



EVALUATION ET SUIVI DE L'IMPACT ÉCOLOGIQUE D'UNE POLLUTION ACCIDENTELLE PAR HYDROCARBURES EN MILIEU ESTUARIEN (IMPOLEST)

Rapport final (actions 2010)

*Etude réalisée avec le soutien du
Ministère de l'Écologie, du
Développement durable,
des Transports et du Logement, de Total
et de la Région des Pays de la Loire*

RESUME

Le but du projet IMPOLEST est d'aboutir à l'élaboration d'un outil, à vocation opérationnelle, facilitant la gestion de crise en matière d'évaluation de l'impact suite à une pollution accidentelle en estuaire.

En résumé, il vise à prédéfinir les grandes lignes d'un programme d'évaluation et de suivi des impacts qui soit applicable aux principaux milieux estuariens de la façade atlantique métropolitaine française, en s'attachant si possible à prendre en compte les particularités locales.

Une demande industrielle et sociétale motive ce projet, de mise à disposition des autorités (état, collectivités) d'un outil opérationnel qui, mis en œuvre rapidement, minimiserait la perte d'information et permettrait d'apporter des éléments de réponse aux divers questionnements des résidents/acteurs riverains.

Ce travail induit des étapes (i) d'inventaire des réseaux de surveillance existant en estuaires, afin d'évaluer les possibilités et la pertinence d'y adosser un tel programme d'évaluation des effets d'un évènement accidentel, ainsi que (ii) d'analyse des protocoles mis en œuvre en cas réels de pollutions majeures par hydrocarbures.

C'est sur ces analyses que s'appuiera la réflexion visant à identifier les protocoles disponibles, ou au contraire s'il en est à rechercher (ex : identification de lacunes), et si possible à en préconiser pour une application en contexte estuarien.

Le présent rapport présente une synthèse de l'activité réalisée au Cedre en 2010, de recensement des études, suivis ou réseaux d'observation actuellement en place sur les 3 grands estuaires modèles visés par IMPOLEST : la Loire, la Seine et la Gironde. Un point quant à la mise en place d'un réseau « d'experts référents » nécessaire pour les développements ultérieurs du projet est également présenté.

SOMMAIRE

Rappel du projet	2
1 - Introduction	4
2 - Problématique	4
2.1 - Evaluation et suivi des impacts en milieu estuarien : problématique scientifique	4
2.2 - Problématique opérationnelle	6
3 – Recensement des activités de suivi environnemental dans les 3 grands estuaires français	7
3.1 - L’apport des suivis existants	7
3.2 - Identification des composantes et approches à recenser	8
3.3 - Les structures / sources d’information identifiées	10
• <i>Le Groupement d’Intérêt Public Loire Estuaire</i>	10
• <i>Le Groupement d’Intérêt Public Seine Aval</i>	10
4 – Cas de la Loire	11
4.1 - Le benthos	11
4.2 - L’ichtyofaune	14
4.3 - L’avifaune	15
4.4 - La flore	19
4.5 - Les organismes planctoniques	21
4.6 - Eau et sédiments	21
5 – Cas de la Seine	24
5-1 - Le benthos	24
5.2 - L’ichtyofaune	27
5.3 - L’avifaune	29
5.4 - La flore	29
5.5 - Les organismes planctoniques	30
5.6 - Eau et sédiments	32
6 – Cas de la Gironde	35
• <i>Le programme de surveillance écologique du site du Blayais</i>	35
• <i>Autres sources potentielles de données en Gironde</i>	37
7 – Les inventaires et les statuts de protection	40
8 – Constat préliminaire : une situation contrastée	43
9 – Elaboration d’un réseau d’experts-référents	44
10 – Perspectives / actions à venir	45

Rappel du projet

Les estuaires, sièges de multiples usages économiques et composés d'une mosaïque d'espaces de sensibilités et à fonctionnalités écologiques diverses, sont des milieux spécifiques jouissant depuis récemment d'une considération croissante. En effet, des schémas de nouvelle gouvernance et des programmes de reconquête environnementale s'y dessinent en réponse à des objectifs nationaux ou communautaires. Par conséquent, comme l'ont récemment rappelé des déversements survenus en France et à l'étranger, les pollutions accidentelles dans ces espaces suscitent une pression importante sur les autorités, de la part des acteurs estuariens et des riverains, mais aussi évidemment sur le pollueur. Ces derniers doivent, entre autres, pouvoir rapidement activer la mise en place d'un programme de suivi environnemental de façon à répondre aux inquiétudes, fondées ou pas, du public, des associations de protection de la nature et des professionnels. De plus, en période de post-crise, le pollué (ex : l'état, la collectivité, etc.) revendique dorénavant le droit de réclamer au pollueur la réparation du préjudice causé (conformément au cadre national - Grenelle de l'environnement, et au cadre communautaire relatif à la responsabilité du pollueur). Dès lors, il lui faut disposer d'un outil d'évaluation environnementale pouvant notamment servir de base pour l'évaluation économique du préjudice écologique subi. Dans ce contexte, la prédéfinition de la trame d'un programme d'évaluation et de suivi de l'impact écologique participe incontestablement à l'élaboration d'un tel outil, en diminuant les risques d'une mise en œuvre tardive des études, préjudiciable à la qualité des résultats.

Une telle action, de prédéfinition d'un programme d'évaluation des impacts, s'inscrit dans la suite logique d'études menées ou en cours au *Cedre*, dans l'exercice de ses programmations annuelles antérieures (analyse de suivis d'impact en milieu marin et littoral) ou de programmes de recherche soutenus par le ministère en charge de l'écologie (*Remred*) ou par l'Agence Nationale de la Recherche (*Valdeco*).

Le projet vise à élaborer un outil opérationnel à forte réflexion scientifique, sous la forme d'un document cadre rédigé/validé par des experts scientifiques et destiné aux autorités en charge de la mise en place d'un programme d'évaluation et de suivi de l'impact écologique suite à un déversement accidentel significatif d'hydrocarbures.

Le présent document est un rapport d'avancement du projet, synthétisant les résultats des actions menées en 2010 -année de son lancement. Ces actions ont porté sur les tâches 1 et 2 d'un ensemble qui peut se décliner comme suit :

- Tâche 1 : L'expérience
 - Analyse des programmes mis en place en France et à l'étranger pour évaluer et suivre l'impact écologique de déversements accidentels en milieux estuariens (de type Manche Atlantique et assimilables) ;
 - Retour d'expériences : inventaire des suivis (type de polluant, cibles, protocoles, ...) et des manques éventuels ressentis et exprimés ;
 - Première ébauche d'un suivi-type synthétique: à partir de l'identification des similitudes de suivi, de l'évaluation de la transposition, ...
- Tâche 2 : L'existant
 - Analyse des dispositifs locaux existant en matière de suivi environnemental (hors pollutions accidentelles) :
 - Inventaires par estuaire (Seine, Loire, Gironde) des dispositifs de suivi existants et prévus (études, suivis, séries de données à long terme, états de références, observatoires) : contexte/cadre de mise en place ; objectifs ; responsabilité et opérateurs ; procédures de fonctionnement, de gestion ; cibles ; protocoles, périodicité, instrumentation ;
 - Etat / analyse / bilan comparatif inter-estuaires ;
 - Etat / analyse des indicateurs de qualité estuariens.

- Tâche 3 : La pertinence de l'existant
 - Appréciation de l'intérêt opérationnel ('antipollution') des dispositifs locaux existants :
 - Analyse des inventaires T2 au regard de leur pertinence pour « l'accidentel » (identification des pertinences et des manques par estuaire) ;
 - Etat / bilan comparatif inter-estuariers (dont faisabilité de transposition des atouts locaux éventuels aux autres estuaires) ;
 - Identification des spécificités/sensibilités écologiques locales à prendre en compte en cas de pollutions accidentelles.
- Tâche 4 : L'outil à bâtir
 - Définition d'un programme pré-établi d'évaluation et de suivi en milieu estuarien :
 - Définition d'un cadre minimum applicable aux estuaires Manche Atlantique en général : enrichissement de l'ébauche établie par intégration des points clefs relevés en T2 et T3 -cibles, durées, ... ;
 - Intégration des spécificités/sensibilités écologiques locales à prendre en compte en cas de pollutions accidentelles ;
 - Evaluation des moyens / logistique nécessaires : ébauche (i) d'inventaire des contraintes et incidences organisationnelles, administratives et financières (ii) de propositions.
- Tâche 5 :L'amélioration de l'existant
 - Recommandations complémentaires relatives aux états de références :
 - Complémentarité à rechercher avec l'existant dans chaque estuaire: pistes de valorisation / optimisation des dispositifs existants (état de référence et observatoire) : densification, introduction de nouveaux paramètres/critères, indices, etc. ;
 - Recommandations au niveau des trois estuaires (transposition croisée, ...)
 - Déclinaison opérationnelle au niveau de l'estuaire de la Loire.
- Tâche 6 : L'opérationnalité de l'outil
 - Recommandations pour la mobilisation de l'expertise environnementale en temps de crise :
 - Etablissement d'une liste d'experts (organismes / individus) pour chaque estuaire : par domaine de compétences, statuts, urgence de mobilisation ;
 - Recommandations en matière de mobilisation : intégration en gestion de crise et ou suivi environnemental ; modalités de mise à disposition ;
 - Evaluation des moyens / logistique nécessaires : ébauche (i) d'inventaire des contraintes et incidences organisationnelles, administratives et financières (ii) de propositions.
- Tâche 7 : la valorisation
 - Destination première de l'outil et sa transposition envisageable (valeur de modèle -ou au moins de démarche- transposable à des estuaires tempérés autres que français, éventuellement à des estuaires méditerranéens ou à des types de côtes autres que l'estuaire) ;
 - Destination première : plans d'urgence. Rédaction des recommandations sous forme d'un guide opérationnel à destination des responsables des dispositifs de lutte contre les pollutions accidentelles en vue de son intégration dans le volet Polmar des plans ORSEC (Etat : Préfecture, MEEDDM/DREAL) et les plans d'urgence communaux (collectivités locales) et d'installations industrielles ;
 - Dissémination envisagée : Restitution d'une partie des résultats par l'organisation d'un séminaire.

1 - Introduction

Zones de transition entre eaux douces et marines, les estuaires présentent une forte attractivité et des intérêts diversifiés, tant sur le plan socio-économique qu'environnemental. De fait, ils sont le siège d'activités économiques (ex : activités portuaires, industrielles, pêche, aquaculture, etc.) et d'usages (ex : urbanisation, activités récréatives, etc.) multiples constituant des sources potentielles de nuisances, voire de conflits, eu égard à leurs fonctionnalités écologiques diverses (ex : formation des sols, production primaire, nourricerie de poissons, zones d'hivernage/étapes migratoires pour l'avifaune, etc.). En outre, ces secteurs -qui comportent parfois des milieux d'intérêt patrimonial (environnemental ou culturel)- sont aussi très sensibles sur le plan sociologique : en effet, les communautés qui s'en revendiquent (ex : riverains, associations, collectivités territoriales, etc.) se les « approprient » d'autant plus volontiers qu'il s'agit d'entités perçues comme mieux délimitées que des littoraux marins ouverts sur le large.

Dans un tel contexte, un évènement de pollution accidentelle est, à l'évidence, susceptible d'exacerber les diverses sensibilités et tensions associées aux enjeux coexistants, comme l'ont encore récemment rappelé les déversements de fioul survenus dans l'estuaire de la Loire en mars 2008.

En période de crise lors d'un déversement accidentel, les autorités doivent, entre autres, pouvoir activer rapidement la mise en place d'un programme d'évaluation et de suivi environnemental, ceci de façon à répondre à la pression et aux inquiétudes variées (fondées ou pas) : du public, d'associations de protection de la nature, d'usagers, d'industriels, de professionnels (aquaculture, tourisme, par exemple), etc. Puis, en période de post-crise, le pollué (état, collectivité, etc.) revendique dorénavant le droit de réclamer au pollueur la réparation du préjudice causé (cadres national -Grenelle de l'environnement- et communautaire -directive européenne relative à la responsabilité du pollueur, intégrée dans le droit français *via* la Loi sur la responsabilité environnementale). Il lui faut alors disposer d'un outil d'évaluation environnementale pouvant servir de base à l'évaluation économique du préjudice écologique subi.

2 - Problématique

2.1 - Evaluation et suivi des impacts en milieu estuarien : problématique scientifique

Les estuaires sont des systèmes de transition entre un écosystème marin en aval, d'une part, et un écosystème fluvial en amont, d'autre part : schématiquement, ils s'étendent depuis la mer jusqu'à la limite d'influence des marées. Ils s'inscrivent ainsi dans un continuum, depuis les eaux fluviales douces soumises à la marée dynamique (éventuellement jusqu'à plus de 100 km en amont de l'embouchure) vers des eaux marines légèrement dessalées (environ 32 ‰).

Il s'agit d'écosystèmes complexes, caractérisés dans leur ensemble par une diversité d'habitats et de communautés biologiques liée à cette situation d'interface entre processus marins et fluviaux. Cette complexité n'est pas sans générer un certain nombre de difficultés en termes d'appréciation de l'intégrité ou de la dégradation des milieux estuariens et, par conséquent, d'estimation de l'impact potentiel d'un évènement accidentel. En effet, les peuplements d'un estuaire diffèrent le long des gradients environnementaux qui le caractérisent, d'amont en aval, et sont composés d'organismes adaptés et résistants aux variations de leur environnement (ex : salinité, température, turbidité, exondation...) : il faut donc s'attendre à ce que leurs éventuelles fluctuations (qualitatives ou quantitatives), en réponse à un stress donné, soient différentes selon que l'on étudie du benthos d'eau douce ou situé à l'embouchure d'un estuaire.

Par exemple, les communautés benthiques témoignent, de l'amont vers l'aval, d'une substitution progressive d'espèces dulçaquicoles par des espèces saumâtres puis marines (**Figure 1**).

En termes de nombre d'espèces, ce sont les zones de faible salinité (oligohaline¹ surtout) qui comportent la plus faible diversité (laquelle s'accroît vers l'aval, de la zone mésohaline à la zone polyhaline), avec seulement quelques espèces résistantes et adaptées mais qui présentent en revanche de fortes abondances. Or, si elles sont souvent classées comme opportunistes dans un contexte 'marin' (où elles signent classiquement des déséquilibres liés à un enrichissement en matière organique), ces espèces vasicoles peu diversifiées mais abondantes n'en constituent pas moins, en estuaire, la base d'un réseau alimentaire fonctionnel dont elles garantissent la qualité écologique.

C'est à ce schéma, constaté pour tous les grands estuaires de l'Atlantique Nord-Est, du Portugal à la Scandinavie, que réfère le « paradoxe de la qualité des écosystèmes estuariens » (Dauvin, 2007)².

Ce dernier suggère implicitement la difficulté à discriminer la part des caractéristiques et des fluctuations du benthos estuarien imputable (i) à un enrichissement naturel en matière organique de celle assignable (ii) à un déversement accidentel d'hydrocarbures, le tout dans un environnement naturellement extrêmement changeant. Concernant ce dernier point, l'établissement de la « ligne » de base pré pollution peut, en outre, demander l'exploitation de plusieurs années de mesures, pour parvenir à un résultat intégrant une variance éventuellement forte.

Outre les forçages naturels, l'anthropisation des estuaires participe à l'évidence au façonnement de la faune et la flore qui s'y trouvent : celle-ci a commencé en France dès le milieu du XIX^e siècle et se poursuit encore aujourd'hui. Les estuaires connaissent ainsi une fragilisation des écosystèmes liée aux usages anthropiques et traduite par le morcellement des unités biologiques et par la réduction des zones intertidales en aval -cas notamment de la Seine et de la Loire alors que l'estuaire de la Gironde demeure relativement peu anthropisé et apparaît l'estuaire naturel le plus grand d'Europe occidentale. Parallèlement aux aménagements, la qualité physico-chimique des milieux estuariens s'est inexorablement et significativement dégradée pendant plus d'un siècle, aboutissant parfois à d'importantes contaminations (cas, notamment, de la Seine dont les rives sont fortement industrialisées). Cependant, en dépit de ces diverses atteintes à l'environnement, les estuaires constituent toujours un milieu favorable aux juvéniles de nombreuses espèces de poissons (nourricerie), et leur richesse ornithologique en constituent indéniablement l'un des atouts patrimoniaux majeurs.

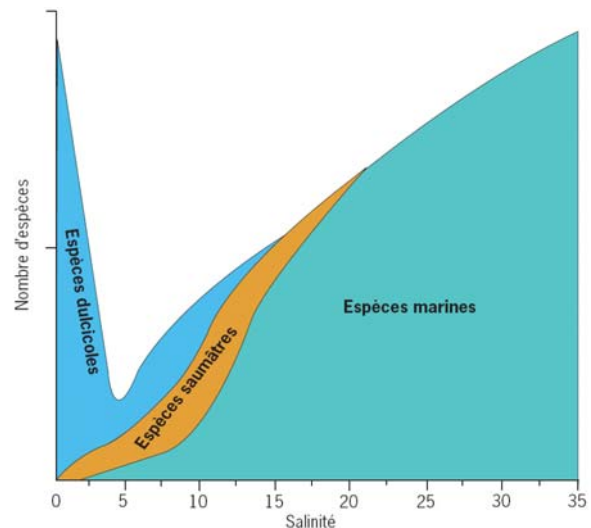


Figure 1. Evolution schématique du nombre d'espèces benthiques en fonction du gradient de salinité dans un estuaire (In Costil et al, 2002)³

¹ Salinités : eaux oligohalines < 5 ‰ ; eaux mésohalines comprises entre 5 et 18 ‰ ; eaux polyhalines comprises entre 18 et 30 ‰.

² Dauvin, J.C., 2007. Paradox of estuarine quality: benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 271-281.

³ Costil C., Dauvin J-C., Duhamel S., Hocdé R., Mouny P., de Roton G., Derooy N., Le Neveu C., 2002. Patrimoine biologique et chaînes alimentaires. Programme scientifique Seine-Aval, fascicule n°7, 47p.

2.2 - Problématique opérationnelle

Dans le domaine particulier des pollutions accidentelles, on constate un manque récurrent en matière d'identification des impacts environnementaux induits : il s'agit de l'absence d'un schéma pré-établi de programme d'évaluation et de suivi. Cette absence en retard, de fait, le lancement qui devient effectif dans des délais pouvant atteindre plusieurs mois : plus de 7 mois dans le cas de l'accident survenu en mars 2008 à Donges dans l'estuaire de la Loire, une année dans celui de l'*Erika* (1999) –événement pourtant majeur. De tels délais entraînent une perte d'information, en retardant l'acquisition de données scientifiques d'intérêt, et pénalisent la caractérisation des impacts initiaux survenus au cours des premiers jours (et de leur évolution au cours des semaines et mois suivants). Il convient donc, pour une meilleure estimation et compréhension des processus à l'œuvre, de définir cet outil manquant.

