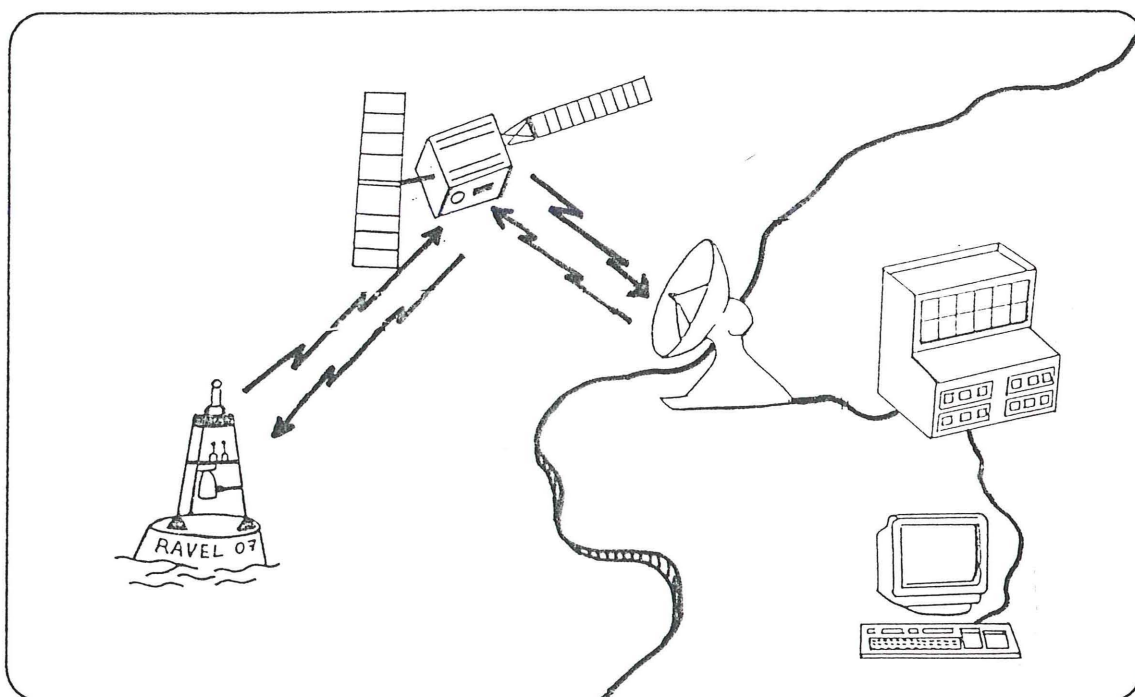


UN PROJET DE RESEAU INSTRUMENTE POUR LA
SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT LITTORAL

J.P. BERTHOME



R.INT. DEL/91.01 - SMN

IFREMER

Adresse :

B.P. 1049
44037 NANTES CEDEX 01

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMENAGEMENT LITTORAL

SERVICE QUALITE DU MILIEU

STATION LABORATOIRE Surveillance Milieu Nantes

AUTEUR (S) : J.P. BERTHOME		CODE : N° 91.01 - SMN
TITRE UN PROJET DE RESEAU INSTRUMENTE POUR LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT LITTORAL		date : 10 Avril 1991
		tirage nb : 50 Nb pages : 19 Nb figures : Nb photos :
CONTRAT (intitulé) N° _____		DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

RÉSUMÉ

Le projet de développement d'un réseau instrumenté de surveillance de l'environnement littoral correspond à une nécessité d'observations, sur de longues séries temporelles, et de mesures à des fréquences élevées.

Il est le résultat d'une analyse des besoins des différents types d'utilisations.

Il est l'occasion de coopération entre des scientifiques et des industriels pour développer un réseau de stations instrumentées multiparamètres transmettant les données par satellite vers une station de traitement des données et de diffusion de celles-ci par réseau informatisé.

mots-clés : Surveillance - Capteur - Bouée

key words : Monitoring - Sensor - Buoy

© IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer 1991



SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I - CONCEPTION GENERALE DU SYSTEME	4
1.1. - Les paramètres mesures	5
<i>1.1.1 - Paramètres hydrologiques</i>	5
<i>1.1.2. - Autres paramètres</i>	6
1.2. - Transmission des données	6
1.3. - Gestion des données	7
II - SYSTEME MODULAIRE EN FONCTION DES UTILISATEURS	8
2.1. - Objectif environnemental	8
2.2. - Objectif alerte	8
2.3. - Objectif "études"	9
2.4. - Objectif surveillance individuelle	9
III - RELATIONS AVEC LES RESEAUX EXISTANTS	10
3.1. - RNO (Réseau National d'Observation)	10
3.2. - REPHY (Réseau de surveillance phytoplanctonique)	11
3.3. - REMI (Réseau de surveillance microbiologique)	12
3.4. - Complémentarité et substitution	14
IV - RECHERCHES ASSOCIEES ET OUVERTURE EUROPEENE	15
CONCLUSION	16

INTRODUCTION

La prise de conscience des problèmes d'environnement s'est largement développée tant au niveau français qu'au niveau européen. Tous les secteurs sont concernés et notamment celui de l'environnement littoral.

