaine depuis les années 2000.

Durant les années 1980-1990 et jusqu'au milieu des années 2000, la biomasse phytoplanctonique (Chl-a) dans les fleuves atteignait des concentrations élevées (médianes annuelles majoritairement  $> 50 \mu\text{g L}^{-1}$  pour la Loire et  $> 15 \mu\text{g L}^{-1}$  pour la Vilaine) avec un maximum annuel situé en été (1). Les mesures prises pour limiter les pollutions en phosphates (PID : phosphore inorganique dissous), comme leur exclusion dans les détergents ont entraîné une baisse de leur concentration dans les fleuves (2). A partir de 2005, les concentrations de PID dans les fleuves s'épuisent dès le printemps limitant la biomasse phytoplanctonique (3). Les concentrations de Chl-a deviennent nettement inférieures à celles mesurées avant 2005 (médianes annuelles majoritairement  $< 30 \mu\text{g L}^{-1}$  pour la Loire et  $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$  pour la Vilaine) et atteignent leur maximum annuel au printemps. L'eutrophisation des fleuves par le phytoplancton a donc diminué dans la

Loire et la Vilaine, comme dans d'autres fleuves d'Europe et d'Amérique du Nord (4). Avant les années 2000, la Chl-a dans la baie de Vilaine atteignait son maximum au printemps avec une médiane annuelle ne dépassant pas  $3 \mu\text{g L}^{-1}$  (5). La diminution des apports fluviaux de PID a contribué à limiter la biomasse du bloom de printemps dans la baie de Vilaine qui a enregistré une légère baisse. Cependant, la concentration médiane annuelle de Chl-a a augmenté (+100 % entre 1996 et 2013) avec un maximum annuel qui s'est déplacé du printemps à l'été (6). L'augmentation de l'eutrophisation par le phytoplancton dans la baie de Vilaine est confirmée par les abondances croissantes à la fois de diatomées et de dinoflagellés (7). Mais ce sont surtout les diatomées qui ont contribué à l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique estivale, jusqu'à changer l'évolution saisonnière du rapport diatomées:dinoflagellés.

La dynamique du phytoplancton dans la baie de Vilaine a donc été fortement modifiée au cours des 20 dernières années avec :

- une augmentation substantielle de la biomasse,
- une modification importante de l'évolution saisonnière,
- un changement dans les proportions entre diatomées et dinoflagellés au profit des diatomées.

Le phytoplancton constitue une base essentielle de la chaîne alimentaire aquatique et sa dynamique conditionne en grande partie la structuration des réseaux trophiques aquatiques. Par exemple, les bivalves filtreurs, qu'ils soient sauvages ou en élevage, ont des cycles de vie et de reproduction en lien avec la disponibilité des microalgues. Les changements fondamentaux observés sur le phytoplancton de la baie de Vilaine génèrent un champ de recherche important : types d'espèce de phytoplancton ayant participé à l'augmentation de biomasse, analyse des désynchronisations entre cycles saisonniers des microalgues et cycles de reproduction des bivalves et des poissons, conséquences de ces changements sur le réseau trophique de la baie de Vilaine, interactions avec l'évolution du climat, etc. A la différence de la baie de Vilaine, il n'existe pas au large de l'estuaire de la Loire une station comme Ouest-Loscolo (OL) pour fournir des séries à long terme de variables en lien avec l'eutrophisation.

La dégradation estivale des eaux de la baie de Vilaine par l'eutrophisation a pour origine l'augmentation des apports estivaux de NID par la Loire. Cette dernière s'explique par des applications d'engrais sur le bassin versant en hausse jusqu'en 2005 et par des temps de transfert dépassant 10 ans (8). A la différence du phytoplancton des fleuves, celui de la baie de Vilaine est limité par le NID en été, comme c'est le cas dans de nombreuses eaux côtières. Par contre, les diatomées ne sont pas limitées par les concentrations estivales de DSi.

La diminution des nitrates dans la Loire et de la Vilaine aurait probablement évité une aggravation de l'eutrophisation dans la baie de Vilaine. Cet exemple illustre l'importance d'élaborer des stratégies d'abattement des nutriments en prenant en compte l'ensemble du continuum eau douce/eau de mer. En abattant uniquement le phosphore, les écosystèmes d'eau douce montrent des signes de restauration. Mais avec cette stratégie, l'eutrophisation continue d'augmenter ou de se maintenir dans de nombreux écosystèmes côtiers situés en aval.

DIETE va vérifier l'hypothèse que le recyclage interne de DSi et de PID, en particulier par l'interface eau-sédiment, a permis au phytoplancton des eaux côtières, en particulier les diatomées, de profiter des apports estivaux croissants de NID par la Loire (9).

### Eaux colorées

Les distributions dans l'espace et dans le temps des eaux colorées en font des événements qui échappent la plupart du temps aux réseaux de surveillance et d'observation. Les eaux colorées sont difficiles à étudier tant leurs apparitions semblent encore aléatoires et leurs formes diversifiées. La première démarche de DIETE a été de commencer par un inventaire de leurs observations quelle qu'en soit l'origine.

Les premières eaux colorées inventoriées datent des années 70 et sont de type « eaux rouges à dinoflagellés » (Tableau 2). Les eaux rouges sont ensuite signalées durant les années 80 et 2000. Les premières observations du dinoflagellé *Lepidodinium chlorophorum* datent probablement de 1982 dans le secteur du Croisic qui est une année critique pour l'environnement du secteur côtier (anoxie en baie de Vilaine, mise en évidence de problèmes sanitaires ayant pour origine le phytoplancton). A cette époque, le

dinoflagellé phototrophe est identifié comme « Gymn 82 » dans la base REPHY. Son développement va prendre une ampleur maximale en 1988 avec des proliférations sur une grande partie de la côte atlantique.

Une représentation synthétique des événements montre qu'il y a eu environ trois fois plus d'événements observés au large de la Loire et en baie de Vilaine que dans la baie de Quiberon. Plus des deux tiers des eaux colorées sont composées de *L. chlorophorum*. Ces dernières échappent souvent aux réseaux de surveillance et demandent une stratégie particulière pour les étudier. Un programme dédié à la description du cycle de vie du dinoflagellé et au déterminisme de ses efflorescences est à mettre en place.

Tableau 2. Synthèse des événements d'eaux colorées observés au large de la Loire et de la Vilaine. **Rouge** : dinoflagellé ; **vert** : *Lepididinium chlorophorum* ; **kaki** : diatomée ; **orange** : *Karenia mikimotoi* ; **chair** : *Mesodinium rubrum* ; **grenat** : dinoflagellé (en voie de dégradation).

	Baie de Quiberon	Baie de Vilaine	Large Loire
1970			
1971			
1972	rouge		
1973			
1974			
1975			
1976			
1977			
1978		rouge	rouge
1979			
1980			
1981		rouge	
1982		vert	
1983		rouge	rouge
1984		brun	brun
1985			
1986		vert	
1987		vert	orange
1988		vert	vert
1989		vert	
1990			
1991		vert	
1992		vert	
1993			
1994			
1995	orange	orange	orange
1996	chair	vert	
1997	vert	vert	
1998		vert	
1999		vert	
2000			
2001	chair	vert	
2002		vert	chair
2003		vert	
2004		rouge	rouge
2005		vert	vert
2006	rouge	vert	
2007		vert	
2008			
2009			
2010			vert
2011			vert
2012		vert	
2013			
2014		vert	

vert	eaux vertes à <i>L. chlorophorum</i>
brun	eaux brunes à diatomées
rouge	eaux rouges à dinoflagellés
orange	eaux rouges à <i>Mesodinium rubrum</i>

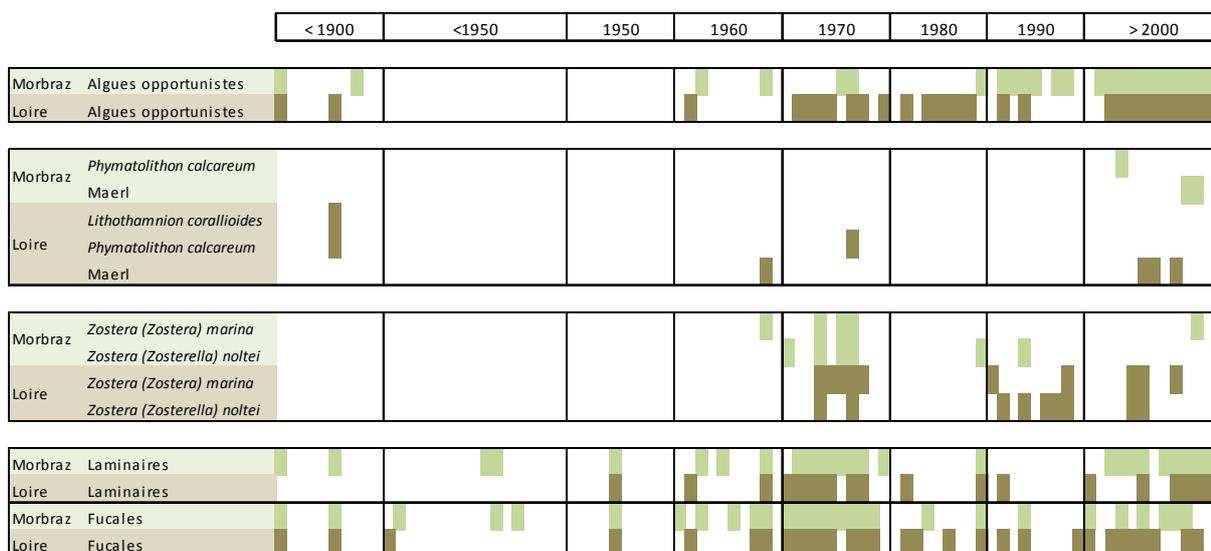
## Macrophytes

La composition des assemblages de macrophytes renseigne sur le niveau d'eutrophisation des écosystèmes côtiers, mais la baisse de lumière consécutive à l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique n'est pas la seule cause de dégradation des macrophytes dans les écosystèmes macrotidaux. La turbidité d'origine mécanique liée aux marées doit être prise en compte pour diagnostiquer l'eutrophisation. Les champs d'algues et les herbiers découverts à marée basse peuvent subir des altérations mécaniques et aussi présenter des cycles régression/progression sous l'influence des brouteurs. Des pathologies peuvent affecter les macrophytes comme celle qui a décimé *Zostera marina* en 1932.

