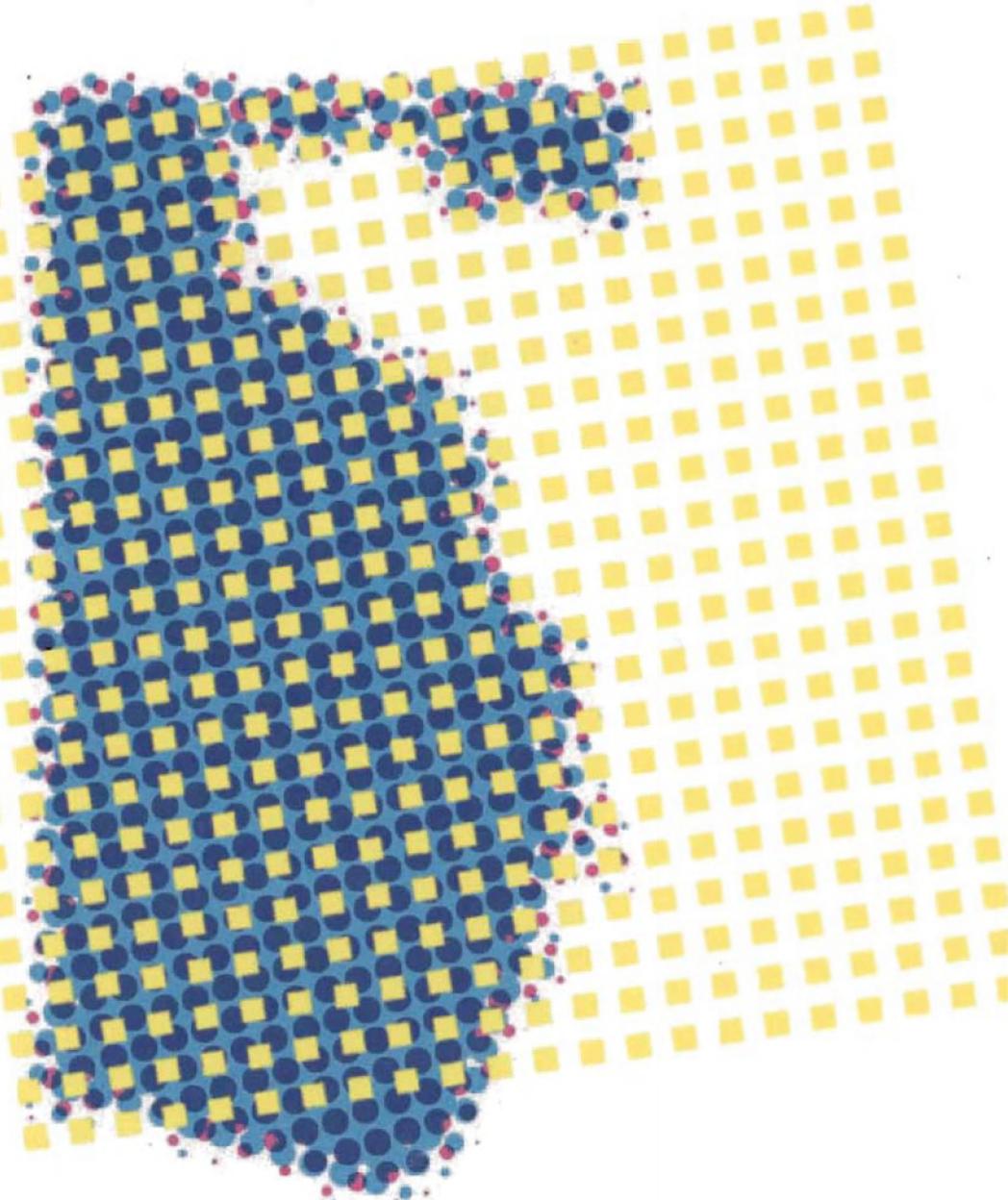


Etat de l'environnement sur la façade atlantique

Coordinateurs
Jean-Louis Mauvais
Roger Goarnisson

Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

bilans & perspectives



Retrouvez le [catalogue en ligne](#) des publications récentes
du Service des Editions de l'Ifremer à l'adresse.

Découvrez également un ensemble de documents
scientifiques, accessibles gratuitement, dans [Archimer](#).

Ifremer

Sommaire

Préambule	5
Chapitre I : La pression sur le littoral, quelques grands problèmes	
Les apports au milieu marin	9
Le devenir, les conséquences	9
L'inventaire des rejets	15
Les estuaires	18
Caractéristiques générales	18
Estuaire de la Loire	19
Estuaire de la Gironde	25
Les marées vertes	36
Zones sensibles aux marées vertes	36
Traitement des algues	37
Prospective	37
Les espèces proliférantes introduites accidentellement	39
La crépidule	39
La sargasse	40
Prospective	41
Les zones humides littorales	43
Rôle écologique des zones humides	43
Fragilité des zones humides	43
La situation en France	44
Cas particulier : aménagement des marais de l'Ouest	46
Grands travaux contemporains	46
L'état de la ressource vivante	51
Cultures marines	51
Production halieutique	56
Peuplements benthiques	58
Les extractions de granulats et d'hydrocarbures	63
Exploitation de granulats	63
Recherches et exploitations d'hydrocarbures	64
Risques encourus et recommandations	67
Les conséquences des aménagements	69
Aménagement des fleuves	69
Ouvrages littoraux	70
L'évolution du trait de côte	72
Facteurs naturels	72
Facteurs humains	72
Bilan des études	72
Conclusion	76

Les paysages littoraux	77
Prospective	77
Les macrodéchets	79
Prospective	79
Conclusion	81
Chapitre II : L'état du milieu, la qualité du milieu et les réseaux de surveillance	
La surveillance de la « qualité générale » du littoral : le RNO	85
Interprétation des résultats	85
Surveillance des effets biologiques	96
Conclusion	96
Prospective	97
La surveillance microbiologique	101
La surveillance microbiologique des plages	101
La surveillance microbiologique des zones de production de coquillages	108
La surveillance phytoplanctonique : Réphy	112
Proliférations phytoplanctoniques pouvant entraîner des hypoxies ou des anoxies	112
Proliférations phytoplanctoniques pouvant entraîner des eaux colorées	112
Proliférations phytoplanctoniques pouvant entraîner des phénomènes de toxicité	112
Prospective	118
Les performances d'élevage des huîtres : Réмора	119
Conclusion générale	121
Qualité des eaux littorales	121
Productivité de la zone littorale et variabilité	122
Problèmes sur le littoral atlantique	122
Chapitre III : Les actions proposées	
L'amélioration de la qualité des eaux	127
Agence de l'Eau Loire-Bretagne	127
Agence de l'Eau Adour-Garonne	128
La protection du littoral	134
Principes généraux	134
Réalités de la décision	135
Les aspects juridiques et économiques : rôle préventif, responsabilités	136
Prospective	137
Références bibliographiques	139

Préambule

« Le littoral français est à l'évidence un des principaux atouts de notre territoire, tant par les espaces et les paysages qu'il génère pour le cadre de la vie et l'environnement qu'en termes de ressource naturelle pour l'économie de notre pays et le développement régional et local.

Les 5 500 kilomètres de linéaire côtier procurent à la France, dans le cadre européen, une situation géographique stratégique. Le littoral est un espace partenarial partagé entre les acteurs sociaux, économiques et politiques du développement : la moitié des régions, le quart des départements, près de 1 000 communes concernées.

L'ensemble de ces éléments contribue véritablement à faire du littoral un enjeu majeur d'aménagement du territoire » (Datar, 1993).

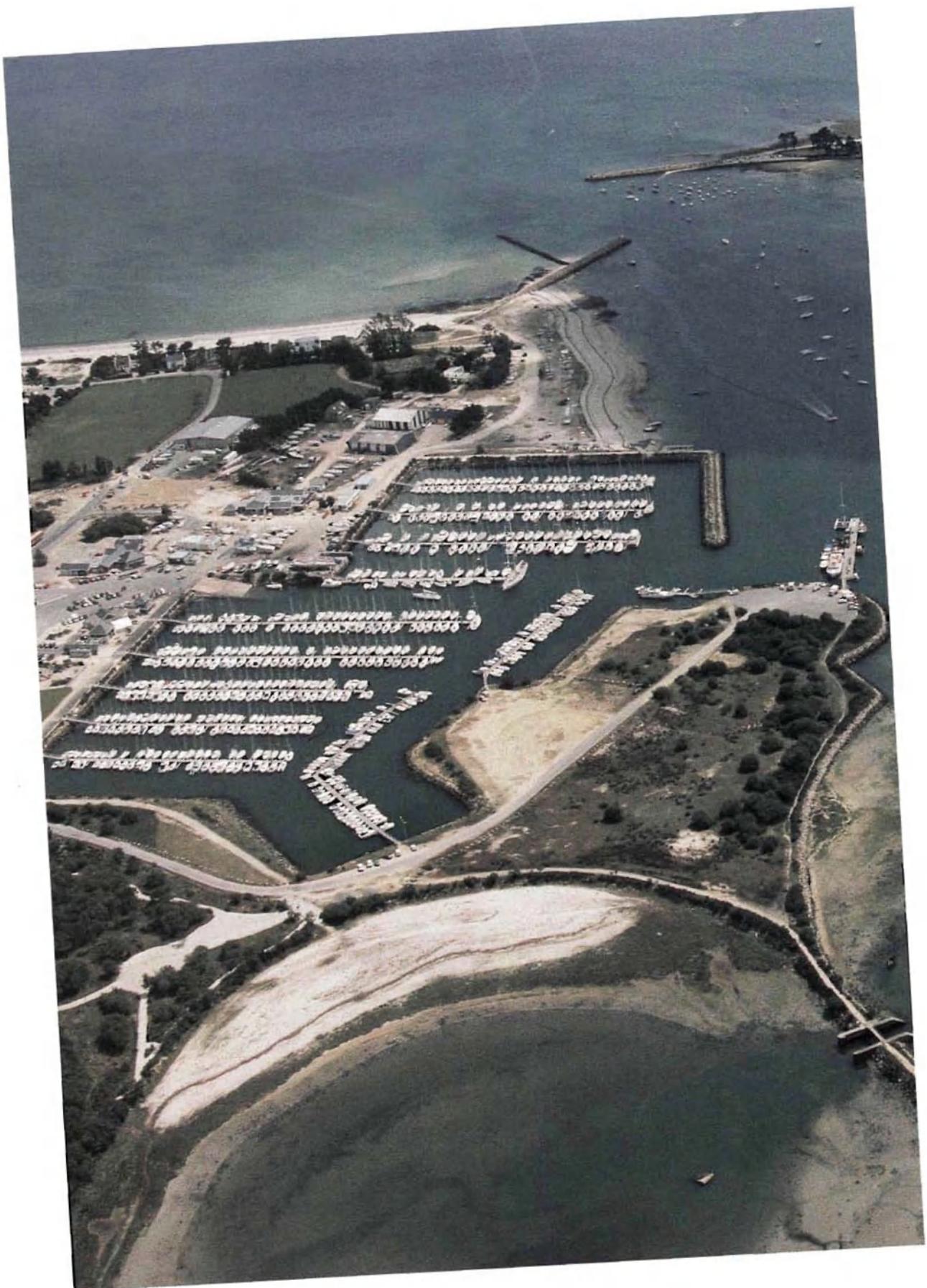
Il est évident que le littoral aura d'autant plus d'attrait qu'il sera considéré comme espace « naturel » ou « protégé » ou exempt de pollution. Le développement économique du littoral dépend donc étroitement de la qualité : qualité des eaux et des fonds, des écosystèmes, des paysages, des infrastructures terrestres...

Le mandat du sous-groupe « milieux maritimes - usages et qualité des eaux et des fonds » a donc toute son importance.

Nous décrirons tout d'abord quelques grands problèmes sur le littoral. Nous développerons ensuite la qualité du milieu et les réseaux de surveillance.

Chapitre I

La pression sur le littoral : quelques grands problèmes



Les apports au milieu marin

Le devenir, les conséquences

Une grande partie des polluants rejetés dans l'environnement (rejets urbains, industriels, agricoles, ...) parvient au milieu marin :

- directement (rejets en mer par émissaire ou par barge, ...);
- indirectement (ruissellement, atmosphère).

Localement, ces apports peuvent modifier la qualité du milieu, empêcher ou freiner le développement de certaines activités (conchyliculture, aquaculture, tourisme, ...).

Le tableau suivant donne un aperçu des impacts possibles des apports en milieu littoral.