L' intérêt croissant des collectivités nationales pour ce type de problèmes a conduit les instances gouvernementales, européennes et internationales à prendre des initiatives dans le domaine de la recherche et de la protection de l'environnement.

A titre d'exemple, le plan national pour l'environnement du Ministre Brice Lalonde propose comme axe de recherche : "Systèmes avancés de détection des transformations de l'environnement en France et dans les DOM-TOM. Développement d'outils d'observation : télédétection, instrumentation, capteurs, réseaux, stations écologiques, banques de données... Participation aux observatoires européens ou mondiaux".

Il convient aussi de rappeler la création de l'Institut Français de l'Environnement.

Au niveau européen, la mise en place d'une agence européenne de l'environnement confirme cette volonté de surveillance des paramètres indicateurs de qualité des eaux (continentales ou marines), de l'air, etc...

Le besoin scientifique de longues séries temporelles se confirme de jour en jour, que ce soit pour pouvoir apprécier les niveaux, les tendances, et les cycles naturels pluriannuels. L'évolution technologique permet maintenant d'envisager des systèmes automatisés autonomes, qui pourront assurer une bonne précision de la mesure. Le programme national d'océanographie côtière note qu'il est donc urgent de développer simultanément des bouées et des modules benthiques, munis de plusieurs instruments (capteurs, échantillonneurs, caméras, etc...) permettant l'approche multiparamètres nécessaire à une interprétation. Les stations sont comprises ici comme des lignes instrumentées munies d'une bouée de transmission de surface. On doit donc développer une structure (ligne et bouée, pylône), un système de transmission des données, et dans certains cas un système assurant l'échantillonnage de toute la colonne d'eau.

La possibilité d'obtention de données fiables, soit en continu, soit par "salves à fréquence variable", sur des paramètres physico-chimiques simples serait un atout essentiel pour une meilleure compréhension des écosystèmes. Les coûts de fonctionnement rapportés à la quantité d'information saisies seront considérablement réduits par rapport aux systèmes actuels (déplacement, frais de

personnels, etc...) même si les investissements restent élevés en raison de la relative nouveauté de ces technologies et des développements qui restent à faire.

Il convient de remarquer que les réseaux de surveillance automatique sont beaucoup moins développés dans le domaine marin que pour la surveillance des pollutions atmosphériques.

I - CONCEPTION GENERALE DU SYSTEME

Au delà de la prise de données par des capteurs, les progrès réalisés dans la transmission satellitaire ainsi que dans l'informatique pour l'archivage, le traitement et la mise à disposition des résultats ont conduit à la conception d'un schéma type de surveillance du milieu marin :

Capteurs multiparamètres (sur bouées) --> transmission des données par satellite --> station de réception, archivage, traitement, validation --> mise à disposition des données par réseaux informatisés.

Nous reprendrons dans les spécifications du système, une vision "utilisateurs". Il s'agit donc d'une définition des besoins tels qu'ils ont été discutés lors de différentes réunions du groupe de projet auxquelles ont été invités des utilisateurs extérieurs tels que le STNMTE (Service Technique de la Navigation Maritime et des Transmissions de l'Équipement) ou la Météorologie Nationale. Cependant, les spécifications des capteurs et notamment les types de paramètres mesurés tiennent compte des possibilités techniques actuelles ou disponibles dans un futur proche.

L'environnement littoral correspond à des zones de caractéristiques particulières à fortes contraintes ce qui conduit à définir certaines spécificités pour ce type de réseau :

- besoin de prise de mesures sur toute la colonne d'eau, y compris près du fond.
- zones de fort marnage sur des fonds de faible profondeur en Atlantique.
- nécessité de prise de mesure dans la zone de balancement des marées, avec des périodes "à sec" et de forts courants
- contraintes particulières de la Méditerranée
- forte turbidité des secteurs estuariens ou conchylicoles
- nécessité de transmission d'ordres vers les stations
- localisation dans le cas de bouées dérivantes

1.1 – Les paramètres mesures

1.1.1. – Paramètres hydrologiques

Les premières réflexions ont porté sur les paramètres hydrologiques (cf. annexe 1). Les spécifications des besoins ont été définies pour les paramètres essentiels, sachant que pour une bonne partie d'entre eux, il n'y a pas de capteur actuellement disponible sur le marché. Sauf précision contraire, les caractéristiques sont données pour un système devant effectuer des mesures en autonomie complète pendant 1 à 2 mois (minimum). Selon que l'on envisage une utilisation en Atlantique ou en Méditerranée, le fond peut signifier une profondeur de - 20 m à - 100 m.

Pour chaque paramètre, la gamme de mesure, la précision, le temps de réponse, la localisation et la fréquence de mesure correspondent aux besoins des utilisateurs. Ces caractéristiques pourront être discutées à nouveau lors de l'établissement du cahier des charges définitif en fonction des possibilités techniques existantes ou à développer.

Il apparaît que des capteurs sont actuellement disponibles pour les mesures de température, salinité, conductivité, pH, oxygène, sulfures et l'on peut raisonnablement penser que la mesure de l'éclairement ou de la turbidité par néphélométrie puisse assez rapidement se développer.