Le travail d'inventaire sur le secteur Loire-Vilaine a été confié au Bureau d'Études Bio-Littoral qui a repris les données déjà bancarisées dans la base de données Quadrige de l'Ifremer, celles provenant des

différents laboratoires ayant travaillé sur ce secteur, que ce soit pour les marées vertes (CEVA), les macroalgues intertidales (SEXTANT-IFREMER, IUEM/Lemar), les herbiers (CEVA, MNHN Dinard), les macroalgues subtidales (MNHN Concarneau), le maërl (IUEM/Lemar) ainsi que les différents relevés réalisés dans le cadre des études sur des zones Natura 2000 ou d'études exploratoires pour des industriels (Tableau 3).

Tableau 3. Synthèse des données disponibles pour les principaux groupes d'espèces étudiés dans le secteur Loire-Vilaine, avec distinction entre la zone nord (Mor Braz) et la zone sud (Loire). Algues opportunistes : genres *Chaetomorpha*, *Ulva*, *Ulvella* et *Umbraulva*, Laminaires : genres *Halidrys*, *Laminaria*, *Saccharina* et *Saccorhiza*, Fucales : genres *Ascophyllum*, *Fucus* et *Himanthalia*.



L'hétérogénéité des inventaires et la longueur des séries temporelles n'ont pas permis de conclure sur l'évolution des macrophytes dans le secteur Loire Vilaine ces dernières décennies. Pour pouvoir mettre en relation l'évolution spatio-temporelle des macroalgues et un changement de la qualité des eaux, il faudra attendre que les observations mises en place dans le cadre de la DCE produisent des séries assez longues de manière à intégrer les variations climatiques et hydrologiques

### 3.7.1.5. Recyclage benthique dans la baie de Vilaine en 2015-2016

#### Contexte hydrologique

Le temps de résidence des eaux de la baie de Vilaine est plus long que pour les autres masses d'eau au large de la Loire et de la Vilaine. C'est le seul secteur où la température de surface dépasse couramment 20°C en été. Les courants y sont plus faibles, ce qui laisse du temps au phytoplancton pour consommer les nutriments d'origine fluviale. Les forçages physiques déterminent en grande partie le devenir des nutriments fluviaux arrivant en baie de Vilaine. Les eaux de la baie de Vilaine sont stratifiées une bonne partie de l'année avec des eaux moins salées en surface durant la période hivernale. A la fin des crues hivernales, la stratification thermique relaie la stratification haline. La stratification limite les échanges entre les eaux du fond et celles de surface, conduisant à un véritable découplage entre les deux couches d'eau. Elle diminue lorsque les coefficients de marée augmentent et disparaît lors des coups de vents.

Les paramètres physicochimiques, les concentrations en nutriments et en chlorophylle (Chl-a) ainsi que les abondances en microphytoplancton ont été suivis en surface et au fond à la station Nord-Dumet (ND) pendant les périodes productives (mars à octobre) en 2015 et 2016. Ce suivi est renforcé par les données de surface de la station d'observation OL. Les apports d'eaux douces issus des fleuves, en lien direct avec les baisses de salinité de surface, conduisent systématiquement à un enrichissement des eaux de surface en azote organique dissous (NID surtout sous forme nitrates :  $\text{NO}_3^-$ ), silicium (silicates : DSi) et en phosphore (phosphate ou phosphore inorganique dissous : PID). Dès que la lumière est suffisante (fin février à début mars), les blooms de diatomées se développent. Ils peuvent être interrompus soit par une baisse de lumière (forte turbidité dans l'eau par agitation et/ou baisse de l'ensoleillement) soit par épuisement du premier nutriment limitant.

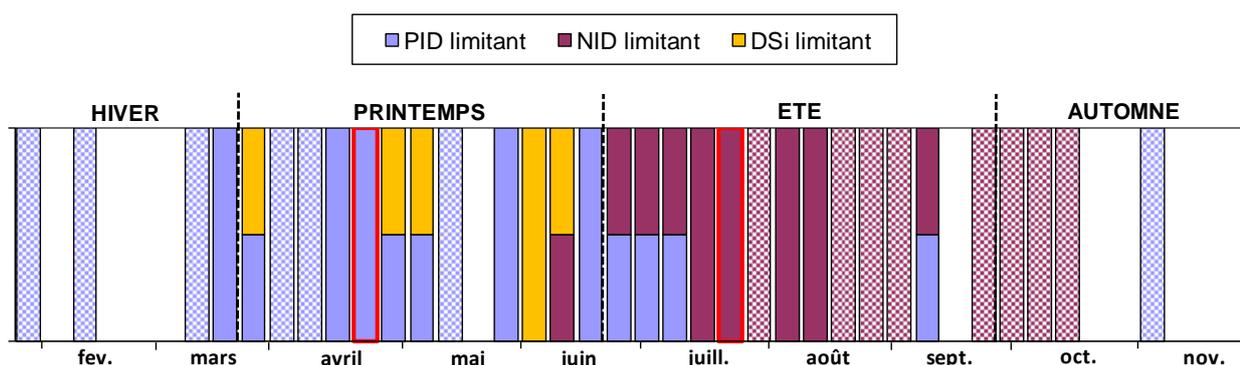


Figure 17. Identification du premier nutriment limitant pour le phytoplancton au cours de l'année 2015 à la station ND sur la base des concentrations en nutriments inorganiques mesurées en surface de février à novembre. Les histogrammes en pointillés indiquent une limitation potentielle (nutriment limitant non épuisé). Les deux histogrammes avec une bordure rouge correspondent aux semaines qui ont fait l'objet de bioessais pour une vérification « terrain ». Un schéma équivalent est observé en 2016 à la station ND et de 2013 à 2016 à OL.

Les schémas de limitation par les nutriments et les expérimentations indiquent qu'au printemps, les blooms de diatomées sont limités en premier par le PID avec parfois le DSi, le plus souvent en fin de printemps (Figure 17). Dès le début de l'été, la limitation par le NID prend place avec l'étiage des fleuves et peut le rester jusqu'à la fin de l'automne.

En cas de crue estivale, le PID peut retrouver sa place de premier nutriment limitant, respectant ainsi la stœchiométrie (les proportions en nutriments) des eaux fluviales.

Ces descriptions concernent essentiellement les eaux de surface. Le programme DIETE a cependant permis d'accéder à la composition des eaux de fonds en nutriments qui n'est programmée ni dans le cadre du REPHY-observation (station OL), ni dans le cadre de la DCE (station ND). La connaissance de l'évolution des nutriments dans les eaux de fond est nécessaire pour comprendre la dynamique du phytoplancton dans les écosystèmes côtiers.

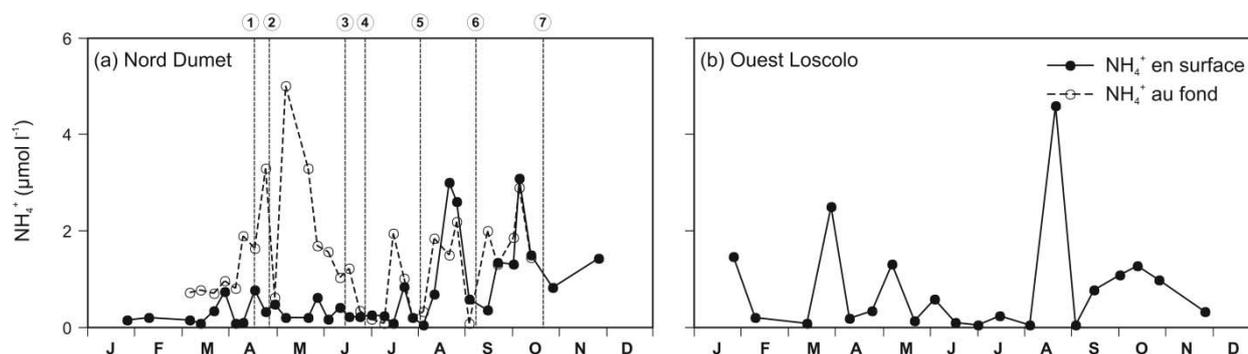


Figure 18. Évolution des concentrations de  $\text{NH}_4^+$  à la station ND (a) et OL (b) dans les eaux de surface et fond en 2015. Les chiffres correspondent aux dates de prélèvements pour l'étude du recyclage des nutriments à l'interface eau-sédiment

Ainsi, les blooms de diatomées du printemps s'accompagnent d'une augmentation des concentrations de nutriments dans les eaux de fonds (exemple du NID en Figure 18). La forme ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) du NID accumulé dans les eaux de fond indique qu'il s'agit d'azote « recyclé ».

Tant que les eaux restent stratifiées, les nutriments recyclés sur le fond ne sont pas disponibles pour le phytoplancton en surface. Seules les espèces mobiles comme les dinoflagellés peuvent consommer les nutriments dans les eaux de fonds puis assurer leur photosynthèse en remontant dans les eaux de surface. C'est probablement le cas de *L. chlorophorum* qui a été identifié en grandes quantités dans les eaux de fond de ND en juillet 2015 et 2016.

### Contexte sédimentaire

Le plateau continental sud armoricain, à moins de 50 km de la côte, présente une morpho-bathymétrie caractérisée par la présence de hauts-fonds rocheux et d'îles.

Les fonds de la zone côtière au large de l'estuaire de la Loire (de Saint Nazaire au Croisic), sont constitués de sables fins, suggérant un fort hydrodynamisme (bleu, Figure 19). En revanche, le Mor Braz, du Croisic à Quiberon présente des fonds principalement sablo-vaseux et vaseux dont l'épaisseur peut dépasser 20 m (vert, Figure 19). La baie de Vilaine possède des hauts fonds, en particulier à proximité de l'île Dumet, autour desquels des sédiments plus fins, sablo-vaseux à vaseux se déposent en fonction de l'intensité de la houle, du vent, de la marée et des débits fluviaux.

La baie de Vilaine est particulièrement sensible à la houle et aux vents de sud-ouest qui peuvent entraîner des phénomènes d'érosions/dépôts dépassant 50 cm. Les profils granulométriques indiquent une bonne homogénéité en profondeur avec des profils « plats » jusqu'à 20 cm. Les parties ouest et nord-ouest de la baie de Vilaine, où se situe la station ND, sont plus riches en vases que les parties sud et sud-est qui comprennent des secteurs à graviers et à sables fins.