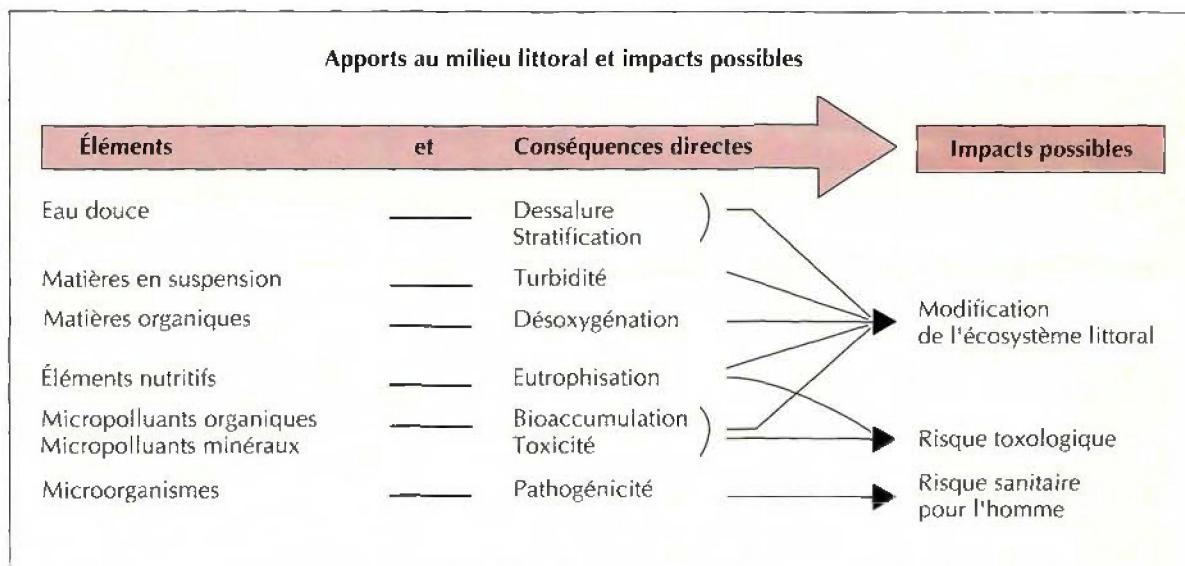
Nous ne développerons, succinctement, que les aspects liés aux éléments nutritifs et aux polluants (organiques, minéraux, bactériens).

Éléments nutritifs

Les éléments nutritifs essentiels sont l'azote et le phosphore dont les formes minérales sont directement assimilables (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate). Ils sont apportés directement sous cette forme au milieu marin mais résultent également de la minéralisation, sous l'action des bactéries, de résidus et de débris organiques. Ils sont dus à l'activité humaine (utilisation d'engrais, usage croissant des détergents) mais aussi à la vie sur terre génératrice de déchets organiques. Ils parviennent au milieu marin de façon ponctuelle par les fleuves, les émissaires et, de façon diffuse par ruissellement et échanges avec les nappes phréatiques.

Ces éléments, naturellement présents dans le milieu marin, en zone littorale, sont indispensables au cycle de la production primaire. Leur accroissement peut favoriser le développement algal et être bénéfique dans certains cas et dans certaines limites, en zone ostréicole par exemple.

En revanche, si les caractéristiques hydrodynamiques ou géographiques du milieu récepteur font que les apports sont peu ou mal dispersés, l'enrichissement excessif des eaux littorales conduit à un profond dérèglement des écosystèmes et, par exemple, à l'apparition de marées vertes. Bien que non prouvé, il ne faut pas exclure que l'augmentation du nombre des efflorescences phytoplanctoniques observées soit aussi à relier à cet enrichissement du milieu.



C'est donc un « équilibre » entre le flux d'éléments nutritifs au milieu récepteur et sa capacité à les disperser qui conduira ou non à une « pollution ». Le terme « pollution » signifie donc pour cette catégorie de produits que c'est leur excès qui conduit à des effets néfastes et non leur nature.

On peut, à l'inverse, estimer qu'une diminution de ces apports permettrait à plus ou moins long terme une restauration de la qualité du milieu contrairement à ce qui est observé pour des polluants non dégradables tels que le DDT ou les PCB qui sont souvent piégés dans les sédiments. Vis-à-vis de ces éléments nutritifs, les zones où prolifèrent les ulves (marées vertes) peuvent être considérées comme des zones polluées : baie de Saint-Brieuc, baie de Lannion, baie de Douarnenez, bassin d'Arcachon (cette liste n'est pas exhaustive). Tenant compte de l'évolution croissante des populations littorales et de l'augmentation de leur niveau de vie, considérant également l'utilisation massive et croissante d'engrais minéraux mais aussi l'évolution des pratiques agricoles (élevage hors sol en Bretagne par exemple), on peut dire que l'enrichissement du domaine littoral (eutrophisation) est l'un des problèmes majeurs de la décennie actuelle et le restera dans la prochaine.

Nombre de baies marines plus ou moins confinées géographiquement, ou à l'hydrodynamique défavorable, sont donc des zones sensibles et menacées dont l'inventaire est à établir en priorité.

Devenir des polluants en zone littorale

Les polluants organiques et minéraux

Les polluants peuvent être véhiculés dissous dans la masse d'eau ou fixés sur le matériel particulaire. Pour certains métaux, des différences de comportement peuvent exister entre l'eau douce et l'eau de mer : le cadmium, par exemple, transporté sous forme particulière en eau douce, passe sous forme dissoute dès que la salinité atteint quelques grammes par litre. Les polluants dissous sont, en règle générale, moins dangereux que les polluants liés au particulaire. Leur toxicité peut être grande mais ils finissent par se diluer plus ou moins rapidement (en fonction de l'hydrodynamisme) dans la masse d'eau (avec, toutefois, pour certains, risque de bioconcentration). Les polluants liés au

particulaire se déposent dans les zones vaseuses de faible énergie (fond de baie...). Ils sont remis en suspension lors des tempêtes et viennent contaminer la masse d'eau. Une contamination du sédiment est fatallement de longue durée, les sédiments se déplaçant peu et les mécanismes de décontamination étant assez lents (relargage, passage dans la chaîne alimentaire...). On connaît mal, actuellement, la biodisponibilité des polluants fixés sur le sédiment.

Les polluants microbiens

Des quantités considérables de bactéries sont apportées au milieu marin par l'intermédiaire des « eaux usées », soit après passage en station d'épuration, soit directement. Les apports peuvent aussi provenir du lessivage de terres agricoles. Ces bactéries font partie de la flore intestinale des animaux à sang chaud (dont l'homme) et sont en très grande majorité inoffensives (germes témoins de contamination fécale ou encore germes-indicateurs). Des individus malades contribuent cependant à des apports de bactéries pathogènes ou de virus.

Il faut savoir par ailleurs que nombre de villes et de communes littorales ne disposent pas encore de stations d'épuration et que l'efficacité des systèmes d'épuration vis-à-vis de la contamination microbienne est faible, sauf installations spéciales et performantes procédant à la désinfection des eaux traitées.

L'évaluation des niveaux de contamination des eaux de baignade et des zones conchyliocoles repose sur le dénombrement des germes témoins de contamination. Des valeurs élevées traduisent une contamination fécale, donc une probabilité de présence de germes pathogènes et, par conséquence, un risque sanitaire réel bien que non quantifié.

Les bactéries peuvent être sous forme libre ou fixées au matériel particulaire. Les temps de survie sont très variables. En Méditerranée, en été, les T90 (temps nécessaire à la disparition de 90 % des bactéries) sont de quelques heures. Ils sont de plusieurs jours en Manche-Atlantique. Dans ces conditions, la dilution joue souvent un rôle plus important que la mortalité dans la diminution de la concentration bactérienne.

Conséquences des apports de polluants sur le milieu marin

La nocivité des polluants sera très variable selon leur nature et l'environnement (physique et biologique) dans lequel ils sont rejetés. Compte tenu des faibles teneurs auxquelles se rencontrent les polluants dans le milieu marin, leur toxicité est en général difficile à établir sauf cas très particulier (action du tributylétain sur les huîtres). De plus, la variabilité naturelle du milieu marin est telle qu'il est très difficile de mettre en évidence une quelconque évolution consécutive aux apports de polluants. Pour certaines espèces exploitées, la diminution des stocks est généralement plus imputable à la surpêche qu'à la pollution (à l'exception de certaines espèces très côtières étroitement inféodées au sédiment) ou au passage en estuaire à un stade de leur vie.

Il convient de noter que des effets synergiques entre polluants peuvent exister, ce qui complique sensiblement les études de toxicologie.

La difficulté qu'il y a à déterminer les conséquences des apports de polluants sur le milieu marin est très grande. Pour certains polluants considérés comme non biodégradables, il peut y avoir bioaccumulation dans la chaîne alimentaire. Des polluants considérés comme biodégradables évoluent vers des sous-produits qui, dans certains cas, peuvent être stables et plus toxiques que le produit initial ! Certains herbicides, par exemple, se biodégradent en aniline, constituant stable et毒ique.

Les conséquences des apports de polluants dans le milieu marin vont dépendre de plusieurs paramètres.

- *La capacité dispersive du site et le temps de séjour des masses d'eau*

Des dépôts de matière organique sur le fond n'auront que très peu d'impact dans des sites à forte capacité dispersive (houle ou courant). Par exemple, les rejets de la Salie, au sud du bassin d'Arcachon, n'ont que très peu de conséquences, les houles dispersant la matière organique déposée sur le fond.

Les fonds de baie sont, en général, beaucoup plus sensibles. L'aménageur peut alors avoir le choix d'une épuration poussée ou d'un rejet plus au large dans une zone de plus grande capacité dis-

pulsive. Cette dernière solution, très pratiquée en Méditerranée, n'est guère retenue en Atlantique compte tenu des contraintes liées, en particulier, à la houle.

Le temps de séjour des masses d'eau joue également un rôle considérable. Lorsque la circulation résiduelle (circulation résultante lorsqu'on a éliminé la marée) est faible, les nutriments, par exemple, sont consommés sur place alors que, lorsque la circulation résiduelle est forte, ils sont emportés au large, dispersés et posent beaucoup moins de problèmes. La figure (p. 12) donne le temps de résidence des eaux en Bretagne Nord. Les sites à temps de résidence élevé pourront être le siège d'eutrophisation (plancton ou macroalgues).

- *La taille et la nature du bassin versant de la zone côtière*

Dans presque tous les cas, il faut raisonner en terme de flux. Des concentrations faibles avec de forts débits pourront avoir des conséquences supérieures à des concentrations fortes avec un faible débit.

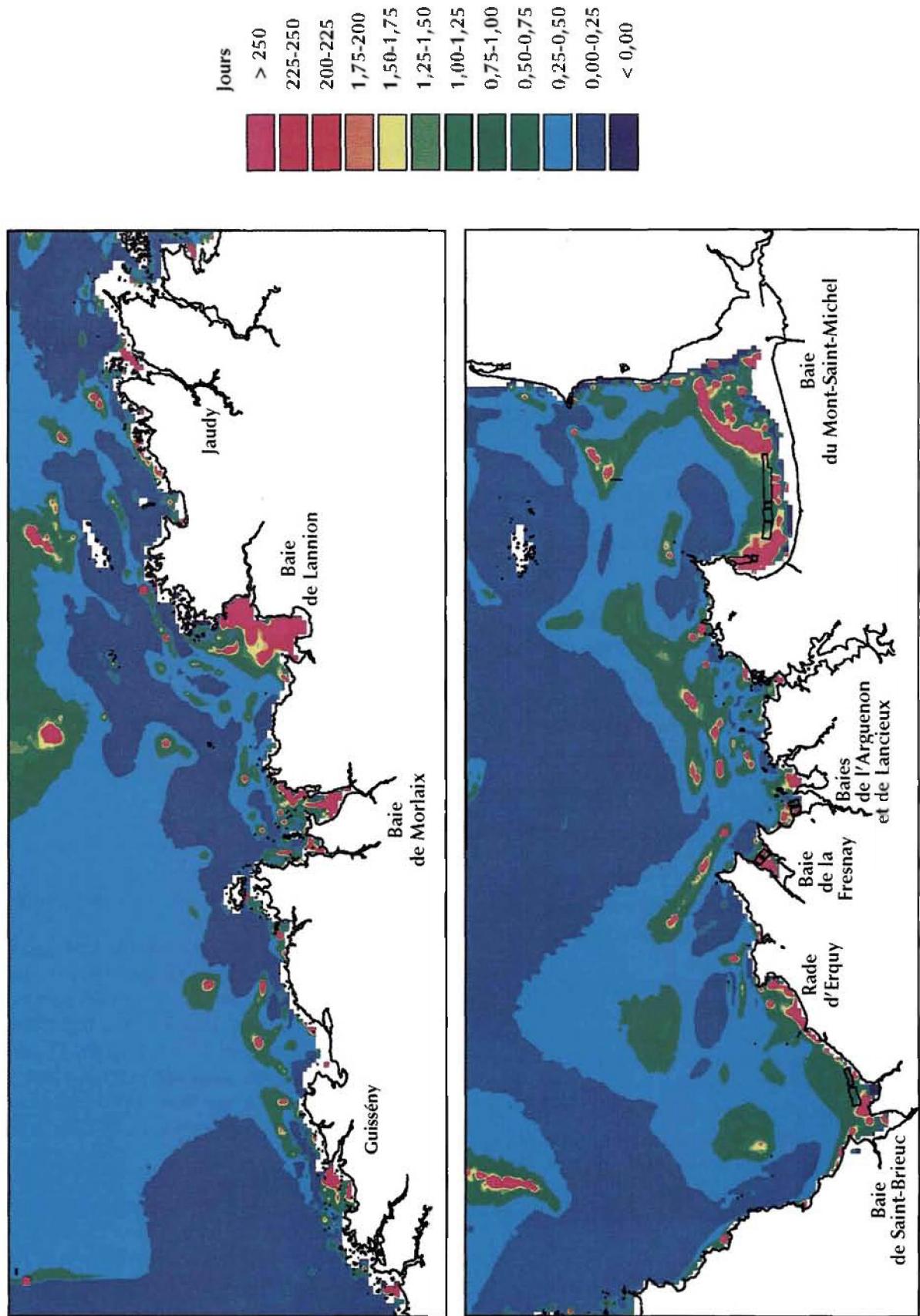
La nature géologique du bassin versant a également son importance : des flux importants de nitrates en fin d'automne-début d'hiver n'auront pas de répercussion sensible sur le milieu marin dans le cas de bassins versants imperméables. Par contre, sur les bassins versants perméables, les flux seront restitués de manière beaucoup plus régulière, tout au long de l'année, grâce à l'effet tampon des nappes phréatiques.