Pour ce faire, des enseignements peuvent être tirés des accidents passés. Des similitudes existent entre les programmes de suivi, d'un accident à l'autre et d'un pays à l'autre, mais peu d'enseignements en matière de cibles, d'approches et de méthodes sont réellement tirés (et ce, même en un pays donné). Le *Cedre* a entamé un tel travail d'analyse comparative⁴ ; cependant, les marées noires survenues dans les pays européens et nord-américains et dont l'ampleur a motivé la mise en œuvre de programmes scientifiques suivis d'une diffusion des résultats (conférences, rapports, actes de colloque, publications scientifiques, etc.) ont essentiellement concerné les domaines marins et littoraux, et relativement épargné les estuaires. Les enseignements que l'on peut en tirer dans ces milieux restent par conséquent limités. C'est pourquoi, il convient d'étendre l'analyse aux déversements d'ampleurs moindres qui ont affectés ces milieux.

L'outil à construire doit également s'inspirer de ce qui existe déjà en matière d'évaluation de l'état écologique de l'estuaire. De nombreuses études, observations, séries à long terme, etc., existent dans chacun des trois sites du présent projet : il convient d'en faire le bilan et d'en évaluer leur apport potentiel en matière d'évaluation et de suivi de l'impact d'un déversement accidentel. En outre, l'opportunité de la mise en place de programmes de suivi dans des contextes autres que celui des déversements accidentels (ex : Directive Cadre Eau, observatoires locaux, ...) doit être saisie pour y rechercher d'éventuelles complémentarités et voies d'optimisation du dispositif.

La démarche du projet, pluriannuel, inclut plusieurs étapes : le présent rapport dresse un bilan des actions menées au cours de la première année de son déroulement, et qui ont concerné les points suivants :

- L'identification et, le cas échéant, l'analyse des documents bibliographiques et retours d'expérience disponibles en matière de suivi scientifique suite à des cas de pollutions accidentelles majeures, ou de petits déversements, en estuaires (Tâche 1) ;
- Un bilan de l'existant en matière de dispositifs de suivi et d'établissement d'états de référence environnementaux dans les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde (Tâche 2) ;
- L'identification d'acteurs ayant une connaissance pratique du terrain (politique, scientifique, organisationnelle...) -gestionnaires institutionnels ou acteurs locaux estuariens- et d'experts scientifiques pertinents et désireux de participer à une réflexion quant aux outils existant pour l'évaluation de la qualité écologique des milieux (cibles biologiques, méthodes) et à leur apport potentiel dans un contexte

⁴ Analyse bibliographique des protocoles de suivi écologiques mis en place à la suite de marées noires majeures en Europe et aux USA. Voir aussi les actes de Colloques internationaux sur le suivi écologique des marées noires, organisés par le CEDRE en 2005 (<http://www.cedre.fr/fr/publication/colloque/impact.html>) et en 2007 (<http://www.cedre.fr/uk/publication/workshop/pollution-assessment.html>)

accidentel (anticipation des actions à venir dans le cadre des Tâches 3 à 5 notamment).

3 – Recensement des activités de suivi environnemental dans les 3 grands estuaires français

3.1 - L'apport des suivis existants

Il ressort de l'expérience en matière de pollutions accidentelles que l'identification et, plus encore, l'assignation claire d'un phénomène biologique donné au déversement est, quelle que soit la composante de l'environnement considérée, une gageure.

A cet égard, nous avons évoqué plus haut (Cf. § 2.2) le rôle pénalisant d'un trop grand délai dans la mise en œuvre des suivis. Mais, au-delà de cette contrainte logistique, les divers cas de pollutions majeures survenus en milieu marin font apparaître des difficultés récurrentes liées à la diversité des effets potentiels d'une pollution par hydrocarbures, d'une part, et à l'influence conjointe de multiples paramètres naturels, d'autre part : il s'agit d'un manque de données de référence, rapporté dans la quasi-totalité des programmes de suivi.

En effet, en fonction de multiples paramètres, liés au contexte de la pollution (ex : type de polluant, conditions météo-océaniques) mais surtout à l'environnement naturel régissant les cycles des organismes, les impacts sont de nature et d'amplitude variables, s'expriment à des niveaux de l'organisation biologique potentiellement divers (de la molécule à la composition des communautés), de manière plus ou moins réversible, et enfin à des échelles de temps et d'espace différentes.

Dans la pratique, il en résulte que, si l'expérience accumulée depuis l'accident de l'*Amoco Cadiz* (1978) a permis d'acquérir de nombreuses connaissances quant aux types de réponses possibles de différentes composantes (ex : successions écologiques macrobenthiques ; induction de certains marqueurs enzymatiques de l'activité de détoxification chez les poissons, etc.), leur mise en relation avec la pollution n'en demeure pas moins malaisée.

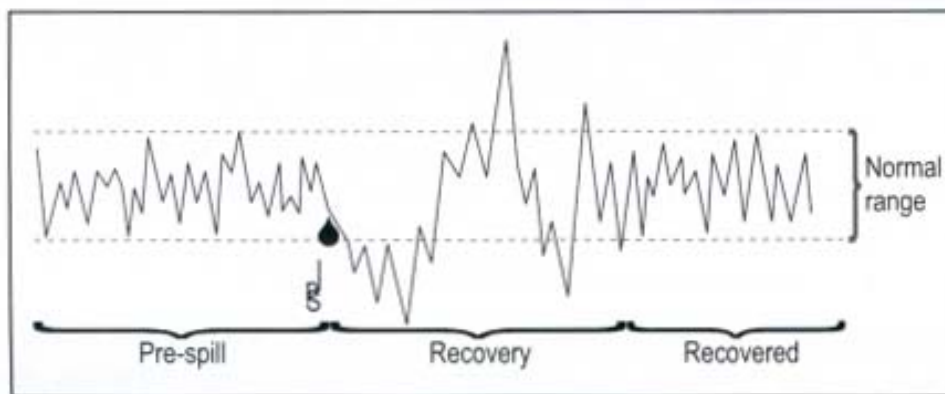


Figure 2. Représentation schématique des fluctuations d'un écosystème type, impacté par une marée noire : fluctuations naturelles (*Pre-spill*), survenance de l'impact (●), phase de restauration (*Recovery*) et écosystème restauré (*Recovered*) (In IMO/UNEP, 2009)⁵.

Schématiquement, la **figure 2** illustre la situation dans laquelle se trouve un scientifique chargé d'évaluer l'impact d'un déversement accidentel au sein d'un système en équilibre

⁵ IMO/UNEP, 2009. Guidance manual on the assessment and restoration of environmental damage following marine oil spills. International Maritime Organization (IMO), UNEP. Regional Seas Programme, 97 pp.

dynamique. Dans de tels systèmes, la question de l'évaluation de l'impact repose grandement sur la capacité des données à indiquer quelles sont les variations imputables au déversement : la disponibilité d'états de référence antérieurs s'avère ici un atout déterminant, en apportant une connaissance *a minima* des cycles biologiques et de leurs variations dans un contexte hors pollution.

Concernant les estuaires, il convient de mentionner une difficulté supplémentaire liée à l'influence anthropique, s'agissant notamment de celle des rejets -plus ou moins chroniques et importants- de polluants divers. On comprendra d'autant mieux l'intérêt d'en recenser les suivis existants et d'identifier les types de données estuariennes disponibles (ex : séries de données, ou données ponctuelles), dans la perspective de s'interroger, ultérieurement, sur leur apport dans le contexte d'une pollution (ex : données sur les contaminants chroniques, sensibilité des composantes étudiées aux hydrocarbures, potentiel indicateur des paramètres biologiques suivis, etc.).

3.2 - Identification des composantes et approches à recenser

Pour les besoins du présent projet, de nombreuses références (publiées ou non : rapports, articles, etc.), collectées par le Cedre et portant sur les programmes d'estimation et de suivi d'impacts mis en œuvre suite à 6 marées noires majeures⁶, sont en cours d'exploitation dans le cadre de la Tâche 1 (retour d'expérience, pour une première esquisse synthétique d'un programme-type) (Cf. § 10).

D'ores et déjà, cette analyse bibliographique nous permet (i) d'identifier l'intérêt porté, en pratique, aux diverses composantes d'un environnement affecté par les hydrocarbures, et (ii) d'en déduire des éléments quant aux cibles biologiques d'intérêt que le recensement des suivis et données existants doit par conséquent cibler.

La **figure 3** propose une synthèse quant (i) aux principales composantes identifiées comme faisant généralement l'objet d'un suivi en cas de déversement, et (ii) à la distribution des études entre ces dernières d'un cas à l'autre.

Les composantes suivies sont classables en cinq grandes catégories (benthos, ichtyofaune, faune, flore et plancton), dont certaines déclinables en sous entités (ex : benthos subtidal de substrats meubles).

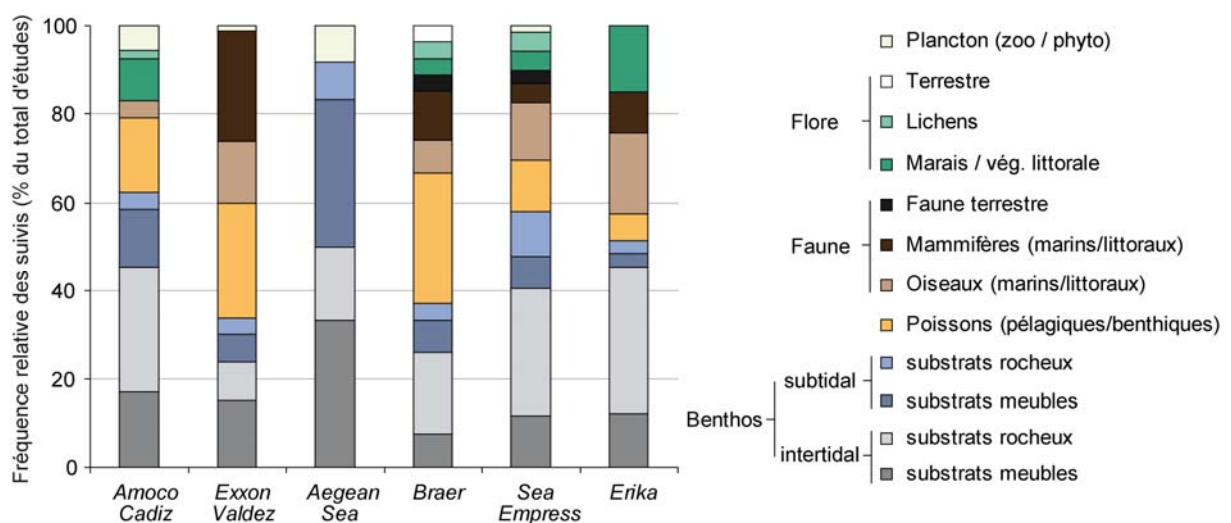


Figure 3. Distribution (en % du total d'études) des suivis d'impact en fonction des sous-compartiments de l'environnement, suite à six cas de pollutions majeures par hydrocarbures.

⁶ Chronologiquement : *Amoco Cadiz* (1978, France) ; *Exxon Valdez* (1989, USA) ; *Aegean Sea* (1992, Espagne) ; *Braer* (1993, Ecosse) ; *Sea Empress* (1996 ; Pays de Galles) ; *Erika* (1999, France).

En dépit d'une certaine variabilité entre les accidents, étroitement liée au contexte particulier à chaque pollution⁷, il ressort entre autres que le **domaine benthique** est systématiquement étudié après chaque marée noire, ceci à hauteur de 50 à 60 % environ des suivis (*Sea Empress, Erika, Amoco Cadiz*) et jusqu'à 90 % (*Aegean Sea*). Deux accidents s'écartent de ce cas de figure, ceux du *Braer* et de l'*Exxon Valdez*, suite auxquels 35 à 40 % des études ont été consacrées au benthos. Dans le cas du *Braer*, ce plus faible pourcentage s'explique par l'inaccessibilité de la zone intertidale, d'une part, et par des résultats ayant rapidement montré l'absence d'impacts durables sur le benthos subtidal, d'autre part.

Viennent ensuite les suivis consacrés :

- à l'**ichtyofaune** (de l'ordre de 20 % des suivis en moyenne, sur l'ensemble des accidents) ;
- à la **faune** incluant avifaune et mammifères (chacun de l'ordre de 10 %) ;
- à la **flore** (phanérogames des marais ou du littoral, lichens, plus rarement la flore terrestre)
- au **plancton**, relativement peu représentés lorsque mis en œuvre.

C'est sous l'angle de ces grandes composantes classiquement étudiées que nous envisagerons l'inventaire des données disponibles au sein des suivis estuariens existants.

Il apparaît en outre intéressant d'y ajouter les données relatives à l'environnement abiotique, à savoir les caractéristiques de la masse d'eau et des sédiments qui, bien que ne relevant pas de l'évaluation d'une réponse biologique au sens strict, sont des éléments précieux sinon indispensables à la bonne compréhension des phénomènes observés, et en particulier à leur mise en lien avec la pollution.

L'analyse des études consécutives aux 6 pollutions majeures montre par ailleurs que les approches potentielles pour l'évaluation des impacts des hydrocarbures sont variées : non exclusives les unes des autres (éventuellement –voire idéalement- conjointes au sein d'une étude), elles appartiennent à trois grands types, qu'il conviendra de prendre en compte dans notre analyse des données existantes :

- les approches **écologiques** (communautés, populations, groupes faunistiques et/ou fonctionnels). Elles s'attachent à évaluer des impacts en termes de structure ou de dynamique d'unités fonctionnelles ou zoologiques d'un écosystème. Il s'agit par exemple de la dynamique d'une population donnée, de groupes indicateurs, ou encore de la structure de communautés (benthos) ;
- les approches relevant de la **biologie des individus** et de la recherche d'effets sublétaux (ex : pathologies, réponses de biomarqueurs, etc.) ;
- les évaluations en laboratoire de la **toxicité** du sédiment ou de l'eau de mer ;
- les suivis de la **contamination** du biota par les hydrocarbures. Ces suivis s'inscrivent dans une problématique de santé publique, mais aussi à des fins de mise en relation entre l'intégration du polluant dans les chairs et l'émergence d'impacts (ex : prévalence de pathologies).

Visant à détecter des changements potentiels survenus à des niveaux différents de l'organisation biologique, ces approches impliquent l'étude de données appropriées, que l'on tâchera –pour les diverses composantes- de recenser dans le cadre du présent projet. Les types de données d'intérêt sont résumés ci-dessous, de manière non exhaustive (Tableau 1).

⁷ (Contexte extrêmement variable, en fonction du type de polluant, de son devenir, des conditions météocéaniques, de la nature du littoral, de la sensibilité des milieux affectés (écologique, socio-économique, etc)...

Approches	Types de paramètres/données examinés (exemples non exhaustifs)
Ecologie	Communautés : <ul style="list-style-type: none"> - distribution, aire de répartition ; - paramètres structuraux des peuplements : composition/richeesse spécifique, abondances, biomasse... ; - indices de diversité ; - ...
	Populations (d'espèce(s), de groupe(s) d'espèces...) : <ul style="list-style-type: none"> - effectifs, distribution, aire de répartition ; - fréquences de taille, structure d'âge ; - taux de survie/mortalités ; - ...
Biologie	Effets sub-létaux individuels : <ul style="list-style-type: none"> - pathologies externes ; - changements comportementaux (alimentation, reproduction, évitement, etc.) ; - lésions organiques, tissulaires (histopathologie), cellulaires ; - altérations physiologiques, biochimiques, immunologiques, génétiques ; - croissance, fécondité, succès reproductif, etc. ; - ...
	Biomarqueurs : <ul style="list-style-type: none"> - d'impact (biochimiques, enzymatiques, génétiques, immunologiques...) ; - d'exposition (activité enzymatique, métabolites hydrocarbures...)
Toxicité potentielle	Biotests de toxicité sur espèces modèles (sédiment, eau de mer)
Contamination / Biodisponibilité	Accumulation du polluant dans les chairs (mesures quantitatives et/ou qualitatives)

Tableau 1. Synthèse des types d'approches (tels que recensés dans le cadre des suivis d'impact à moyen et long terme de 6 marées noires majeures).

3.3 - Les structures / sources d'information identifiées

La méthode de travail a essentiellement consisté en une recherche et analyse des ressources documentaires disponibles sur papier (documentation interne au *Cedre*) ou sur Internet -support de plus en plus privilégié pour la diffusion d'informations – *via* notamment des sites institutionnels, gestionnaires, scientifiques, etc.

En l'occurrence, les interlocuteurs privilégiés se sont rapidement avérés être les Groupements d'Intérêts Publics (GIP) Loire Estuaire et Seine Aval :

• *Le Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire*

En 2004, la cellule de mesures et de bilans de la Loire estuarienne (créée en 1998) est devenue le Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire, renouvelé en 2007 jusqu'au 31 décembre 2013. Après une première mission d'observation et de communication, pour connaître, suivre et informer sur la Loire de la Maine à la mer, le GIP Loire Estuaire s'est vu confier les études prospectives en aval de Nantes pour trouver et mettre en œuvre un scénario durable de restauration de l'estuaire, le schéma d'aménagement et de gestion des eaux de l'estuaire de la Loire pour connaître l'état de la ressource en eau et mieux la gérer. Sont venues s'ajouter à ces missions la restauration hydraulique des zones humides estuariennes, la mise en place d'outils de gestion intégrée (comité d'estuaire), et l'assistance à maîtrise d'ouvrage sur des programmes tels que le relèvement de la ligne d'eau d'étiage (pour en savoir plus : <http://www.loire-estuaire.org/>) ;

• *Le Groupement d'Intérêt Public Seine Aval*

Le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval a été créé en 2003 dans la prolongation du programme scientifique de recherche finalisée Seine-Aval (mis en place en 1995), programme concentré sur le fonctionnement environnemental de l'estuaire. Il a été renouvelé en 2007 pour 6 ans, afin de disposer sur l'estuaire de la Seine d'une interface pérenne, capable de renforcer les collaborations entre chercheurs, gestionnaires et décideurs du territoire (pour en savoir plus : <http://seine-aval.crihan.fr/web/>).

Après une première phase de collecte et de compilation de données, un travail de synthèse a été effectué en vue d'être présenté et discuté lors d'échanges puis de réunions de travail tenues aux GIP Loire Estuaire et Seine Aval (juillet 2010) afin d'en examiner le contenu, et le cas échéant de le compléter au mieux et minimiser les risques d'oubli d'informations d'intérêt.

Ayant nécessité la consultation d'une profusion de documents, la synthèse de ce travail est ici restituée sous forme de tableaux, par souci de concision et de lisibilité. Ceux-ci visent à dresser un bilan d'ensemble des données actuellement disponibles, et a priori pertinentes dans le cadre du présent projet, pour les grands estuaires français notamment en Seine et en Loire.

Devant l'importance du nombre de suivis selon les composantes considérées, les tableaux de synthèse présentés ci après ne prétendent évidemment pas à l'exhaustivité, et seront susceptibles d'être ultérieurement amendés en fonction d'informations ou précisions qui seraient portées à notre connaissance au cours du déroulement du projet. En outre, la diversité des suivis et des données d'un estuaire à l'autre, en partie fondée sur les motivations initiales des programmes d'études (ex : inscription, en Seine, d'une grande partie des suivis dans un contexte de recherche scientifique⁸), rend difficile une présentation uniforme des données recueillies : pour cette raison, les données identifiées sont présentées séparément -et quelque peu différemment en termes de rubriques dans les tableaux- par estuaire.