Cependant, il convient de rappeler que ces capteurs devront être efficaces pendant de longues périodes, ce qui soulève le problème particulièrement crucial des biosalissures (fouling).

Les autres paramètres indicateurs de la qualité générale des eaux, tels que chlorophylle et phéopigments, ammoniac, nitrites, nitrates ont été listés bien que des systèmes simples de mesures *in situ* ne soient pas actuellement disponibles. Il n'a pas été exclu que ces paramètres puissent faire l'objet d'une recherche particulière, telle la miniaturisation d'appareil de laboratoire pour dosage *in situ*.

Par contre, à l'exception de détecteur d'hydrocarbures sur des sites particuliers, la recherche de métaux lourds ou de composés organiques dans l'eau n'a pas été retenue. En effet, les très faibles niveaux de concentrations de ces éléments et la variabilité de celle-ci ont conduit les responsables du RNO (réseau national d'observation) à effectuer les analyses sur des mollusques filtreurs, qui, en concentrant ces produits dans leur chair, constituent des "intégrateurs" et permettent une bonne évaluation des niveaux et des tendances. Des solutions techniques à court terme paraissent peu réalistes dans ce cas.

1.1.2. – Autres paramètres

Le STNMTE a un projet d'extension d'un réseau de cinq bouées de mesure de houle situées à une dizaine de kilomètres de la côte.

Le but de ce développement est de valider les modèles mathématiques notamment sur les évolutions à long terme de la houle directionnelle.

L'intérêt de l'acquisition de données sur la houle, mais également sur les courants (vitesse, direction) a été montré.

De plus, le STNMTE pourrait être le partenaire, dans la phase d'exploitation du réseau, pour l'installation et la maintenance.

D'autre part, il apparaît que des paramètres de type météorologiques pourraient faire l'objet de mesures dans la zone littorale que ce soit sur bouées fixes ou dérivantes. Ce sont la pression atmosphérique, le vent (vitesse et direction), la température d'air, l'humidité, éventuellement l'ensoleillement et la visibilité. La Météorologie Nationale a manifesté son intérêt pour un réseau de mesures en "temps réel" complémentaires des informations déjà disponibles à partir des stations terrestres littorales.

1.2. – Transmission des données

Il est apparu que la transmission par satellite était celle qui correspondait le mieux aux besoins du système notamment en raison de la nécessité d'une seule station de réception contrairement aux transmissions hertziennes et aux possibilités de positionnement des bouées. Ceci n'exclu pas la possibilité d'autres formes de transmissions (cables, acoustique etc...).

La fréquence de transmission des données peut être différente de celle d'acquisition de la mesure. Une fréquence de transmission journalière apparaît comme la mieux adaptée à la prise de mesure en phase de routine. Par contre, en cas d'alerte, déclenchée par le dépassement d'un seuil critique prédéterminé pour chaque paramètre observé, une augmentation de la fréquence de transmission devient nécessaire. Elle correspond alors à du temps "quasi réel", chaque prise de mesure faisant aussitôt l'objet d'une transmission.

L'intérêt d'un système de transmission bidirectionnel réside dans le fait qu'il permet une intervention en cas d'événement soudain. L'observation du dépassement d'un seuil d'alerte induit la nécessité de faire varier à distance la fréquence de prise de mesure ou de transmission de même que la

mise en service d'autres capteurs. Ceci peut également être utile pour déclencher des tests de validation. L'absence de système bidirectionnel obligerait à développer une automatisation très perfectionnée des bouées et une gestion pré-programmée des différents types de situation envisageables, ce qui paraît difficile.

1.3. – Gestion des données

Il semble nécessaire de distinguer la réception sur un site central de toutes les données acquises et la gestion centralisée de celles-ci. En effet, dans le premier cas, les données sont archivées sur un site physique unique (un ordinateur central) alors que dans le second cas, c'est le traitement des données qui est réalisé par une personne ou par un groupe de personnes ayant une activité nationale.

En d'autres termes, une base de données unique n'est pas incompatible avec une gestion régionale des données. Dans ce cas, il est impératif de développer des méthodes standard de validation scientifique de celles-ci.

Différents types de consultations des données de la base sont envisageables. Il apparaît nécessaire que la consultation des données brutes soit possible, notamment en phase d'alerte, par les utilisateurs qui peuvent en avoir besoin pour formuler un avis ou pour prendre une décision. La consultation doit ainsi être possible en temps réel. De même cette consultation est indispensable pour les gestionnaires des données de routine.

En phase de surveillance, comme en phase d'alerte, un certain nombre de données "prétraitées" doivent pouvoir être mises à disposition d'interlocuteurs "non scientifiques" : aquaculteurs, décideurs, médias, grand public, etc... Des formes de consultations "type" seront alors à définir, par exemple : mini, maxi, moyenne journalière par point et par tranche de date, comparaison à des amplitudes de valeurs préalablement définies (normes, tendances), etc...

Tout ceci nécessite une validation préalable des données, afin que leur présentation ne fasse l'objet d'interprétations erronées.