La gestion des rejets en zone côtière doit tenir compte de ces deux notions fondamentales : les conditions hydrodynamiques de la zone côtière et la surface et la nature des bassins versants (fig. p. 12 et 13).

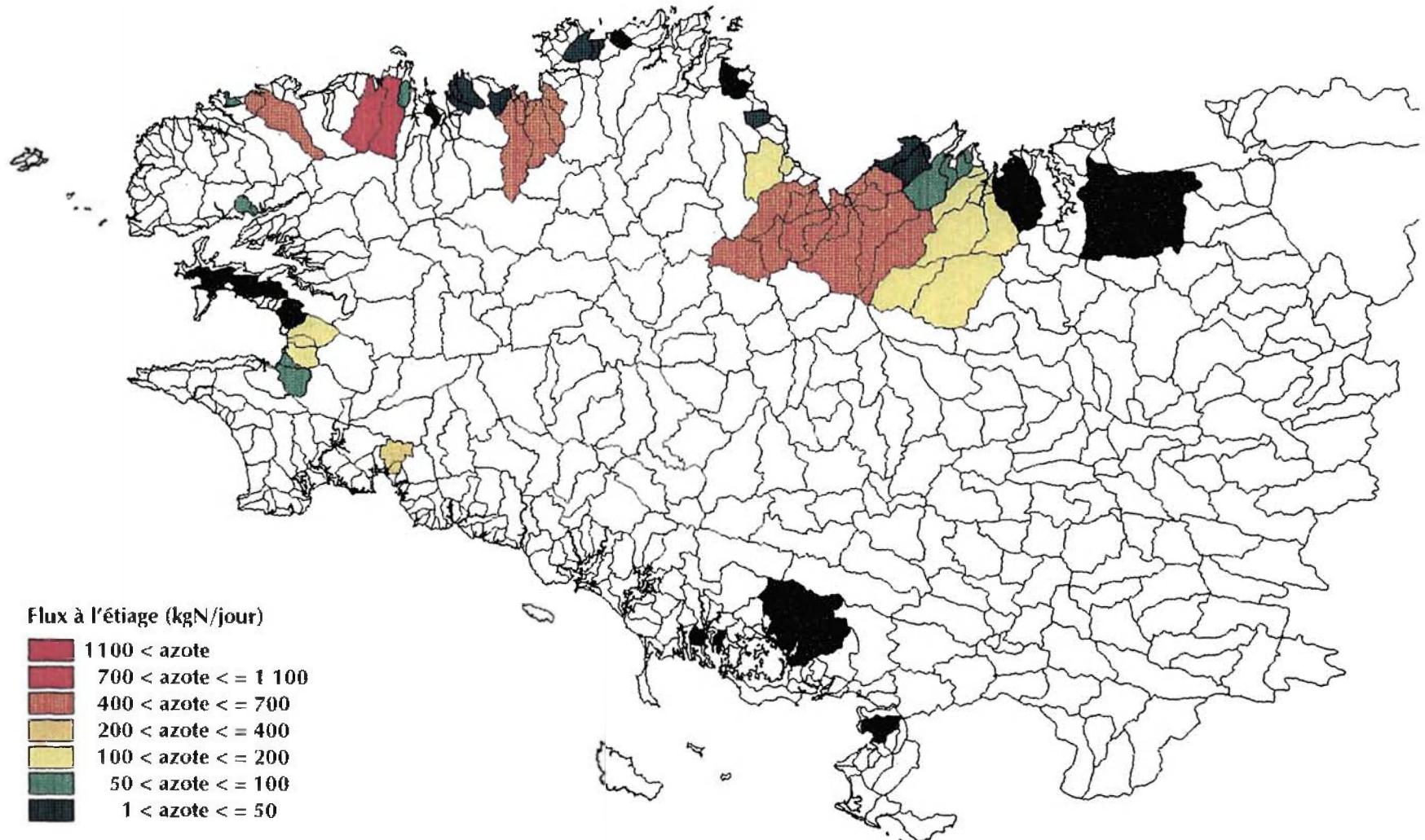
C'est la raison essentielle pour laquelle les normes de milieu sont très difficiles à élaborer pour la mer. Il faut aussi tenir compte du « territoire concerné », en d'autres termes, de l'échelle à laquelle il faut agir pour améliorer la situation d'un paramètre donné dans une zone côtière.

La réponse est très diverse et va dépendre essentiellement de la durée de vie du polluant et du mode de transport.

- *Pour les bactéries*, les T90 varient de quelques heures à quelques jours. La pollution bactérienne est, généralement, une pollution de proximité, les sources de contamination devant être recherchées localement.



Temps de résidence exprimé en jour. C'est le temps mis par une particule d'eau pour parcourir en moyenne $\Delta x = 500 \text{ m}$ (d'après P. Garreau, 1993).



Bassins versants bretons alimentant les sites littoraux sensibles (d'après J.-Y. Piriou, 1993).

- Pour l'azote d'un bassin versant, on peut considérer qu'il n'est pas éliminé du milieu car il est utilisé dans la production primaire puis reminéralisé. La lutte contre l'azote doit donc se faire à l'échelle d'un bassin versant complet et non sur quelques sources ponctuelles.
- Les polluants fixés au particulaire (presque tous les métaux) peuvent être piégés dans les sols. Les problèmes peuvent donc être différés dans le temps. Le pouvoir de piégeage des sols n'est pas connu, aussi il convient d'être prudent à l'échelle des bassins versants.
- Les produits phytosanitaires peuvent être caractérisés par leur demi-vie. Mais, comme mentionné précédemment, la biodégradation a ses limites et, par ailleurs, elle est fonction de phénomènes complexes ayant lieu dans les sols. À différentes reprises, on a pu constater, dans les apports au milieu marin, des produits à durée de vie bien supérieure à celle annoncée par le fabricant.
- La matière organique mérite aussi une attention. Des paramètres tels que la DBO (demande biochimique en oxygène) et la DCO (demande chimique en oxygène) peuvent, en eau douce, fournir d'utiles renseignements sur les rejets admissibles.

Mais il ne faut pas perdre de vue que les composants de la matière organique (notamment l'azote et le phosphore) vont être reminéralisés. Nous avons assisté, il y a quelques années, à l'eutrophisation d'un marais de la façade atlantique soumis à des rejets organiques (évalués en DBO et DCO) dont l'azote et le phosphore avaient enrichi le milieu.

Effets et risques pour l'homme

Comme on le verra dans la rubrique « qualité du milieu marin », en l'état actuel des connaissances et en ce qui concerne les micropolluants, seules les concentrations de cadmium dans les huîtres de Gironde peuvent poser problème au niveau de l'estuaire notamment mais également dans sa zone d'influence. Nous limiterons donc notre exposé aux effets des bactéries pathogènes et des virus.

Les eaux de baignade

La pollution résulte des apports extérieurs comme des rejets non traités. Les risques sont surtout cutanés ou muqueux, amplifiés par les irritations (soleil et salinité de l'eau de mer).

Il existe une spécificité des réponses pathologiques suivant l'agent bactérien présent.

À côté de ces deux types de troubles, on peut observer une pathologie correspondant à des affections O.R.L.* , à la surinfection de plaies et à des otites externes. Les différences observées entre ces manifestations proviennent davantage des conditions de baignade (immersion ou non) que des niveaux de contamination des eaux.

La consommation des coquillages

Les mollusques bivalves filtrent, pour se nourrir, des volumes d'eau très importants (plusieurs centaines de litres par heure et par kilogramme d'animal vivant) et concentrent les éléments en suspension dans l'eau, supports de polluants microbiens. Ils deviennent, dans certains milieux très pollués, de véritables réservoirs de germes dangereux.

Parmi les affections bactériennes transmises par les fruits de mer consommés crus ou très peu cuits, les salmonelloses et les gastro-entérites virales sont au premier plan.

L'ingestion de coquillages contaminés peut ne provoquer chez le consommateur qu'une simple gastro-entérite dans les cas les plus bénins. Mais d'autres toxi-infections de type typho-paratyphoïdique ont des conséquences plus sérieuses. En Europe et en Amérique du Nord, les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont des maladies historiquement associées à la consommation de coquillages, d'où leur appellation « fièvres coquillières ».

Les premiers cas d'épidémies de fièvres typhoïdes ont été signalés à la fin du siècle dernier aux États-Unis et en France. Les derniers cas recensés en France, liés à la consommation de coquillages, datent de la fin des années cinquante. Les coquillages avaient été parqués soit à proximité d'un rejet d'égout, soit dans des eaux recevant en abondance des déjections et des ordures.

Pour provoquer cette pathologie, il faut notamment que la dose ingérée soit élevée (supérieure à la dose infectante minimale) ; cette condition ne peut être remplie que dans des zones très contaminées.

Le rôle des coquillages crus ou mal cuits a été invoqué dans de nombreux cas d'épidémie de choléra. Des moules sont souvent à l'origine de la transmission de cette maladie, citons par

* Oto-rhino-laryngologique.

exemple l'épidémie de Naples en 1973. Des épidémies ont également été enregistrées en Afrique noire et en Malaisie. Dans les pays d'Europe du Nord et d'Amérique du Nord, les quelques cas enregistrés mettent en cause des coquillages pollués et insuffisamment traités.

L'hépatite virale a pu être associée à la consommation de coquillages crus ou peu cuits provenant de zones reconnues insalubres.

Toutefois, dans les cas de gastro-entérites bénignes on attribue quasi systématiquement la responsabilité aux coquillages alors que d'autres sources alimentaires, souvent négligées, peuvent les avoir provoquées. Des enquêtes épidémiologiques approfondies manquent le plus souvent pour quantifier la part de responsabilité de chaque groupe d'aliments.

L'inventaire des rejets

Dans le cadre du réseau national des données sur l'Eau (RNDE), un projet « Rejets » est actuellement à l'étude.

À cet effet, un questionnaire a été adressé à l'ensemble des « cellules qualité des eaux littorales » (CQEL) pour dresser un inventaire des rejets littoraux.

L'objectif est d'inventorier la totalité des points de rejets d'eaux usées, que ces eaux soient traitées en station d'épuration ou soient rejetées directement sur le littoral au niveau de la surverse d'un poste de relèvement pour un réseau séparatif ou d'un déversoir d'orage pour un réseau unitaire.

M. Robbe représentant les CQEL au sein du RNDE ne dispose pas encore de toutes les réponses à ce questionnaire.

Les produits proposés par le groupe « Rejets » du RNDE couvrent les aspects collectivités et industries. Deux d'entre eux s'appuient sur des produits déjà réalisés au niveau national (bilan de l'assainissement des agglomérations, inventaire des principaux rejets des industries). D'autres constituent une base référentielle (description des stations d'épuration, inventaire cartographique des principaux rejets). Certains sont des bilans d'ordre statistique (rejets nets par bassin RNDE ou par secteur d'activité, mode d'exploitation des stations des collectivités, production et destination des boues). Un produit valorise les données qui résultent de la nouvelle réglementation sur l'autosurveillance des stations.

En ce qui concerne l'industrie, il est proposé d'appuyer les produits de nature statistique sur les données des agences de l'Eau qui, si elles sont souvent forfaitaires, couvrent de façon systématique le domaine (au seuil de redevance près). Par contre, les données d'autosurveillance Drire sont utilisées pour les produits basés sur les principaux rejets nets.

D'une façon générale, les produits sont prévus pour être perfectionnés et enrichis au fur et à mesure que les données seront disponibles (localisation précise des rejets, taux de dépollution des industries basés sur des mesures, etc.).

Les produits proposés ont été classés en deux niveaux de priorité, le deuxième correspondant à des produits qui requièrent davantage de travail de collecte ou présentent un intérêt moindre de l'avis du groupe « Rejets ».

Produit	Thème		Priorité	
	Collectivités	Industriels	1	2
Description des stations d'épuration des collectivités	x		x	
Performances des principales stations des collectivités	x		x	
Bilan annuel de l'assainissement des agglomérations	x		x	
Rejets nets par bassin RNDE des collectivités et des industries	x	x	x	
Inventaire géographique des principaux rejets des industries et des collectivités	x	x	x	
Principaux rejets des industries		x		
Mode d'exploitation des stations d'épuration des collectivités	x			x
Production et destination des boues	x			x
Rejets nets par secteur d'activité et par bassin RNDE		x		x

Annexe 1

Pollutions accidentielles d'hydrocarbures

Manche :

25 % du trafic mondial de marchandises, plus de 220 Mt d'hydrocarbures et près de 40 Mt de produits chimiques chaque année.

<i>Torrey Canyon</i>	18.03.1967	117 000 t
<i>Olympic Bravery</i>	24.02.1976	800 t
<i>Bohlen</i>	15.10.1976	10 000 t
<i>Amoco Cadiz</i>	16.03.1978	223 000 t
<i>Gino</i>	28.04.1979	40 000 t
<i>Tanio</i>	7.03.1980	8 400 t

Principales marées noires en Manche depuis 1967.

Sources : Ifremer, Cedre.