Note : Concernant l'estuaire de la Gironde, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de structure fédératrice de données comparable aux GIP présents en Loire et en Seine. Il en a résulté une plus grande difficulté à recenser des informations qui, bien qu'existant très probablement, ne font pas à notre connaissance l'objet d'une intégration ou d'une restitution dans un cadre fédérateur et intégré, et sont de ce fait d'un accès moins aisé car disséminées ou moins portées à connaissance via une plateforme de gestion et de diffusion. Pour autant, certains acteurs dont les missions et les champs d'intérêt sont a priori pertinents dans le cadre du présent projet ont été identifiés. Les principaux d'entre eux sont listés et décrits plus bas (Cf. § 6).

4 – Cas de la Loire

Des tableaux de synthèse récapitulent l'ensemble des informations collectées en Loire, et sont commentés ci-après.

4.1 - Le benthos

Concernant les invertébrés macrobenthiques, des données récentes sont disponibles en Loire : initialement acquises en 2002 dans le cadre du *Programme Aval* (mise à niveau des connaissances de l'estuaire de Nantes à Saint-Nazaire), leur suivi est prévu dans le but, à terme, de produire un indice de « qualité biologique globale » de l'estuaire interne de la Loire (maîtrise d'ouvrage : GIP Loire Estuaire). Elles sont résumées dans le **tableau 2**.

Un des intérêts de ces données relatives à la composition des peuplements macrobenthiques de fonds meubles est leur disponibilité :

- dans les 3 secteurs de salinité de l'estuaire (oligo, méso et polyhalin) inclus entre Nantes et Saint-Nazaire ;
- dans les domaines subtidal et intertidal, compartiments potentiellement exposés aux hydrocarbures en cas de déversement (transfert de la pollution vers les fonds submergés selon divers processus, ou dépôt sur les aires exondables).

⁸ Auquel vient d'ailleurs s'adosser le GIP Seine Aval

L'approche favorisée est de type écologique, basée sur l'étude de descripteurs qualitatifs et quantitatifs au niveau des peuplements : nombre d'espèces identifiées (richesse spécifique), et abondances.

Les protocoles d'échantillonnage (engin, surface unitaire, nombre de réplicats, maille de tamis, etc.) ont l'avantage de correspondre à des standards acceptés et préconisés en la matière⁹.

On notera qu'un indice de *qualité biologique globale* est proposé pour convertir ces données en un diagnostic général de qualité, spécifique de l'estuaire de la Loire. Inspiré d'une méthode appliquée pour les lagunes méditerranéennes et calculé sur la base des abondances et du nombre d'espèces macro benthiques (marines et/ou de polluo-sensibilités diverses), l'appréciation de cet indice en tant qu'indicateur d'une perturbation suite à un déversement d'hydrocarbures ne nous est pas connue.

Elles présentent l'intérêt d'offrir une actualisation relativement récente (2002) de données antérieures en la matière remontant au début des années 1980. Lancée avec une campagne d'échantillonnage en janvier 2010, une poursuite des échantillonnages est prévue :

- selon une fréquence annuelle, d'une part, sur une sélection de stations présentant (i) une qualité biologique minimale et (ii) situées en limites de secteurs halins ;
- tous les 5 ans, de façon à affiner l'indice "qualité biologique globale" et développer un indice spécifique à l'estuaire interne de la Loire.

Néanmoins, et à défaut d'en dresser une cartographie en raison d'importantes variabilités spatiales, les données existantes fournissent une base d'informations intéressante quant aux espèces macro benthiques dominantes, ceci pour un certain nombre de types de substrats et d'étages et caractérisant les 3 grands secteurs amont, intermédiaire et aval.

Un aspect pénalisant, à l'heure actuelle, repose sur le fait que les données disponibles jusqu'à 2002 concernent le printemps (niveau minimal) et ne suffisent a priori pas à décrire la variabilité intra annuelle des peuplements macrobenthiques, à leur niveau maximal en automne.

Au chapitre du compartiment benthique en Loire, on mentionnera également le suivi d'indices visant à évaluer la qualité des eaux continentales, et construits sur l'étude des communautés de diatomées benthiques. Il s'agit de l'Indice de Polluo Sensibilité (IPS) et de l'Indice Biologique Diatomique (IBD). Ce dernier, normalisé (AFNOR NF-T90-354), est retenu comme indicateur pour l'évaluation de l'état écologique dans le cadre de la DCE. Ces deux indices font l'objet d'un suivi annuel (maîtrise d'ouvrage : DREAL ex-DIREN Pays de la Loire / Agence de l'Eau Loire-Bretagne) mais concernent la partie dulçaquicole de la Loire, et non les eaux de transition estuariennes à proprement parler.

On retiendra que les données macrobenthiques disponibles à l'heure actuelle pour l'estuaire de la Loire reposent étroitement sur les travaux réalisés ou diligentés par le GIP Loire Estuaire dans le cadre de ses missions. Aucune autre série de données à long terme éventuellement produite par un organisme scientifique (instituts, laboratoires universitaires, ...), et établissant l'état et l'évolution des communautés macro benthiques des eaux de transition, n'a été portée à notre connaissance.

⁹ selon les préconisations du Réseau benthique REBENT en 2002 et, au-delà, selon la norme AFNOR 16 665 concernant la macrofaune endogée de fond meubles, respectant les préconisations pour l'échantillonnage de la faune benthique pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

ETAGE		SECTEUR/SECTION			CIBLE / APPROCHE	ATTRIBUTS	PERIODE D'ACQUISITION	SUIVI PREVU/EN COURS
Intertidal	Subtidal	Polyhalin	Mésohalin	Oligohalin				
X	X	X	X	X	Macrobenthos / Ecologie	- Structure des peuplements (richesse spécifique, abondances) ; - Fréquences d'apparition par section de l'estuaire ; - Indice « Qualité Biologique Globale » (GIP LE) - Analyses complémentaires : paramètres édaphiques (granulométrie, matière organique)	1981-82 ; printemps 2002	
X	X	X	X	X	Macrobenthos / Ecologie	- Structure des peuplements (richesse spécifique, abondances) ; - Fréquences d'apparition par section de l'estuaire ; - Indice « Qualité Biologique Globale » (GIP LE) - Analyses complémentaires : paramètres édaphiques (granulométrie, matière organique), salinité.	Depuis janvier 2010	Annuel / quinquennal
X	X	X	X	X	Macrobenthos / Ecologie	Inventaire de la faune macro benthique des vasières et étiers de Nantes à Saint-Nazaire	Printemps et été 2008	
N.A.		Eaux douces			Diatomées benthiques / Ecologie	- Indice Biologique Diatomique (IBD) (fondé sur l'abondance relative des espèces présentes) (DCE) - Indice Biologique de Polluo Sensibilité (IPS) (fondé sur l'abondance relative et la polluo sensibilité des espèces présentes)	Depuis 1999 ¹⁰	Annuel

Tableau 2. Synthèse des types de données identifiées concernant le benthos en Loire.

CONTEXTE	OBJECTIF	DESCRIPTION	FOURNISSEUR / DETENTEUR DE DONNEES	SUIVI (S) PONCTUEL (P)	REMARQUE
Plan Loire Grandeur Nature (PLGN), volet « Poissons migrateurs »	Suivi des populations de poissons migrateurs	- Réseau de comptage vidéo sur les axes migratoires faisant l'objet de programmes de restauration - Loire et affluents (eaux dulçaquicoles)	Plan Loire Grandeur Nature	S	
Indicateur 'Poisson' Directive Cadre Eau	Qualification de l'état écologique de la masse d'eau de transition de la Loire	- Analyse des captures : identification, comptage, biométrie (poids et longueur) - Eaux polyhalines à dulçaquicoles	GIP Loire Estuaire	P (2006 ; 2010)	Utilisation du protocole national d'échantillonnage pour les districts de la façade Atlantique et Manche (Cemagref Bordeaux)
SAGE / Réseau hydro biologique et piscicole (RHP) géré par le conseil supérieur de la pêche	Qualification de l'état fonctionnel des contextes piscicoles : indicateur « poisson » de la qualité du milieu aquatique et de ses fonctionnalités	- Suivi des peuplements piscicoles, sources de dégradation, origines des perturbations, libre circulation - Abondances des espèces représentatives de la qualité écologique des milieux aquatiques - Eaux dulçaquicoles	Conseil supérieur de la pêche ; LOGRAMI ; Fédération de Pêche Loire Atlantique	S (1985-2003)	Suivi, sur le territoire du SAGE, de 16 « contextes piscicoles » classés en 2ème catégorie (peuplement dominés par les cyprinidés d'eau vive)
PLAn de Gestion POissons Migrateurs (PLAGEPOMI) du bassin de la Loire, des côtiers vendéens et de la Sèvre niortaise	Gestion des milieux et activités pour la préservation des grandes espèces migratrices	- Suivi des abondances	LOGRAMI ; ONEMA ; DREAL/DIREN Pays de Loire DREAL/DIREN Centre Conservatoire National du Saumon Sauvage	S	PLAGEPOMI : - 1996-2002 - 2003-2008 - 2009-2013
Volet national plan européen de gestion de l'anguille	Reconstitution du stock d'anguilles européennes				Règlement européen du 18/09/2007

Tableau 3. Synthèse des types de données identifiées concernant l'ichtyofaune en Loire.

¹⁰ Cf. http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/poster_ADLaF2005_cle16fe4a.pdf

4.2 - L'ichtyofaune

De nombreux suivis de l'ichtyofaune (**Tableau 3**) sont réalisés en routine sur la Loire et ses affluents, s'agissant pour une large part d'estimations des abondances de populations de poissons migrateurs. Il s'agit d'espèces (i) qui effectuent des migrations en eau douce pour réaliser une étape de leur cycle biologique (exemple : reproduction dans un affluent particulier), voire (ii) de grands migrateurs qui vivent alternativement en eau douce et en eau salée (poissons amphihalins). Cette deuxième catégorie inclut en particulier le saumon atlantique (espèce d'intérêt particulier car emblématique de la qualité générale des eaux, mais aussi inscrite au Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douces en France), la truite de mer, la grande alose, la lamproie marine et l'anguille.

Les suivis consacrés à l'ichtyofaune s'inscrivent *grosso modo* dans deux problématiques : l'appréciation de la qualité du milieu aquatique (ex : Directive européenne cadre sur l'eau, Indicateur de la qualité du milieu aquatique et de ses fonctionnalités dans la cadre du SAGE Loire), d'une part, et la gestion des ressources exploitées par pêche (ex : Plan de gestion des poissons migrateurs, Plan européen de gestion de l'anguille), d'autre part.

Si la plupart concernent la partie dulçaquicole de la Loire (incluant ses affluents), on notera l'existence des données récemment acquises par le GIP Loire Estuaire concernant l'ensemble de la masse d'eau de transition.

Les paramètres suivis se rapportent essentiellement à la dynamique des populations, plus particulièrement de leurs abondances. Selon les missions du maître d'œuvre, l'espèce suivie et le contexte dans lequel s'inscrivent les comptages, ces derniers sont réalisés selon des méthodes potentiellement variées (exemple : comptages vidéos, analyse de captures par pêche électrique, etc...) qu'il ne s'agit pas ici de détailler ; on rappellera simplement que, malgré l'apparente profusion de données, la variété des méthodes doit être gardée à l'esprit dans une réflexion éventuelle sur l'utilisation des résultats en tant que référence (exemple : Comparabilité des données disponibles ? Quelles données et méthodes à retenir pour un suivi post-pollution ?).

On notera que les travaux du GIP Loire Estuaire, maître d'ouvrage d'inventaires réalisés dans l'estuaire de la Loire en 2006 -puis en 2010- (avec le soutien de l'agence de l'eau), sont cohérents avec les recommandations méthodologiques¹¹ d'un groupe d'experts piloté par le Cemagref de Bordeaux, dans le cadre de la Directive Européenne cadre sur l'Eau et de la qualification des eaux des transition (sur la base, entre autres, d'un indicateur « poisson » fondé sur l'abondance et la composition de l'ichtyofaune). Cet inventaire présente l'intérêt d'actualiser les données disponibles en matière de composition, d'abondance et de structure de l'ichtyofaune, selon une approche acceptée dans un cadre communautaire.

A l'heure actuelle, il ne semble pas que des séries temporelles à long terme soient disponibles concernant les peuplements de poissons des eaux estuariennes de la Loire ; les données sont plutôt issues de projets ponctuels qui, s'ils permettent une caractérisation des types de communautés fréquentant l'estuaire, ne suffisent pas à en établir les fluctuations naturelles (saisonniers, interannuelles, etc.).

En termes d'exploitation en tant que données de référence, les suivis susceptibles de fournir des séries pluriannuelles concerneraient, à l'heure actuelle, moins le domaine estuarien que limnique (**tableau 3**). S'agissant d'études de poissons amphihalins, et donc en lien avec les secteurs plus aval et les perturbations qui pourraient les affecter (en particulier pour les grands migrateurs), ces données ne sont pas pour autant à écarter.

¹¹ Protocole d'échantillonnage pour les districts de la façade Atlantique et Manche (Unité de recherche *Ecosystèmes Estuariens et Poissons Migrateurs Amphihalins* du Cemagref Bordeaux)

Concernant l'estuaire à proprement parler, l'apport potentiel des travaux d'élaboration d'outils (indicateur « Poisson » dans le cadre de la DCE) permettant de qualifier l'état écologique des eaux de transition et les études réalisées en ce sens (GIP Loire Estuaire) pourraient constituer une opportunité d'établir à terme un état de référence des populations de poissons, depuis la zone euhaline au domaine dulçaquicole.

Concernant l'ichtyofaune en eaux de transition, on a vu l'implication du GIP Loire Estuaire en tant que maître d'ouvrage des inventaires récents selon les protocoles DCE. Dans les eaux douces, les principaux acteurs identifiés en Loire interviennent dans le cadre des actions prévues par le Plan de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI) : il s'agit essentiellement de l'association Loire Migrateurs (LOGRAMI), de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), de la DREAL (ex-DIREN) Pays de Loire, et du Conservatoire national du saumon sauvage (CNSS).

4.3 - L'avifaune

Les données relatives aux populations aviaires de l'estuaire de la Loire sont très abondantes (**Tableaux 4a et 4b**). Elles relèvent d'inventaires ponctuels ou, relativement souvent, de suivis (abondances, distribution de populations) réalisés notamment dans le cadre :

- de programmes de surveillance coordonnés par des acteurs internationaux (ex : *Wetlands International*, association dédiée à la protection des zones humides ; *Birdlife International*, fédérant de nombreuses ONGs nationales dont la LPO en France) ;
- d'initiatives communautaires en la matière (ex : inventaires par les services de l'Etat – DIREN- des espèces inscrites à l'annexe 1 de la Directive « Oiseaux », au sein des Zones de Protection Spéciale du réseau européen de sites *Natura 2000*) ;
- d'inventaires nationaux (ex : Inventaire national du patrimoine naturel –INPN, réalisé sous l'égide du Muséum national d'histoire naturelle et de ses organismes partenaires ; Recensement national des colonies de hérons arboricoles...)

En termes de particularités locales, on soulignera l'existence de données relatives à plusieurs espèces -ou groupes d'espèces- fréquentant l'estuaire de la Loire pour y accomplir une étape de leur cycle biologique (nidification, hivernage, ou halte migratoire). Ces données sont recueillies et actualisées avec une fréquence variable (souvent annuelle) dans le cadre des activités de suivi d'établissements publics, notamment de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), ou de branches départementales d'associations de protection de l'environnement dont la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO)¹² est la plus notable.

Concernant les spécificités en Loire, on notera la valorisation par le GIP Loire Estuaire d'un grand nombre de données pour l'élaboration et le suivi d'indicateurs en lien avec le statut fonctionnel des habitats estuariens. Il s'agit, par exemple, des indicateurs fondés sur les effectifs nicheurs de passereaux (ex : Rousserolle effarvate, Gorgebleue à miroir,...) des roselières (indicateur « espèces exigeantes caractéristiques »), ou encore sur l'évolution des populations hivernantes d'Avocettes élégantes (indicateur « espèce inféodée à la qualité du benthos »). D'autres données sont disponibles concernant des espèces en particulier (sternes, râles des genêts, hérons arboricoles), compilées et exploitées dans le cadre de l'indicateur du GIP « Densité d'oiseaux et répartition géographique ».

Potentiellement d'intérêt en termes d'indication quant à la sensibilité de sites éventuellement exposés à une pollution accidentelle, on notera également le développement (collaboration DIREN 44/GIP Loire Estuaire) d'un système d'information géographique (SIG) visant à produire une vue synthétique de la distribution des fonctions écologiques majeures de l'estuaire de la Loire vis-à-vis de l'avifaune, et des sites d'accueil et/ou potentiels envers les espèces les plus représentatives du fonctionnement écologique estuarien.

¹² Par ailleurs représentant officiel de *BirdLife International* en France.

Qu'il s'agisse d'un échantillonnage des habitats propices (ex : roselières, vasières, sites de nidification connus, etc.) ou de secteurs de statut spécial (ex : Réserve du Massereau), les données collectées, dans le cas notamment des suivis les plus anciens, sont susceptibles de permettre l'appréhension de l'ampleur des fluctuations des effectifs aviaires. Leur apport en termes de données de référence sera cependant à évaluer ultérieurement (ex : fréquence d'actualisation, exposition potentielle des espèces étudiées en cas de déversement, méthodes).

OBJET / CIBLE	DESCRIPTION	EXPLOITATION / VALORISATION	FOURNISSEUR / DETENTEUR DE DONNEES	SUIVI (S) PONCTUEL (P)	REMARQUES
Effectifs et distribution des populations	Densités d'oiseaux et aire de répartition géographique	Indicateur GIP Loire Estuaire	LPO ; ONCFS	S	
	Evolution (graphe) des groupes d'oiseaux d'eau hivernants en vallée de la Loire et sur zones humides		<i>Wetlands International</i> ; LPO 44 ; LPO 49 ; GIP Loire Estuaire	S (annuel)	
	Distribution potentielle (cartographie) des principaux groupes d'oiseaux hivernants ou en halte migratoire		GIP Loire Estuaire	P	
	Recensement des Râles des genêts		ONCFS ; LPO 49 ; LPO 44	S (annuel)	Couverture spatiale partielle
	Comptage des effectifs nicheurs de Sternes naine et pierregarin		LPO 49 ; LPO 44 ; Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE) Loire et Mauges	S (annuel)	
	Effectifs de cigognes blanches		Association pour la Connaissance et Recherche Ornithologique Loire et Atlantique (ACROLA)	S (annuel)	
	Recensement Hérons arboricoles		Membres du réseau du Recensement National des colonies de Hérons arboricoles de France	S (fréquence = 6 ans)	
	Estimations des populations d'oiseaux d'Europe et tendances de leur évolution		Coordinateur national du programme <i>Birdlife International</i>	P	Programme <i>Birdlife International</i>
	Système d'Information Géographique (SIG) : - distribution des fonctions écologiques majeures de l'estuaire de la Loire ; - détermination des sites d'accueil et/ou potentiels des effectifs.		GIP Loire Estuaire ; DREAL/DIREN Pays de Loire		
	Liste des espèces inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux (sites <i>Nantes aux Ponts-de-Cé et Estuaire de la Loire</i>)		Fiches Natura 2000	S	
Inventaire des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)	<i>Birdlife International</i> , Inventaire national du Patrimoine naturel (INPN)	S			

Tableau 4a. Synthèse des types de données identifiées concernant l'avifaune en Loire.