Enfin des traitements en temps différé doivent être possible par extraction sélective de la base et rapatriement de fichiers pour traitement en mode local. Ces traitements pourront être réalisés pour élaborer des synthèses régionales ou nationales aussi bien que dans le cas d'études en vue d'une meilleure connaissance des écosystèmes.

II – SYSTEME MODULAIRE EN FONCTION DES UTILISATEURS

Tout système de surveillance doit être développé en fonction des objectifs que l'on doit définir au préalable. L'architecture générale du réseau doit pouvoir évoluer dans le temps, notamment par intégration de techniques nouvelles mais également en fonction d'objectifs nouveaux qui pourraient être assignés. Le type d'objectif entraîne des spécifications particulières en termes de paramètre, de positionnement de bouée, de fréquence de mesure et de transmission, du niveau de traitement de l'information avant la diffusion, ou tout simplement de niveau d'accès à la base.

2.1. Objectif environnemental

Il s'agit là de l'observation de niveaux et de tendances à moyen et long terme pour les paramètres choisis. Il y a donc nécessité d'un réseau permanent d'observation de tous les bassins hydrologiques qui ont été définis le long du littoral. Le nombre de stations instrumentées (bouées ou pylônes) serait à terme de l'ordre de 100. Le traitement des données en temps différé ou même en temps quasi réel, réalisé soit au niveau régional, soit au niveau national semble du ressort de grands organismes publics ou des services extérieurs de l'état. La diffusion "grand public" des données après traitement reste souhaitable.

2.2. Objectif alerte

Il faut entendre par là toute variation du milieu qui peut entraîner des conséquences néfastes sur celui-ci. Il y a un aspect protection des cheptels en élevage (aquaculture etc...) mais également de l'ensemble de la flore et de la faune. De même, l'objectif alerte peut conduire à une meilleure protection de la santé publique.

Si certains paramètres peuvent avoir une action directe comme par exemple des mortalités de poissons dues à une anoxie, dans la plupart des cas, ils ont un rôle d'indicateur de premier ou second niveau. A titre d'exemple, une dessalure des eaux due à des crues pourra indiquer un apport supplémentaire de matière organique et donc un risque d'eutrophisation dans une zone semi-fermée. De même, cet apport d'eau pourra indiquer un risque de contamination bactériologique et induire une surveillance renforcée des zones d'élevage ou des gisements naturels coquilliers du secteur.

Un réseau plus dense de bouées dans les zones sensibles pourra s'avérer nécessaire. On peut également envisager l'utilisation de bouées dérivantes afin de mieux suivre certains phénomènes ou même d'autres types de supports mobiles, éventuellement sous-

marins. Le déclenchement de l'alerte peut être provoqué par le dépassement d'un seuil fixé et entraîner une augmentation de la fréquence d'observation et de transmission, etc...

Il y a nécessité d'un traitement des données en temps réel au niveau local, notamment en raison de décision à prendre : transfert de cages à poissons, déclenchement de prélèvements et analyses manuelles sur des coquillages, etc... Une utilisation nationale des données en temps différé ne doit pas être écartée bien que l'apport complémentaire de celles-ci risque d'être faible par rapport aux données de la surveillance environnementale.

Les cellules "qualité des eaux" des services de l'Équipement principalement chargées de la recherche des sources de pollution, les agences de bassin de les ports autonomes pourraient constituer des groupes d'utilisateurs par rapport à ce type d'objectif.

2.3. Objectif "études"

Les caractéristiques de cet objectif sont d'une part la durée limitée de la prise de mesure (de quelques semaines à quelques mois voire un an), la surface relativement réduite des zones à étudier (une baie, un estuaire, une lagune, etc...) et le nombre de bouées nécessaires (de quelques unités à une dizaine). La location de ces bouées serait d'ailleurs envisageable.

Outre les capteurs disponibles, des capteurs prototypes pourraient être ajoutés à la configuration de base. Suivant le type d'étude, la fréquence de mesure et de transmission pourra être extrêmement variable, et non obligatoirement préprogrammée. Le traitement des données, réalisé uniquement localement se fera soit en temps réel, soit en temps différé. L'utilisation de bouées dérivantes doit être possible avec une localisation précise.

Les utilisateurs pourront être aussi bien des laboratoires de recherche publics ou privés, des bureaux d'études ou des collectivités locales.

2.4. – Objectif surveillance individuelle

Cette surveillance s'adresse aux individus ou petites entreprises aquacoles, stations de purification de coquillages, etc... qui au delà de l'utilisation de données nationales, peuvent souhaiter effectuer des mesures de contrôle dans leurs exploitations.

Les paramètres mesurés sont généralement simples (température, salinité, oxygène dissous, ...). Il peut être envisagé des appareils fixes ou portables de faible coût. Pour les systèmes fixes, les contraintes de poids ou de source d'énergie sont moins fortes. La connexion avec un réseau national doit être possible même si elle n'apparaît pas indispensable.