Annexe 2

Taux de dépollution global des eaux usées

France	Total littoral	Bretagne	Centre Atlantique	Aquitaine
42	42	41,3	16,7	41

Annexe 3

Pressions azotées et phosphatées sur les sols : quantités annuelles

en kg/ha

1993	Azote de synthèse	Azote dans les déjections animales	Azote total	Phosphate de synthèse	Phosphate des effluents d'élevage	Phosphate total
Alsace	107	44	151	56	28	84
Aquitaine	109	44	153	69	28	97
Auvergne	32	57	88	20	30	49
Bourgogne	58	33	91	27	17	45
Bretagne	90	160	250	35	125	160
Centre	108	20	128	45	13	58
Champagne-Ardenne	126	23	148	59	12	71
Corse	24	98	122	6	54	60
Franche-Comté	46	48	94	28	24	53
Île-de-France	139	7	145	61	5	66
Languedoc-Roussillon	50	20	70	46	11	58
Limousin	20	66	86	18	35	53
Lorraine	103	44	148	41	23	64
Midi-Pyrénées	64	45	109	38	27	64
Nord - Pas-de-Calais	106	55	161	42	33	74
Basse-Normandie	59	69	128	25	36	61
Haute-Normandie	83	50	132	51	28	78
Pays de la Loire	73	76	150	28	48	76
Picardie	134	27	161	52	16	68
Poitou-Charentes	100	39	139	50	25	76
Provence - Alpes - Côte d'Azur	48	27	75	37	17	54
Rhône-Alpes	55	62	118	31	44	75

Source : SCEES, FNIE.

Les estuaires

Caractéristiques générales

Les estuaires sont depuis très longtemps des voies de navigation utilisées par l'homme pour développer les échanges commerciaux et, depuis le début de ce siècle, pour y installer des activités industrielo-portuaires. Ainsi, se sont développées des métropoles régionales telles que Nantes et Bordeaux au point de rencontre des eaux fluviales et des eaux marines favorisant la pénétration à l'intérieur des terres de la navigation maritime avec de faibles coûts de transport.

Ces développements, nécessaires pour l'activité économique des régions, se sont souvent accompagnés de modifications hydrauliques et écologiques qui ont plus ou moins perturbé le fonctionnement de ces écosystèmes estuariens.

Il est évident que tout aménagement du territoire relatif au littoral doit prendre en compte ces milieux d'estuaire, à l'interface terre-océan, qui sont des zones de fortes productions écologiques.

Bassins versants et débits

Le bassin versant de la Loire couvre le 1/5 du territoire métropolitain ($115\ 000\ km^2$), celui de la Gironde (Garonne et Dordogne) $81\ 000\ km^2$.

Leurs débits moyens sont proches : $974\ m^3/s$ pour la Garonne et la Dordogne et $890\ m^3/s$ pour la Loire. Les débits de crue peuvent atteindre $6\ 000\ m^3/s$ en Loire, $5\ 000$ à $7\ 200\ m^3/s$ en Garonne et $2\ 720\ m^3/s$ en Dordogne. Les débits d'étiage les plus sévères ne sont pas inférieurs à $180\ m^3/s$ en Garonne et Dordogne et à $100\ m^3/s$ en Loire.

Limites des estuaires

Marée dynamique

L'onde de marée pénètre sur $160\ km$ en Gironde, soit jusqu'à La Réole sur la Garonne, Pessac sur la Dordogne et Coutras sur l'Isle ; en Loire, elle atteint l'amont d'Ancenis à $95\ km$ de l'embouchure.

Marée saline

Par rapport aux embouchures, le front de salinité peut être détecté jusqu'à $100\ km$ en Gironde et $60\ km$ en Loire. Ces deux points correspondent approximativement aux villes de Bordeaux et de Nantes.

Le marnage est à peu près équivalent dans ces deux estuaires : $4\text{-}5\ m$ en Gironde et $6\ m$ en Loire jusqu'à Nantes, ce qui permet la remontée de navires avec des tirants d'eau de $10\text{-}11\ m$.

Surfaces d'estuaires

Étant donné leurs paramètres morphologiques, les surfaces d'estuaires comprises entre l'embouchure et la limite de remontée de la marée dynamique sont très différentes : $625\ km^2$ pour la Gironde (le plus vaste estuaire d'Europe) et $140\ km^2$ pour la Loire. Cet écart est une des raisons pour lesquelles les conditions hydrologiques sont globalement meilleures en Gironde qu'en Loire.

Turbidité

Une des principales caractéristiques des estuaires macrotidaux est l'abondance de particules fines qui sont issues du lessivage des sols et qui sont soit en suspension dans l'eau où elles forment le bouchon vaseux, soit déposées sur le fond constituant la crème de vase. Le complexe bouchon vaseux/crème de vase fonctionne selon le cycle lunaire de la marée et se déplace d'amont en aval selon le débit fluvial (crue : expulsion vers l'aval ; étiage : remontée dans l'estuaire).

Cette zone de forte turbidité se forme dans le secteur estuaire où les écoulements résiduels* sont faibles, voire nuls. Là où la vitesse résiduelle est nulle près du fond se situe le point nodal, lieu privilégié d'accumulation de la masse turbide mais également de la matière organique et de polluants divers. Il correspond également au point amont de l'intrusion saline dans l'estuaire.

Il est donc évident que, d'un point de vue biologique, cette zone turbide est très importante car, même si elle résulte de mécanismes naturels, de son fonctionnement dépend la survie des organismes de l'estuaire. Dans les conditions normales, elle est le lieu naturel de la dégradation bactérienne des déchets organiques mais elle peut devenir critique si les apports détritiques sont très importants et que leur dégradation entraîne une

* Vitesse résiduelle = vitesse moyenne arithmétique sur une période de marée.

forte consommation d'oxygène pouvant provoquer une hypoxie du milieu (déficit en oxygène dissous), voire même une anoxie (privation totale d'oxygène).

En Gironde, la masse de sédiments contenue dans le bouchon vaseux varie de 4 à 5 Mt alors qu'en Loire elle ne dépasse guère 1 Mt. La turbidité moyenne est d'environ 1 g/l en Gironde avec des maxima moyens atteignant plus de 3 g/l (jusqu'à 10 g/l) ; la longueur du bouchon vaseux peut atteindre 40 km en période d'étiage en s'étendant entre les limites de remontée de la marée saline et de la marée dynamique (estuaire fluvial). En Gironde, il n'est pas signalé de situation critique d'oxygénation en estuaire.

En Loire, la turbidité maximale peut atteindre 5 g/l avec une longueur de bouchon vaseux pouvant atteindre 40 à 45 km en étiage : ainsi, près de 50 % de l'estuaire, incluant la ville de Nantes, sont concernés par ce phénomène en faible débit fluvial. En période de crue, la translation de cette zone turbide vers l'aval se fait avec diminution de sa longueur, soit 20 à 25 km.

Quant à la crème de vase, elle peut atteindre, dans les deux estuaires, 10 à 20 km de long avec des épaisseurs de vase allant de 1 à 2 m en Gironde et de 2 à 3 m en Loire.

Estuaire de la Loire

Bien qu'il ait été modifié profondément depuis une centaine d'années par les aménagements portuaires, urbains, industriels et agricoles, le patrimoine naturel de l'estuaire de la Loire demeure important. L'interpénétration des eaux fluviales et marines a contribué à la création de milieux spécifiques, complexes, qui ont évolué avec les aménagements et dont la richesse mérite d'être préservée.

L'ensemble Nantes - Saint-Nazaire se situe sur la façade atlantique, le long de cet estuaire, et constitue une entité géographique et économique dont le poids démographique (800 000 habitants) est sans égal dans l'Ouest de la France.

Cette jonction d'atouts remarquables se localise sur un espace restreint, autour d'un milieu sensible (littoral, estuaire, marais, ...) de grande qualité,

soumis à différentes pressions qu'il est souhaitable de maîtriser dans le sens d'un aménagement cohérent de l'espace.

Compte tenu de la conjonction sur un même espace d'atouts économiques majeurs et d'enjeux de protection et de mise en valeur d'espaces naturels, le Gouvernement a défini, dans le cadre du plan Loire Grandeur Nature décidé le 4 janvier 1994, les conditions d'un aménagement équilibré de l'estuaire de la Loire.

Le plan Loire grandeur nature (la reconquête de l'estuaire)

Afin de concilier le développement économique avec l'équilibre du milieu, le Gouvernement a décidé d'engager, sous l'autorité du préfet de région, l'élaboration d'un schéma d'aménagement et de protection de l'estuaire de la Loire en y associant les spécialistes compétents.

Le Gouvernement a retenu l'objectif visant à assurer la cohérence de la protection des zones humides voisines de l'estuaire et de leur gestion au sein de « l'écharpe verte » allant de la Brière au lac de Grand-Lieu de façon à aboutir au classement en zones de protection spéciales des secteurs les plus riches au point de vue ornithologique. Le préfet de région mettra en œuvre les moyens nécessaires pour atteindre cet objectif en s'appuyant notamment sur le Conservatoire du littoral.

La préservation des vasières situées dans l'estuaire, notamment au sud de l'île du Bilho, est un objectif prioritaire. En effet, elles jouent le rôle de nourricerie pour les juvéniles de poissons marins de haute valeur commerciale comme la sole, le bar et le merlu, de même que pour la crevette grise qui constitue une activité halieutique importante. Les aménagements hydrauliques dans l'estuaire ne devront pas remettre en cause l'équilibre et la productivité de ces zones où abonde la nourriture (benthos).

Tenant compte de l'intérêt économique de l'estuaire, le Gouvernement a confirmé la décision d'extension des aménagements du port autonome sur la zone de Donges-Est ainsi que sur celle du Carnet et a autorisé le port à solliciter les autorisations nécessaires à cet aménagement. Cette décision est, cependant, subordonnée à la remise

au Conservatoire du littoral par le port autonome de 1 500 ha de terrains situés à l'intérieur de « l'écharpe verte » présentant un intérêt écologique et ne faisant pas l'objet d'aménagement. Ces terrains seront réhabilités par le port de façon à reconstituer des vasières d'importance comparable à celles de Donges-Est, notamment à l'amont de Donges-Est et dans le secteur du bras du Migron. Le port autonome sera incité à participer à l'entretien de ces terrains.

Historique des aménagements

Le port de Nantes a été fondé au III^e siècle par les Romains. Au début du XVIII^e siècle, il était le premier port français. Au XIX^e siècle, la section Nantes - Le Pellerin est endiguée pour obtenir 5 m de tirant d'eau et un canal maritime est construit en rive gauche de la Loire à l'aval du Pellerin, entre La Martinière et Le Carnet. Ce canal, mis en service en 1892, sera rapidement obsolète par suite de l'accroissement de la taille des bateaux et sera abandonné 20 ans plus tard.

Au début du siècle, conformément aux lois de 1903 et de 1913 sur l'aménagement de l'estuaire, un nouveau chenal est creusé entre Le Pellerin et Paimboeuf. Les bras secondaires de la rive sud se combinent rapidement.

La loi de 1913 a autorisé la création d'un « bassin de marée » susceptible d'accumuler les eaux en flot et de les restituer en jusant, associé au débit fluvial propre de la Loire.

Cette construction du bassin de marée par surcreusement du bief fluvio-maritime, confiée à des « extracteurs » qui commercialisaient le sable, ne s'est pas arrêtée lorsque les objectifs d'autodrague du port de Nantes ont été atteints mais s'est poursuivie, provoquant un enfouissement très important du lit de la Loire et une remontée de la marée dynamique.

Dans la section aval, les aménagements résultent de l'application du décret de 1933. Progressivement, les cotes navigables du chenal sont passées dans cette section de 6,50 en 1940 à 13,25 en 1980 au-dessous du zéro des cartes marines ; ce qui permit l'essor de la zone industriello-portuaire de Montoir.

Les usages de l'estuaire de la Loire

• L'eau

Avec un débit moyen de 900 m³/s, la Loire écoule à l'océan 25 milliards de mètres cubes d'eau douce par an. Le régime du fleuve est certes très variable mais, même dans les conditions d'étiage sévère connues ces dernières années, les ressources du fleuve ont été capables de satisfaire quantitativement tous les usages au niveau de Nantes.

Les usages de l'eau

Prélevée directement dans le fleuve par la ville de Nantes ou dans la nappe alluviale par le syndicat mixte du Sud-Loire, l'eau de la Loire assure l'alimentation en eau potable des 2/3 de la population de la Loire-Atlantique (1 051 000 habitants).

Dans l'estuaire, l'industrie utilise l'eau essentiellement pour les échanges thermiques (centrale thermique EDF, terminal méthanier GDF...).

L'agriculture prélève directement en Loire pour les besoins en irrigation des zones exploitées par les maraîchers (4 000 ha environ). Par ailleurs, des apports importants (25 Mm³ par an) sont effectués par l'intermédiaire du canal de La Martinière en direction des marais du Sud-Loire jusqu'à la baie de Bourgneuf. Une partie de cette eau sert au maraîchage, à l'industrie, à la réalimentation des nappes souterraines, mais l'essentiel sert au maintien en eau, l'été, des réseaux de canaux des marais.

De la même façon, l'eau de la Loire est introduite en Brière par quatre exutoires, de façon à y maintenir l'humidité nécessaire à la végétation.