OBJET / CIBLE	DESCRIPTION	EXPLOITATION / VALORISATION	FOURNISSEUR / DETENTEUR DE DONNEES	SUIVI (S) PONCTUEL (P)	REMARQUES
Passereaux des roselières	- Estimation des effectifs en période de reproduction (points d'écoute)	Indicateur GIP Loire Estuaire « espèces exigeantes caractéristiques »	ONCFS	S (annuel)	
	- Bagage des populations migratrices de la réserve du Massereau		ONCFS ; LPO		
Population d'Avocettes élégantes	Estimation des effectifs en hivernage : - évolution interannuelle - évolution mensuelle durant la saison d'hivernage	Indicateur GIP Loire Estuaire « espèce inféodée à la qualité du benthos »	Coordination nationale (groupe Limicoles) du <i>Wetlands International</i>	S (annuel)	
Populations (diverses) d'oiseaux de l'estuaire	Inventaires précis à partir de la réserve du Massereau	Inventaires ONCFS	ONCFS	S	
Inventaire de l'avifaune des roselières	- Recensement ornithologique de 74 espèces (majorité = passereaux paludicoles) inféodées aux roselières - Cartographie de la distribution des principales espèces / correspondance habitats-espèces	Indicateur GIP « Groupement végétal représentatif des roselières »	ONCFS ; LPO 44, GIP Loire Estuaire	P	
Inventaire de l'avifaune des vasières	- Dénombrement et distribution des effectifs ; - Activités des espèces (repos, alimentation, etc.)	Caractérisation/cartographie des fonctionnalités des vasières	GIP Loire Estuaire ; Ouest Aménagement ; Université de Rennes	P	- 8 vasières entre Le Pellerin et Saint-Nazaire - 3 vasières entre Lavau s/Loire et St. Brévin les Pins
Inventaire Oiseaux	Inventaire des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) et des Zones de Protection Spéciale (ZPS) au sein du territoire du SAGE	<i>Natura 2000</i> , inventaires scientifiques et mesures de gestion et de protection (en application de la Directive « Oiseaux »)	DREAL/DIREN	S	

Tableau 4b. Synthèse des types de données identifiées concernant l'avifaune en Loire.

4.4 - La flore

Les données relatives à la végétation des bords de la Loire sont relativement nombreuses (**tableau 5**) mais également, selon l'analyse du GIP Loire Estuaire en 2002¹³ : *anciennes, fragmentaires ou hétérogènes et ne peuvent servir de base à un suivi*. Des travaux ont été initiés par le GIP Loire Estuaire en 2001 pour remédier à cet état de fait ; ils sont décrits en détail dans les fiches Indicateurs de la grille correspondante (« les milieux », GIP Loire Estuaire, 2002).

On en retiendra en particulier les travaux entrepris en aval de Nantes, domaine estuarien concerné par le présent projet, et réalisés en collaboration avec la DREAL (ex DIREN) des Pays de la Loire. Ces études fournissent des données sur les groupements végétaux (caractérisation et distribution spatiale), lesquelles permettent (i) une exploitation des résultats conforme aux attendus de la nomenclature *Natura 2000* descriptive des habitats (nature et composition des groupements), et (ii) l'élaboration d'une cartographie en fonction de contraintes structurantes majeures (submersibilité et salinité). Correspondant quasiment toutes à des zones humides plus ou moins soumises à l'alternance submersion/émersion imposée par les cycles marégraphiques, les parcelles suivies dans ce cadre par le GIP Loire Estuaire et la DIREN Pays de la Loire entre Nantes et Saint-Nazaire sont intéressantes dans le cadre du présent projet, puisqu'en partie potentiellement exposées à une pollution flottante de type nappes d'hydrocarbures.

Par ailleurs, on notera également l'existence de données plus particulièrement consacrées aux groupements végétaux représentatifs de l'estuaire, s'agissant des principales typologies de roselières (extension et localisation). Ces travaux, en lien avec les suivis d'abondance et de distribution de l'avifaune paludicole, ont abouti en 2006 à la réalisation d'une cartographie, à l'initiative du GIP Loire Estuaire –avec une réactualisation prévue tous les 5 ans afin d'en évaluer l'évolution.

En termes d'inventaires floristiques récents, on relèvera ceux concernant les sites d'intérêt patrimonial, national (Zones naturelles d'intérêt faunistique et floristique) ou communautaire (7 Zones spéciales de conservation sont prévues pour intégration au réseau des sites *Natura 2000* au titre de la Directive Habitats) situés dans l'emprise du SAGE de l'estuaire de la Loire. Leur suivi est réalisé par la DREAL des Pays de la Loire.

D'autres données existent, ponctuelles et concernant des espèces protégées d'intérêt patrimonial (régional, national ou communautaire) dont ont été réalisés, par divers organismes (**tableau 5**), des états des lieux datant des années 2000.

On a évoqué plus haut les limites, en l'état actuel, des données relatives aux peuplements de végétaux de l'estuaire, en termes de données de référence exploitables, ceci en raison de la diversité des sources, probablement des méthodologies, et de leurs couvertures spatiales et temporelles. Néanmoins, le projet de mise à niveau et d'actualisation des connaissances porté par le GIP Loire Estuaire (concernant la végétation estuarienne en général, et les roselières en particulier) constitue un signe encourageant en ce sens, avec un but affiché de *cartographie globale des groupements végétaux des milieux naturels*, mais plus encore *d'une méthode de suivi de la dynamique de la végétation*. L'apport des développements méthodologiques envisagés (évaluation d'une méthode d'interprétation de photographies aériennes) dans la problématique de détection d'impacts d'une pollution accidentelle (en termes de fréquence, de résolution/degré de précision, par exemple) sera intéressante à évaluer ultérieurement.

¹³ **GIP Loire Estuaire, 2002.** Observations et suivis environnementaux de la Maine à la Loire : Cahier Indicateurs Loire Estuaire.

OBJET / THEMATIQUE	DESCRIPTION	FOURNISSEURS / DETENTEURS DE DONNEES	SUIVI (S) PONCTUEL (P)	REMARQUES
Diversité des milieux (Contexte : mise en place d'un projet de cartographie globale, et d'une méthode de suivi de la dynamique)	- Cartographie de la végétation de l'estuaire - Indicateur GIP Loire Estuaire	Partenariat DREAL/DIREN Pays de la Loire, GIP Loire Estuaire (Nantes ; Saint Nazaire), Conservatoire Régional des Rives de la Loire et de ses Affluents (CORELA) (Nantes / Les Ponts-de-Cé), et Conservatoire Botanique National de Brest (CBNB)	2001 Projet de suivi	- Aval de Nantes : Périmètre <i>a minima</i> = protections existantes (ZPS, <i>Natura 2000</i>) - Amont de Nantes : Site <i>Natura 2000</i> de la Loire Amont
	Cartographie de la végétation littorale du département Pays de Loire, incluant les rivages estuariens jusqu'à Paimboeuf	CBNB		- Correspondance avec les typologies EUR 15 (Directive Habitats) et CORINE-Biotope (commune aux pays Europe)
	Inventaire des habitats naturels du site <i>Natura 2000</i> de la « Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé »	CORELA		
	Cartographie de la végétation du lit de la Loire et de ses affluents de la Plaine du Forez à Ancenis (N.B. : domaine non estuarien)	DREAL/DIREN Centre	S	Typologie régionale du SIEL (Système d'Information et d'Evolution du Lit de la Loire), spécifique de la partie fluviale de la Loire
Groupement végétal représentatif de l'estuaire : les roselières	- Inventaire/réalisation d'une typologie et cartographie de 8 types de roselières de l'estuaire - Submersibilité des roselières - Evolution de la surface des roselières entre 1952 et 2006 - Indicateur GIP Loire Estuaire	GIP Loire Estuaire	2006 (poursuite tous les 5 ans)	- Réactualisation prévue (base quinquennale) en reprenant le protocole de 2006. - Mise en relation avec les suivis d'abondance et de distribution de l'avifaune paludicole (points d'écoute)
Etudes spécifiques : taxons protégés	Liste et localisation de 13 espèces d'intérêt patrimonial (régional et/ou communautaire) Restitution cartographique (distribution vs. formations végétales potentielles) et graphique (présence vs. humidité) - Indicateur GIP Loire Estuaire	GIP Loire Estuaire, Ouest Aménagement, Cellule de Mesures et de Bilans (CMB) Loire Estuaire	P (2003)	
	Habitats	DOCOB <i>Natura 2000</i> (CRRLA/DREAL), INPN, Conservatoire Botanique National Bassin Parisien (CBNBP)	P	
	Etat des lieux des populations (aire de répartition) de la Scirpe triquètre	CBNB	P (2004)	Données antérieures anciennes
	Etat des lieux des populations (aire de répartition) de l'Angélique des estuaires	CBNB	P (2002)	Quelques données antérieures (1970, 95 et 97)
Inventaires des sites de statut particulier	Inventaire du patrimoine naturel en Pays de la Loire : Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF)	DREAL Pays de la Loire	S	Zones situées sur le territoire du Schéma d'Aménagement et des Gestion des Eaux (SAGE) de l'estuaire de la Loire
	Inventaire des Zones spéciales de conservation (ZSC) du réseau de sites <i>Natura 2000</i> (directive Habitats)			

Tableau 5. Synthèse des types de données identifiées concernant la flore en Loire.

4.5 - Les organismes planctoniques

Dans l'estuaire de la Loire, les données disponibles relatives au phytoplancton en sont principalement des mesures indirectes, puisque s'agissant de dosages, dans les eaux oligo, méso et polyhalines, des pigments chlorophylliens (Chlorophylle *a*) et phéophytiques (phéopigments, signant la présence de pigments dégradés).

Ces données sont issues de plusieurs réseaux de surveillance, dont l'étendue et les dates d'acquisition de données sont différentes, mais dont les méthodes d'échantillonnage et la haute fréquence (mensuelle) sont comparables. Il s'agit notamment des réseaux conduits par la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (DDASS) 44¹⁴, par le Réseau national de bassin (RNB) du bassin de la Loire géré par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (AELB), par l'IFREMER dans le cadre du Réseau national d'observation (RNO), ou enfin par la Cellule qualité des eaux du Service maritime et de navigation de Nantes (SMN/CQE).

Là encore, le GIP Loire Estuaire réalise un intéressant travail de synthèse, en compilant ces données pour en restituer une lecture le long de la section estuarienne de la Loire, permettant notamment la caractérisation pluriannuelle des concentrations relatives typiques en chlorophylle *a* et en phéophytines des eaux halines (littorales), estuariennes (transition du poly à l'oligohalin) et douces. Des données hautes fréquences permettent également d'appréhender les fluctuations saisonnières sur diverses stations distribuées depuis la partie amont de l'estuaire à sa partie externe.

On notera, pour la partie externe de l'estuaire (eaux côtières euhalynes uniquement), le suivi réalisé depuis 1984 par l'IFREMER et portant sur l'identification des principales espèces composant les assemblages phytoplanctoniques, dans le cadre de son Réseau national de surveillance phytoplanctonique (REPHY). Ce dernier ne concerne pas les eaux de transition de l'estuaire (domaines poly-, méso- et oligohalin).

Des données relatives au phytoplancton existent donc, mais portent en majorité sur des paramètres quantitatifs (concentrations en pigments chlorophylliens) traçant l'abondance du phytoplancton, et ne peuvent donc témoigner d'éventuelles altérations qualitatives des peuplements en réponse à une perturbation accidentelle. En outre, dans ce contexte, et si la disponibilité de séries de données quant aux fluctuations des concentrations en pigments chlorophylliens est un point encourageant, le caractère potentiellement indicateur d'un impact des hydrocarbures est à évaluer.

4.6 - Eau et sédiments

A toute fins utiles, nous avons recensé dans le **tableau 6** des suivis dont l'intérêt sera à considérer dans le cadre du présent projet, concernant notamment un certain nombre de paramètres physico-chimiques de base de l'environnement aquatique et sédimentaire. Dans le cadre de l'estimation et du suivi des impacts d'un événement accidentel, certains peuvent fournir des éléments explicatifs quant à l'origine de phénomènes éventuellement observés, et ainsi aider à la discrimination des effets probablement attribuables aux hydrocarbures.

Ont été écartés ceux (i) relevant du domaine dulçaquicole (ex : estimation de la charge en matières oxydables via la demande chimique en oxygène, peu fiable à partir des eaux saumâtres), ou (ii) a priori non applicables/pertinents dans le cadre de la problématique (ex : suivis des concentrations en azote et phosphate dans les rejets des stations de traitement et d'épuration des eaux, contamination des eaux par *E. coli*, etc.).

A l'heure actuelle, on notera, en ce qui concerne les principaux paramètres physico-chimiques de la masse d'eau, la mise en service en 2007 du SYVEL (Système de veille dans

¹⁴ Et, pour mémoire, la DDASS 49 dans la Loire dulçaquicole -qui sort du cadre du présent projet.

l'estuaire de la Loire) sous l'impulsion du GIP Loire Estuaire, effectuant la mesure en continu de la température, de la conductivité, de la turbidité et de la concentration en oxygène dissous au niveau de 5 stations (depuis l'amont de Nantes à Cordemais), auxquelles une 6^{ème} a été ajoutée en décembre 2010 (bouée instrumentée de type MAREL, implantée à Donges).

On mentionnera que, dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux de surface du SAGE Estuaire de la Loire, certains micropolluants (identifiés comme « substance dangereuse » ou « substance dangereuse prioritaire » par l'annexe 10 de la Directive Cadre sur l'Eau) sont suivis au niveau de quelques stations de mesures : les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont à ce titre suivis en certaines stations du réseau patrimonial Réseau national de bassin géré par l'Agence de l'eau Loire Bretagne. Il semble toutefois qu'il s'agisse de stations implantées en domaine limnique.

Enfin, dans la partie externe de l'estuaire (pointe de Chemoulin, aval de Saint-Nazaire), on notera la présence d'un point de suivi du Réseau national d'observation (RNO) incluant le suivi, entre autres, de la contamination des chairs des bivalves par les HAPs. Bien que concernant plutôt le domaine littoral euhalin, ce point s'était révélé utile en tant que référence suite à la collision survenue en janvier 2006 à proximité d'un appontement de la raffinerie de Donges entre le *Sigmagas* et le *Happy Bride*¹⁵, et qui avait été suivie du déversement d'environ 60 m³ de fioul de soute dans l'estuaire. La Préfecture de Loire-Atlantique avait alors mis en place une cellule de suivi de la contamination à laquelle était associés l'Ifremer et la DDASS.

Concernant les sédiments, le domaine estuarien fait en particulier l'objet d'un suivi du bouchon vaseux et de la lentille de crème de vase associée. Ce travail, réalisé par le GIP Loire Estuaire notamment, vise essentiellement à mieux connaître la localisation et les dimensions (extension, épaisseur de la crème de vase), en fonction du débit du fleuve, de cette zone de turbidité maximale. Ces données peuvent s'avérer intéressantes en cas de mise en œuvre de suivis du contaminant dans l'environnement estuarien, dans la mesure où une partie des hydrocarbures déversés en estuaire peut, par divers processus (ex : adsorption), être associée à la matière particulaire et ainsi migrer vers des zones de sédimentation ou de concentration en particules fines en suspension.

D'autres données, plus ou moins ponctuelles, ont été identifiées en domaine estuarien, visant à la caractérisation des entités sédimentaires, ou à l'examen des processus de sédimentation pour des secteurs particuliers (ex : banc de Bilho, étier de Saint Jean de Boiseau, étier de Rohars) ou à des moments clés du fonctionnement de l'estuaire (vitesse de sédimentation à l'étiage).

L'apport effectif de ces données à la problématique, dans un contexte opérationnel, reste à préciser ; elles sont néanmoins d'un intérêt potentiel à évaluer, notamment en termes d'indication (sinon de prédiction) quant aux risques de contamination des fonds (ex : dans des aires privilégiées pour la sédimentation s'il en est ; probabilité de localisation, en fonction de la période de l'année, d'une contamination éventuellement associée au bouchon vaseux...)

¹⁵ <http://www.cedre.fr/fr/publication/lettre-technique/06mer1.pdf>

	OBJET / THEMATIQUE	TYPES DE PARAMETRES	SECTEUR	FOURNISSEUR / DETENTEURS DE DONNEES	SUIVI / PONCTUEL	REMARQUES
EAU	Paramètres physico chimiques de base	- Température - Oxygène dissout - Conductivité - Matières en suspension (MES)	5 stations entre l'amont de Nantes et Paimbœuf (eaux de transition couvertes)	GIP Loire Estuaire	S (depuis 2007)	Réseau de mesure SYVEL (Système de veille dans l'estuaire de la Loire) : acquisition haute fréquence (30min.) Projet d'une station automatisée additionnelle à hauteur du terminal pétrolier de Donges
		- Température - pH - Oxygène dissout - Conductivité	6 stations entre Le Carnet et Nantes (eaux de transition couvertes)	Grand Port Maritime Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN) et EDF	S (de 1983 à 1997)	Réseau de mesure en continu « SYMEL » désactivé en 1997. Données ponctuelles sur 2 stations limite oligohalin/dulçaquicole (Le Pellerin et Nantes)
		- Température - Oxygène dissout - Conductivité - pH - Matières en suspension (MES)	9 stations distribuées entre l'estuaire externe et l'amont de Nantes (eaux de transition couvertes)	GIP Loire Estuaire	P (octobre 2000)	Programme « Etudes Prospectives Aval » du Plan Loire Grandeur nature.
	Qualité globale de l'eau	Paramètres physico chimiques et microbiologiques prévus dans le volet SEQ-Eau du Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau SEQ (matières organiques et oxydables, matières azotées hors nitrates, nitrates, matières phosphorées, proliférations végétales, pesticides)	Uniquement à partir de l'amont de Cordemais (limite domaines oligohalin/dulçaquicole).	DDASS 44 et 49, SMN/CQE, RNB/AELB	S (mensuel)	Recherches en cours pour établir un SEQ-littoral/estuaire Relais dans le cadre DCE
	Sels nutritifs / Eutrophisation	Concentrations (mg.l ⁻¹) Azote et Phosphore total (+ MES) dans les eaux de subsurface	10 stations dont environ 5 au sein du domaine estuarien (# aval de Nantes)	RNB/AELB, SMN/CQE,	S (moyennes annuelles)	- Données compilées et restituées dans le cadre de l'indicateur « Nutriments du GIP Loire Estuaire » - Intégration dans cadre DCE
Estimation/calcul des flux annuels (tonnes)		Calcul sur débits et concentrations mesurés dans 2 stations hors estuaire (eaux douces)	IFEN			
SEDIMENTS	Crème de vase / Bouchon vaseux	- Extension maximale du bouchon vaseux et de la crème de vase : examen de l'évolution à long terme	Entre Saint-Nazaire et Oudon	GIP Loire Estuaire	S (1997-2007)	Disponibilité de données antérieures : - 1963-1973 B. Galenne - 1976-1991 C. Migniot
		- Localisation = f(débit) - Epaisseur de crème de vase (30 profils)	Entre Saint-Nazaire et Nantes			
		Granulométrie, teneurs en matières organiques, teneurs en eau : évaluation du comportement mécanique (tassement)	Entre Saint-Nazaire et Nantes		P (2003)	
	Faciès sédimentaires	Distribution des classes de sédiments (granulométrie, densité, micropolluants)	Sites caractéristiques en estuaire (int. et ext.)	GIP Loire Estuaire	P	Programme « Etudes Prospectives Aval » du Plan Loire Grandeur nature.
	Caractérisation de la sédimentation	Identification tendances (envasement, creusement, équilibre)	3 sites de référence (du poly à l'oligohalin)	GIP Loire Estuaire	P (2000 ; 2003 ; 2004) S	Programme « Etudes Prospectives Aval » du Plan Loire Grandeur nature.
Vitesse de sédimentation à l'étiage						
Qualité des sédiments		Saint-Nazaire à Ancenis -secteur estuarien couvert	GIP LE, GPMNSN, SMN Nantes, AELB, IFREMER	S		

Tableau 6. Synthèse de types de données identifiées (non exhaustif) concernant l'eau et les sédiments en estuaire de la Loire.