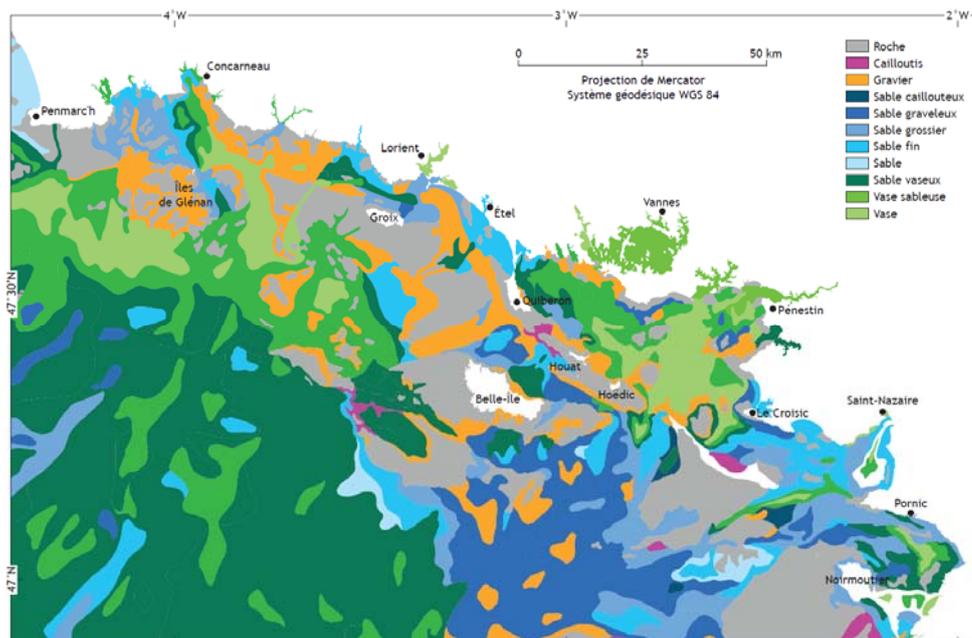


Figure 19. Répartition des sédiments superficiels sur le plateau continental sud-armoricain (Menier et al. 2014, modifié d'après Lesueur et Klingebiel 1986).

Cette séparation en deux secteurs selon un axe sud-ouest/nord-est est observée pour tous les paramètres sédimentaires en lien avec l'eutrophisation (Chl-a dans le premier cm de sédiment, azote, silice biogénique, phosphore organique, etc. (Figure 20).

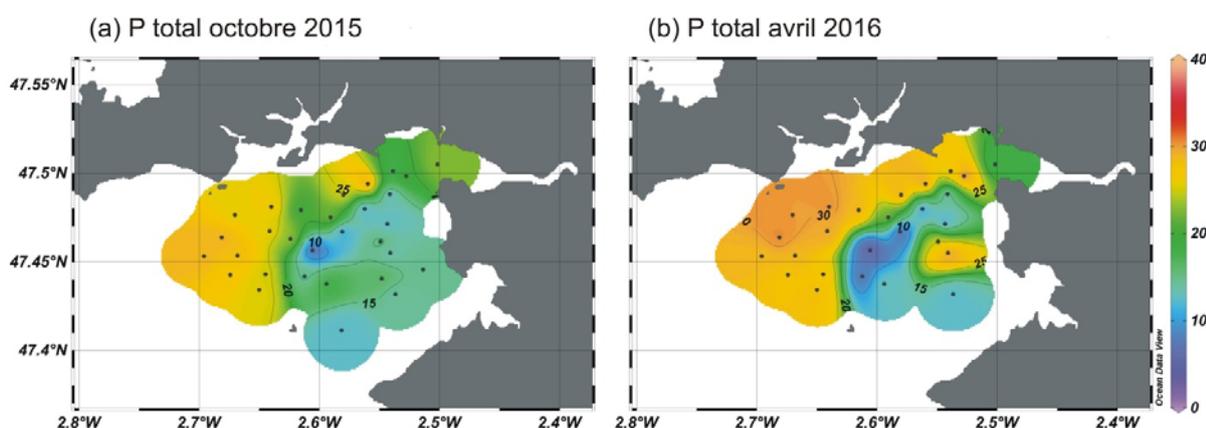


Figure 20. Concentrations en P total dans les cinq premiers cm des sédiments de la baie de Vilaine en octobre 2015 (a) et en avril 2016 (b).

### Recyclage benthique des nutriments

En 2015, les flux benthiques de nutriments ont été mesurés du printemps à l'automne à la station ND avec la technique d'incubations de carottes de sédiments en laboratoire qui permet de maîtriser les conditions d'éclairage, d'advection (d'oxygénation) et de bioturbation (inventaire de macrofaune benthique). Ce suivi temporel à une station a été accompagné de mesures de processus (nitrification, réduction des nitrates et des sulfates) et de concentrations de nutriments sous différentes formes dans les

sédiments et dans leurs eaux interstitielles. D'autres paramètres comme les profils d'oxygène dissous, la concentration en pigments chlorophylliens dans les sédiments ont complété la description et fourni des valeurs pour la paramétrisation des modèles. Des flux benthiques ont à nouveau été mesurés dans la baie de Vilaine, mais avec une approche spatiale pour décrire les flux des autres faciès sédimentaires de la baie de Vilaine.

Les flux benthiques de nutriments mesurés dans la baie de Vilaine sont en lien direct avec les apports de nutriments par les fleuves et ceux de matières organiques issus des blooms de phytoplancton. Ainsi, les flux benthiques sont corrélés avec la concentration en Chl-a dans le premier cm de sédiment.

Un modèle de transport réactif unidimensionnel a été développé pour prendre en compte les réactions d'oxydation et de réduction de la diagenèse précoce ainsi que le transport des composés dissous dans les EIS par diffusion, bioturbation, bioirrigation et advection. Il permet de simuler les flux de nutriments à l'interface eau-sédiment ainsi que les processus sédimentaires associés (Figure 21).

Le modèle simule bien les flux benthiques et les processus mesurés expérimentalement. Les apports de matière organique (sédimentation de blooms phytoplanctoniques sous forme d'azote organique particulière : NOP) et les concentrations d'oxygène et d'azote inorganique dissous dans les eaux de fond déterminent le sens et l'amplitude des flux de  $\text{NH}_4^+$  et de  $\text{NO}_3^-$  à l'interface eau-sédiment. Trois scénarios simulant des situations typiques retrouvées chaque année dans la baie de Vilaine ont pu être modélisés (Figure 21).

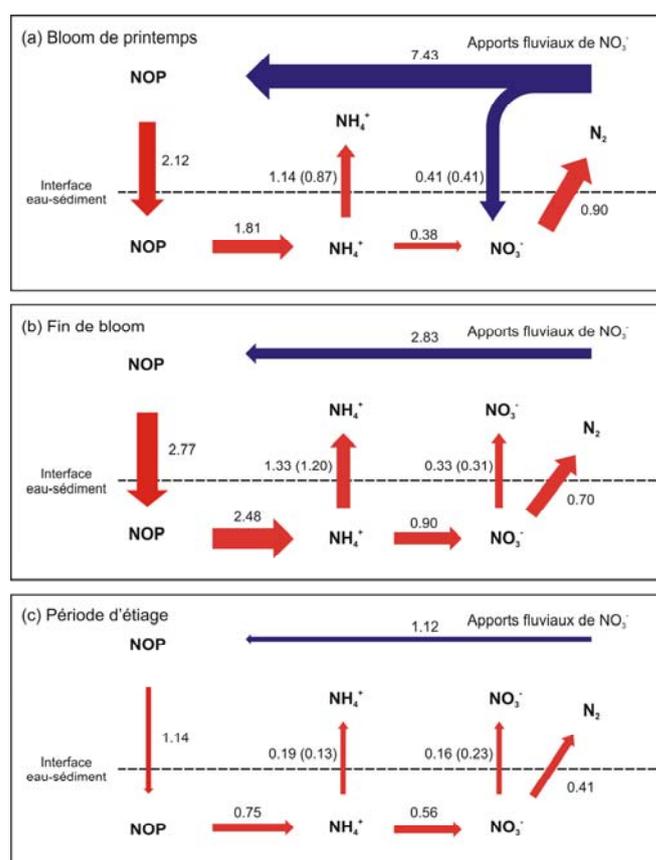


Figure 21. Modélisation des flux associés au cycle de l'azote dans les sédiments de la baie de Vilaine pour trois scénarios rencontrés dans la baie de Vilaine en 2015. Les nombres correspondent aux valeurs calculées par le modèle et ceux entre parenthèses aux valeurs mesurées expérimentalement ( $\text{mmol m}^{-2} \text{j}^{-1}$ ). Les apports externes de  $\text{NO}_3^-$  (bleu) sont calculés à partir de concentration mensuelle de  $\text{NO}_3^-$  dans la Loire et la Vilaine et des débits, puis extrapolés à la superficie de la baie de Vilaine.

Durant la période hivernale, les sédiments peuvent être considérés comme inactifs même si la diffusion des nitrates apportés par les fleuves leur donne un pouvoir épurateur grâce au processus de dénitrification. En avril 2015, après le premier bloom de printemps, les fleuves continuent d'apporter des eaux riches en  $\text{NO}_3^-$ , ces derniers diffusant de la colonne d'eau vers les sédiments pour y être ensuite dénitrifiés (Figure 21a). Les observations par plongée rapportent que les blooms de phytoplancton en voie de sénescence se décomposent à la surface des sédiments sous forme d'amas organiques restant à la surface. Cette matière organique est reminéralisée de façon aérobie sous forme  $\text{NH}_4^+$  mais seule une partie retourne dans la colonne d'eau. Les conditions d'oxygénation sont favorables à la nitrification et les  $\text{NO}_3^-$  ainsi produits viennent s'ajouter à ceux d'origines fluviales pour être dénitrifiés dans les sédiments. Les nitrates éliminés directement ou indirectement par dénitrification durant le début de la période printanière constituent environ 10 % des apports par les fleuves.

Le scénario « fin de bloom », élaboré à partir des mesures de fin juin (Figure 21b), correspond à la fin des blooms phytoplanctoniques de printemps en raison de la baisse des apports fluviaux. La matière organique accumulée sur le fond est à son maximum saisonnier tout comme les flux benthiques de nutriments. La forte production de  $\text{NH}_4^+$  stimule la nitrification et par voie de conséquence, la dénitrification.