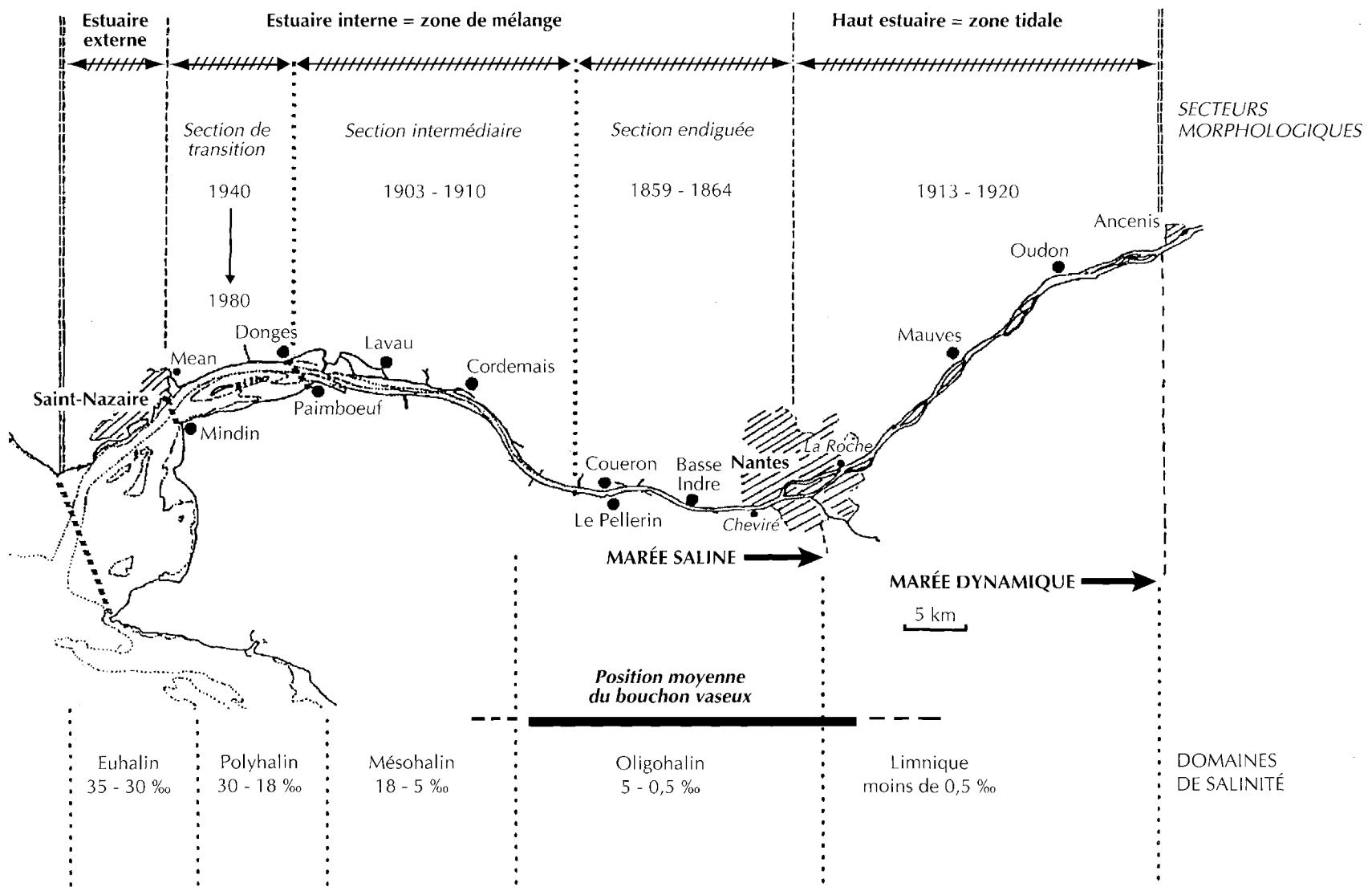
La qualité de l'eau

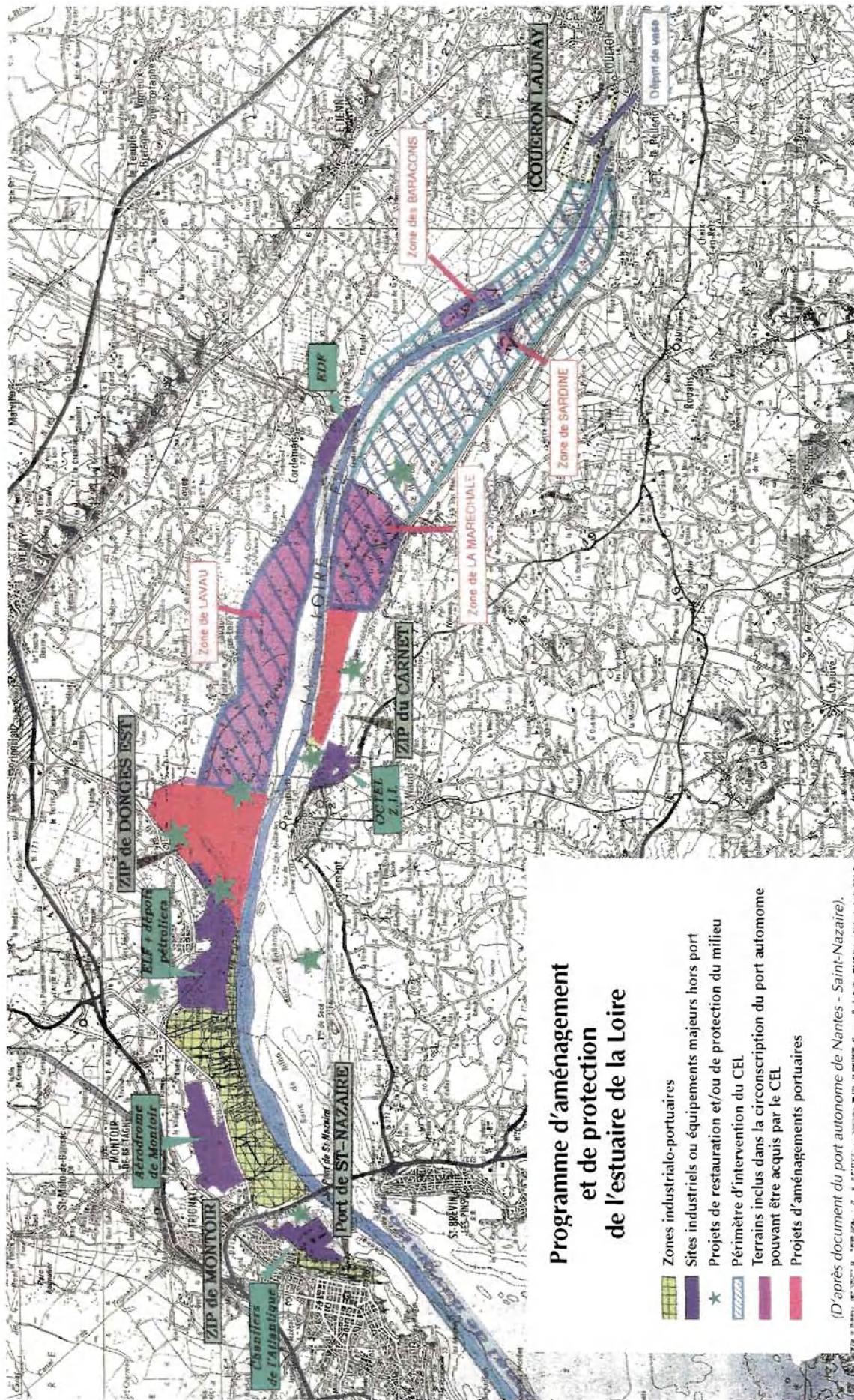
Les cartes d'objectifs positionnent la Loire en classe 3, « eau de mauvaise qualité », en amont de Nantes, et en hors classe, « eau de très mauvaise qualité », à Nantes et en aval de Nantes. La qualité de l'eau dans l'estuaire est tributaire de la marée et est caractérisée par la salinité, le bouchon vaseux et une faible teneur en oxygène dissous.

Les causes de la mauvaise qualité de l'eau de l'estuaire

▪ En amont :

- les rejets des effluents urbains, industriels et agricoles de l'ensemble du bassin de la Loire se retrouvent dans l'estuaire. Aujourd'hui, moins de la moitié de ces rejets est épurée. L'agglomération nantaise n'épure, actuellement, que 30 % de la pollution urbaine produite ;





- la tendance générale à l'eutrophisation du bassin de la Loire est due notamment au déversement de phosphates d'origines diverses (lessives ménagères, industrie, agriculture). À certaines périodes de l'année, notamment l'été, on constate une prolifération d'algues (le bloom phytoplanctonique) et un afflux de matières organiques dans l'estuaire.

- En aval :

- bien que n'ayant pas d'études écologiques comme références, on peut penser que les grands travaux d'aménagement du début du siècle (lois de 1903, 1913 et décret de 1933) ont certainement eu une influence sur le milieu écologique actuel de l'estuaire. Ils ont surtout eu pour effet de « chenaliser » la Loire et de diminuer le système d'îles et de bras secondaires de l'estuaire par une accélération très importante de leur colmatage ;

- de plus, les extractions de sable, en amont de Nantes, pour le creusement du bassin de marée ont entraîné un abaissement du lit et une remontée de la marée jusqu'à Ancenis. Une étude réalisée par le laboratoire Delft Hydraulics pour le compte de l'association communautaire de l'estuaire de la Loire a confirmé que l'augmentation des volumes oscillants au sein de l'estuaire était en majeure partie due à ces extractions ;

- la présence du bouchon vaseux influe sur la qualité de l'eau dans la partie aval de l'estuaire. Cette masse turbide est un phénomène particulièrement complexe qui existe dans tous les estuaires du monde. Elle résulte des apports de la Loire en matières en suspension (éléments fins, de l'ordre de 1 Mm³ par an), des apports marins, notamment lors des grandes marées, et de vases fluidifiées par les courants de marée. Elle est estimée entre 500 000 et 1 000 000 t. Lorsque le débit de la Loire est supérieur à 3 000 m³/s, le bouchon vaseux est expulsé en mer. Habituellement, il oscille dans l'estuaire en fonction de la marée et peut atteindre Nantes en période d'étiage.

Les conséquences de la mauvaise qualité de l'eau

La ville de Nantes a remonté sa prise d'eau potable jusqu'à Mauves, la teneur limite en potabilité pour les chlorures (500 mg/l) étant près d'être atteinte au droit de la prise d'eau de l'usine de traitement en période d'étiage et de fort coefficient de marée. Toutefois, il faut préciser que la remontée de cette prise d'eau était prévue dans la

loi de 1913 autorisant les travaux de création du bassin de marée.

La salinité rend difficile, en période d'étiage, l'introduction d'eau de Loire vers les marais adjacents à l'estuaire.

Des mortalités de mullets par anoxie, au moment de leur migration de reproduction vers la mer, sont constatées également en période d'étiage du fait de la remontée en amont du bouchon vaseux dont les concentrations en matières en suspension peuvent dépasser 1 g/l.

- **La navigation**

L'estuaire de la Loire est le siège d'une navigation de commerce très importante entre Saint-Nazaire et Nantes. Ainsi, afin d'assurer la sécurité nécessaire à la navigation des navires empruntant le chenal, le port autonome doit effectuer des dragages d'entretien pour respecter les cotes contractuelles de ce chenal régulièrement encombré par les apports naturels de sédiments provenant de l'amont du fleuve (entre 1 et 2 millions de tonnes par an).

Pour optimiser les méthodes et la périodicité des dragages d'entretien et donc réduire les volumes de sédiments à draguer, une « profondeur navigable » a été définie, limitée à une densité en fond de chenal de l'ordre de 1,20. Ce nouveau concept adopté par quelques ports majeurs européens a pu être mis en place grâce à l'évolution technique des mesures hydrographiques par gammadensimétrie.

- **Les milieux humides**

L'estuaire de la Loire compte 40 000 ha de milieux humides en relation plus ou moins directe avec le fleuve, si l'on y inclut l'estuaire interne (zone comprise entre Paimboeuf et la mer), la Brière et le lac de Grand-Lieu.

Ces milieux sont très divers : vasières découvrant ou non à marée basse, roselières, marais, tourbières, prés marais, prés de Loire, avec des végétations adaptées aux conditions du milieu et particulièrement à l'influence de l'eau douce ou salée. Ils sont le siège d'une vie piscicole et avicoile remarquable. Ils conservent tout leur intérêt, dans les secteurs suffisamment exondés, pour des formes d'élevage bovin extensif. Ils sont fréquentés par les pêcheurs et les chasseurs de gibier d'eau.

Certaines mesures de préservation des milieux existent déjà :

- la Brière est gérée par un parc régional qui comprend un site inscrit ;
- une réserve naturelle et un site classé existent sur le lac de Grand-Lieu ;
- des réserves de chasse maritime et fluviale ont été mises en place sur le banc de Bilho, sur l'île de Pierre-Rouge et sur l'île du Massereau, sous le contrôle de l'Office national de la chasse ;
- l'inventaire des zones d'intérêt écologique, faunistique et floristique (Znieff) a été effectué sur toutes les zones humides de la Loire-Atlantique ;
- la délimitation d'une zone d'intérêt communautaire pour les oiseaux (Zico) a été proposée pour l'application de la directive européenne du 2 avril 1979 sur la conservation des oiseaux sauvages. Cette zone englobe tout l'estuaire, à l'exception des implantations industrielles et portuaires.

Prospective pour 2015

• Projets de développement portuaire

Dans le cadre du plan Loire Grandeur Nature, il a été permis au port autonome de Nantes - Saint-Nazaire de solliciter les autorisations nécessaires pour aménager une zone industrialo-portuaire sur le site de Donges-Est ainsi que sur la zone du Carnet, en contrepartie de quoi le port autonome remettra au Conservatoire du littoral 1 500 ha de terrains à l'intérieur de « l'écharpe verte » présentant un intérêt écologique et ne faisant pas l'objet d'aménagement.

Des variantes d'aménagement portuaire sont en cours d'étude et font également l'objet d'expertise pour des décisions qui seront prises ultérieurement.