5 – Cas de la Seine

5-1 - Le benthos

On constate, en Seine, l'existence d'une multiplicité des données benthiques, acquises dans différents cadres correspondant à des finalités diverses, s'agissant :

- de suivis à long terme, dont la vocation est d'aboutir à une meilleure connaissance du fonctionnement de l'environnement estuarien, de son état et de l'évolution de ce dernier ;
- de suivis dans une optique de gestion, visant généralement à mesurer un certain nombre de paramètres qui constituent autant de critères sur la base desquels sont évaluées et mises en œuvre des mesures prévues dans un cadre réglementaire donné (ex : évaluation du bon état écologique prévue par la DCE, et mesures à appliquer le cas échéant) ;
- de suivis scientifiques, à finalité de recherche, avec une acquisition, plus ou moins ponctuelle, de données visant à étudier/élucider un processus écologique donné ;
- d'études d'impact, ponctuelles, destinées à dresser un état des lieux de l'environnement benthique et à en déduire les impacts potentiellement causés par un aménagement donné.

Ces suivis, résumés pour l'essentiel en **tableau 7**, ont fait l'objet de réflexions de synthèse, notamment dans le cadre de séminaires organisés par le GIP Seine Aval (ex : *Rencontres Seine-Aval*, organisées à Rouen en octobre 2009 quant aux stratégies d'observations à long terme en milieu estuarien).

Des données à moyen terme relatives à la composition des peuplements macro benthiques de fonds meubles sont notamment disponibles :

- dans l'embouchure saline de l'estuaire et la partie orientale de la baie de Seine : il s'agit des suivis réalisés *via* les campagnes d'échantillonnage PECTOW (programme Seine Aval), sur une base quinquennale depuis 1986. Ils s'attachent à produire un diagnostic de l'état global de l'intégrité des peuplements macrobenthiques, fondé sur l'établissement de descripteurs synthétiques des communautés ;
- dans les domaines oligo- et polyhalins, *via* le suivi effectué par l'IFREMER dans le cadre du REBENT et visant à l'évaluation de l'état écologique de la masse d'eau de transition correspondante (FRHT03) visée par la DCE ;
- dans les eaux dulçaquicoles, *via* le suivi annuel effectué par la DREAL Haute Normandie d'indicateurs biologiques développés pour les cours d'eau (indice biologique global adapté aux grands cours d'eau et aux rivières profondes).

Viennent s'y ajouter :

- dans l'embouchure saline de l'estuaire et la partie orientale de la baie de Seine, les données acquises récemment (entre 2008 et 2010) dans le cadre du programme de recherche scientifique Seine-Aval COLMATAGE¹⁶ visant à l'amélioration des connaissances sur les relations entre les habitats et les peuplements associés (incluant l'ichtyofaune en plus des invertébrés benthiques) ;
- dans les eaux dulçaquicoles, les données d'un suivi annuel, par la DREAL Haute Normandie, d'indicateurs biologiques développés pour les cours d'eau (indice biologique global adapté aux grands cours d'eau et aux rivières profondes) ;
- dans l'estuaire aval, des études d'impact incluant des suivis semestriels à annuels des sédiments et des peuplements benthiques : au regard des aménagements *Port 2000* (projet d'extension du Grand Port Maritime du Havre) ou en des sites de

¹⁶ COLMATAGE : Couplages bio-morpho-sédimentaires, et dynamique à long terme des habitats et peuplements benthiques et ichtyologiques en Seine Aval.

clapage de sédiments dragués (ex : site du Kannik, site d'Octeville) ou de sites potentiellement alternatifs à ceux-ci (ex : sites *Machu* et *Banc de Seine*).

On mentionnera également, pour mémoire car concernant la partie fluviale de la Seine (entre Poses et Caudebec en Caux), l'existence d'un suivi d'indicateurs microphytobenthiques de la qualité de l'environnement aquatique, développés pour les eaux continentales. Fondés sur l'étude des communautés de diatomées benthiques, il s'agit de l'Indice de Polluo Sensibilité (IPS) et de l'Indice Biologique Diatomique (IBD, normalisé AFNOR NF-T90-354) suivis annuellement par la DREAL (analogue des suivis identifiés en Loire)

Globalement, les suivis benthiques existants sont fondés sur une approche écologique, évaluant le plus souvent la structure des peuplements de macro invertébrés de substrats meubles sur la base d'indices synthétiques divers (ex : AMBI, reconnu par la DCE ; BOPA) dont il sera intéressant de discuter ultérieurement la sensibilité à une perturbation ponctuelle telle qu'un déversement accidentel d'hydrocarbures.

En l'état, les divers suivis en cours (campagnes PECTOW, REBENT, suivis par la DREAL en estuaire infra halin...) présentent l'intérêt d'offrir une actualisation relativement récente des données macro benthiques. Dans l'estuaire aval néanmoins, et selon les conclusions d'un atelier organisé par le GIP Seine Aval (2009)¹⁷, l'existence d'une variabilité méthodologique (plans d'échantillonnage, traitement des échantillons sur le terrain et au laboratoire, protocoles analytiques, etc.) entre les suivis réalisés induirait quelques difficultés, en termes d'établissement de séries de données quantitatives à long terme (i.e. supérieures à la décennie). Ceci constitue certes une limitation dans un contexte d'observatoire de l'environnement (ex : identification et explication des tendances à long-terme du compartiment benthique), mais il n'en reste pas moins que les nombreuses données existantes peuvent s'avérer intéressantes en tant que références -même imparfaites- dans un contexte d'estimation des impacts à moyen terme d'une marée noire. Relevons, cependant, que les fréquences d'échantillonnage -annuelles au plus- pourraient entraver l'identification d'effets d'un déversement sur des échelles de temps plus courtes (impacts initiaux en quelques jours/semaines, dans le cas d'une pollution avec phase de toxicité aïgue, par exemple).

On signalera que des réflexions sont en cours quant à l'adoption, par les partenaires du GIP Seine Aval, d'un protocole commun normalisé/harmonisé concernant le suivi des peuplements macrobenthiques de substrats meubles de l'estuaire.

La maîtrise d'ouvrage des suivis benthiques entrepris à long terme, dans le cadre du Programme Seine Aval (campagnes PECTOW), est assurée par des organismes divers, dont notamment la station marine de Wimereux (Université de Lille), le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), la station biologique de Roscoff (Université Pierre et Marie Curie/Paris 6).

Concernant le benthos en estuaire de la Seine, on notera avec intérêt la complémentarité des suivis et des données existantes, à l'image par exemple du projet de recherche COLMATAGE (porté par le Programme Seine Aval 4) dont la démarche inclut la mise en commun de données acquises préalablement dans le cadre de Seine-Aval mais aussi dans d'autres études plus ponctuelles, telles les études d'impact financées par les Grands Ports Maritimes de la région (Rouen et Le Havre). En outre, et en dépit des besoins d'harmonisation des méthodologies et des données, la bancarisation dans un système commun (notamment la base MABES -MAcrobenthos Baie et Estuaire de Seine- du GIP Seine Aval) de données scientifiques actualisées relatives à la structure des communautés benthiques ne peut qu'être bénéfique à l'exploitation et à la valorisation rapide de données éventuellement d'intérêt (références) pour les scientifiques dans un contexte opérationnel.

¹⁷ *Stratégies d'observation à long terme en milieu estuarien*, 21-22 octobre, Rouen.

CIBLE / APPROCHE	DESCRIPTIF / OBJECTIF	SECTEUR / LOCALISATION	SUIVI / PERIODE D'ACQUISITION	SOURCES DE DONNEES	REMARQUES
Peuplement d'invertébrés benthiques de l'estuaire	Indice de qualité écologique du benthos de substrats meubles AMBI (<i>AZTI marine biotic index</i>)	Embouchure saline de l'estuaire et partie orientale de la baie de Seine	1979-2006	Base de données MABES (Macrobenthos Baie et Estuaire de la Seine) vers. 2. GIP Seine-Aval	Suivi/observation à long terme de l'état de santé de l'estuaire de la Seine (Programme Seine-Aval / campagnes PECTOW)
	BOPA (Benthic opportunistic polychaetes amphipods index) → Cartographie de l'état global des peuplements benthiques de 1979 à 2006		Depuis 1986 (quinquennal)		
	- IQBP (indice de qualité biologique potentielle) - IBGA (indice biologique global adapté aux grands cours d'eau et aux rivières profondes) depuis 2004	Estuaire dulçaquicole (fluvial) (stations : Poses, La Bouille, Caudebec en Caux)	Suivi annuel : IQBP = 1988-2003 IBGA = depuis 2004	DREAL Haute Normandie Base de données DREAL	Suivi d'indicateurs biologiques en Seine infrahaline (DREAL Haute Normandie)
	Suivi des peuplements benthiques (dont l'AMBI) pour l'évaluation du Bon Etat écologique des Masses d'Eau de Transition (DCE)	Eaux de transition (de l'oligo- au polyhalin)	2008	Base de données <i>Quadrige</i> ² (données des réseaux de surveillance opérés par l'Ifremer)	- Suivi DCE - Cadre REBENT (IFREMER, Agence de l'Eau Seine-Normandie)
	-Recensement de données existantes (sédimentologie, ichtyologie et faunistique) - Analyse des relations sédiments / benthos / poissons intertidaux et subtidaux - Structure des communautés, analyses de l'ichtyofaune (ex : contenus stomacaux de 3 sp. modèles) - Cartographie de la typologie des habitats marins/estuariens (enregistrements de séquences vidéo)	Embouchure saline de l'estuaire et partie orientale de la baie de Seine	2008 ; 2009 ; 2010	Base de données MABES	Projet de recherche scientifique COLMATAGE (GIP Seine Aval)
	Suivi des sédiments et de la structure des peuplements benthiques	Secteur aval de l'estuaire au regard des aménagements <i>Port 2000</i>	1 à 2/an depuis 2000 (subtidal) ; 1/an depuis 2003 (intertidal)	Base de données : - MABES - Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN)	Projet Suivi Scientifique Port 2000 (GPMH)
			Site d'immersion d'Octeville (estuaire externe)		1/an depuis 2003
Site d'immersion du Kannik (estuaire externe) et sites alternatifs (<i>Machu</i> et <i>Banc de Seine</i>)					Etude d'impact des dépôts de dragage (GPMR)
Peuplements micro-phyto-benthiques	- Indice Biologique Diatomique (IBD) (fondé sur l'abondance relative des espèces présentes) (DCE) - Indice Biologique de Polluo Sensibilité (IPS) (fondé sur l'abondance relative et la polluo sensibilité des espèces présentes)	Estuaire dulçaquicole (fluvial) (entre Poses, et Caudebec en Caux)	Annuel depuis 2002	DREAL Haute Normandie Base de données DREAL	Suivi d'indicateurs biologiques en Seine infrahaline (DREAL Haute Normandie)

Tableau 7. Synthèse de types de données identifiées concernant le benthos en estuaire de la Seine.

5.2 - L'ichtyofaune

Les principaux suivis identifiés en Seine sont résumés en **tableau 8** : il consistent en études écologiques, portant sur les peuplements ichtyofauniques et réalisées à des fins :

- d'évaluation de la qualité des eaux dans un contexte de gestion (DCE) ;
- de recherche scientifique quant aux relations liant les poissons et leur environnement en général ;
- d'estimation des impacts potentiellement induits sur les poissons dans la perspective d'aménagements (ou activités) locaux.

Dans un cadre gestionnaire, la masse d'eau de transition (MET) FRHT03 visée par la DCE a fait l'objet d'une première estimation des peuplements de poissons, réalisée en 2006 et actualisée en 2010 (maîtrise d'ouvrage IFREMER & Agence de l'eau Seine-Normandie). Comme en Loire, l'indicateur retenu dans ce contexte est l'indicateur « poisson », reconnu par la DCE et élaboré selon un protocole standardisé mis au point par le Cemagref. La couverture spatiale inclut les domaines d'intérêt dans le cadre de ce projet (oligo, méso et polyhalins) avec une réactualisation attendue des données, puisque ces dernières s'inscrivent dans un cadre réglementaire, dont la mise en œuvre (définition et suivi de l'état écologique des MET) nécessiterait en principe la pérennisation des suivis. On retiendra que des différences inter-estuariennes, en termes d'assemblages ichtyofauniques (espèces présentes localement) et d'habitats, rendent a priori délicate l'adoption d'un protocole « poisson » commun malgré les convergences souhaitées vers une procédure DCE standardisée.

Dans l'embouchure saline de l'estuaire et la partie orientale de la baie de Seine, le programme de recherche scientifique Seine-Aval COLMATAGE (Cf. plus haut) est également une source de données récentes (2008 à 2010) concernant les peuplements ichtyofauniques, ceci dans une problématique d'amélioration des connaissances sur les relations entre les habitats et les peuplements associés (macrobenthos et poissons).

Dans les eaux dulçaquicoles, mais restant sous l'influence de la marée dynamique (amont de Rouen jusqu'à Poses), des données datant de 2009 sont disponibles, issues du programme de recherche scientifique Seine-Aval THALASSOTOK. Ce dernier, en cours sur une durée de 3 ans à partir de 2009, consiste en un suivi, par télémétrie acoustique, des populations de 3 espèces cibles de poissons migrateurs. L'exploitation potentielle du type de données produites (relatives à la présence/absence, à l'utilisation des habitats par des lots d'individus marqués au moyen d'émetteurs à ultrasons) dans la problématique du présent travail est à considérer.

Plusieurs autres suivis existent, produisant des données depuis l'estuaire moyen jusqu'à la partie orientale de la Baie de Seine. Il s'agit souvent d'études d'impact destinées à dresser un état des lieux des populations halieutiques ou à évaluer les effets de projets d'aménagements et d'activités anthropiques (ex : dépôts de dragage) (**Tableau 8**). Celles-ci sont pour la plupart réalisées par la CSLN (Cellule de Suivi du Littoral Normand) pour le compte des Grands Ports Maritimes du Havre (projet d'extension du Grand Canal Maritime, aménagements *Port2000*) et de Rouen (2 sites alternatifs de clapage de sédiments en Baie de Seine).

Trois suivis notamment, initiés respectivement en 2000 (suivi scientifique *Port2000* dans l'embouchure), 2001 (site d'immersion d'Octeville) et 2006 (Baie de Seine) sont à l'origine de données produites 2 fois par an et archivées dans une base de données conjointement gérée par la CSLN, la MIMEL (Mission Inter-services de la Mer et du Littoral)¹⁸ et le GIP Seine-Aval.

¹⁸ Dont les missions se sont achevées en 2010.

CIBLE / APPROCHE	DESCRIPTIF / OBJECTIF	SECTEUR / LOCALISATION	SUIVI / PERIODE D'ACQUISITION	SOURCES DE DONNEES	REMARQUES
Peuplements ichtyofauniques	Qualification de l'état écologique des masses d'eaux de transition : Indicateur DCE « Poisson » (évaluation des peuplements de poissons)	Eaux de transition (de l'oligo- au polyhalin dans l'estuaire de la Seine et Risle)	2006 ; 2010	Base de données POMET (POissons des Masses d'Eau de Transition) du <i>Cemagref</i>	- Suivi DCE - Maîtrise d'ouvrage IFREMER / Agence de l'Eau Seine-Normandie)
	-Recensement de données existantes (sédimentologie, ichtyologie et faunistique) - Analyse des relations sédiments / benthos / poissons intertidaux et subtidaux - Structure des communautés, analyses de l'ichtyofaune (ex : contenus stomacaux de 3 sp. modèles) - Cartographie de la typologie des habitats marins/estuariens (enregistrements de séquences vidéo)	Embouchure saline de l'estuaire et partie orientale de la baie de Seine	2008 ; 2009 ; 2010	GIP Seine Aval	Projet de recherche scientifique COLMATAGE (GIP Seine Aval)
	Suivi en télémétrie acoustique de poissons migrateurs : flets, mullets et anguilles	Eaux douces (entre Poses et Rouen)	2009	<i>Cemagref</i>	Projet de recherche scientifique THALASSOTOK (maîtrise d'ouvrage GIP Seine Aval)
	Suivi des populations d'espèces/ressources halieutiques (ichtyofaune et crevettes)	Secteur aval de l'estuaire au regard des aménagements <i>Port 2000</i>	2/an depuis 2000	Base de données CSLN-MIMEL-GIP Seine Aval	Projet Suivi Scientifique Port 2000 (maîtrise d'ouvrage GPMH)
	Suivi des peuplements halieutiques	Estuaire externe (site d'immersion d'Octeville)	2/an depuis 2001		Maîtrise d'ouvrage GPMH
		Baie de Seine / secteur oriental	2/an depuis 2006		Maîtrise d'ouvrage GMN (Granulats Marins de Normandie)
	Suivi des peuplements ichtyofauniques dans le cadre d'études biosédimentaires	Baie de Seine / secteur oriental (sites <i>Machu</i> et <i>Banc de Seine</i>)	4/an en 2008-2009		Etudes d'impact pour sites alternatifs de dépôt de dragages
	Comptage (vidéo) des effectifs au niveau de la passe à poissons de Poses (limite d'influence de la marée dynamique)	Seine fluviale (Poses)	Depuis 2008	Archivage des données (effectifs et photographies) par la Base de Loisirs de Poses	Maîtrise d'ouvrage Base de Loisirs de Poses

Tableau 8. Synthèse de types de données identifiées concernant l'ichtyofaune en estuaire de la Seine.

5.3 - L'avifaune

Comme en Loire, les données relatives aux populations aviaires de l'estuaire de la Loire sont abondantes (**Tableau 9**). Elles relèvent d'inventaires parfois ponctuels mais aussi, le plus souvent, de suivis (abondances, distribution de populations) réalisés depuis maintenant de nombreuses années. Au premier chef, on signalera dans le secteur estuarien :

- les nombreux suivis réalisés à des fins de gestion depuis 2003, dans le cadre de l'Observatoire de l'avifaune de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Estuaire et marais de Seine », notamment par la Maison de l'estuaire (MDE – gestionnaire de la Réserve naturelle de l'estuaire de la Seine), l'ONCFS, ou encore le Parc naturel régional des boucles de la Seine Normande (PNRBSN). Ceux-ci sont potentiellement intéressants car ils s'étendent, pour certains (poursuite de suivis antérieurs), sur près d'une décennie et contribuent à dresser un bilan ornithologique actualisé incluant les habitats typiques estuariens (ex : vasières, roselières), les marais de Basse-Seine, les falaises de l'estuaire, etc.), ceci pour différents niveaux (estimations/abondances des effectifs de populations hivernantes ou nidificatrices ; suivis d'espèces en particulier...);
- dans le cadre des suivis scientifiques afférents aux aménagements du projet *Port2000* (GPMH), la MDE réalise également un suivi ornithologique au niveau de sites destinés à compenser ou favoriser l'accueil d'espèces aviaires, à savoir le *Reposoir sur dune* (site compensatoire, entre le Port du Havre et le Pont de Normandie) et l'*Îlot artificiel du Ratier* (dans l'estuaire marin) créés en 2002 et 2005 respectivement.