En été, période d'étiage, les apports de nutriments par les fleuves sont à leur minimum saisonnier (Figure 21c). La production phytoplanctonique estivale s'appuie sur les flux de régénération. Elle enrichit moins les sédiments en matières organiques que les blooms de printemps. Les flux benthiques de  $\text{NH}_4^+$  sont environ dix fois plus faibles qu'en juin mais la dénitrification demeure à un niveau élevé. Durant la période estivale, les sédiments étudiés éliminent plus d'azote qu'il n'en exportent dans l'eau.

Le cycle de l'azote à l'interface eau-sédiment de la baie de Vilaine est donc contrôlé par les apports en matière organique provenant essentiellement de la sédimentation des blooms de phytoplancton. L'interface eau-sédiment est suffisamment oxygénée pour permettre le couplage entre nitrification et dénitrification, ce qui favorise l'élimination de l'azote. En revanche, les conditions faiblement réductrices dans les sédiments ne sont pas favorables à la respiration dissimilaire des nitrates qui maintient l'azote sous forme  $\text{NH}_4^+$ . En conséquence, les conditions environnementales qui règnent à l'interface eau-sédiment de la baie de Vilaine favorisent plutôt l'élimination de l'azote par rapport à d'autres écosystèmes où les sédiments sont réduits une bonne partie de l'année.

La modélisation du cycle du phosphore présente des similarités avec celle du cycle de l'azote. Les flux de phosphates (PID) mesurés expérimentalement sont très bien simulés par le modèle et répondent à la sédimentation des blooms de phytoplancton comme ceux de  $\text{NH}_4^+$  (Figure 22). La différence avec l'azote réside dans le devenir du produit de la reminéralisation qui, au lieu d'entrer dans un processus d'élimination, a tendance à rester immobilisé dans les sédiments notamment par réaction avec les oxydes de fer (P-Fe). L'association du PID sédimentaire avec les oxydes de fer est réversible, en particulier en été lorsque la demande en oxygène culmine. La précipitation du PID sous forme d'apatite authigénique est un processus mineur dans les sédiments étudiés. A la différence de l'azote, les flux estivaux de PID sont plus élevés que ceux du début de printemps, grâce à leur association avec les oxydes de fer qui les immobilisent en partie au printemps pour les restituer en été. En conséquence, les sédiments favorisent le recyclage du PID au détriment de celui de l'azote qui subit des processus d'élimination.

Les flux benthiques de DSi n'ont pas été modélisés. Leur évolution, de la fin de l'hiver à l'automne, est similaire à celles des flux de NID et de PID. Si l'on compare les proportions en NID, PID et DSi dans les apports aux rapports de Redfield (demande par le phytoplancton), le classement des nutriments par ordre de limitation serait pour les apports fluviaux :  $\text{PID} > \text{DSi} > \text{NID}$  et pour les flux benthiques :  $\text{NID} > \text{PID} > \text{DSi}$ . Selon leur importance relative, les deux types d'apports vont influencer la nature du premier nutriment limitant dans la baie de Vilaine.

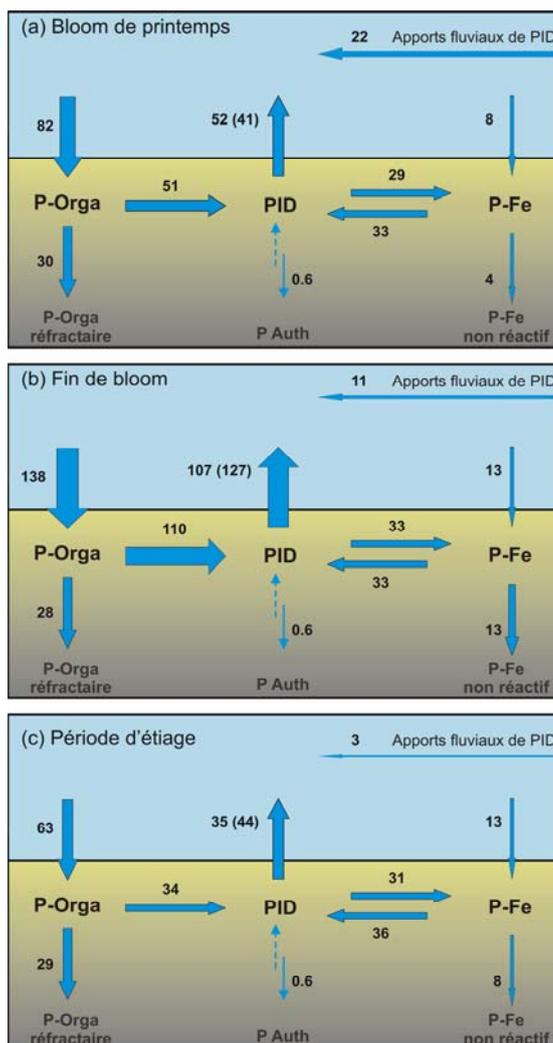


Figure 22. Modélisation des flux associés au cycle du phosphore dans les sédiments de la baie de Vilaine pour trois scénarios rencontrés dans la baie de Vilaine en 2015. Les nombres correspondent aux valeurs calculées par le modèle et ceux entre parenthèses aux valeurs mesurées expérimentalement ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ). Les apports externes de PID sont estimés à partir des données de la Loire et de la Vilaine puis extrapolés à la superficie de la baie de Vilaine.

Tableau 3. Estimation des apports de nutriments inorganique dissous par les sédiments dans la baie de Vilaine (en tonnes sur la période estivale de juin à août 2015) en comparaison avec les apports par la Vilaine et par la Loire sur la même période. \*Les apports par la Loire prenant en compte la dilution (1/10) sont entre parenthèses

Nutriments	Sédiments	Vilaine	Loire*
NID	1078	1286	11827 (1183)
PID	211	4	154 (15)
DSi	8868	707	18528 (1853)

Les bilans comparant les apports de nutriments par les fleuves à ceux par les sédiments sur la période estivale confirme l'hypothèse que les sédiments sont impliqués dans la limitation par le NID de la production phytoplanctonique estivale. De juin à août 2015, les apports de NID par les sédiments de la baie de Vilaine étaient du même ordre de grandeur que les apports de la Vilaine et des apports de la Loire en considérant qu'ils sont dilués au moins dix fois avant leur arrivée dans la baie de Vilaine (Tableau 3). En revanche, les apports sédimentaires de PID et de DSi étaient beaucoup plus élevés que ceux de la Vilaine et de la Loire (après dilution).

### *Implication pour le modèle ECOMARS*

Pour analyser, les contributions des sources de nutriments d'origines sédimentaires et fluviales à l'eutrophisation de la baie de Vilaine, le meilleur outil est un modèle de simulation de la production primaire. Le modèle ECO-MARS3D est composé d'un modèle hydrodynamique en trois dimensions auquel a été couplé un modèle biogéochimique simulant à la fois les blooms phytoplanctoniques et les proliférations de macroalgues vertes.

Les résultats du programme DIETE ont mis en évidence l'importance des processus de recyclage à l'interface eau-sédiment dans l'évolution de l'eutrophisation dans la baie.

Le modèle doit donc intégrer les processus mis en évidence par les modèles de transport réactif unidimensionnels traitant individuellement l'azote et le phosphore. Les processus sédimentaires à prendre en compte sont :

Pour l'azote :

- production de  $\text{NH}_4^+$  par minéralisation de l'azote organique,
- nitrification qui transforme le  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$ ,
- élimination de l'azote par dénitrification (transformation de  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{N}_2$ ).

Pour le phosphore :

- production de PID par minéralisation du P organique,
- adsorption de PID sur les oxydes de fer,
- libération de PID due à la réduction des oxydes de fer.

La prise en compte de ces processus dans le modèle ECOMARS passe par l'élaboration d'un modèle simulant à la fois l'enrichissement de l'eau en nutriments, la production de phytoplancton puis le recyclage de ce dernier à l'interface eau-sédiment. Dans une première phase, c'est un modèle unidimensionnel qui permettra de simuler les séquences décrites aux deux stations ND et OL de la baie de Vilaine. Ce modèle permettra de faire jouer des scénarios aussi bien passés (anoxie de 1982) que spéculatifs (hypothèse d'abattement des concentrations de nutriments dans les eaux fluviales). L'étape de spatialisation peut ensuite être envisagée.

### **3.7.1.6. Conclusions**

Le diagnostic de la DCE classe les masses d'eaux de la baie de Vilaine FRGC44 et FRGC45 en bon (vert) ou en moyen (jaune) pour le phytoplancton et en bon pour les nutriments. Celui réalisé par DIETE donne une autre vision de l'état de la baie de Vilaine avec des masses d'eau qui ont subi de profondes modifications de leurs communautés phytoplanctoniques :

- augmentation de la biomasse et des abondances,
- déplacement du maximum saisonnier,
- changement des rapports diatomées:dinoflagellés,
- multiplication des eaux colorées.

Ce constat génère de multiples questions concernant les conséquences du bouleversement de la dynamique du phytoplancton sur le réseau trophique de la baie de Vilaine. Des recherches restent à effectuer

pour décrire la phénologie des différents groupes taxonomiques et étudier leurs liens avec les cycles de reproduction des animaux. Dans l'hypothèse où une baisse substantielle des nitrates dans les eaux de la Loire serait effective, quelles trajectoires de restauration peuvent être anticipées pour le Mor Braz ? Quelles sont les interactions à envisager entre les modifications du climat (réchauffement des eaux, événements extrêmes) et celles à attendre d'un abatement des apports externes de nutriments ?

Le travail réalisé par DIETE sur les sédiments de la baie de Vilaine a montré l'importance des processus de rétroaction des écosystèmes côtiers à des forçages anthropiques comme les pollutions en nutriments. La prise en compte de la charge interne en nutriment, en particulier les stocks sédimentaires, est un préalable pour projeter des trajectoires de restauration. La prise en compte de ces processus de recyclage pour la modélisation de la production phytoplanctonique par le modèle ECOMARS va grandement affiner les scénarios d'abatement des apports anthropiques d'azote et de phosphore

### 3.7.2. Dynamique des nutriments et du carbone le long du continuum Marais Poitevin Baie de l'Aiguillon (2016-2019)

Ce projet est coordonné par le LER/PC. Le LER/MPL a apporté ses compétences analytiques pour l'organisation et la réalisation des mesures de concentrations en nutriments dissous et particulaires dans les eaux douces et marines du continuum Marais Poitevin/Baie de l'Aiguillon.