III – RELATIONS AVEC LES RESEAUX EXISTANTS

Trois réseaux sont actuellement gérés par IFREMER

3.1. – RNO (Réseau National d'Observation)

Géré au Centre IFREMER de Brest pour le compte du Ministère de l'Environnement qui le finance, le RNO a été mis en place en 1974 pour les observations sur l'eau et en 1978 pour les observations sur la matière vivante et les sédiments.

C'est l'objectif environnemental "niveaux et tendances" qui a dans un premier temps motivé la mise en place du RNO, sur les zones où la surveillance de la contamination diffuse relève d'une action nationale.

Surveillance des paramètres généraux de qualité

Cette surveillance ne porte que sur les masses d'eaux. Les paramètres de base sont la température, la salinité, les sels nutritifs, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, la chlorophylle et les phéopigments. Sur certains sites, l'oxygène dissous et les silicates sont aussi mesurés.

Ce type de surveillance ne se fait que sur onze sites. En Manche-Atlantique, cette surveillance ne comporte en général que deux à cinq campagnes par an et uniquement en périodes hivernale et estivale, et le plan d'échantillonnage s'attache à décrire au mieux l'ensemble de la masse d'eau par des prélèvements répartis sur toute la gamme de salinité. En Méditerranée, des campagnes un peu plus nombreuses (six à douze par an) portent sur un nombre limité de stations fixes.

Surveillance des polluants

Compte-tenu de la difficulté et du coût des analyses de très faibles concentrations dans l'eau, cette surveillance porte en priorité sur la matière vivante, essentiellement moule et huître. Les polluants suivants sont systématiquement recherchés : mercure (Hg),

cadmium (Cd), plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu), polychlorobiphényles (PCB), DDT, DDD, DDE, HCH, lindane, hydrocarbures polycycliques (PAH). Un peu plus d'une centaine de stations sur 43 sites du littoral sont échantillonnées en général quatre fois par an par les agents IFREMER et les analyses faites au Centre de Nantes. Une partie des échantillons est systématiquement conservée pour d'éventuels contrôles ou recherche ultérieure d'autres polluants.

Gestion des données

La gestion des données est largement informatisée. Le système de gestion de base de données est associée à un langage d'interrogation qui permet à l'utilisateur de traiter sur son propre matériel, les données extraites de la base.

3.2. REPHY (Réseau de surveillance phytoplanctonique)

Le développement très important d'une espèce toxique de plancton végétal *Dinophysis* en 1983, entraînant quelques milliers de gastro-entérites chez les consommateurs de coquillages, a conduit à la mise en place d'un système de surveillance des perturbations d'origine phytoplanctonique.

Une triple mission a été définie :

- protéger la Santé publique,
- protéger les cheptels,
- acquérir une série temporelle de données.

Ce réseau a une double vocation environnementale et de protection de la santé publique.

Le réseau de suivi

Les stations de prélèvements ont été réparties le long du littoral en tenant compte, à la fois de l'importance des cheptels en élevage, des zones historiquement favorables à l'apparition de dinoflagellés, et d'un besoin de répartition géographique homogène.

Actuellement 38 secteurs font l'objet d'un suivi systématique. Les fréquences de prélèvement sont bimensuelles de septembre à avril et hebdomadaires de mai à août.

Le système d'alerte

Il peut être déclenché soit à partir des observations du réseau de suivi, (observation d'espèces toxiques) soit grâce à tout informateur extérieur. Le déclenchement du système d'alerte entraîne immédiatement une multiplication des observations dans la zone touchée :

- augmentation sensible du nombre de points de prélèvements : 100 points sur l'ensemble du littoral ;
- augmentation de la fréquence de prélèvement qui devient au minimum hebdomadaire, sur l'ensemble des points de la zone touchée ;
- multiplication du type d'observation : outre le dénombrement des cellules toxiques (*Dinophysis* ou *Alexandrium*) dans les eaux, des tests de toxicité sont effectués sur des souris, à partir d'hépatopancreas de coquillages.

Gestion des données

Dès que les données sont acquises, elles sont immédiatement saisies sur micro-ordinateur ou minitel et stockées sur le site central de Brest. Elles sont consultables en "temps réel", à partir des lieux de saisie mais également de n'importe quel minitel (avec code d'accès).

Des synthèses régionales ou nationales sont réalisées en "temps différé" par sélection des données et rapatriement de fichiers.

3.3. REMI (*Réseau de surveillance microbiologique*)

Le réseau a été restructuré en 1989. Outre l'objectif de protection de la santé publique qui persiste, un objectif environnemental (évaluation des niveaux et des tendances) se développe. Deux types de structures coexistent donc :

Le réseau de surveillance

Il correspond à une approche des niveaux et des tendances. Les indicateurs de contamination sont les coliformes fécaux dénombrés dans les coquillages. Toutes les zones du littoral, conchylicoles et non-

conchylicoles sont concernées. La fréquence de prélèvement est mensuelle et l'effort d'échantillonnage (nombre de points de prélèvement par secteur) est proportionnel à un indice de risque qui tient compte à la fois de la qualité bactériologique estimée du secteur et de sa production coquillière. Le positionnement des points de prélèvements est de type systématique (équidistance).