A l'échelle nationale ou des Régions de Haute et Basse Normandie, des suivis à long terme réalisés notamment par le Groupe Ornithologique Normand (GONm) ou la LPO, dans le cadre de programmes de surveillance nationaux (programme *Suivi Temporel d'Oiseaux Communs*, ou STOC¹⁹, piloté par le Muséum national d'histoire naturelle) ou internationaux (ex : *Wetlands International*), couvrent les secteurs estuariens de la Seine et seraient a priori susceptibles de fournir des données dont l'apport serait à évaluer dans un contexte d'identification des effets induits par une pollution accidentelle.

Qu'il s'agisse d'un échantillonnage d'habitats vulnérables / sensibles (ex : roselières, vasières, sites de nidification connus, etc.) ou de secteurs de statut spécial (ex : Réserve), les données collectées, dans le cas notamment des suivis les plus anciens, sont susceptibles de permettre l'appréhension de l'ampleur des fluctuations des effectifs aviaires. Leur valorisation en termes de données de référence dans le cadre du présent projet sera cependant à évaluer ultérieurement (ex : fréquence d'actualisation, exposition potentielle des espèces étudiées en cas de déversement, méthodes, etc.).

5.4 - La flore

De nombreux suivis botaniques existent, notamment entrepris à l'échelle de la Région Haute Normandie et couvrant par conséquent les habitats estuariens de la Seine, ou entrant dans le cadre de la gestion de sites de statut particulier (ex : sites d'intérêt communautaire visés par la Directive Habitats *Natura 2000*). On en retiendra principalement (**tableau 10**) :

- l'inventaire floristique de l'ensemble des plantes sauvages vasculaires présentes en Haute Normandie, dressé sous l'égide du Centre Régional de Phytosociologie (CRP)/Conservatoire Botanique National de Bailleul (CBNBI) en 2000 et en 2005. Les données correspondantes sont bancarisées dans la base de données *Digitale2* du CBNBI (consultable en ligne), dont l'exploitation a vocation de permettre, entre autres exemples, le suivi de l'évolution d'une population donnée ;
- l'inventaire et le suivi de la flore des zones humides en Haute Normandie, mis en œuvre par le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande (PNRBSN) dans le cadre

¹⁹ Enquête nationale visant à l'évaluation relativement précise des évolutions à long terme des effectifs d'espèces nichant communément en France

de son projet d'observatoire DROZHERA (Données Répertoirees pour un Observatoire des Zones Humides, de leur Environnement et des Réseaux Aquatiques) initié en 2003. Cet observatoire vise à établir un état des lieux "référence" des zones humides, à en suivre l'évolution et à contribuer ainsi aux politiques de protection et de gestion locales.

En outre, de nombreux suivis botaniques sont réalisés sur les rives de l'estuaire moyen et amont de la Seine couvertes par le PNRBSN : ce dernier inclut tout un réseau d'espaces protégés de statuts divers comme, par exemple, des Réserves naturelles, des Réserves de chasse et de faune sauvage, des terrains du Conservatoire du littoral et des rivages lacustres (CLRL) ou du Conservatoire des sites naturels de Haute Normandie (CSNHN), plusieurs sites *Natura 2000*, etc. Des cartographies d'habitats, associées à des documents d'objectif ou à des plans de gestion, y sont réalisées régulièrement, la maîtrise d'ouvrage en étant assurée par le gestionnaire du site en question.

Nombreuses, les données relatives aux peuplements de végétaux de l'estuaire, apparaissent très diverses en termes de sources, probablement de méthodologies, et de couvertures spatiales et temporelles. Il est par conséquent *a priori* difficile de préjuger de leur apport potentiel en matière d'évaluation d'impacts de pollutions accidentelles par hydrocarbures

5.5 - Les organismes planctoniques

Concernant le plancton, 2 principaux suivis considérant les assemblages sont à signaler (**tableau 11**) :

- l'un, réalisé par l'IFREMER depuis 1984 dans le cadre du réseau national REPHY (Réseau de Surveillance phytoplanctonique), porte notamment sur l'analyse des successions -saisonniers et interannuelles- d'espèces phytoplanctoniques (ex : biomasse, abondances, composition de la flore totale ou indicatrice) et des teneurs en *Chlorophylle a* en Baie de Seine, parallèlement au dosage des phycotoxines dans les bivalves filtreurs ;
- l'autre concerne le zooplancton, s'agissant du projet de recherche ZOOSEINE²⁰ financé dans le cadre du programme Seine Aval 4 et coordonné par l'Université de Lille 1. Il vise à établir le potentiel du zooplancton en tant qu'indicateur de la variabilité environnementale à différentes échelles spatio-temporelles (changements climatiques, par exemple). Prévu pour une durée de 3 ans (2008 à 2010), il s'agit d'un travail impliquant, *via* l'acquisition de données à haute fréquence dans la zone de gradient de salinité (estuaire moyen oligo- à polyhalin), l'identification de la dynamique de 2 espèces-modèles (copépodes *Eurytemora affinis* et *Acartia tonsa*) considérées comme indicatrices potentielles des modifications de l'hydrologie de l'estuaire de la Seine (salinité, température), en lien notamment avec des problématiques locales (développement portuaire, dragage, restauration, etc.). Signalons que ce projet inclut, en plus de ces observations *in situ*, un volet expérimental destiné à qualifier et quantifier les fluctuations de marqueurs de stress et d'indices démographiques, morphologiques ou de survie (embryonnaire et larvaire), en réponse à une variation environnementale (température et salinité en particulier). *A priori* moins appliqué à la mise en évidence d'effets liés à une pollution accidentelle qu'à l'identification et à la compréhension de changements globaux dans l'estuaire moyen, ce projet contribue néanmoins à la connaissance des cycles biologiques des espèces zooplanctoniques ciblées. L'apport de ces données dans une situation de pollution majeure par hydrocarbures serait à évaluer (ex : sensibilité connue aux hydrocarbures ? données de référence suffisantes ?).

Dans les deux cas, les données sont bancarisées dans des bases de données respectivement gérées par l'IFREMER (base Quadrigé²) et le GIP Seine Aval.

²⁰ Rôle du zooplancton dans le fonctionnement de l'écosystème estuarien dans la zone de gradient de salinité : sentinelle du bon état écologique et des changements climatiques

CIBLE / APPROCHE	DESCRIPTIF / OBJECTIF	SECTEUR / LOCALISATION	SUIVI / PERIODE D'ACQUISITION	SOURCES DE DONNEES	REMARQUES
Flore vasculaire	Inventaire floristique régional représentatif et significatif de l'ensemble des plantes vasculaires	Ensemble de la Région Haute Normandie	2000 ; 2005	Base de données <i>Digitale2</i> (CBNBI)	- Maîtrise d'ouvrage : Conservatoire Botanique National de bailleul (CBNBI) - Système d'information sur la flore et la végétation sauvages du Nord Ouest de la France
	Inventaire et suivi de la flore des zones humides		Création en 2003	Base de données du Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande (PNRBSN)	Observatoire DROZHERA (Données Répertoirees pour un Observatoire des Zones Humides de leur Environnement et des Réseaux Aquatiques)
	Cartographie d'espèces et d'habitats de statut particulier	Plaine alluviale (+ sites <i>Natura 2000</i> en mer)	?	Données gérées par les gestionnaires/maîtres d'œuvre (Réserves, Conservatoires, etc.)	- Cadre de gestion de sites protégés - Maîtrise d'ouvrage variable (gestionnaire des sites)

Tableau 9. Synthèse de types de données identifiées concernant la flore en estuaire de la Seine.

CIBLE / APPROCHE	DESCRIPTIF / OBJECTIF	SECTEUR / LOCALISATION	SUIVI / PERIODE D'ACQUISITION	SOURCES DE DONNEES	REMARQUES
Inventaires des effectifs de populations aviaires	Bilans ornithologiques nombreux (ex : effectifs hivernants, nicheurs, espèces d'intérêt particulier, avifaune des roselières, avifaune prairiale, etc.)	Estuaire, marais de la Basse-Vallée de la Seine, Lits majeurs de la Seine et de la Risle, falaises	25 suivis ou études depuis 2003 (+ poursuites suivis des années 80)	Base de données de la MDE (Maison De l'Estuaire)	Contexte communautaire (<i>Natura2000</i>) de gestion et suivi de la ZPS <i>Estuaire et marais de Seine</i> (application de la Directive « Oiseaux »)
	Suivis ornithologiques sur aménagements <i>Port 2000</i> : Reposoir sur dune, Ilot du ratier	Secteur aval de l'estuaire			Projet Suivi Scientifique <i>Port 2000</i> (maîtrise d'ouvrage GPMH)
	Variations spatiales et temporelles de l'abondance des populations nicheuses d'oiseaux communs - Echantillons Ponctuels Simples (réseau de points d'écoute <i>STOC</i>) - Méthode fréquentielle (réseau de parcours standardisés <i>Tendances</i>)	Emprise régionale (Haute Normandie & Basse Normandie)	2/an depuis 1989 6/an depuis 1996	Données GONm ; disponibles sur Internet	Programme STOC piloté par le Muséum national d'Histoire naturelle (Centre de Recherches par le Baguage des Populations d'Oiseaux -CRBPO).
	Evolution des populations d'oiseaux d'eau hivernantes		1/an depuis 1967		Données GONm/LPO ; disponibles sur Internet

Tableau 10. Synthèse de types de données identifiées concernant l'avifaune en estuaire de la Seine.

CIBLE / APPROCHE	DESCRIPTIF / OBJECTIF	SECTEUR / LOCALISATION	SUIVI / PERIODE D'ACQUISITION	SOURCES DE DONNEES	REMARQUES
Populations planctoniques	Dynamique de 2 espèces modèles zooplanctoniques (<i>E. affinis</i> et <i>A. tonsa</i>) utilisées comme indicateur écologique des modifications de l'hydrologie de l'estuaire moyen de la Seine (salinité, température)	Zone de gradient de salinité oligo- à polyhalin (entre Vieux - Port et Honfleur)	2008-2010	GIP Seine Aval / Université de Lille 1	Projet de recherche scientifique Seine Aval 4 ZOOSEINE (GIP Seine Aval)
	- Abondances (globales et par taxon) - Biomasses - Espèces dominantes - Schémas de distribution spatio-temporelle des populations - Dosage des teneurs en <i>Chlorophylle a</i> - ...	Baie de Seine	Depuis 1984	Base de données <i>Quadrige</i> ² (données des réseaux de surveillance opérés par l'Ifremer)	- Réseau national REPHY (Réseau de Surveillance phytoplanctonique) (IFREMER) - Focalisation sur la flore indicatrice dans le cadre des indicateurs DCE

Tableau 11. Synthèse de types de données identifiées concernant le plancton en estuaire de la Seine.

5.6 - Eau et sédiments

En complément et à toute fins utiles, nous avons succinctement recensé quelques suivis dont l'intérêt serait à considérer dans le cadre du présent projet, concernant notamment un certain nombre de paramètres physico-chimiques de base de l'environnement aquatique et sédimentaire (**Tableaux 12a** et **12b**). Certains peuvent en effet fournir des éléments explicatifs quant à l'origine de phénomènes biologiques éventuellement observés suite à une pollution, et ainsi aider à la discrimination des effets attribuables à cette dernière.

Une large part des données repose à l'heure actuelle sur les suivis réalisés :

- Concernant l'estuaire amont à moyen, par l'Agence de l'Eau Seine Normandie et les services de l'Etat en Seine Maritime, en l'occurrence ceux de la Direction départementale de l'équipement (DDE 76, au sein de la DDTM -Direction départementale des territoires et de la mer) ;
- Concernant l'embouchure et la partie orientale de la Baie de Seine, par l'IFREMER au travers du réseau national RNO.

Concernant l'eau (**tableau 12a**), on signalera notamment le suivi des sels nutritifs (dans une problématique de suivi de l'eutrophisation de l'estuaire), d'une part, et des contaminants (PCBs, métaux, pesticides et hydrocarbures aromatiques polycycliques), d'autre part, dont le fluoranthène en partie aval de l'estuaire pour ce qui est des HAP. Au-delà de ces données existantes, le GIP Seine Aval travaille actuellement à la mise en place (en partenariat avec le Grand Port Maritime de Rouen et le laboratoire *Morphodynamique Continentale et Côtière* de l'Université de Rouen) d'un réseau de mesures en continu sur l'estuaire de la Seine, dans le but (i) d'assurer un meilleur suivi des paramètres liés à la qualité de l'eau, et (ii) d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydrodynamique et sédimentaire du système. Dans ce contexte, l'implantation d'un réseau pilote de points d'acquisition de données est prévue en début 2011, avec 3 stations situées à Rouen (estuaire amont, eaux douces), Val des Leux et Tancarville (estuaire moyen), lesquelles permettront la mesure à très haute fréquence (5 minutes) de divers paramètres physico-chimiques de l'eau : température, salinité (conductivité), pH, concentrations en oxygène dissous, fluorimétrie (chlorophylle), et turbidité (campagnes de calibration pour obtenir les concentrations en MES). Le GIP Seine-aval assurera le stockage, le traitement et la diffusion des données, et prévoit en outre une extension de ce réseau en 2012.

Concernant les sédiments (**tableau 12b**), le domaine estuarien fait notamment l'objet d'un suivi des sédiments fins, en l'occurrence des concentrations²¹ et des flux²² de matière en suspension dans la masse d'eau. Ces données ont permis d'établir l'évolution saisonnière et pluriannuelle des concentrations en particules fines et du positionnement du bouchon vaseux dans l'estuaire. Des estimations, annuelles pour la plupart, des concentrations en divers polluants sont également disponibles, relativement aux métaux et aux PCB depuis la partie amont à l'embouchure voire à la partie orientale de la Baie de Seine, et aux HAPs (Benzo(a)Pyrène) dans l'estuaire fluvial.

²¹ Depuis la limite d'influence de la marée dynamique en amont jusqu'au domaine de transition à proximité de Honfleur en aval.

²² Estuaire amont : barrage de Poses.

	OBJET / THEMATIQUE	TYPES DE PARAMETRES	SECTEUR	FOURNISSEUR / DETENEURS DE DONNEES	SUIVI / PONCTUEL	REMARQUES
EAU	Paramètres physico chimiques de base	- Température - Conductivité/Salinité - pH/potentiel Redox - Oxygène dissous - Fluorimétrie/Chlorophylle a - Turbidité/Matières en suspension (MES)	3 stations pilotes distribuées entre l'estuaire amont (Rouen) et moyen (Tancarville)	GIP Seine Aval	S (h ^{ie} fréq ^{ce} ; démarrage prévu en 2011)	Mise en place d'un réseau de mesures en continu sur l'estuaire de la Seine (Coll. GIP SA / GPMR / Université de Rouen)
		- Oxygène dissous	Estuaire + partie orientale de la Baie de Seine	AESN Normandie et DDE 76 (Banque Qualité des eaux) ; MEEDDAT (Banque Hydro) ; Ifremer/RNO Banque Quadrige ²	S	Valorisation dans le <i>Système d'Observation de l'Etat de Santé de la Seine</i> (GIP Seine-Aval)
	Sels nutritifs / Eutrophisation	- Concentrations en nutriments azotés et en ortho-phosphates, - Calcul d'un « potentiel d'eutrophisation côtière » (équilibres entre les flux de N, P et Si)	Estuaire + partie orientale de la Baie de Seine	AESN Normandie et DDE 76 (Banque Qualité des eaux) ; MEEDDAT (Banque Hydro) ; Ifremer/RNO Banque Quadrige ²	S (moyennes annuelles)	
	Contamination	Teneurs des tissus de moules en Fluoranthène	Embouchure de l'estuaire (Cap de la Hève et Villerville)	Ifremer/RNO Banque Quadrige ²	S (annuel)	Indicateur 2 du volet « Contamination par les HAPs de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
		Teneurs des tissus de moules en PCBs				Indicateur 2 du volet « Contamination par les PCBs de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
		Teneurs des tissus de moules en Lindane				Indicateur 1 du volet « Contamination par les pesticides de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
		Teneurs des tissus de moules en Cadmium				Indicateur 2 du volet « Contamination métallique de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
		Concentrations en PCB dans l'eau (7 congénères de PCB : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)	Estuaire fluvial de la Seine (4 stations : Poses, La Bouille, Caudebec et Honfleur)	AESN et DDE 76 (Banque Qualité des Eaux)	S (Annuel)	
Concentrations en diuron (pesticide) dans l'eau	Estuaire fluvial de la Seine (3 stations : Poses, La Bouille, et Caudebec)	Indicateur 2 du volet « Contamination par les pesticides de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)				

Tableau 12a. Synthèse de types de données identifiées (non exhaustif) concernant l'eau en estuaire de la Seine.

	OBJET / THEMATIQUE	TYPES DE PARAMETRES	SECTEUR	FOURNISSEUR / DETENTEURS DE DONNEES	SUIVI / PONCTUEL	REMARQUES
SEDIMENTS	Crème de vase / Bouchon vaseux / Matériaux fins	Flux annuels de matières en suspension (MES) au barrage de Poses	Poses (eaux douces en limite de la marée dynamique)	Agence de l'Eau Seine Normandie et DDE 76 (Banque Qualité des eaux) ; MEEDDAT (Banque Hydro)	S (données quotidiennes)	Valorisation dans le <i>Système d'Observation de l'Etat de Santé de la Seine</i> (GIP Seine-Aval)
		Concentrations en MES (mg/l)	22 stations entre le barrage de de Poses (estuaire amont) et Honfleur (estuaire moyen)	AESN et DDE 76 (Banque Qualité des eaux)	S (Annuel)	Descripteur de la dynamique des matériaux fins (ex : position du bouchon vaseux) dans l'estuaire
	Faciès sédimentaires	- Analyse de l'environnement sédimentaire (données associées au benthos et à l'ichtyofaune ; - Recensement de données (sédimentologie) existantes - Cartographie de la typologie des habitats marins/estuariens (enregistrements de séquences vidéo)	Embouchure saline de l'estuaire et partie orientale de la baie de Seine	GIP Seine Aval (Base de données MABES)	2008 ; 2009 ; 2010	Projet de recherche scientifique COLMATAGE (GIP Seine Aval)
	Qualité des sédiments	Contamination métallique (et calcul d'un indice de contamination)	Eaux douces (Poses) à polyhalines (Honfleur)	AESN et DDE 76 (Banque Qualité des Eaux) ;	S (depuis 1980 approx.)	Indicateurs du volet « Contamination métallique dans l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
			Partie orientale de la Baie de Seine	Ifremer/RNO Banque Quadrige ²		
		Teneurs en Benzo(a)Pyrène dans les sédiments	Estuaire fluvial de la Seine (4 stations : Poses, Oissel, La Bouille et Caudebec)	AESN et DDE 76 (Banque Qualité des eaux)	S (Annuel)	Indicateur 1 du volet « Contamination par les HAPs de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
		Teneurs en PCBs des sédiments fins de surface (7 congénères de PCB : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)	Estuaire de la Seine (5 stations : de Poses, Oissel, La Bouille, Caudebec à Honfleur),			Indicateur 1 du volet « Contamination par les PCBs de l'estuaire de la Seine » (GIP Seine Aval)
	Embouchure de l'estuaire, partie orientale de la baie de Seine	Ifremer/RNO Banque Quadrige ² ; GPM Havre ; Banque REPOM ; GPM Rouen, Banque Qualité des Sédiments	Entre 2003- 2006			

Tableau 12b. Synthèse de types de données identifiées (non exhaustif) concernant l'eau et les sédiments en estuaire de la Seine.