Évolution de l'estuaire

Dans le cadre d'une expertise sur l'évolution naturelle future du système estuaire, le laboratoire Delft Hydraulics a réalisé, en 1993, une étude à la demande de l'association communautaire de l'estuaire de la Loire.

L'évolution naturelle de l'estuaire a été définie comme « l'évolution future à 20 ans dans l'hypothèse où aucun nouvel aménagement ne serait réalisé et où l'actuelle gestion de l'estuaire et du fleuve serait poursuivie ».

Les résultats de cette étude montrent que, si les conditions à la limite amont (et aval) demeurent

inchangées et si les dragages d'entretien tels qu'effectués actuellement sont la seule intervention humaine, le seul processus régissant les évolutions futures concerne les changements de la bathymétrie par les phénomènes de sédimentation et d'érosion (les processus morphologiques) ; Donges-Est n'a pas été intégré dans cette étude.

À long terme (50 - 100 ans), l'étude conclut :

- sur l'évolution des marnages :
 - en amont de Nantes, le niveau du lit sera relevé par rapport au niveau actuel,
 - entre Paimbœuf et Nantes, les profondeurs évolueront lentement vers le « niveau officiel » du chenal, environ égal à celui de 1970,
 - entre Saint-Nazaire et Donges, les profondeurs seront inchangées par rapport à 1992 ;
- sur l'évolution de l'intrusion saline :
 - elle se réduira lentement, conséquence de la diminution des volumes oscillants au voisinage de Nantes, par sédimentation dans le bassin de marée en amont de Nantes (ceci suppose que les extractions de sable en amont de Nantes cessent).

Modélisation prospective de la Loire estuarienne

Parmi les décisions du comité interministériel du plan Loire du 4 janvier 1994, il a été prévu d'engager une modélisation prospective de la Loire aval entre Saint-Nazaire et Bouchemaine. Cette zone est le siège de nombreux phénomènes (front de salinité, déplacement du bouchon vaseux, variation de la ligne d'eau, régression de zones humides...). Par ailleurs, sur le fleuve et sur ses rives, se sont développées des activités diverses et sont nés des enjeux économiques importants (activité portuaire, navigation fluviale, développement urbain, tourisme, extraction de granulats, pêche, agriculture...).

Dans ce contexte, l'État et les collectivités concernées ont jugé nécessaire de se doter de moyens conséquents d'aide à la réflexion leur permettant d'arbitrer en connaissance de cause entre ces enjeux économiques (l'environnement humain) et la préservation du milieu naturel et aquatique.

Ainsi, l'État et l'association communautaire de l'estuaire de la Loire, le port autonome de Nantes - Saint-Nazaire, voies navigables de France et l'agence de l'Eau Loire-Bretagne ont signé, le 8 juin 1995, une convention définissant le cadre d'une démarche commune de modélisation prospective de la Loire estuarienne.

Un marché d'études sur modèles numériques, d'une durée de deux ans, a été engagé en octobre 1995 avec un groupement international (BCEOM-Danish Hydraulics Institute) et devra répondre à deux objectifs :

- disposer d'un état de référence, comprendre le fonctionnement actuel de l'estuaire et prévoir les évolutions sans aménagements nouveaux ;
- tester les différents scénarios prospectifs en fonction des hypothèses d'évolution de l'estuaire et des hypothèses d'aménagement (barrages, seuils).

• Les actions à entreprendre pour améliorer la qualité de l'eau de l'estuaire

L'estuaire étant le réceptacle des eaux du bassin de la Loire, l'amélioration de la qualité de l'eau sous-entend d'abord une politique de dépollution au niveau du bassin, en liaison avec l'agence de l'Eau Loire-Bretagne.

Les discussions en cours avec les partenaires agricoles pour la réduction de la pollution d'origine animale ou culturelle vont dans ce sens.

Dans l'estuaire, les problèmes les plus importants sont dus à la salinité, au bouchon vaseux et à la faible teneur en oxygène dissous.

Un ouvrage de déconnexion est envisagé par le district de l'agglomération nantaise pour réduire la salinité et la turbidité de l'eau, en empêchant la remontée de la marée. En revanche, ses effets sur l'aval et les conséquences qui en résulteraient sont en cours d'analyse (étude de modélisation prospective, BCEOM-DHI).

Étant donné la dégradation de la qualité de l'eau dans le secteur de l'agglomération nantaise, le district regroupant Nantes et ses communes adjacentes a mis en chantier le plan « Neptune » permettant d'améliorer, en les rénovant, les réseaux d'assainissement et de mieux traiter les rejets urbains en transformant la station d'épuration de Tougas (Nantes). Jusqu'à présent, les rejets qui étaient déversés en Loire n'étaient traités qu'à hauteur de 25 à 30 %, il est prévu un traitement de 95 % avant la fin du xx^e siècle.

• Projets relatifs au milieu naturel

Intervention foncière du Conservatoire de l'espace littoral

La décision interministérielle du 4 janvier 1994 prévoit que l'aménagement du port autonome est

subordonné à la remise au Conservatoire de l'espace littoral de 1 500 ha de terrains situés à l'intérieur de l'« écharpe verte », et présentant un intérêt écologique.

Après études et discussions entre les services de l'État, le port autonome et le Conservatoire de l'espace littoral, un projet a été établi par ce dernier.

Désignation d'une zone de protection spéciale

Les directives européennes de 1979 (oiseaux) et de 1992 (habitats naturels) déterminent les objectifs à atteindre, pour les États, en terme de conservation des milieux naturels et des espèces sauvages répertoriées et annexés aux directives.

Ainsi, pour la ZPS de l'estuaire de la Loire, dont la désignation est en cours de consultation, plusieurs moyens, à la fois d'ordre réglementaire et d'ordre conventionnel, ont été proposés. Par ailleurs, les projets d'acquisition et de gestion par le Conservatoire de l'espace littoral, dans le cadre du plan Loire Grandeur Nature, font également partie du dispositif général proposé pour parvenir à la conservation durable souhaitée par l'État dans l'estuaire.

Dans le périmètre de cette ZPS, certains espaces feront l'objet de protections spécifiques au droit français comme :

- la réserve conventionnelle ;
- l'arrêté préfectoral de protection de biotope ;
- la création de site classé ;
- la mise en place d'un programme agri-environnemental ;
- la réserve de chasse.

Au-delà des protections réglementaires et des mesures de gestion proposées, des interventions spécifiques de rétablissement de la qualité des milieux naturels sont à réaliser, soit au titre des mesures compensatoires aux aménagements portuaires, soit au titre de restauration d'espaces remarquables (restauration de vasières, continuité hydraulique, ...).

Estuaire de la Gironde

La nature a donné à la France le plus vaste estuaire d'Europe (plus de 600 km²), le port de Bordeaux l'a façonné au cours des siècles en créant des installations portuaires équipées en fonction de leur situation géographique et de leurs possibilités nautiques.

Héritier d'une longue tradition portuaire, dont les origines remontent vraisemblablement aux Ligures et aux Ibères, avant même la conquête romaine, le port connaît notamment un essor prodigieux au XVIII^e siècle grâce au négoce du vin.

Port d'estuaire situé à un carrefour de voies terrestres, fluviales et maritimes, il permet la pénétration à l'intérieur des terres sur plus de 100 km de la navigation maritime avec ses faibles coûts de transport.

En cela, il assume une double mission d'interface performante des transports maritimes et terrestres et d'outil au service du développement économique du Grand Sud-Ouest.

Actuellement, six pôles portuaires sont répartis le long de la Garonne maritime et de l'estuaire de la Gironde, d'amont en aval : Bordeaux - Bassens - Ambès - Blaye - Pauillac - Le Verdon.

Aménagement

Depuis le Moyen Âge, les apports sédimentaires de la Garonne et de la Dordogne ont provoqué une avancée naturelle du bec d'Ambès, point de jonction de ces deux rivières marquant l'amont de l'estuaire.

Du XVI^e siècle à 1850, l'évolution de la Gironde peut être qualifiée de naturelle avec une configuration générale semblable comportant deux chenaux principaux : chenal de Saintonge et chenal du Médoc, séparés par des bancs et des hauts-fonds. Toutefois, l'évolution de ces deux chenaux n'a pas été identique : celui de Saintonge s'est comblé du XVI^e au XIX^e siècles alors que celui du Médoc s'est approfondi. Parallèlement, au XIX^e siècle, les surfaces des îles en aval du bec d'Ambès ont fortement augmenté.

Comme pour la Loire, les premiers travaux d'aménagement entrepris en Gironde en 1850 avaient pour objectif de faciliter l'accès au port de Bordeaux. Des dragages et des ouvrages reliant bancs et îles entre eux ont permis de stabiliser et d'approfondir le chenal entre Bordeaux et le bec d'Ambès. De plus, les profondeurs des passes du bec d'Ambès et de Cussac ont été multipliées par trois en une centaine d'années pour atteindre 7 à 8 m.

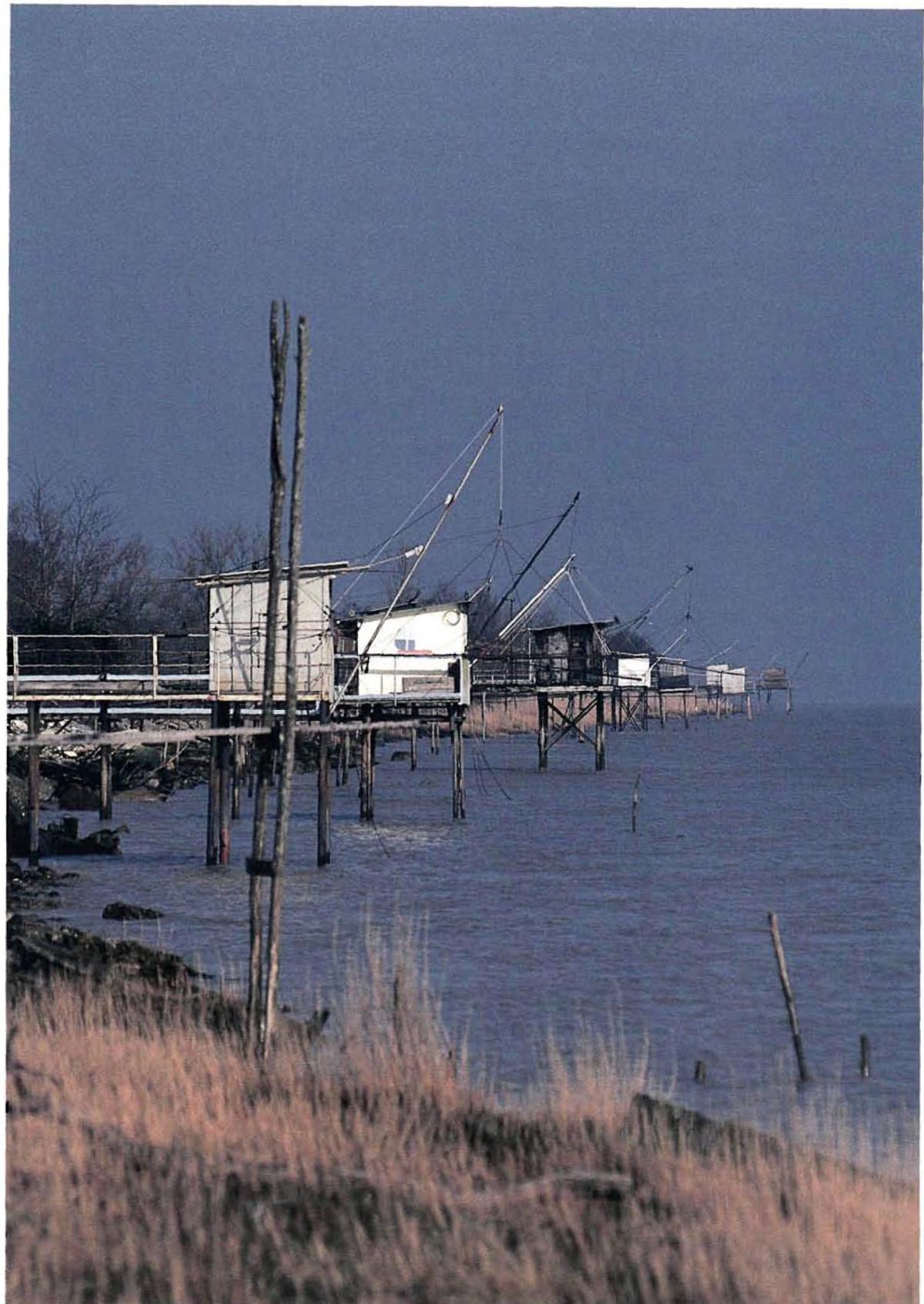
De 1930 à 1938, des dragages importants ont été réalisés dans la zone de Saint-Christoly (pK 50 à 70) afin de compléter les travaux de calibrage de Valeyrac (pK 65 à 75) jugés insuffisants pour maintenir une profondeur utile à la navigation.