Les environnements côtiers sont des systèmes clés dans le couplage des cycles biogéochimiques entre les continents, les océans et l'atmosphère. En dépit de leur faible surface (7 % de l'océan total), ces derniers assurent 14-30 % de la production primaire océanique totale. L'ensemble des nutriments (N, P, C et Si) apporté par les systèmes aquatiques terrestres influence directement la production primaire, la structure du réseau trophique et la qualité des écosystèmes côtiers. Dans ce cadre, le projet pluridisciplinaire EBVBA (Export de nutriments et de carbone du Bassin Versant de la Baie de l'Aiguillon) a été initié depuis janvier 2017 pour une durée de trois ans sur la dynamique des nutriments et du carbone le long du continuum terrestre-aquatique régional Marais poitevin – Baie de l'Aiguillon – Pertuis Breton. Ce projet porté par le LER/PC fait intervenir plusieurs collaborations, internes IFREMER (LER/MPL) mais aussi des partenaires extérieurs comme la Réserve Naturelle Nationale (RNN) de la Baie de L'Aiguillon ainsi que l'Etablissement Public du Marais Poitevin (EPMP). Ce projet d'étude et de recherche est né d'une demande d'aide à maîtrise d'ouvrages à l'IFREMER afin d'apporter des réponses aux gestionnaires publiques quant à la mise en œuvre de leurs politiques locales de l'eau et la compréhension du fonctionnement hydraulique des sous bassins versants acheminant l'eau douce à la Baie de l'Aiguillon. Ce projet EBVBA bénéficie de plusieurs sources de financement obtenues notamment par l'IFREMER, les bénéficiaires coordinateurs du projet européen LIFE14-NAT\_FR\_000669 (Syndicat mixte du Parc interrégional du Marais poitevin) et associés (Ligue Française pour la Protection des Oiseaux LPO et Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage ONCFS qui gèrent la RNN) ainsi que l'EPMP et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne (AELB). Le poster présentée au colloque de prospective SIC illustre les premiers résultats obtenus par le projet et plus précisément les dynamiques du carbone et des nutriments durant la saison automne-hiver dans le Marais poitevin, et leurs exports vers la Baie de l'Aiguillon. Cinq cours d'eau hétérogènes ont été échantillonnés deux fois par mois à partir de janvier 2017 afin de mesurer les concentrations de carbone et de nutriments et les paramètres environnementaux associés. Ces mesures ont été comparées à une étude datant de l'automne 2004 - hiver 2005, afin d'étudier aussi les variations interannuelles. Les premiers résultats obtenus en hiver 2017 montrent des variations spatiales significatives entre les cours d'eau. Par exemple, les deux systèmes estuariens (le Lay et la Sèvre) ont montré des moyennes de concentrations en MES (470 et 4000 mg L<sup>-1</sup>) et de pCO<sub>2</sub> (1580 and 3600 ppmv) élevées, liées à la minéralisation intense de la matière organique. Au contraire, les petits chenaux (i.e. Chenal Vieux, Curé and Luçon), ont semblé plus productifs en hiver, avec de faibles valeurs de MES et de fortes concentrations de chlorophylle a (230 µg L<sup>-1</sup> en 2004 dans le Canal du Curé), ainsi que des pCO<sub>2</sub> plus basses. Des variations temporelles significatives ont également été observées entre les saisons : des concentrations plus faibles de nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ont été mesurées en automne 2004 par rapport à l'hiver 2005 (140 et 350 µmol L<sup>-1</sup> en moyenne,

respectivement). Enfin, des corrélations significatives entre les concentrations de carbone/nutriments et les débits ainsi que l'occupation du sol ont été mises en évidence pour l'hiver 2017 principalement, permettant en partie d'expliquer ces variations spatio-temporelles. Les concentrations élevées de  $\text{NO}_3^-$  observées dans la Sèvre et le Curé étaient corrélées positivement ( $R^2 = 0,66$ ) à la surface agricole (>50 % de la surface totale de ces bassins versants). Cependant, les pressions anthropiques, comme les ouvrages hydrauliques qui permettent de réguler les arrivées d'eau au sein du continuum Marais poitevin-Baie de l'Aiguillon, viennent complexifier encore le système étudié et justifient donc la poursuite des mesures sur les deux années à venir afin de mieux appréhender la dynamique de ce système homme-terre-mer.

### 3.7.3. Etude des mortalités de moules bleues, *Mytilus edulis* (MORBLEU)

Ce projet est coordonné par le LER/PC et a été financé par la DPMA en 2017. L'objectif de ce projet est de décrire les mortalités de moules et d'identifier les facteurs responsables. En 2017, le LER/MPL a réalisé le suivi de trois lots de moules et des paramètres environnementaux à Pont Mahé en Baie de Vilaine.

La physiologie et la cytogénétique des lots de moules ont été caractérisées au laboratoire de la Tremblade.

Des suivis environnementaux ont également été effectués pour décrire les communautés planctoniques par identification en microscopie inversée, en biologie moléculaire et en cytométrie en flux. La concentration des nutriments a également été suivie. Un bilan de l'ensemble des résultats sera restitué courant 2018.

### 3.7.4. MONITOOL (2017-2020)

Projet Interreg. Coordination Dublin City University.

Ce projet, lancé en 2017, a pour objectif de déterminer des valeurs seuils sur les DGT (échantillonneurs passifs), alternatifs aux seuils réglementaires existants pour les composés métalliques (NQE eau pour le Pb, Cd, Ni ou aux seuils proposés par un des états pour les composés métalliques (Al, Cr, Co, Cu, Fe, Mn et Zn) qui ne disposent pas de NQE). Le LER/MPL est impliqué dans la tâche 5 qui permet le déploiement, en parallèle, d'échantillonneurs passifs et l'acquisition de données dans l'eau. Cette acquisition des données se fait simultanément dans neuf pays européens et sur trois stations du littoral Français.

### 3.7.5. Etude de détermination de BAF (facteur de bioaccumulation) sur les mollusques marins pour la détermination de l'état chimique dans le contexte de la DCE (2016-2019)

Coordination I. Amouroux (Cellule Arc).

Cette étude est coordonnée par la cellule ARC. L'objectif est de déterminer des seuils sur les mollusques (VGE = valeur guide environnementale), alternatifs aux NQE définies dans l'eau pour 25 substances hydrophobes et bioaccumulables de l'état chimique la DCE. Le LER/MPL intervient dans l'acquisition de données de terrain en Loire Atlantique. L'acquisition des données se fait sur trois secteurs géographiques du littoral français par d'autres équipes de l'unité littoral.

Trois lots de moules ont été mis à l'eau en novembre 2017 sur le site du Croisic.

## 4. Perspectives 2018

Le laboratoire continuera son rôle de sentinelle du milieu marin et la mise en œuvre de l'observation et de la surveillance des eaux côtières à partir de la station de Lorient : la fermeture de la station de La Trinité-sur-Mer étant programmée pour fin septembre 2018. En plus de son rôle d'expert et d'appui à la Politique

Publique, le LER/MPL poursuivra des actions de recherche rattachées aux thématiques de l'Unité DYNECO. Les projets soumis et acceptés sont présentés dans ce paragraphe.

## 4.1. EPICE : Efflorescences de *Lepidodinium chlorophorum* au large de la Loire et de la Vilaine

**EPICE 1.0** : Les Efflorescences de *Lepidodinium chlorophorum* au large de la Loire et de la Vilaine : déterminisme et Conséquences sur le fonctionnement de l'Écosystème côtier - Financement sollicité Ifremer/AELB/FEAMP – Coordination M. Schapira. Demande de bourse de thèse (Ifremer, Région Pays de la Loire) – durée 24 mois (2018-2019).

Le secteur côtier situé sous l'influence de la Loire et de la Vilaine est fortement impacté par les phénomènes d'eutrophisation. Sur ce secteur, des études récentes, menées dans le cadre du projet DIETE ont mis en évidence une augmentation de la fréquence des eaux colorées vertes à *Lepidodinium chlorophorum*. Cependant, l'écologie et la physiologie de ce dinoflagellé restent largement méconnues. Compte tenu de la récurrence des épisodes d'eaux colorées vertes au large de la Loire et de la Vilaine et de leurs potentielles conséquences sur la qualité des masses d'eau et le fonctionnement de ces écosystèmes côtiers, il apparaît aujourd'hui indispensable d'améliorer nos connaissances sur le cycle de vie de ce dinoflagellé ainsi que sur les conditions environnementales propices à son développement. Cette première étape est indispensable à une meilleure compréhension des conséquences de l'intensification potentielle de ces phénomènes, sous l'effet conjointe de la pression anthropique et du changement climatique. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet EPICE.

L'objectif du projet EPICE est donc d'améliorer nos connaissances sur la phénologie et le déterminisme des eaux vertes à *L. chlorophorum* au large de la Loire et la Vilaine ainsi que sur leurs conséquences sur la qualité des masses d'eau et le fonctionnement de l'écosystème côtier. Compte tenu du peu d'informations disponibles sur l'écologie de cette espèce il est indispensable d'acquérir de nouvelles données, à la fois sur le terrain comme en laboratoire. Le projet EPICE dans sa globalité, a été structuré en 4 axes de recherche principaux.

Axe 1 : Cycle de vie de *L. chlorophorum* : implications sur les dynamiques spatiales et temporelles des efflorescences.

Axe 2 : Rôle des conditions hydro-climatiques sur les efflorescences de *L. chlorophorum* au large de la Loire et de la Vilaine : de l'échelle saisonnière à l'échelle interannuelle.

Axe 3 : Dynamique saisonnière des exo-polymères au large de la Loire et de la Vilaine : relation avec les efflorescences de *L. chlorophorum* et conséquences sur la qualité des masses d'eau côtières.

Axe 4 : Conséquences des efflorescences de *L. chlorophorum* sur les populations de bivalves filtreurs au large de la Loire et de la Vilaine : effets des hypoxies et des modifications des propriétés rhéologiques de l'eau de mer.

Le projet EPICE 1.0 se propose dans un premier temps de répondre à trois objectifs indispensables à la place d'études ultérieures :

- (i) renforcer le recensement des épisodes d'eaux colorées vertes sur le secteur de la baie de Vilaine et au large de l'estuaire de la Loire en collaboration avec le projet PHENOMER,
- (ii) évaluer l'apport de la méthode de cytométrie en flux pour l'identification et la quantification de *L. chlorophorum* au sein des assemblages naturels et
- (iii) tester l'hypothèse de la formation de kystes par *L. chlorophorum* et étudier la répartition spatiale de ces kystes. Cette première phase du projet EPICE sera réalisée en étroite collaboration avec DYNECO, le LER/BO, et le projet PHENOMER.