Le réseau d'intervention

Il correspond à une approche " Santé publique" (salubrité des coquillages). Les indicateurs de contamination sont les coliformes fécaux ainsi que les salmonelles qui sont systématiquement recherchées lorsqu'il y a contamination. Seuls les secteurs conchylicoles sont concernés par ce système. Le réseau d'intervention est activé par des paramètres de déclenchement divers : météorologie (pluies, tempêtes), pratiques agricoles, période touristique, mauvais résultats obtenus par le réseau de surveillance (ce qui reste exceptionnel), par les services vétérinaires ou la DDASS, etc...

La fréquence de prélèvement est au minimum hebdomadaire, elle peut être bi-hebdomadaire en période très sensible.

Le positionnement des points de prélèvement s'effectue selon un gradient décroissant de contamination par rapport aux apports connus (rivières, étiers, égouts, etc...).

Gestion des données

Les données sont stockées sur le même système informatique que le réseau de surveillance phytoplanctonique. Ces données sont immédiatement disponibles pour les partenaires extérieurs.

Les données font également l'objet de traitements en "temps différé" afin de publier des synthèses régionales et nationales.

3.4. – Complémentarité et substitution

Le projet de réseau instrumenté apparaît en un premier temps comme complémentaire du RNO dans les secteurs où celui-ci n'a pas implanté de surveillance des paramètres généraux de qualité des eaux, c'est à dire dans les bassins hydrologiques autres que ceux inclus dans les onze sites énoncés plus haut. L'implantation progressive du réseau se fera en fonction de l'état de sensibilité des secteurs.

La substitution du RNO par le réseau instrumenté se fera progressivement jusqu'à ce que l'ensemble des paramètres généraux de qualité des eaux soient automatisés (électrodes nouvelles ou miniaturisation d'appareils de laboratoires).

Il en sera de même pour le REPHY implanté dans 37 sites pour lequel la substitution pourra être totale en ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, les observations de phytoplancton nécessitant encore des prélèvements d'eau transférés vers des laboratoires.

Cependant, l'énorme avantage de mesures à haute fréquence réside dans le gain de productivité de ce type de surveillance. Le très grand nombre de données acquises permettra de mesurer la variabilité des résultats à l'échelle de la marée, de la journée ou du mois ce qui n'est pas possible à l'heure actuelle. De même ces mesures permettront d'observer les phénomènes de courte durée que les mesures ponctuelles ne peuvent pas détecter en raison de leur faible fréquence (hebdomadaire voire mensuelle).

Le grand nombre de données acquises facilitera le développement de modèle descriptifs puis prédictifs dans des secteurs sensibles. A titre d'exemple le suivi de la stratification progressive des eaux de la Baie de Vilaine serait un bon indicateur du risque de développement d'espèces phytoplanctoniques toxiques telles que *Dinophysis*. Ceci serait une aide précieuse pour la mise en alerte préventive du REPHY.

La couverture progressive des 81 bassins hydrologiques à vocation conchylicole est une nécessité liée à la Directive européenne de 1979 sur la qualité des eaux conchylicoles. Même si les fréquences de mesures requises restent faibles, la surveillance instrumentée de ces secteurs complétera et pourra se substituer efficacement celle déjà en place. Une réflexion identique devra être menée en zone aquacole pour la surveillance des effluents d'élevage.

De même, la possibilité de déclenchement d'alerte au delà de certains seuils pour les paramètres indicateurs (ex. salinité) facilitera largement le passage en intervention du REMI pour lequel, si aucune substitution ne peut être envisagée en raison des prélèvements effectués sur des mollusques,

un allégement de l'effort d'échantillonnage en intervention pourrait être étudié dans certains secteurs instrumentés.

Au delà de la substitution partielle au totale (à terme) de réseaux existants et de l'apport de connaissance lié aux hautes fréquences de mesure, le réseau instrumenté apportera une protection nouvelle dans des secteurs jusqu'ici non surveillé (ex. : mortalité par anoxie dans des baies fermées, mortalité par dessalure dans certains estuaires etc...).

IV – RECHERCHES ASSOCIEES ET OUVERTURE EUROPEENNE

Comme nous l'avons signalé plus avant, ce réseau doit être conçu de façon à pouvoir intégrer des capteurs nouveaux, lorsque ceux-ci seront qualifiés et validés. L'IFREMER développe des programmes dans ce domaine :

Une première action a pour but d'identifier, caractériser et valider des capteurs existants. Après une phase de réflexion méthodologique, les tests seront réalisés sur des périodes de deux mois. En cas de résultats favorables, le capteur pourra être directement intégré dans une station pilote, sinon soit des modifications pourront être apportées, soit le capteur ne sera pas qualifié.

Une deuxième action concerne les recherches "amont" sur des principes nouveaux. Elles sont menées en collaboration avec des laboratoires français. Nous citerons le développement d'un ISFET pour la détermination du pH dans l'eau de mer en collaboration avec l'école centrale de Lyon et la mesure de l'oxygène dissous à l'aide de fibres optiques en collaboration avec un laboratoire du CNRS de Nancy.

Il est raisonnable de penser que l'intégration de capteurs de ce type, dans des bouées instrumentées ne pourra se faire avant 5 ans.