6 – Cas de la Gironde

Concernant la Gironde, l'absence de structure fédératrice des données estuariennes similaire aux GIP des estuaires de la Loire et de la Seine n'a pas permis un recensement rapide des suivis potentiellement existants. La synthèse des réseaux existants et des données disponibles sera précisée dans le prochain rapport d'avancement du projet.

- *Le programme de surveillance écologique du site du Blayais*

Pour autant, nous mentionnerons d'ores et déjà les importants suivis entrepris pour appréhender l'impact du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) du Blayais, implanté en aval de la confluence de la Garonne et de la Dordogne.

Suite à une évaluation initiale, en 1975-76, de l'état écologique de la zone concernée, les premières surveillances écologiques annuelles ont été menées entre 1978 et 1983.

A partir de 1984, 3 stations d'échantillonnage en ont été retenues pour éviter la redondance de données et optimiser la production de données d'intérêt²³.

De 1992 à 2003, une nouvelle version du programme de surveillance annuelle, introduisant des modifications en terme de répartition des stations, de la fréquence d'échantillonnage et des paramètres étudiés -hydro biologiques, bactériologiques, et zoo planctoniques- a été mise en œuvre. Complété en 2004²⁴ d'un suivi de la macrofaune benthique et des concentrations en polluants organiques dans l'eau, ce programme de surveillance est mené à bien, selon une méthodologie détaillée et systématiquement reconduite, dans le cadre d'un contrat passé entre EDF et l'IFREMER. Les études constituant ce programme (**tableau 13**) sont réalisées conjointement par :

- L'Université Bordeaux 1 (UMR EPOC - Talence) pour :
 - l'organisation et la mesure *in situ* des paramètres hydrologiques et prélèvements hydrologiques et biologiques en liaison avec la Station Marine d'Arcachon ;
 - fournir à l'Institut Européen de l'Environnement de Bordeaux (IEEB) les échantillons destinés aux analyses chimiques et bactériologiques ;
 - regrouper les mesures *in situ* ;
 - effectuer les mesures de matière en suspension et les dosages d'oxygène dissous sur les échantillons prélevés.
- La Station Marine d'Arcachon (UMR EPOC - Arcachon) pour :
 - étudier les peuplements zoo planctoniques ;
 - étudier les peuplements zoo benthiques.
- L'Institut Européen de l'Environnement de Bordeaux (IEEB) pour :
 - effectuer les dosages de carbone organique (particulaire et dissous), de chlorophylle et phéopigments, des sels nutritifs (ammonium, nitrates et nitrites associés, silicates, orthophosphates), la recherche de contaminants (agents de surface anioniques, hydrazine, morpholine, éthanolamine), la recherche et l'identification des *Vibrio* halophiles.

En termes de couverture spatiale, ce programme est intéressant dans le cadre du présent projet, puisque les 3 points échantillonnés se distribuent dans les divers domaines de l'estuaire moyen, depuis l'oligohalin (chenal de Blaye) aux confins entre les domaines méso- et polyhalins, en passant par le mésohalin (au droit de la CNPE).

²³ Cf. rapports annuels IFREMER consultables sur le site <http://archimer.ifremer.fr>

²⁴ Amendé, de même que le protocole d'échantillonnage, par arrêté interministériel en septembre 2003

CIBLE / APPROCHE	DESCRIPTIF / OBJECTIF	SECTEUR / LOCALISATION	SUIVI / PERIODE D'ACQUISITION	SOURCES DE DONNEES	REMARQUES
Paramètres hydrologiques et physico-chimiques de l'eau	- Courant - Salinité - Température - pH - MES - Oxygène dissous - Carbone organique particulaire - Carbone organique dissous - Chlorophylle et phéopigments	3 stations en eaux de transition (de l'oligohalin à la limite méso/polyhalin)	8/an depuis 1992 (Existence de séries antérieures 1978-83 et 1984-1991) «	- EPOC (Université Bordeaux 1 et Station Marine d'Arcachon) - IEEB	- Programme de surveillance écologique du Site du Blayais (CNPE EDF)
Sels nutritifs	Nitrate, ammonium, phosphate, silicates				
Contaminants organiques	Hydrazine, Morpholine, Ethanolamine, agents de surface anioniques		8/an depuis 2004		
Bactériologie	- Abondances totales de bactéries halophiles du genre <i>Vibrio</i> - Répartition (%) entre les principales espèces		8/an depuis 1992 (Existence de séries antérieures 1978-83 et 1984-1991)		
Zooplancton	- Densités des principaux contingents/espèces - Paramètres démographiques (fécondité, structure des populations, taux de mortalité) des principales espèces				
Macrofaune benthique	Macrozoobenthos intertidal et subtidal : - Richesse spécifique - Abondance (totale ; principaux groupes ou espèces) - Suivi en parallèle de la granulométrie des sédiments	7/an depuis 2004			

Tableau 13. Synthèse des types de données identifiés dans le cadre du programme de surveillance écologique du Site du Blayais (estuaire moyen de la Gironde).

En termes de fréquence également, ces données sont particulièrement intéressantes concernant les composantes biologiques (ex : plancton, zoobenthos) en cela qu'elles sont produites à haute fréquence (de 7 à 8 campagnes par an) et permettent de décrire les fluctuations à des échelles de temps saisonnière à pluriannuelle, éventuellement élevées chez ces organismes.

La concordance spatiale et temporelle en matière d'acquisition des variables environnementales et biologiques est également un point encourageant pour la discrimination des effets éventuellement imputables à une pollution de ceux assignables aux forçages naturels (ou liés à la présence des contaminants intégrés dans le programme de suivi).

Autre intérêt, les protocoles d'échantillonnage et d'analyses reconduits d'année en année sont acceptés et validés, et fournissent a priori une base solide en termes de référence (séries de données comparables), et éventuellement méthodologique en cas de mise en œuvre ou de prédéfinition d'un programme d'évaluation d'impacts d'un déversement accidentel –au moins dans la zone considérée.

- *Autres sources potentielles de données en Gironde*

Certains acteurs dont les missions et les champs d'intérêt sont a priori pertinents dans le cadre du présent projet, et de sa poursuite, ont été identifiés. Les principaux d'entre eux sont listés et succinctement décrits ci-après.

- Réseau **MAGEST** : consortium MArel Gironde ESTuaire : réseau d'observation automatisé pour la surveillance de la qualité des eaux²⁵

Il s'agit d'un réseau d'observation qui a pour objectif le suivi en continu de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde. Ce réseau s'articule principalement sur les thématiques d'hydrodynamisme et de transport sédimentaire, et sur la physico-chimie de l'eau.

La haute résolution temporelle de ces processus, déterminants dans le fonctionnement de l'estuaire (ex : dynamique du bouchon vaseux), doit à long terme permettre de mieux appréhender la qualité du milieu estuarien et ses tendances au regard des changements à long terme (dérive climatique) et des activités anthropiques.

Le consortium MAGEST compte une douzaine de partenaires : EDF/CNPE du Blayais, le SMIDDEST (Syndicat mixte pour le développement durable de l'estuaire de la Gironde), l'Etablissement Public Territorial du Bassin de la Dordogne (EPIDOR), le Syndicat mixte études-aménagement Garonne (SMEAG,) l'Agence de l'Eau Adour Garonne, le Conseil Général de la Gironde, la Région Aquitaine, le Grand Port maritime de Bordeaux, l'Université Bordeaux 1, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l'Ifremer.

Pour sa mission d'acquisition de données à haute fréquence (télétransmises en temps réel), MAGEST s'appuie sur 4 stations de mesure *in situ*, implantées dans l'estuaire et ses affluents (Dordogne et Garonne). Gérées par le laboratoire EPOC (Environnements et Paléo-environnements Océaniques et Continentaux) au sein de l'Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers (OASU), elles font partie du réseau des systèmes MAREL²⁶ de surveillance en continu. En l'occurrence, ces mesures de turbidité, d'oxygène dissous, de salinité et de température concernent le domaine oligohalin (1 station implantée à hauteur de Pauillac -soit à quelques km en amont de la CNPE) voire, en amont du Bec d'Ambes, les eaux douces de la Garonne (Bordeaux et Portets) et de la Dordogne (Libourne).

²⁵ (<http://www.magest.u-bordeaux1.fr/>)

²⁶ Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement et le Littoral (systèmes développés par IFREMER)

Domaines / thématiques d'intérêt pour le présent projet :

Turbidité, oxygène dissous, salinité, Température, niveau d'eau (réseau MAREL Ifremer) ; processus hydrodynamiques et sédimentaires, variations physico-chimiques, biodisponibilité des polluants, dynamique des populations.

- **Cemagref - Unité de recherche sur les écosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins**²⁷

L'unité *Ecosystèmes Estuariens et Poissons Migrateurs Amphihalins* du Cemagref (Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement) travaille à l'approfondissement des connaissances en matière de systèmes estuariens et de leurs ressources, dans une optique de gestion durable (maintien des activités de pêche, impacts anthropiques) ou de restauration d'espèces menacées. Ses travaux de recherche visent plus particulièrement les communautés piscicoles estuariennes et les populations de grands migrateurs amphihalins.

Dans ce contexte, le Cemagref participe par exemple à la mise au point d'indices/outils biologiques d'estimation de l'état des hydrosystèmes. En domaine estuarien, ses compétences l'ont notamment conduit à élaborer, dans le cadre de la DCE, un protocole d'échantillonnage standardisé de l'ichtyofaune des masses d'eau de transition, afin d'en évaluer l'état écologique *via* un indicateur « poisson »²⁸. Plus généralement, l'équipe « Ecosystèmes estuariens » étudie *le fonctionnement des communautés de poissons et les facteurs structurant leur répartition et leur dynamique*, bénéficiant de *longues chroniques de données (30 ans) sur le système estuarien de la Gironde*, lequel est considéré comme « *estuaire de référence* » pour les approches pluridisciplinaires et intégrées.

Visant, entre autres, à préciser les liens entre les perturbations subies par les systèmes estuariens et les caractéristiques des assemblages piscicoles, les travaux et l'expérience du Cemagref, qui plus est tournés vers les autres estuaires atlantiques français (Loire et Seine), en font un acteur potentiellement très important en matière de propositions de méthodologies d'évaluation d'impact induits par une pollution accidentelle majeure.

Domaines / thématiques d'intérêt pour le présent projet :

Ichtyologie, écologie aquatique, génie piscicole, halieutique, modélisation, connaissance et fonctionnement des communautés de poissons des milieux estuariens ; structure, dynamique et restauration des populations de poissons migrateurs amphihalins à l'échelle des bassins versants ; biologie de la conservation des espèces et restauration des milieux.

- **Groupe ECOBAG : Environnement, écologie et économie du Bassin Adour Garonne**

Groupe Interrégional Eau et Développement Durable, ECOBAG a pour vocation de *favoriser l'innovation en appui aux politiques publiques de l'eau au sein des territoires du Bassin Adour-Garonne*²⁹, avec le soutien notamment des Régions Aquitaine et Midi-Pyrénées, de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et des services de l'Etat.

Ses champs d'actions couvrent les problématiques liées aux estuaires, en plus des zones humides, des zones urbaines, et de l'agriculture. Le groupe vise principalement à assurer le rôle d'interface entre les demandes sociétales et l'offre existante en matière de recherche (universités, instituts) et, via le développement d'outils d'aide à la décision, à

²⁷ <http://www.cemagref.fr/le-cemagref/organisation/les-centres/bordeaux/ur-epbx>

²⁸ Ces protocoles ont fait l'objet de travaux de normalisation en 2009-2010. La norme expérimentale devrait être disponible en cours du premier trimestre 2011.

²⁹ Pour des informations complémentaires, se référer au site <http://ecobag.adera.biz/>

favoriser la mise en place de politiques publiques en matière de gestion de l'eau dans un contexte de changements climatiques et d'évolution des usages.

Ces missions incluent (i) un projet de création et d'animation d'un réseau de laboratoires (établissements et organismes membres d'ECOBAG), (ii) la mise en œuvre, le suivi et la valorisation de programmes de recherche interdisciplinaires co-construits avec les porteurs de la demande sociétale, et (iii) *la préparation de groupes multidisciplinaires qui pourraient être activés dans l'objectif de réaliser une expertise collective interdisciplinaire sur des problèmes environnementaux.*

Domaines / thématiques d'intérêt pour le présent projet

Les estuaires et les zones humides, avec projet de développement d'un référentiel (fonctionnalités économiques, sociales et environnementales et création de « fiches produits ») ; le système « eau » (aide à la gestion intégrée), avec des « fiches techniques connaissances » sur les phytosanitaires et bio indicateurs, programme Concert'eau (Voir aussi <http://ecobag.adera.biz/fichiers/Concert'Eau/>)

- Divers – informations généralistes

Les structures mentionnées ci-dessous le sont du fait de leurs missions qui impliquent, à divers degrés, une mise en réseau d'acteurs ayant un intérêt en estuaire de Gironde (associations environnementales, fédérations de chasse ou de pêche, etc.). A ce titre, elles pourraient le cas échéant s'avérer des sources d'information complémentaires quant aux acteurs « estuariens » présents sur la Gironde et à leurs domaines de compétence respectifs.

- Conservatoire de l'estuaire de la Gironde (<http://estuairegironde.net/>)

Fondé en 1987, le Conservatoire de l'estuaire vise à faire connaître les richesses patrimoniales et culturelles de l'estuaire de la Gironde, via des actions d'information (guide, actes de colloques, revue trimestrielle, site Internet...) de sensibilisation du public, (expositions, animations, conférences...), de favorisation de rencontres afin de fédérer collectivités et associations autour de la problématique estuarienne. A ce titre, cette structure pourrait s'avérer une source d'information quant aux acteurs estuariens, et à leurs domaines de compétence respectifs, présents sur la Gironde.

- SMIDDEST : Syndicat Mixte pour le Développement Durable de l'Estuaire de la Gironde (<http://www.leader-estuaire-gironde.fr/>)

Le SMIDDEST a été créé en 2001 dans le cadre du programme européen LEADER (Liaison Entre Actions de Développement de l'Economie Rurale), sur l'initiative des conseils généraux de Gironde et de Charente-Maritime, qu'il réunit ainsi que les conseils régionaux d'Aquitaine et de Poitou-Charentes et la communauté urbaine de Bordeaux. Il a pour mission d'initier des réflexions et de coordonner les actions concernant la préservation, la valorisation et le développement durable de l'Estuaire de la Gironde.

Le SMIDDEST est actuellement porteur du programme LEADER 2007-2013 (4^{ème} du genre), qui prolonge ses actions antérieures de valorisation des ressources naturelles et culturelles, avec un objectif de soutien à des actions favorables à « la mise en tourisme », aux pratiques agricoles durables, mais aussi à la protection de l'estuaire de la Gironde³⁰. Dans ce contexte, un Groupe d'action local (GAL) Estuaire a été mis en place, pour coordonner un programme LEADER Estuaire dont le plan d'action comporte un volet « Préservation de l'estuaire pour les générations actuelles et futures ». A ce titre, le GAL Estuaire est intéressé à soutenir, sous condition de cohérence avec les objectifs prioritaires du SAGE Estuaire, *des études*

³⁰ Pour plus de détails se référer au site dédié <http://www.leader-estuaire-gironde.fr/>

scientifiques, de modélisation et d'inventaires, et des mises en œuvre de réseaux de mesures améliorant la connaissance de l'estuaire et de ses ressources floristiques et faunistiques. Dans le cadre de cette action par exemple, deux études ornithologiques ont été financées (« Suivi par *radio tracking* de la migration du *Phragmite aquatique* » ; « Suivi de la migration des passereaux paludicoles »), la maîtrise d'ouvrage en ayant été confiée à un organisme local à statut associatif.

7 – Les inventaires et les statuts de protection

Pour mémoire, et en plus des dispositifs de surveillance existants, il s'avère intéressant, en situation de pollution réelle, de disposer d'informations sur d'éventuelles sensibilités locales liées à un ou plusieurs statuts de protection particuliers (intérêt patrimonial au niveau national ou international).

En effet, certains secteurs estuariens recèlent des ressources biologiques pouvant faire l'objet de périmètres d'inventaire (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique -ZNIEFF, Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux -ZICO), de zones de Conservation (Sites d'intérêt communautaire -SIC ou Zones de protection spéciale –ZPS *Natura 2000*), ou de protections réglementaires par décrets ou arrêtés (Parcs Naturels Régionaux, Arrêtés préfectoraux de protection de biotope, Réserves de biosphère, terrains du Conservatoire du littoral, etc.). De fait, dans les trois estuaires pris en compte, une multiplicité de mesures réglementaires ou de protection est constatée (**tableau 14**), et il pourrait dès lors s'avérer utile d'identifier si, lors d'une pollution accidentelle, un site souillé et les composantes biologiques associées sont susceptibles de constituer l'objet d'un suivi prioritaire du fait d'un statut particulier.

	Loire	Seine	Gironde
Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)	X	X	X
Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)			
<i>Natura 2000</i> : SIC, Site d'Importance Communautaire	X	X	X
<i>Natura 2000</i> : ZPS, Zone de protection spéciale	X	X	X
Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB)	X	X	X
Réserves de biosphère			
Terrains du Conservatoire du littoral	X	X	X
Parcs nationaux			
Parcs Naturels Régionaux	X	X	
Sites Ramsar	X		
Réserves Biologiques de l'ONF		X	
Réserves biogénétiques du Conseil de l'Europe	X		
Réserves naturelles	X	X	X
Réserves Naturelles Volontaires		X	
Réserves Nationales de Chasse et Faune Sauvage			

Tableau 14 : Types de protections, réglementations ou mesures d'inventaire.

A toutes fins utiles nous mentionnerons ici le site institutionnel de l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) (Muséum national d'histoire naturelle), qui décrit les mesures d'inventaires et de protection du patrimoine naturel en France (<http://inpn.mnhn.fr/isb/accueil/index>). Géré par le Service du patrimoine naturel (SPN) du

Muséum national d'Histoire Naturelle (MNHN), il permet une rapide consultation quant à l'existence et aux types des statuts éventuels ainsi qu'aux données associées (**Figures 4 et 5** ; noter que, régulièrement actualisées, ces pages sont indiquées en guise d'illustration).