## 4.2. FOREVER : Flat Oyster Conservation program : Ecology, Inventory and Recovery of the last native oyster beds in Brittany

**FOREVER (2017-2020): Flat OysteR** conservation program : **E**cology, **I**n**V**entory and **R**ecovery of the last native oysters beds in Brittany (France).

Ce projet financé par le FEAMP est coordonné par le CRC BS et le laboratoire LPI de Brest.

En France, l'huître plate, espèce autrefois dominante dans la plupart des écosystèmes côtiers, ne subsiste plus que dans quelques milieux restreints notamment en Bretagne et en Normandie (Duchêne et *al.*, 2015). Et les populations résiduelles encore présentes (Hussenot et *al.*, 2014) sont soumises à des menaces croissantes de plus en plus contraignantes si bien que l'espèce et ses habitats disparaîtront de nos côtes dans un avenir proche si aucune action ciblée n'est engagée rapidement.

Sur le plan écologique, les huîtres font partie des espèces dites ingénier d'écosystème : elles créent des habitats favorables à l'installation d'autres organismes et augmentent ainsi la biodiversité de leur environnement proche. Parce qu'une population d'huîtres présente la capacité de construire de véritables récifs biogéniques calcaires, ce groupe d'espèces constitue l'équivalent tempéré des récifs coralliens tropicaux (Beck et *al.*, 2011). Or, au niveau mondial, les récifs d'huîtres sont au premier plan des habitats côtiers les plus menacés et une étude récente montre que 85 % des récifs ont été « gravement endommagés voire détruits » de part le monde (Beck et *al.*, 2011). C'est notamment le cas en Europe pour l'huître plate native, *Ostrea edulis* : répertoriée dans la liste noire des espèces menacées de la convention OSPAR (Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est), elle fait l'objet de mesures de conservation et de restauration ciblées au Royaume Uni (« UK Native Oyster Action Plan »).

En effet, force est de constater que, malgré un ensemble d'engagements de l'Etat (e.g. convention internationale pour la Diversité Biologique en 1992, directive européenne « Stratégie pour le milieu marin » en 2008, stratégie nationale pour la création et la gestion des aires marines protégées en 2012, loi sur la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages en 2016) et malgré son intérêt économique, très peu d'études et/ou d'actions ont été engagées pour la conservation de cette espèce et la restauration de son habitat, à l'exception de quelques actions pionnières localisées (Hussenot et *al.* 2014 ; Cochet et *al.* 2015).

Or, la restauration des habitats et des populations d'huîtres plates est un objectif dont la portée va au delà même du simple intérêt pour la conchyliculture en Bretagne et s'inscrit parfaitement dans l'enjeu de croissance bleue envisagé pour notre siècle. Les services écosystémiques rendus par les récifs d'huîtres (Volety et *al.*, 2014) incluent, en effet, des intérêts connexes pour les ressources halieutiques côtières (e.g. nurserie et zone refuge), pour les activités récréatives et pour la santé de l'écosystème dans son entier (e.g. objectif Natura 2000 en rade de Brest). Certains bancs devront d'ailleurs faire l'objet de zone de conservation halieutique dans un avenir proche.

Fleuron de l'ostréiculture bretonne, l'huître plate, également appelée « Belon » en Bretagne, affichait dans les années 1960 une production de plus de 20 000 tonnes. Celle-ci s'est effondrée dans les années 1970 à 2 000 tonnes suite aux deux maladies parasitaires toujours en vigueur (*Bonamiose* et *Marteillose*). Elle s'est maintenue ainsi pendant plus de 30 ans, mais suite aux faibles recrutements observés ces dernières années en baie de Quiberon (Cochet et *al.*, 2015), elle a chuté à 500 tonnes en 2015 engendrant des situations financières délicates pour les entreprises spécialisées sur cette espèce. Il faut en effet savoir que, même si des populations résiduelles existent le long des côtes françaises, la production d'huîtres plates en France ne repose plus que sur le captage naturel réalisé uniquement sur deux sites en baie de Quiberon et en rade de Brest.

Les projets PERLE et EVER (e.g. Hussenot et *al.*, 2014 ; Duchene et *al.*, 2014 ; Cochet et *al.*, 2016) ont permis de dresser un premier inventaire des populations résiduelles d'huîtres plates en Bretagne et notamment dans les deux écosystèmes d'intérêt pour la profession (rade de Brest et baie de Quiberon).

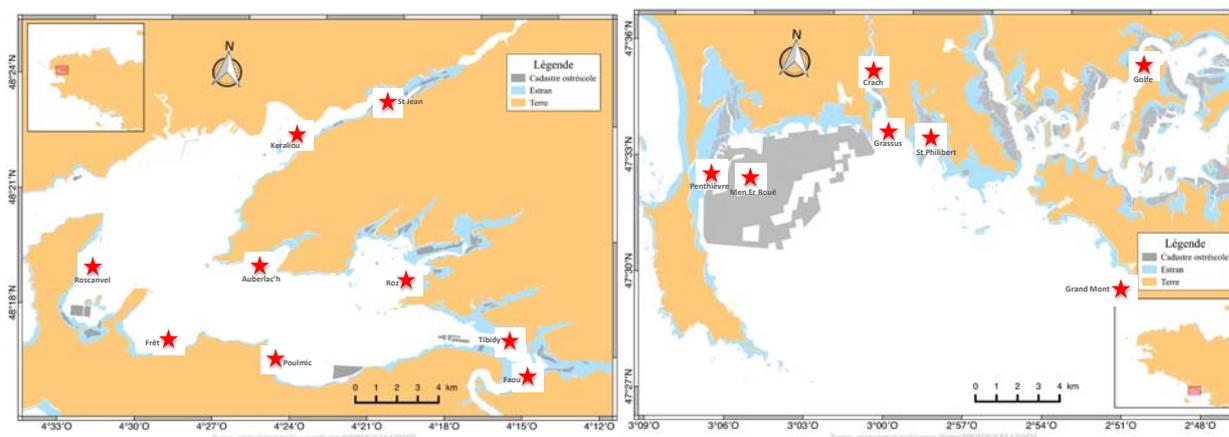


Figure 23. Site d'étude approfondie (rade de Brest et baie de Quiberon) et localisation des bancs sauvages d'huîtres plates d'intérêt

Dans ce contexte, cette démarche vise à poursuivre l'inventaire des principales populations sauvages résiduelles encore présentes en Bretagne et détailler au mieux le rôle de ces populations dans le recrutement de l'espèce dans les deux derniers écosystèmes bretons qui fournissent encore le captage français. Cet inventaire exhaustif et cette meilleure compréhension de la dynamique des bancs naturels serviront de bases scientifiques pour proposer des mesures concrètes visant à protéger et restaurer ces bancs, et ainsi contribuer à pérenniser l'activité de captage et de production de cette espèce native et patrimoniale, tout en assurant pour l'avenir son rôle dans la biodiversité marine de nos côtes.

Les objectifs de ce projet sont de :

- établir un inventaire précis des principales populations sauvages d'huîtres plates à l'échelle de la Bretagne et évaluer leur état de santé,
- réaliser un diagnostic écologique détaillé des deux plus grands bancs d'huîtres plates présents en rade de Brest (le banc du Roz) et en baie de Quiberon (le banc de Penthièvre) (i.e. mieux comprendre l'écologie et la variabilité du recrutement de l'huître plate et proposer des pistes d'amélioration de ce recrutement),
- proposer des mesures concrètes de gestion des bancs sauvages en concertation avec les professionnels et les gestionnaires marins au travers de la mise en place d'un pilote démonstratif faisant appel à des procédés liés à l'économie circulaire.

## 5. Annexes

### Annexe 1 : Productions scientifique et technologique

Indicateurs	Nombre
Publications dans des revues avec comité de lecture (de rang A)	4
Publications parues dans d'autres revues et dans des ouvrages scientifiques et technologiques	
IF moyen des publications	
Rapports liés à:	
- réseaux de surveillance/observation	22
- projets	4
Articles de vulgarisation	2
Avis et expertises (et ETP associés)	
- de commande publique	9
- de commande privée	1
Jeu de données	3
Communications dans des colloques et congrès, posters	19
Brevets	
Licences	

#### Publications

Morelle, J., **Schapira, M.**, Claquin, P., 2017. Dynamics of phytoplankton productivity and exopolysaccharides (EPS and TEP) pools in the Seine Estuary (France, Normandy) over tidal cycles and over two contrasting seasons. *Marine Environmental Research* 131, 162–176. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.09.007>

Pasqualini Vanina, Derolez Valerie, Garrido Marie, Orsoni Valerie, Etourneau Sabrina, Leoni Vanina, Rebillout Patrick, Laugier Thierry, **Souchu Philippe**, Malet Nathalie (2017). Spatiotemporal dynamics of submerged macrophyte status and watershed exploitation in a Mediterranean coastal lagoon: Understanding critical factors in ecosystem degradation and restoration. *Ecological Engineering*, 102, 1-14. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.027>

Polsenaere Pierre, Soletchnik Patrick, Le Moine Olivier, Gohin Francis, Robert Stephane, Pepin Jean-Francois, **Stanisiere Jean-Yves**, Dumas Franck, Bechemin Christian, Gouletquer Philippe (2017). Potential environmental drivers of a regional blue mussel mass mortality event (winter 2014, Breton Sound, France). *Journal Of Sea Research* , 123, 39-50 . <http://doi.org/10.1016/j.seares.2017.03.005>

Thorel, M., Claquin, P., **Schapira, M.**, Le Gendre, R., Riou, P., Goux, D., Le Roy, B., Raimbault, V., Deton-Cabanillas, A.-F., Bazin, P., Kientz-Bouchart, V., Fauchot, J., 2017. Nutrient ratios influence variability in *Pseudo-nitzschia* species diversity and particulate domoic acid production in the Bay of Seine (France). *Harmful Algae* 68, 192–205. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.07.005>

#### Rapports

##### *Réseaux de surveillance et Observation*

Ifremer/ODE/LITTORAL/LER/MPL/Laboratoire Environnement Ressources Morbihan Pays de Loire (2017). Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2016. Département du Morbihan. ODE/LITTORAL/LER-MPL/17-09. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00388/49907/>

Ifremer/ODE/LITTORAL/LERMPL/NT/Laboratoire Environnement Ressources MPL (2017). Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2016. Départements de Loire Atlantique et Vendée(partie nord).ODE/LITTORAL/LER MPL/17-08. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00387/49876/>