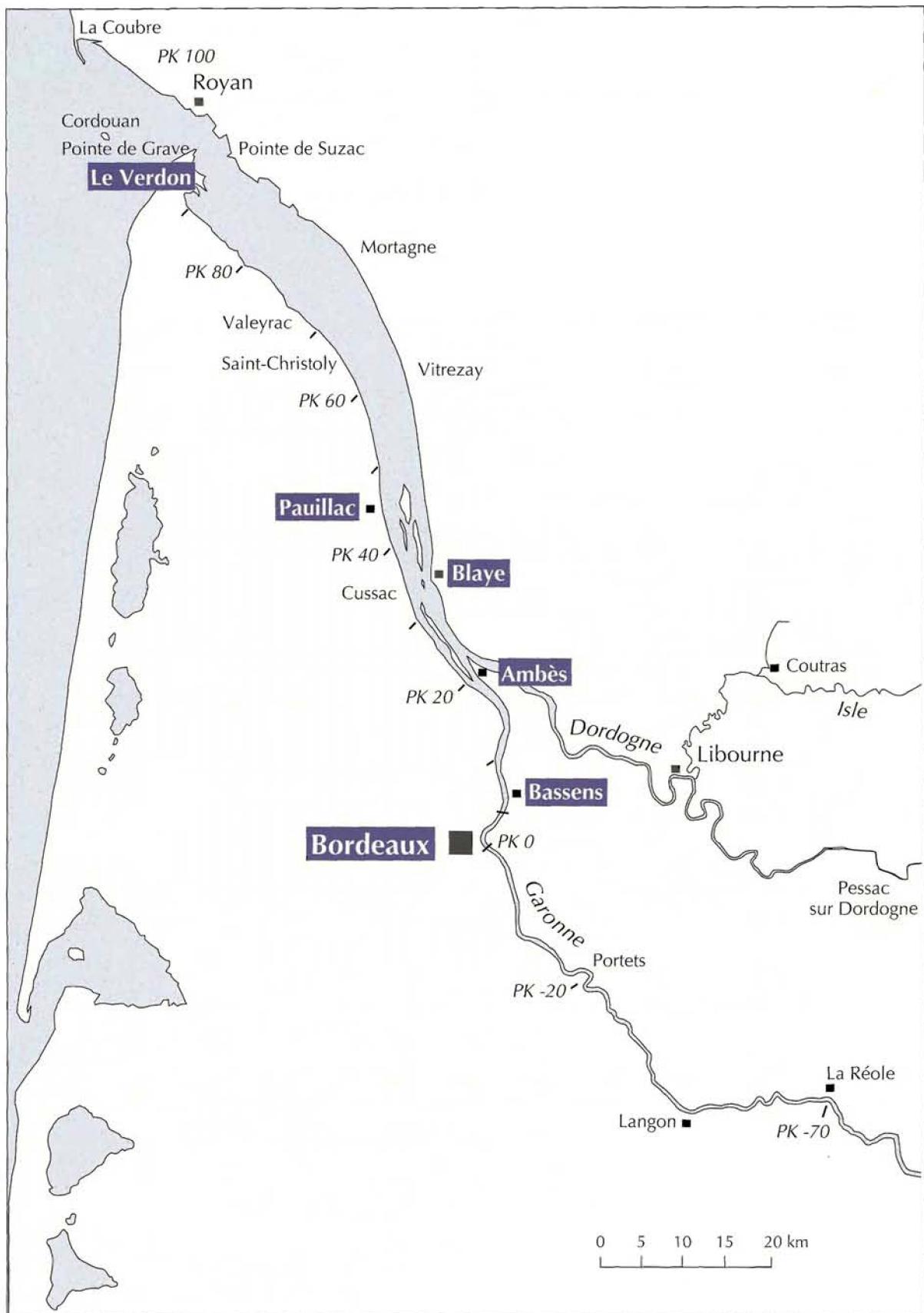
Commencée en 1830, la sédimentation s'est accélérée en rive droite de 1953 à 1962 devant Mortagne (pK 63 à 87). En aval, les profondeurs supérieures à 10 m sont restées stables. En rive gauche, l'entretien du chenal et les approfondissements ont augmenté les profondeurs du bec d'Ambès au pK 70. Plus en aval, jusqu'au pK 73, une stabilité s'est maintenue pour être suivie d'une sédimentation du pK 75 au pK 84.

De 1962 à 1970, cette balance permanente entre sédimentation et érosion a persisté avec augmentation des profondeurs par dragages du bec d'Ambès jusqu'au pK 50 en rive gauche.

En 1970, des études ont été réalisées pour rectifier le tracé de l'ancienne passe maritime située à l'embouchure de la Gironde à travers le banc du Matalier. Cette rectification a été réalisée de 1978 à 1981 et a facilité l'accès à l'estuaire. Ultérieurement, les travaux d'amélioration du chenal en Gironde ont permis d'optimiser la desserte de Bassens où se sont développées des activités liées aux trafics céréaliers et agroalimentaires, aux vracs industriels et aux produits forestiers. Un autre site portuaire a fait également l'objet de travaux importants, celui de la plate-forme d'Ambès remblayée au début des années soixante pour l'installation d'entrepôts pétroliers, puis en 1988 et 1989 pour l'implantation d'industries telles que Norsk-Hydro ou Eka-Nobel. Le site de Pauillac intervient dans le trafic pétrolier, celui du Verdon comme terminal à conteneurs. Le site de Blaye exporte des céréales et importe des produits liquides transitant dans des dépôts spécialisés ; quant au port de Bordeaux, lieu d'escale privilégié pour les navires de croisière, il subsiste, après le transfert des activités portuaires à Bassens en 1987, des importations d'huile végétale, de produits forestiers et d'engrais.

En 1994, le projet « Port Avenir 2000 », qui avait été élaboré en 1989-1990, a été réactualisé avec présentation de six orientations économiques : intégrer le port de Bordeaux dans le concept de transport multimodal « rail-route-mer-fleuve » et

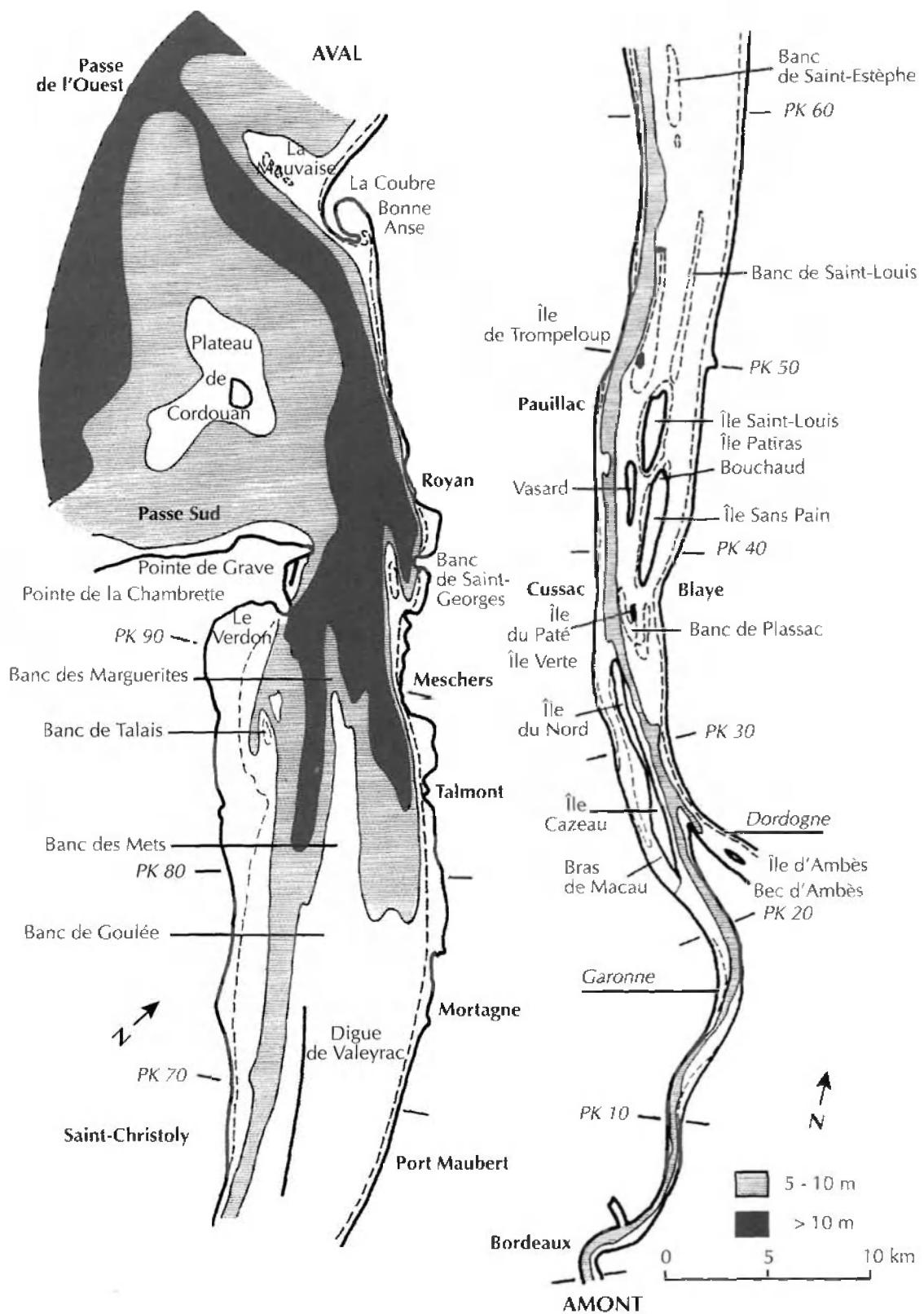




Estuaire de la Gironde. Situation des installations portuaires du port autonome de Bordeaux et points kilométriques (d'après document port autonome de Bordeaux).



Embouchure de l'estuaire de la Gironde (d'après document port autonome de Bordeaux).



Bathymétrie des fonds actuels de la Gironde (d'après document port autonome de Bordeaux).

de plate-forme logistique, développer des pôles spécialisés, conforter le site portuaire du Verdon, répondre aux besoins de la clientèle par une politique d'excellence en termes de prix et de prestations offertes, donner une nouvelle dynamique aux installations industrielles et à la valorisation du patrimoine foncier, développer le savoir-faire technique et participer au rayonnement international de Bordeaux dans le domaine maritime.

Dans le domaine de l'environnement, quatre axes majeurs ont été dégagés : la protection des milieux naturels, la qualité de l'eau de l'estuaire et des milieux aquatiques associés, la valorisation des paysages et la réhabilitation des friches portuaires. Ces objectifs passent entre autres par un meilleur contrôle des remblaiements, une amélioration de la navigabilité du chenal en diminuant les coûts d'entretien et la diversification des activités sur d'anciennes zones portuaires de Bordeaux (plaisance...).

En 1993, un comité d'experts scientifiques a été mis en place avec pour mission d'être le garant de la meilleure pratique environnementale pour la réalisation de projets portuaires et d'être le lieu de libres dialogues. Plusieurs points ont déjà été envisagés et sont en cours de développement :

- une étude sur l'évolution hydrosédimentaire du système fluvio-estuaire de la Gironde ;
- l'élaboration d'une charte pour l'environnement comprenant sept articles relatifs aussi bien à l'environnement qu'aux activités portuaires (dont les dragages) ;
- la modélisation numérique du régime hydraulique de l'estuaire, puis celle du comportement des sédiments en suspension ;
- la gestion écologique d'une île de l'estuaire ;
- la valorisation des paysages et la promotion d'aménagements paysagers des sites industrialo-portuaires.

Bilan environnemental et recommandations

• Qualité des eaux

Un réseau de surveillance de l'estuaire (15 stations RNO, 3 stations EDF au Blayais, des campagnes ponctuelles) a permis de mettre en évidence une qualité d'eau globalement satisfaisante.

Le phosphate, l'ammonium, le mercure, les polluants organiques et la DBO5 ainsi que la qualité bactérienne des eaux ne posent pas de problèmes.

En revanche, il faut signaler :

- des augmentations de nitrates dans les bassins versants de la Dordogne et surtout de la Garonne, pouvant induire des phénomènes d'eutrophisation et donc des accumulations de matière organique en estuaire ;
- des taux d'oxygène dissous faibles en étiage (30 % - 50 % de saturation) mais ne créant pas de situation critique pour la survie de certaines espèces de poissons (pas de mortalités comme en Loire) ;
- des teneurs élevées en polluants métalliques : cuivre et zinc en aval et surtout cadmium (provenant de rejets miniers transitant par un affluent du Lot, le Riou-Mort) ;
- des contaminations notables de mollusques par le lindane.

Il est donc nécessaire :

- de poursuivre et d'améliorer les réseaux de surveillance de la qualité de l'eau et de les coordonner avec ceux mis en place sur les bassins versants ;
- d'augmenter les capacités d'épuration des villes et de revoir les réseaux d'assainissement : la mise en service par la communauté urbaine de Bordeaux en mars 1994 d'une nouvelle station d'épuration au Clos de Hilde a amélioré la situation.

• Biologie et pêche

La biologie de l'écosystème estuaire de la Gironde a été abordée de façon souvent parcellaire, liée d'une part à la centrale EDF du Blayais et d'autre part à des études universitaires souvent intégrées dans des programmes européens.

Le fonctionnement écologique de la Gironde diffère peu de celui de la Loire mais semble en « meilleure santé ». Comme en Loire, la limitation de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et les faibles teneurs en oxygène dissous freinent la production primaire planctonique ; les chaînes alimentaires reposent essentiellement sur la matière détritique et les microalgues vivant sur les vasières intertidales ; la masse turbide, qui est un filtre naturel entre l'amont et l'aval, peut jouer pour certaines espèces un rôle « protecteur » contre les perturbations du milieu. Toutefois, des « vides » existent dans les connaissances biologiques telles que l'analyse de la microflore qui est un des éléments fondamentaux en estuaire

puisque bactéries et protozoaires interviennent dans la dégradation de la matière organique. Selon les biologistes, trois actions prioritaires devraient être développées : analyse des cycles de minéralisation (notamment celui de l'azote), meilleure connaissance des réseaux alimentaires surtout à leur base (microorganismes) et établissement de séries chronologiques de longue durée sur des espèces servant de « références » de façon à faire la part entre évolution naturelle et perturbation de l'environnement.