Une troisième action, "intermédiaire", en terme d'échéance, est menée en interne à l'IFREMER. Il s'agit du développement et de l'adaptation d'instrumentation optique pour les mesures chimiques de l'eau de mer à partir de méthodes utilisées en laboratoire. C'est le cas de la fluorescence pour le comptage du phytoplancton et de la colorimétrie pour l'analyse des nutriments.

Dans le domaine de l'instrumentation de l'environnement, plusieurs programmes européens sont en phase de préparation ou de développement dans le cadre d'EUREKA-EUROMAR.

Nous citerons le projet MERMAID qui a pour objet de développer un système automatique de mesure pour la détermination des contaminants et l'évolution des substances influençant la balance en

oxygène : métaux lourds, micropolluants organiques, nutriments, chlorophylle et matière organique dégradable. L'IFREMER participe à ce projet par intégration du granulomètre laser développé en interne.

Plus récemment a été lancé MICSOS qui a pour but de développer des sondes pour l'études es microstructures (pour différents types de paramètres tels que température, turbulence, etc...). L'échelle de variation observable est de l'ordre du mm.

Enfin, le projet SEAWATCH se veut être "un système opérationnel de surveillance et d'information sur l'environnement marin pour les mers européennes". Il utilise le même concept que celui décrit en début de rapport mais n'effectue les mesures qu'en surface, dans des zones soumises à moins de contraintes que les zones du proche littoral par exemple. Les mesures en zone de balancement des marées ne sont pas prévues.

La participation au projet SEAWATCH n'ayant pu à ce jour se réaliser, il conviendra de pouvoir ouvrir le projet que nous venons de décrire à des participations européennes. En effet, un projet de ce type ne peut rester confiné à l'intérieur des frontières françaises. Cependant, il apparaît souhaitable de parfaire le cahier des charges avant de proposer un projet de type EUROMAR ou MAST sur ce thème. La réalisation d'une station pilote permettrait également de valoriser un savoir-faire qui crédibiliserait cette démarche auprès d'industriels étrangers. L'IFREMER pour sa part, s'engagerait à développer les contacts avec les utilisateurs institutionnels des réseaux de surveillance des pays de l'arc atlantique et de l'ouest méditerranéen et à prendre tous les contacts avec les Ministères, Administrations et Organismes de recherches intéressés.

CONCLUSION :

La prise de conscience progressive de l'intérêt de la protection de l'environnement littoral a conduit aux deux constatations suivantes :

- besoin accru de connaissances scientifiques
- nécessité d'une surveillance plus étendue et plus efficace

Afin de répondre à ces demandes, il apparaît qu'un réseau instrumenté d'observation de l'environnement littoral soit l'un des outils efficaces qui, par ailleurs, fait défaut.

Le savoir-faire existant au niveau d'organismes comme les Services Techniques de la Navigation Maritime, la Météorologie Nationale ou l'IFREMER permet de bien spécifier les besoins

pour la définition d'un cahier des charges (tant au niveau de la conception générale que de la maintenance ou de l'exploitation-diffusion des données).

La réussite d'un tel projet est conditionné par l'existence de partenaires industriels motivés, ayant une bonne expérience dans le domaine et investissant en recherches et développement. Plusieurs sociétés réunissant ces conditions ont déjà montré leur intérêt pour ce projet.

L'ouverture européenne d'un tel projet semble un objectif à atteindre dans les prochains mois ce qui pourrait permettre à la France de se placer comme leader dans une action apparaît comme un défi scientifique et technologique.

Comme tout projet doit avoir un nom de baptême, il est proposé de retenir celui de RAVEL *: Réseau Automatisé de Veille pour l'Environnement Littoral, ce qui pourra aussi être apprécié des admirateurs du compositeur des "Jeux d'eau", oeuvre pour piano qu'il créa en 1901.

Ce document a reçu l'approbation du groupe de projet constitué de :

Mme BAILLY (DS), MM. BERVAS et BIROT (DITI), CHARTOIS (DRV), FERLIN (DRCI), GENTHEN (DRO) et JOANNY (DEL).

* Cette proposition de H. CHARTOIS, a été retenue par le groupe de projet qui avait lancé un appel à idée parmi ses membres