**Bizzozero Lucie** (2017). Directive cadre sur l'eau. Bassin Loire-Bretagne. Contrôle de surveillance dans les masses d'eau côtière et de transition. Actions menées par Ifremer en 2015. RST/LER/MPL/17.12. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00392/50341/>

**Blouin Antoine** (2017). Etude sanitaire de la baie du Croisic (zone 44.06). Département de la Loire-Atlantique. RST/LER-MPL/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00372/48328/>

**Blouin Antoine** (2017). Etude Sanitaire de la zone 44.04.03 Piriac - Lanséria. Coquillages non fouisseurs (Groupe 3). Département de la Loire – Atlantique. RST/LER/MPL/17.02. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00372/48325/>

**Blouin Antoine, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Etude de la qualité microbiologique et chimique du gisement de tellines de St Jean de Monts et St Hilaire de Riez. 85.05 « Sud Pont d'Yeu ». Département de Vendée. RST/LER-MPL/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00374/48553/>

**Blouin Antoine, Treguier Cathy, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Département : Loire-Atlantique. Edition 2017. RST/LER/MPL/17.05. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00389/50037/>

**Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Rapport d'activités 2016 Laboratoire Environnement Ressources du Morbihan-Pays de Loire. RST/LET/MPL/17.14. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00393/50481/>

**Collin Karine** (2017). Etude de l'impact de la variabilité des mesures de salinité des échantillons sur les calculs de concentration de nutriments. RST/LER/MPL17.16

Le Gac-Abernot Chantal, Antajan Elvire, Courtay Gaelle, Dreves Luc, Lamort Laure, Martin Jocelyne, **Pierre-Duplessix Olivier**, Schlaich Ivan (2017). Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville - Année 2016. RST ODE/LITTORAL/LER/BO/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00398/50923/>

**Manach Soazig**, Neaud-Masson Nadine (2017). Compte Rendu Atelier Phyto Grand Ouest 2017. RST/LER-MPL/17-10. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00388/49963/>

**Morin Dimitri, Treguier Cathy, Blouin Antoine** (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole. Département : Vendée. Edition 2017. RST/LER/MPL et PC/17.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00387/49800/>

Menet-Nedelec Florence, Ropert Marion, Riou Philippe, Courtay Gaelle, Fontaine Bruno, Françoise Sylvaine, Jacqueline Franck, Lesaulnier Nadine, Louis Fabienne, Maheux Frank, **Pierre-Duplessix Olivier**, Rabiller Emilie, **Schapira Mathilde**, Simon Benjamin (2017). Réseau Hydrologique Littoral Normand - RHLN - Année 2014. ODE/LERN/17-07. <http://doi.org/10.13155/51493>

Morin Jacques, Richard Benjamin, **Treguier Cathy** (2017). Qualité sanitaire des gisements naturels de coquillages. Morbihan. Pêche à pied récréative. Année 2017. Ifremer/RST/LER/MPL - 17/011. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00393/50395/>

**Retho Michael** (2017). Qualification des données acquises par la station de mesure MOLIT en baie de Vilaine de février à octobre 2016. RST/LER/MPL/17.06. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00384/49565/>

**Retho Michael, Bizzozero Lucie, Le Merrer Yoann, Manach Soazig, Collin Karine, Fortune Mireille, Schmitt Anne, Gabellec Raoul, Souchu Philippe et Cochenec Laureau Nathalie** (2017). Bilan des observations hydrologiques du secteur côtier au large de la Loire et de la Vilaine en 2016. RST/LER/MPL/19.19

<http://archimer.ifremer.fr/doc/00416/52720/>

**Schapira Mathilde**, Le Gac-Abernot Chantal, Antajan Elvire, Maheux Frank, Rocroy Melanie, Schlaich Ivan, Simon Benjamin, Talleux Jean-Denis (2017). Surveillance Ecologique et halieutique du site électronucléaire de Paluel. Année 2016. Rapport scientifique annuel. RST/LER/MPL/17.07.

Schlaich Ivan, Antajan Elvire, Francoise Sylvaine, Loots Christophe, Maheux Frank, Rabiller Emilie, **Schapira Mathilde**, Simon Benjamin (2017). Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Penly. Année 2016. Rapport scientifique annuel. IFREMER/RBE/HMMN/RHPEB 17-001. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00398/50925/>

**Treguier Cathy** (2017). Evaluation de la qualité des zones de production conchylicole - Département du Morbihan - Edition 2017. RST/LER/MPL/17/11. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00386/49704/>

**Treguier Cathy** (2017). Etude sanitaire du golfe du Morbihan. Zone N° 56.13.1. Département du Morbihan. RST/LER-MPL/17-0. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00375/48590/>

Lupo Coralie, Fleury Elodie, Normand Julien, Osta Amigo Axel, Robert Stephane, Canier Lydie, Francois Cyrille, Garcia Celine, **Bouget Jean-François**, **Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Bilan 2016 du dispositif national de surveillance de la santé des mollusques marins. Convention DGAL/IFREMER 16/1212709. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00386/49781/>

Munsch Catherine, Tixier Celine, Pollono Charles, Bely Nadege, Moisan Karine, Olivier Nathalie, **Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Veille sur les nouveaux polluants organiques persistants dans les mollusques marins. VEILLE-POP. Rapport convention ONEMA-IFREMER 2016

### *Projets de recherche*

Claquin, Pascal., Morelle, J., **Schapira, M.**, Orvain, F., Lopez, P.J., 2017. Production primaire dans l'estuaire de la Seine – PROUESSE. Rapport Final, Seine-Aval 5, 115 pp.

Pepin Jean-Francois, Benabdelmouna Abdellah, Degremont Lionel, Guesdon Stephane, Le Moine Olivier, Morga Benjamin, Bierne Nicolas, Travers Marie-Agnes, Robert Stephane, Soletchnik Patrick, **Le Merrer Yoann**, **Schmitt Anne**, **Souchu Philippe** (2017). Mortalités de moules bleues dans les secteurs mytilicoles charentais et vendéens : description et facteurs liés – MORBLEU. R.INT.RBE/SG2M-LGPM. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00391/50288/>

**Schapira Mathilde**, Courtay Gaelle, Francoise Sylvaine (2017). Détection des risques de contamination des Coquilles Saint Jacques en Baie de Seine - DISCCO - Rapport Final. RST/LER/MPL 17.18. <http://doi.org/10.13155/51107>

**Souchu Philippe**, **Cochennec-Laureau Nathalie**, **Ratmaya Widya**, **Retho Michael**, Andrieux-Loyer Françoise, **Le Merrer Yoann**, Barillé Laurent, Barillé Anne-Laure, Goubert Evelyne, Laverman Anniet (2017). Diagnostic Étendu de l'Eutrophisation. Rôle des sédiments dans le cycle des nutriments et impacts sur l'eutrophisation de la baie de Vilaine. Rapport période 2014-2017 pour AELB, 240p

### *Avis et expertises*

Normand Julien, **Bouget Jean-Francois**, **Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Demande de méthodes d'évaluation des pertes mytilicoles dues à la prédation par les étoiles de mer. DDTM 56 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Morbihan, DML, Unité Cultures marines, Vannes, Ref. LER/MPL 17.10TM - N° 024/2017-Unité CM de Vannes, 7p.

Pinay Gilles, Gascuel Chantal, Menesguen Alain, Souchon Yves, Le Moal Morgane, Levain Alix, Moatar Florentina, Pannard Alexandrine, **Souchu Philippe** (2017). L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00408/51903/>

Piquet Jean-Come, **Schmitt Anne, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Demande d'exploitation d'un gisement naturel à éclipse "44.09 Estuaire de la Loire". DDTM 44 - Direction départementale des territoires et de la mer de la Loire-Atlantique, Saint-Nazaire, Ref. LER/MPL/17.83 Tm, 2p

Robert Serge, Thomas Gerard, **Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Demande d'avis sur les dragages d'entretien de la rade de Lorient et le clapage des sédiments de qualité immergeable. DDTM56 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer, Service Eau, Nature et Biodiversité, Unité Milieux Aquatiques et Ressources en Eau, Vannes, Ref. Ifremer LER/MPL/17.58/Tm - DDTM 56 courrier du 4 avril 2017, 4p.

**Souchu Philippe, Retho Michael, Schapira Mathilde, Fortune Mireille, Manach Soazig, Schmitt Anne, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Note sur les eaux colorées observées au large de la Loire et de la Vilaine en avril 2017. ELV - Association Estuaires Loire & Vilaine et CAP Atlantique - Communauté d'Agglomération de la Presqu'île de Guérande-Atlantique. Ref. 17-036 -LER/MPL/17.57/Tm, 13p.

**Souchu Philippe, Retho Michael, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Avis sur la création d'un parc d'activités conchylicoles à Loscolo sur la commune de Penestin. DDTM 56 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer. Service Eau, Nature et Biodiversité du Morbihan, Vannes, Ref. LER/MPL n° 17.33/Tm - N° Cascade 56-2016- 00390, 4p.

**Stanisiere Jean-Yves, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Avis de l'Ifremer concernant les variations de recrutement de l'huître plate, *Ostrea edulis*, en baie de Quiberon. DDTM 35 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer, Services Usages, Espaces et Environnement Marins d'Ille et Vilaine, Saint-Malo, Ref. LER/MPL n° 17.22/Tm, 4p.

Talidec Catherine, **Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Demande d'avis sur l'ouverture dérogatoire de la pêche à pied professionnelle de palourdes sur le gisement classé du Golfe du Morbihan, dans la zone ouest du secteur de Tascon, zone à zostères. DIRM NAMO - Direction Interregionale de la Mer Nord Atlantique Manche Ouest, Division Pêche et Aquaculture, Rennes, Ref. Ifremer/D.CB 2017/17 - Courrier du 7 août 2017 n° 1054/2017, 1p., 1p

**Treguier Cathy, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Demande d'avis sur le dossier de régularisation administrative de la déclaration de rejet de la station d'épuration du Gripp de Groix. DDTM 56 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer du morbihan, Service Eau, Nature et Biodiversité, Vannes, Ref. LER/MPL n° 17.67/Tm - N° 56-2017-00142, 3p.

**Treguier Cathy, Veron Gerard, Leaute Jean-Pierre, Cochenec-Laureau Nathalie** (2017). Demande d'avis sur le classement administratif du gisement naturel de Tellines de "Sud Pont d'Yeu". DIRM NAMO - Direction Interrégionale de la mer Nord Atlantique Manche Ouest, Division Pêche et Aquaculture, Unité Réglementaire et droits à produire, Rennes, Ref. LER/MPL 17.81 Tm - 1032/2017, 2p.