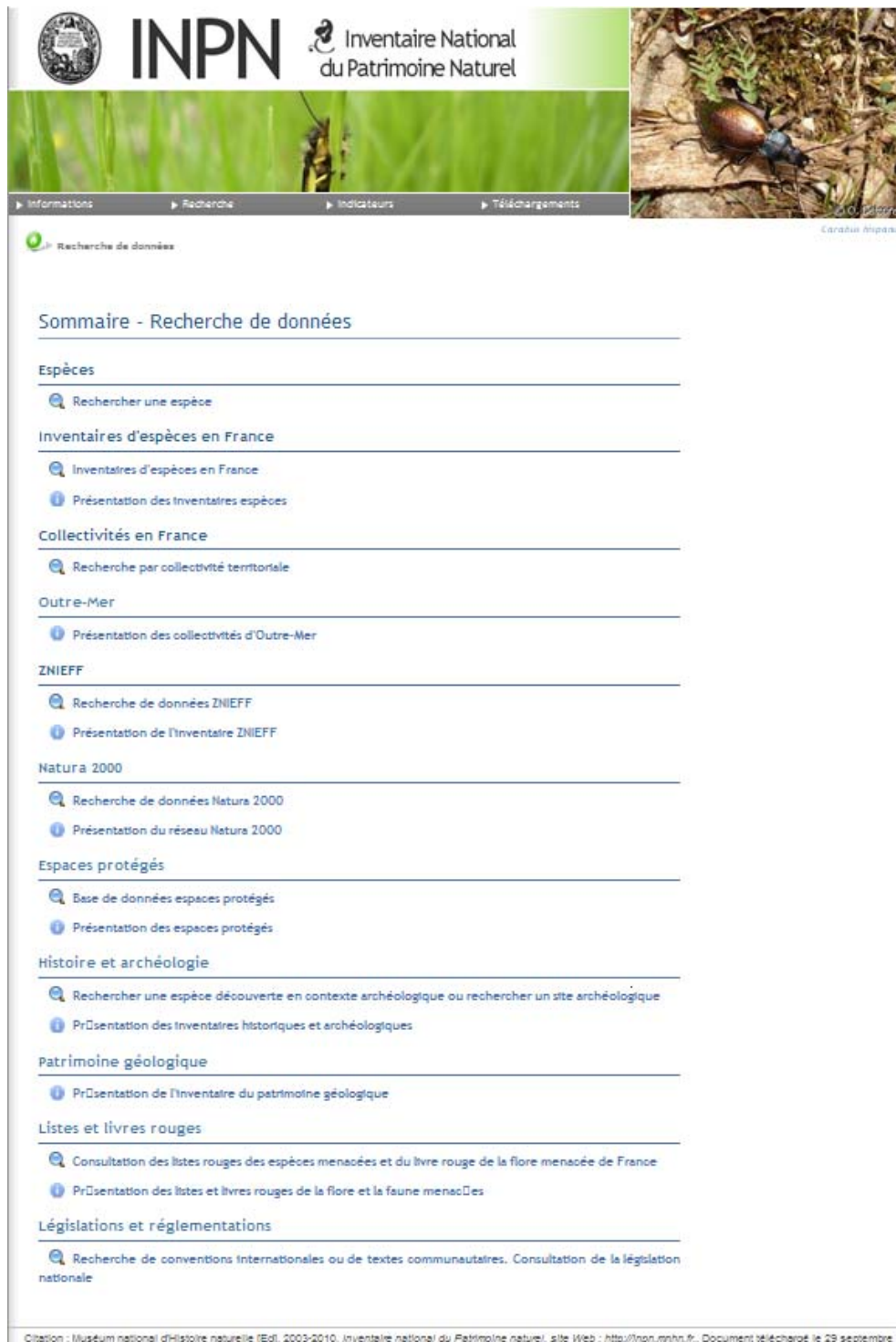


Figure 4 : Consultation, par thème, des données centralisées sur le site de l'INPN (Source : capture d'écran sur le site institutionnel <http://inpn.mnhn.fr/isb/accueil/index>)



Figure 5 : Accès à la cartographie thématique des types de protection sur le territoire métropolitain : exemples de visualisation (i) des zones spéciales de conservation (ZSC *Natura2000*) entre l'estuaire externe de la Loire et Nantes (à gauche), (ii) des zones de protection spéciale (ZPS *Natura2000*) en zoomant sur secteur Donges - Couëron (à droite) (Source : capture d'écran sur le site institutionnel <http://inpn.mnhn.fr/isb/accueil/index>).

Liste des espèces protégées recensées postérieurement à 1950 dans la commune : Donges (Loire-Atlantique)

Directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages

Annexe I

Nom valide	Nom vernaculaire
<i>Acrocephalus paludicola</i> (Vieillot, 1817)	Phragmite aquatique
<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	Martin-pêcheur d'Europe
<i>Charadrius alexandrinus</i> Linnaeus, 1758	Gravelot à collier interrompu, Gravelot de Kent
<i>Chlidonias niger</i> (Linnaeus, 1758)	Guifette noire
<i>Ciconia ciconia</i> (Linnaeus, 1758)	Cigogne blanche
<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)	Busard cendré
<i>Himantopus himantopus</i> (Linnaeus, 1758)	Chasse blanche
<i>Lanius collurio</i> Linnaeus, 1758	Pie-grièche corcheur
<i>Luscinia svecica</i> (Linnaeus, 1758)	Gorgebleue miroir
<i>Luscinia svecica cyanecula</i> (Wolf, 1810)	
<i>Luscinia svecica namnetum</i> Mayaud, 1934	
<i>Porzana porzana</i> (Linnaeus, 1766)	Marouette ponctuée
<i>Porzana pusilla</i> (Pallas, 1776)	Marouette de Baillon
<i>Sylvia undata</i> (Boddaert, 1783)	Fauvette pitchou

Annexe II/1

Nom valide	Nom vernaculaire
<i>Anas crecca</i> Linnaeus, 1758	Sarcelle d'hiver
<i>Anas platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758	Canard colvert

Figure 6 : Inventaire d'espèces (protégées, menacées, etc.) ou d'espaces, à divers niveaux de l'organisation territoriale (Commune, Département, Région, Outre-Mer) ; exemple : extraction des espèces protégées sur la commune de Donges (44) (Source : capture d'écran sur le site institutionnel <http://inpn.mnhn.fr/isb/accueil/index>).

Enfin, en fonction des espèces sélectionnées dans le moteur de recherche, des informations sont disponibles en ligne quant à leur répartition, aux fournisseurs des données scientifiques afférentes ainsi qu'à leurs dates/périodes d'acquisition, à leur ancienneté ou à leur mise à jour.

8 – Constat préliminaire : une situation contrastée

Au sortir du recensement des réseaux existant localement, il apparaît que les données scientifiques sont relativement nombreuses sur les différents estuaires considérés. Quelques constats peuvent être effectués en première analyse :

- La plupart des composantes généralement ciblées lors d'estimation d'impacts d'une pollution majeure par hydrocarbures font effectivement l'objet d'un ou de plusieurs suivis en routine en estuaire (ex : benthos, ichtyofaune, avifaune) ;
- la diversité des finalités (ex : gestion, études d'impacts, observation à long terme) n'est pas –logiquement- sans causer une hétérogénéité certaine, en termes de méthodes et d'approches des composantes du milieu considéré (fréquence d'échantillonnage, caractère ponctuel des données, etc.) ;
- En règle générale, les données disponibles ne couvrent pas l'intégralité des domaines estuariens, de l'amont au domaine marin : elles sont ciblées sur des secteurs circonscrits, adaptés aux problématiques en jeu et clairement identifiés par les fournisseurs/détenteurs de données. Les justifications en sont multiples, s'agissant par exemple de la distribution des organismes visés souvent préférentielle le long du gradient estuarien, ou encore de la focalisation sur un site d'intérêt particulier et faisant éventuellement l'objet d'actions d'évaluation ou de gestion ;
- On retiendra également une forte diversité du point de vue de l'actualisation de l'information disponible : depuis les études ponctuelles aux suivis à proprement parler, les fréquences d'échantillonnage varient considérablement en fonction des problématiques et besoins auxquels ils répondent (et probablement de la logistique et des financements disponibles). Dans les étapes ultérieures de ce projet, il conviendra de mener, en fonction des composantes d'intérêt (ex : benthos, plancton, faune supérieure...) et de leur variabilité naturelle, une réflexion sur l'adéquation entre les fréquences d'échantillonnage des suivis existants par rapport à celles souhaitables dans un contexte d'estimation d'impact d'une pollution accidentelle.

En conclusion, et à ce stade, un grand nombre et une grande variété de données existent dans les divers estuaires couverts par l'étude, données dont certaines sont manifestement actualisées et dont il conviendra d'évaluer, aux cours des réflexions menées ultérieurement (Cf. § 10), l'apport éventuel -ou les ajustements idéaux- dans un contexte d'estimation et de suivis d'impact liés à une pollution accidentelle.

9 – Elaboration d'un réseau d'experts-référents

Le présent projet s'appuie sur un réseau de scientifiques et de gestionnaires issus d'organismes de recherche (laboratoires universitaires, Ifremer, etc.) et des structures chargées de la mise en place d'un programme de suivi en cas de pollution (DREAL ex-DIREN) ou ayant une compétence estuarienne reconnue en tant que gestionnaire/pourvoyeur de données (Groupements d'intérêt public) ou conseiller scientifique (Conseil scientifique d'estuaire).

L'implication de ce réseau, que le *Cedre* animera, se fera sous la forme d'une concertation régulière de type réunions et échanges de textes que le *Cedre* initiera à partir de documents martyrs, issus d'études en cours ou préalables (notamment celle des *Protocoles de suivi de l'impact écologique d'une marée noire*). Le présent rapport constitue un premier document destiné à l'animation du réseau.

Le réseau a été défini de façon à disposer d'un panel d'experts suffisamment large pour prendre en compte (i) les différentes composantes, faunistiques et floristiques de l'environnement estuarien et (ii) les diverses approches possibles, écologique et biologique (ex : écotoxicologie/bio marqueurs), tout en recherchant leurs complémentarités.

A ces fins, diverses sollicitations ont été lancées par le *Cedre* auprès d'experts scientifiques reconnus dans leurs spécialités respectives, en correspondance avec les composantes de l'environnement pressenties dans le cadre du projet, et dont les connaissances et expérience nous sont par conséquent apparues pertinentes dans le cadre des discussions et échanges attendus.

A ce jour, les personnalités, scientifiques ou représentants de structures à compétence « estuarienne » ayant répondu favorablement à nos contacts et intégrées dans le réseau d'experts-référents sont les suivantes :

- Représentants des partenaires associés au projet

M. Bernard Prud'Homme, Directeur du GIP Loire Estuaire, Nantes ; Membre du Conseil scientifique de l'Estuaire de la Loire.

M. Jean-Luc Girard, Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) des Pays de la Loire (Nantes).

Mme Nadia Djemel, Ingénieur Raffinage Marketing/Hygiène Sécurité Environnement, S.A. TOTAL.

- Ecologie benthique

M. Nicolas Desroy, CRESCO – IFREMER, Laboratoires Environnement Littoral & Ressources Aquacoles Finistère - Bretagne Nord, Station de Dinard.

M. Jacques Grall, Observatoire du Domaine Côtier, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale (Brest-Plouzané) ; Membre du Conseil scientifique de l'Estuaire de la Loire.

M. Guy Bachelet, Station Marine d'Arcachon, UMR 5805 EPOC CNRS - Université Bordeaux 1 (Arcachon).

M. Jean-Paul Ducrotoy, Reading Professor Emeritus HDR, Institute of Estuarine and Coastal Studies, The University of Hull (Royaume-Uni) ; Membre du Comité scientifique du GIP Seine Aval.

M. Laurent Guérin, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), CRESCO – IFREMER, Chargé de mission DCSMM / Définition du Bon état écologique pour les descripteurs 1 et 2.

- Ichtyofaune

M. Mario Lepage, Unité Ecosystèmes Estuariens et Poissons Migrateurs Amphihalins, Cemagref Groupement de Bordeaux (Bordeaux).

- Eco toxicologie des organismes aquatiques

Mme. Hélène Budzinski et **Mme Marie Hélène Devier**, Institut des Sciences Moléculaires (ISM) - UMR 5255 CNRS, Laboratoire de Physico- et Toxicochimie de l'environnement (LPTC), Université Bordeaux 1 (Bordeaux).

Mme. Françoise Quiniou, Ex-Direction de l'Environnement Littoral, Ifremer Brest.

M. Gilles Bocquené, Cellule d'Analyse des Risques Chimiques (ARC) en milieu marin, Ifremer Nantes.

M. Jean-Claude Amiard, Université de Nantes, MMS (Mer, Molécules, Santé), EA2160 Service d'Eco toxicologie (Nantes).

M. Jérôme Cachot, Institut des Sciences Moléculaires (ISM) - UMR 5255 CNRS, Laboratoire de Physico- et Toxicochimie de l'environnement (LPTC), Université Bordeaux 1 (Bordeaux)

- Flore

M. Claude Figureau, Jardin botanique (Jardin des plantes) de Nantes.

M. Frédéric Bioret, Université de Bretagne Occidentale, Institut de Géoarchitecture (Brest) ; Membre du Conseil scientifique de l'Estuaire de la Loire.

- Avifaune

M. Guillaume Gélinaud, Réserve Naturelle des Marais de Séné Bretagne Vivante/SEPNB (Séné).

M. Pierre Yésou, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (Nantes) ; Membre du Conseil scientifique de l'Estuaire de la Loire.

Il s'agit là d'un premier cercle de référents, d'autres experts pourront évidemment être ponctuellement associés aux réflexions sur des questions particulières qui, le cas échéant, émergeraient au cours des phases ultérieures du projet.

10 – Perspectives / actions à venir

1. Les prochaines actions du projet IMPOLEST porteront en premier lieu sur la poursuite de l'inventaire et l'analyse bibliographique des protocoles mis en œuvre dans le cadre des programmes de suivi décidés suite à divers cas de marées noires majeures (i.e. poursuite de la Tâche 1).

Cette action est actuellement en cours, et a permis d'ores et déjà de constater le peu de diffusion de retours d'expérience en la matière dans des contextes estuariens. Ceci étant, la prise en compte étendue à l'environnement littoral des approches et protocoles devrait permettre de fournir, dans le prochain état d'avancement, des éléments quant à :

- la hiérarchisation des suivis à entreprendre en priorité, en fonction de grandes caractéristiques des diverses composantes (exposition aux hydrocarbures, sensibilité connue au polluant, identification de cibles à potentiel indicateur) ;
- l'identification d'approches et de méthodes récurrentes.

2. Dans un deuxième temps, les résultats de cette analyse fourniront la base des discussions et échanges entre le Cedre et les membres du réseau d'experts scientifiques, afin d'en dégager et de valider des préconisations adaptées au contexte estuarien, soit en confortant des méthodologies déjà appliquées et ayant fait leurs preuves en cas concret de pollution accidentelle, soit en suggérant des outils/méthodes existant par ailleurs dans le cadre de séries à long terme (ex : des réseaux identifiés en estuaire, ou de réseaux de surveillance nationaux) ou émergentes dans le cadre de dispositifs réglementaires en cours ou à venir (ex : indicateurs du bon état écologique des eaux de transition de la Directive Cadre sur l'Eau) (i.e. engagement d'actions relatives aux Tâches 3-5).

G L O S S A I R E

- AEAG** : Agence de l'Eau Adour Garonne
- AELB** : Agence de l'Eau Loire-Bretagne
- AESN** : Agence de l'Eau Seine-Normandie
- AMBI** : *AZTI Marine Biotic Index*
- ARC** : Cellule d'Analyse des Risques Chimiques – Ifremer Nantes
- BOPA** : Benthic Opportunistic Polychaetes Amphipods index
- CBNB** : Conservatoire Botanique National de Brest
- CBNBP** : Conservatoire Botanique National Bassin Parisien
- CBNBI** : Conservatoire Botanique National de Bailleul
- CMB** : Cellule de Mesures et de Bilans (Loire Estuaire)
- CORELA** : Conservatoire Regional des Rives de la Loire et de ses Affluents
- CRBPO** : Centre de Recherches par le Bagueage des Populations d'Oiseaux
- CSLN** : Cellule de Suivi du Littoral Normand
- DCE** : Directive Cadre sur l'Eau
- DCSMM** : Directive Cadre sur le Milieu Marin
- DREAL** : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
- DROZHERA** : Données Répertoriées pour un Observatoire des Zones Humides, de leur Environnement et des Réseaux Aquatiques
- IEEB** : Institut Européen de l'Environnement de Bordeaux
- ECOBAG** : Environnement, écologie et économie du Bassin Adour Garonne
- EPOC/CNRS** : laboratoire Environnements et Paléo-environnements Océaniques et Continentaux/ Centre National de la Recherche Scientifique
- EPIDOR** : Etablissement Public Territorial du Bassin de la Dordogne
- GAL** : Groupe d'Action Local (Estuaire)
- GMN** : Granulats Marins de Normandie
- GPMB** : Grand Port maritime de Bordeaux
- GPMSN** : Grand Port Maritime Nantes-St.Nazaire
- GPMP** : Grand Port maritime de Rouen
- HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques
- INPN** : Inventaire national du patrimoine naturel
- IBD** : Indice Biologique Diatomique
- IBGA** : Indice Biologique Global Adapté (aux grands cours d'eau et aux rivières profondes)
- ISM** : Institut des Sciences Moléculaires (Université de Bordeaux 1)
- IQBP** : indice de qualité biologique potentielle
- LEADER** : Liaison Entre Actions de Développement de l'Economie Rurale
- LPO** : Ligue de Protection des Oiseaux
- LPTC** : Laboratoire de Physico- et Toxic-Chimie de l'environnement (de l'Université de Bordeaux 1)
- MABES** : MAcrobenthos Baie et Estuaire de Seine (base du GIP Seine Aval)
- MAGEST** : MArel Gironde ESTuaire (réseau d'observation automatisé pour la surveillance de la qualité des eaux)
- MAREL** : systèmes de Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement et le Littoral (développés par IFREMER)
- MEEDDAT** : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire (ex : MEDDTL)
- MEEDDM** : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (ex : MEDDTL)
- MEDDTL** : Ministère de l'Écologie, du Développement durable, du Transport et du Logement
- MIMEL** : Mission Inter-services de la Mer et du Littoral
- MMS** : Mer, Molécules, Santé (Laboratoire d'Eco toxicologie Université de Nantes)
- OASU** : Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers
- ONCFS** : Office national de la chasse et de la faune sauvage
- PCB** : polychlorobiphényles
- PNRBSN** : Parc naturel régional des boucles de la Seine Normande
- REBENT** : REseau BENThique
- REPOM** : Réseau National de Surveillance des Ports Maritimes (REPOM)
- RNB** : Réseau National de Bassin
- RNO** : Réseau National d'Observation
- SIC** : Sites d'Intérêt Communautaire
- SAGE** : Schéma d'Aménagement et des Gestion des Eaux
- SMEAG** : Syndicat mixte études-aménagement Garonne
- SMIDDEST** : Syndicat mixte pour le développement durable de l'estuaire (de la Gironde)
- SMN/CQE** : Service maritime et de navigation de Nantes /Cellule qualité des eaux
- SPN** : Service du patrimoine naturel
- ZICO** : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux
- ZNIEFF** : Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique
- ZPS** : Zones de Protection Spéciale
- ZSC** : Zones spéciales de conservation