ANNEXE I - SPECIFICATION DES BESOINS

PARAMETRE	G: GAMME DE MESURE (souhaitée)	TR: TEMPS DE REPONSE	I : INTERFERENTS A PRENDRE EN COMPTE P : PARAMETRES ASSOCIES	LOCALISATION/COMMENTAIRES
	P: PRECISION (souhaitée)	FM: FREQUENCE DE MESURE (souhaitée) c: sur un cycle de marée		- Sauf précision contraire les caractéristiques sont données pour un système devant effectuer des mesures en autonomie complète pendant 1 à 2 mois. - Selon que l'on envisage une utilisation en Atlantique ou en Méditerranée, le fond peut signifier une profondeur de - 20 m à - 100 m
TEMPERATURE	G: 0 - 30°C (-5°C - 30°C)	TR: < 1/4 h FM: 4 par h	P : Salinité, O2 dissous	Au moins 2 points de mesure dans la tranche de 0 à 100 m: 1 au fond (à 0.5 m près) et 1 en sub-surface (à 0.5 m près)
	P: 0.2°C (0.1°C)			
SALINITE	G: 0°/00 - 40°/00	< 1/4 h	P : pH, NH ₃ /NH ₄ ⁺ ; O ₂	Au moins 2 points de mesure dans la tranche de 0 à 100 m: 1 au fond (à 0.5 m près) et 1 en sub-surface (à 0.5 m près)
	P: 0.1°/00			La précision demandée peut être obtenue avec un bon réfractomètre. La méthode chimique donne une meilleure précision, mais cela n'aurait que peu d'intérêt compte-tenu de l'utilisation.
CONDUCTIVITE	G: 0 - 7 mS	< 1/4 h		Deux types de capteurs existent : les systèmes inductifs et systèmes à électrodes. Les capteurs inductifs ont des performances satisfaisantes mais le problème du nettoyage reste à résoudre.
TURBIDITE	G: 5 - 500 mg/l en équivalent poids sec.	4 par jour		Au moins 2 points de mesure dans la tranche de 0 à 100 m: 1 au fond (à 0.5 m près) et 1 en sub-surface (à 0.5 m près)
ECLAIREMENT				
pH	G: 6,5 - 8,5	TR: < 1/4 h	P : NH ₃ /NH ₄ ⁺	Au minimum 1 point de mesure au fond. L'eau de mer est un milieu tampon où le pH évolue relativement peu. Il est cependant nécessaire de connaître sa valeur relativement précisément pour pouvoir calculer le rapport [NH ₃] [NH ₄]. La mesure du pH dans l'eau de mer s'effectue de façon satisfaisante à l'aide de capteurs électrochimiques (électrodes de verre sensibles aux ions H ⁺). Les paramètres importants à considérer dans le choix d'un tel système sont le temps de réponse, les interférences dues à d'autres espèces (notamment les ions Na ⁺), les problèmes de salissure.
	P: 0,1 unité pH	FM: 2 par jour		

PARAMETRE	G: GAMME DE MESURE (souhaitée)	TR: TEMPS DE REPONSE	I : INTERFERENTS A PRENDRE EN COMPTE P : PARAMETRES ASSOCIES	LOCALISATION/COMMENTAIRES
	P: PRECISION (souhaitée)	FM: FREQUENCE DE MESURE (souhaitée)	c: sur un cycle de marée	- Sauf précision contraire les caractéristiques sont données pour un système devant effectuer des mesures en autonomie complète pendant 1 à 2 mois. - Selon que l'on envisage une utilisation en Atlantique ou en Méditerranée, le fond peut signifier une profondeur de - 20 m à - 100 m
OXYGENE	G: 0 - 20 ppm P: 0,1 ppm (0,05 ppm)	FM: 4 par h	I : T. pression	Pour cette mesure, un aspect supplémentaire apparaît particulièrement important, celui de la notion de seuil d'alerte. Dans cette optique, il apparaît plus souhaitable de privilégier un système capable de signaler de façon fiable un abaissement de concentration au-dessous de 3,5 - 4 ppm de façon fiable, mais n'ayant pas la précision requise, qu'un système plus sensible mais présentant une fiabilité moins importante. Dans le cas des capteurs à oxygène, il faudra étudier la possibilité de recalibrer une sonde électrochimique à partir d'une mesure chimique.
CHLOROPHYLLE a +	G: 0 - 50 mg/m ³	4 par jour (1 par h)		Il est intéressant de connaître le pourcentage de phéopigments dans le milieu c'est-à-dire de chlorophylle dégradée. Dans certains cas, ce pourcentage peut aller jusqu'à 50 %. Pour le mesurer, il est nécessaire d'effectuer une mesure de fluorescence sur l'échantillon brut et une seconde après acidification de l'échantillon.
PHEOPIGMENTS	P: 0,1 à 0,5 mg/m ³	c: 4 par h		
SULFURES	G: qqs mg/l	4 par jour		Au minimum 1 point de mesure au fond. Les mesures fournies par des électrodes spécifiques mono-cristallines sont satisfaisantes. Reste toujours à résoudre le problème du nettoyage.
NITRATES	G: 0 - 500 µM P: 1 - 2 µM	1 par jour		1 mesure en sub-surface
NITRITES	GM: 0 - 500 µM P: 0,1 µM	1 par jour		La mesure des nitrites n'apparaît pas comme une priorité pour DRV/Aquaculture et DRV/CSRU.
AMMONIAC - AMMONIUM	G: 0 - 5 µM P: 0,1 µM	1 par jour		La mesure de NH ₃ /NH ₄ ⁺ est surtout importante pour DRV/Aquaculture.
PHOSPHATES	G: 0 - 10 µM P: 0,1 µM	1 par jour		Cette mesure pouvant être difficile à effectuer in-situ, une autre approche qui peut se révéler satisfaisante à court terme est d'effectuer des prélèvements à des dates connues qui permettront ultérieurement de corrélérer la concentration en phosphates aux autres paramètres.