## Jeux de données

Piquet Jean-Come, Boulben Sylviane, Cheve Julien, Derrien Annick, Lamort Laure, Marco-Miralles Françoise, Marzin Anahita, Meteigner Claire, Morin Dimitri, Orsoni Valerie, **Treguier Cathy**, Verin Françoise, Amouroux Isabelle, Catherine Martial, Miossec Laurence (2017). REMI dataset : the French microbiological monitoring program of mollusc harvesting areas. SEANOE. <http://doi.org/10.17882/47157>

REPHYTOX - French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms (2017). REPHYTOX dataset. French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms. Data since 1987. SEANOE, <http://doi.org/10.17882/47251>

REPHY – French Observation and Monitoring program for Phytoplankton and Hydrology in coastal waters (2017). REPHY dataset. French Observation and Monitoring program for Phytoplankton and Hydrology in coastal waters. 1987-2016 Metropolitan data. SEANOE . <http://doi.org/10.17882/47248>

## Communications dans des colloques et congrès, posters

### *International*

Garcia Celine, Osta Amigo Axel, Fleury Elodie, Robert Stephane, Normand Julien, Francois Cyrille, Canier Lydie, Lupo Coralie, **Bouget Jean-François, Cochenec-Laureau Nathalie.....** (2017). Epidemiological report. France 2016. 2017 Annual Meeting & Technical Workshop of NRLs for Mollusc diseases. 28-30 March 2017 Oranmore, Ireland

Morelle Jerome, **Schapira Mathilde, Pierre-Duplessix Olivier**, Rabiller Emilie, Maheux Frank, Simon Benjamin, Orvain Francis, Riou Philippe, Claquin Pascal (2017). Annual phytoplankton primary production at high frequencies in the Seine Estuary (English Channel, France).ASLO 2017, Aquatic Sciences Meeting. “From the Mountains to the Sea”. Féb 26 - Mar 3 2017, Honolulu, Hawaii, USA.

Pannard Alexandrine, **Souchu Philippe** (2017) Eutrophication: what its definitions tell us? International Workshop on Eutrophication-Synthesis of knowledge, 18-20 April 2017, Paris.

**Ratmaya Widya**, Andrieux Loyer Françoise, Caradec Florian, Laverman Annet M, **Cochenec Laureau Nathalie**, Barrilé Laurent et **Souchu Philippe** (2017). Dynamics and bioavailability of phosphorus in sediments of the Vilaine Bay. 14<sup>th</sup> International Symposium on the Interactions between Sediments and Water - Taormina, Italy 17-22 June, 2017.

### *National*

Artigas Felipe, Repecaud Michel, Salaun Joelle et **Retho Michael** (2017). Atelier Technique RESOMAR - COAST-HF 2017. Mesure de la fluorescence *in vivo* et *in situ*. 5-7 Avril (*Pénerf – La Trinité sur Mer - IFREMER*). 14-15 Juin (*Brest - SHOM*).

**Bizzozero Lucie** (2017). Les impacts du changement climatique sur les eaux côtières et les écosystèmes marins côtiers. Comité de Bassin Agence de l'Eau Loire Bretagne, Orléans le 06/06/2017.

**Bizzozero Lucie** (2017). Les impacts du changement climatique sur les eaux côtières et les écosystèmes marins côtiers. Forum de l'eau du bassin Loire Bretagne, Nantes le 02/10/2017.

**Bizzozero Lucie, Souchu Philippe, Bouget Jean-François, Cochenec Nathalie, Collin Karine, Fortune Mireille, Gabellec Raoul, Le Merrer Yoann, Pierre-Duplessix Olivier, Ratmaya Widya, Retho Michael, Manach Soazig, Schapira Mathilde, Schmitt Anne, Stanisière Jean-Yves** (2017). Diagnostic de l'eutrophisation dans la baie de Vilaine par les outils réglementaires de la DCE. Comité de Pilotage DIETE, Journée de restitution des résultats, 11 décembre 2017 à Nantes.

**Cochenec-Laureau Nathalie, Treguier Cathy**, Ballu Sylvain, **Schapira Mathilde** et **Bizzozero Lucie** (2017). La surveillance de la qualité du milieu marin et des habitats dans le Golfe du Morbihan. Conférence GMVA, Les rendez-vous de l'Eau, les atouts d'une gestion intégrée. Vannes, le 06/07/2017.

**Le Merrer Yoann**. Etude du cycle silicium dans les sédiments de la baie de Vilaine. Restitution au Comité de Pilotage N°5 du programme DIETE. 11 décembre, Ifremer Nantes.

Polsenaere Pierre, Le Marchand Marie, Le Moine Olivier, Soletchnik Patrick, Chabirand Jean-Michel, Geairon Philippe, Thomas Gerard, Bechemin Christian, **Souchu Philippe**, Joyeux Emmanuel, Le Roy Yoann, Corre

Frederic (2017). Dynamique hivernale des nutriments et du carbone dans les cours d'eau contrastés du Marais poitevin et flux terrestres associés en Baie de l'Aiguillon. Colloque de Prospective Surfaces et Interfaces Continentales. Quelles priorités pour la recherche ? 9-11 octobre 2017, CNAM, Paris. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00405/51629/>

**Ratmaya Widya, Souchu Philippe**, Soudant Dominique, Salmon-Monviola Jordy, **Cochennec-Laureau Nathalie**, Goubert Evelyne, Andrieux Françoise, Barille Laurent (2017). L'abatement du phosphore dans la Loire et la Vilaine s'est accompagné d'une aggravation de l'eutrophisation dans la Baie de Vilaine. Colloque de prospective Surfaces et Interfaces Continentales et Ecosphère: Quelles priorités pour la recherche ? 9 oct. 2017 - 31 déc. 2018 CNAM, Paris, France.

**Ratmaya Widya., Souchu Philippe.,** Soudant Dominique. et **Cochennec Laureau Nathalie.** (2017). DIETE : Diagnostic Etendu de l'Eutrophisation dans le Mor Braz en retraçant son évolution au cours des 30 dernières années. Assemblée Générale de CAP 2000. 15 septembre 2017 à Auray.

**Ratmaya Widya** (2017). Rôle des sédiments dans l'eutrophisation de la baie de Vilaine. Restitution au Comité de Pilotage N°5 du programme DIETE. 11 décembre, Ifremer Nantes

**Ratmaya Widya** (2017). Etude du cycle de l'azote et du phosphore dans les sédiments de la baie de Vilaine. Journée de restitution du programme DIETE, 11/12/2017 à Nantes

**Retho Michael** (2017). Dynamique du phytoplancton dans la baie de Vilaine en 2015 et 2016. Restitution au Comité de Pilotage N°5 du programme DIETE. 11 décembre, Ifremer Nantes

**Schapira Mathilde, Souchu Philippe, Ratmaya Widya, Retho Michael, Manach Soazig, Fortune Mireille, Schmitt Anne, Gabellec Raoul, Collin Karine, Le Merrer Yoann, Pierre-Duplessix Olivier, Bizzozero Lucie, Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Les eaux colorées au large de l'estuaire de la Loire : des réponses et des questions. Journée de restitution du programme DIETE, 11/12/2017 à Nantes.

**Schapira Mathilde, Souchu Philippe, Ratmaya Widya, Retho Michael, Manach Soazig, Fortune Mireille, Schmitt Anne, Gabellec Raoul, Collin Karine, Le Merrer Yoann, Pierre-Duplessix Olivier, Bizzozero Lucie, Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). Les phénomènes d'eaux colorées au large de la Loire et de la Vilaine : risques et enjeux. Intervention au Comité Régional de la Conchyliculture de Bretagne Sud, le 15 nov. 2017, Auray.

**Souchu Philippe** (2017). Rappels sur le rôle des sédiments dans les processus d'eutrophisation. Restitution au Comité de Pilotage N°5 du programme DIETE. 11 décembre, Ifremer Nantes

## Articles de vulgarisation

**Tréguier Cathy** (2017). Les stations d'épuration, clefs de la qualité de l'eau. Dossier Cultures marines n°309. Septembre 2017.

**Cochennec-Laureau Nathalie** (2017). L'eutrophisation s'intensifie dans le Mor Braz. Actualité Cultures marines n°310. Octobre 2017.

**Observatoire de l'eau du Morbihan (2017)**. Rapport établi par les services et établissements publics de l'Etat (ARS, Ifremer, DDTM, DREAL, AELB) avec le concours de Météo France, du Conseil Général du Morbihan, du BRGM, de l'ONEMA et du CEVA (Impression en cours). Contribution du LER/MPL pour la partie littorale.

## Annexe 2: Implication dans la formation (par la recherche)

### Formations données

Nom	Organisme	Niveau	Sujet	Durée (h.)
Philippe SOUCHU	ENSAM Nantes	Ingénieur	Ecosystème marin	3
Lucie BIZZOZERO	AGROCAMPUS Ouest Rennes	Ingénieur (3 <sup>ème</sup> année)	Les réseaux de surveillance	3
Cathy TREGUIER	Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP)	Ingénieur	Le réseau de surveillance microbiologique (REMI)	1h30
Michael RETHO	Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP)	Ingénieur	Le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY)	1h30
Mireille FORTUNE	A Philippe VENOT DDTM St Pierre et Miquelon	Technicien DDTM	Identification des espèces phytoplanctoniques toxiques	40 h

### Accueil et encadrement de stagiaires

Nom	Périodes	Niveau	Sujet	Responsable encadrement
Gaëlle COMBEAU	22 mai au 30 juin 2017 16 octobre au 8 décembre 2017	BTS bioanalyse et contrôles	Optimisation de l'analyse du nitrate par spectrophotométrie en flux continu : mise au point de bobines de cadmium pour la réduction du nitrate	Y. Le Merrer
Maxime BERTHET	29 mai au 9 juin 2017	Seconde	Stage d'Observation	K. Collin

### Accueil et encadrement d'apprentis en alternance

Nom	Période	Niveau	Sujet	Responsable Encadrement	Cofinancement	Ecole de rattachement
Noémie DELAPLANQUE	1er septembre 2015 au 31 août 2017	BTS Chimie en alternance	« Etude des interférences par la salinité dans l'analyse spectrophotométrique des nutriments dans les eaux salines".	K. Collin P. Souchu		Lycée st Félix Nantes