Quant à la pêche elle est, comme dans beaucoup d'estuaires, en crise ou en difficulté avec des chutes importantes des captures : 2 000 t en 1980, 1 000 t en 1990 où la civelle d'anguille occupe la première place économique. Viennent ensuite d'autres migrants tels que l'aloë et la lamproie. De 1982 à 1991, le nombre des pêcheurs professionnels qui ont souvent une autre activité professionnelle (agricole) a chuté de 42 %. Un des principaux problèmes en Gironde (comme en Loire) est celui du braconnage (esturgeon, civelle) dont la régression demanderait la mise en place d'une « cellule de contrôle départementale ». Celle-ci serait également chargée de surveiller la conformité des engins de pêche et le respect de la réglementation. Il serait aussi nécessaire de compléter cette réglementation (taille légale des captures), d'améliorer en simplifiant la collecte des informations permettant d'élaborer des statistiques de pêches les plus fiables possibles et, enfin, de modéliser l'évolution des stocks afin d'en assurer une gestion efficace.

Il est certain qu'il manque en Gironde un « bilan biologique » permettant de mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème, ce qui est fondamental pour en mieux définir les potentialités halieutiques. Les données sur les débarquements des captures doivent être considérées avec prudence car les enregistrements ne sont pas toujours faits avec régularité et le braconnage fausse les informations.

• Eau potable

Le département de la Gironde est alimenté en eau potable à 99 % à partir des nappes d'eau souterraine. La nappe des sables et calcaires de l'éocène fournit un volume annuel d'environ 55 Mm³, soit près de 45 % du volume total. Sa surface

piézométrique a baissé régulièrement dans la région bordelaise par suite de sollicitations poussées. Le creux piézométrique représente un facteur de risque de pénétration des eaux saumâtres de l'estuaire dans la nappe de l'éocène dont l'eau serait rendue inutilisable. Le comité de gestion des nappes souterraines de la Gironde a fixé comme objectif de maintenir entre la région bordelaise et l'estuaire une charge piézométrique telle que le processus d'invasion de la nappe éocène par les eaux saumâtres de l'estuaire ne puisse intervenir.

Il est donc nécessaire :

- de mieux connaître la géologie du substratum de la région girondine afin d'estimer les liens entre la nappe et les eaux estuariennes, de rechercher et de préconiser des solutions alternatives aux prélèvements dans l'éocène pour des usages industriels ;
- de constituer un « réseau d'alerte » permettant de contrôler les forages en cas de pollution des nappes aquifères : problème de l'évolution de l'agriculture vers les céréales et les oléoprotéagineux (irrigation et traitements phytosanitaires).

• Milieux naturels

Protections de l'environnement

- Les réserves naturelles : marais de Bruges en aval immédiat de Bordeaux ;
- Les arrêtés de biotope : la pointe de La Coubre (aval de la Gironde) et le lit mineur de la Garonne (en amont de Langon) ;
- Les Znief : tout l'estuaire de la Gironde, de la pointe de Grave/Royan à 7 km et à 5,5 km en amont du bec d'Ambès sur respectivement la Garonne et la Dordogne (50 000 ha) ; l'estran en rive gauche de l'estuaire entre Le Verdon et Saint-Christoly (3 500 ha) ; le marais du Bas-Médoc (11 350 ha) ; le marais de Blanquefort-Parempuyre (4 400 ha, au nord de Bordeaux en rive gauche) ; le marais d'Ambarès et Saint-Louis-de-Montferrand (2 900 ha au nord de Bassens). Pour certains projets ou aménagements portuaires, il y a chevauchement avec une partie de ces Znief.
- Les Zico : marais du Nord-Médoc et une partie du domaine nautique sur 19 km de long (20 100 ha), le marais de Blanquefort-Parempuyre (3 700 ha) et le marais d'Ambarès et Saint-Louis-de-Montferrand (2 600 ha) ;
- Les réserves de chasse : partie aquatique de l'estuaire ;

- Aux Zniell et Zico il faut ajouter les notions, développées dans le projet de Sdage du bassin Adour-Garonne, de « zones vertes » relatives à l'estuaire et à ses zones humides, et d'« axes bleus » pour les voies empruntées par les poissons migrateurs (dont l'estuaire).

Protections foncières

- Propriétés du Conservatoire du littoral : île Bouchaud, île Nouvelle, pointe de Suzac ;
- Forêts domaniales : La Coubre, Le Verdon.

Protections directes

- Loi Littoral : domaine public maritime (embouchure à l'aval du Verdon) ;
- Sites protégés : classés (Talmont) ; inscrits (Meschers-sur-Gironde) ;
- Périmètres de risques technologiques : Pauillac, Ambès, Bassens.

Afin de mieux gérer les richesses écologiques de l'estuaire, il est nécessaire de :

- mieux connaître le potentiel écologique des marais de la Gironde ;
- prévoir des protections pour de vastes espaces tels que le marais au nord de Blaye et la vallée de la Dordogne ;
- faire aboutir des projets tels que la réserve naturelle de Bonne Anse à la pointe de La Coubre, le site inscrit de Meschers, les vingt-trois sites remarquables des bordures de la Garonne et de la Gironde (opération « Garonne vivante »).

• Influence de la Gironde sur le domaine marin

Un modèle hydrodynamique réalisé par l'Ifremer a montré qu'en l'absence de vent le panache des eaux de la Gironde contourne l'île d'Oléron et pénètre dans le secteur de Marennes-Oléron par le pertuis d'Antioche. Cette influence possible de la Gironde dans ce secteur d'aquaculture pourrait poser des problèmes de contamination des mollusques par des polluants métalliques et être en liaison avec les apparitions de plancton toxique, bien que le phénomène ne soit pas encore parfaitement élucidé.

Prospective pour 2015

• Projets de développement économique

Les grandes orientations des investissements et de l'activité du port de Bordeaux définies à l'horizon 2000, dans le cadre de l'opération Port Avenir, ont été complétées par une réflexion prospective pour 2015.

Les aménagements portuaires à l'horizon 2015 s'inscrivent dans cinq domaines relatifs ci-après avec mention des projets lancés, des projets en cours et des projets à terme.

Améliorer l'accueil, la productivité et la qualité des opérations portuaires par la création de pôles spécialisés

• Projets lancés :

- pôle bois de Bassens-amont,
- terminal à conteneurs de Bassens-aval, pour navires feeders ;

• Projets en cours :

- modernisation d'un pôle pour les vracs agro-industriels à Bassens-aval, destiné à la réception de produits pour l'alimentation animale et les engrains manufacturés,
- aménagement d'une poste pétrolier à Ambès,
- création d'un terminal pour ferries ;

• Projets à terme :

- réouverture de l'ancien site portuaire de Grattequina détruit à la fin de la seconde guerre mondiale.

Entretenir et améliorer les accès nautiques

• Projets lancés :

- amélioration du chenal dans le cadre du XI^e plan afin de permettre la desserte des installations portuaires de Bassens et d'Ambès, par tout coefficient de marée, par des navires de 10,50 m de tirant d'eau à la montée et de 10,20 m à la descente ;

• Projets à terme :

- poursuite de l'amélioration des capacités techniques du chenal de navigation, élément vital pour un port d'estuaire, avec deux séries d'actions : gain de productivité et amélioration de la qualité de service et des conditions de sécurité,
- modernisation des moyens de dragage et de sondage.

Développer les activités industrielles et logistiques à proximité du port

• Projets en cours :

- préaménagement d'un terrain à Ambès destiné à sa viabilisation pour l'accueil d'activités et définition d'un équipement similaire sur un terrain à Bassens,
- étude de définition portant sur la réalisation de la plate-forme logistique de l'agglomération bordelaise ;

• Projets à terme :

- réalisation de la plate-forme logistique de Bassens, un des sites de la plate-forme logistique multimodale bordelaise,
- implantations industrielles : grâce à ses capacités nautiques, à l'importance de ses disponibilités foncières sur lesquelles pèsent peu de contraintes environnementales, le port autonome de Bordeaux peut prétendre à l'implantation d'unités industrielles de dimensions importantes.

Revitaliser les espaces délaissés

Depuis le départ des activités portuaires traditionnelles du centre de la ville de Bordeaux et des bassins à flot vers l'aval en 1987, les hangars de la rive gauche et les bassins à flot sont un site majeur à revaloriser.

Le port autonome de Bordeaux a entrepris une étude sur les potentialités de réaménagement des sites portuaires délaissés, préalable au lancement d'une action de commercialisation.

Quant à la réhabilitation des bassins à flot, des réflexions sont engagées afin de préparer les conditions d'une diversification des activités de l'ensemble du secteur et de développer l'activité de plaisance.

Donner la priorité à l'amélioration des axes routiers stratégiques pour le port

L'importance des coûts d'approche terrestre dans la détermination du choix des ports a conduit le port de Bordeaux à recommander toute amélioration du réseau routier de son hinterland afin de le rapprocher de ses clients et de l'ouvrir à de nouveaux trafics.

• Projets relatifs à l'environnement

Les projets relatifs à l'environnement s'inscrivent dans le droit fil des quatre axes majeurs dégagés

dans le cadre de l'opération « Port Avenir » :

- préservation-amélioration de la qualité de l'eau de l'estuaire de la Gironde et des milieux aquatiques associés ;
- protection des milieux naturels ;
- valorisation des paysages ;
- réhabilitation des friches portuaires.

Préservation-amélioration de la qualité de l'eau de l'estuaire de la Gironde et des milieux aquatiques associés

La qualité de l'eau et des milieux aquatiques est une composante essentielle de l'environnement estuaire car elle conditionne les usages multiples de l'estuaire, siège d'un écosystème particulièrement riche.

Cette richesse se traduit notamment par les notions, présentées dans le projet de Sdage du bassin Adour-Garonne, de « zones vertes » (estuaire et zones humides) et d'« axes bleus » (estuaire comme lieu de passage des poissons migrateurs).

Des demandes sont actuellement en cours d'instruction auprès du préfet de la Gironde pour l'extension de la protection de la Garonne et de la Dordogne par arrêtés de biotope (protection de l'esturgeon).

Les différents usages ne sont pas indépendants les uns des autres car, s'ils requièrent une certaine qualité de l'environnement pour s'exercer et notamment une bonne qualité de l'eau, ils peuvent à leur tour perturber certains paramètres du milieu et donc d'autres activités.

La capacité d'optimiser, par des outils quantitatifs, l'adéquation entre le maintien et l'amélioration de la qualité de l'environnement et la réalisation d'équipements nécessaires au développement économique a conduit le port de Bordeaux à proposer une méthodologie pour l'aide à la gestion de l'estuaire. Le projet fait appel à la modélisation qui permet d'analyser et de prévoir les effets d'un aménagement.

Les résultats attendus visent à :

- l'application d'une meilleure méthode de gestion de l'estuaire grâce à la possibilité de prévoir les réactions de l'écosystème à des projets d'aménagements ;
- l'amélioration des débats, sur des bases scientifiques et techniques renforcées, pour la recherche du meilleur équilibre possible entre le développement économique et la préservation de la qualité de l'environnement.

Protection des milieux naturels

En parallèle, l'établissement portuaire poursuivra l'action déjà engagée, relative à la gestion écologique d'espaces naturels en liaison étroite avec les associations de protection de la nature et le Conservatoire du littoral.

Cette action s'inscrit notamment dans le prolongement de la charte pour l'estuaire, signée en 1994 avec le conseil général de la Gironde et deux associations de promotion de la nature, pour la conservation des habitats de l'avifaune sauvage. Des politiques d'acquisition de terrains sont actuellement en cours par le Conservatoire du littoral et par le conseil général de la Gironde. Elles concernent principalement des îles et des zones humides.

Les réflexions menées dans le cadre du réseau « Natura 2000 » en application de la directive « Habitats » conduisent au recensement de l'estuaire de la Gironde ainsi que des marais dans la zone du Nord-Médoc, au nord de Bordeaux et dans la presqu'île d'Ambès.

En collaboration avec la Diren Aquitaine, le port autonome de Bordeaux a défini un programme d'études consistant à procéder à des audits écologiques du patrimoine naturel dans les zones bordant les pôles de développement industrialo-portuaire.

Valorisation des paysages

Les paysages sont un élément essentiel de l'environnement quotidien.

Les activités implantées dans les zones industrielo-portuaires ont façonné les paysages depuis des décennies sans prendre toujours en compte les préoccupations d'une insertion équilibrée dans l'environnement.

Or, la présentation des paysages, le soin mis à les faire évoluer, l'accès à la mémoire sont autant de facteurs pour l'image de marque des zones industrielo-portuaires.

C'est pourquoi l'amélioration de ces zones en terme d'image, élément qui contribuera à la notoriété et à la qualité de service, est envisagée dans un premier temps pour les pôles de Bassens et d'Ambès, dans un second temps pour les sites de Pauillac et du Verdon. Les projets nécessitent des études préalables pour définir les mesures à entreprendre.

Réhabilitation des friches portuaires à Bordeaux
Les intérêts urbains et maritimes se rejoignent pour créer de nouveaux rapports entre la ville et le port.

Le renforcement de l'attractivité globale du secteur de Bordeaux conduit à envisager des opérations afin de créer les conditions de redémarrage d'activités dans les friches portuaires situées à l'aval du centre ville et autour des bassins à flot. Ces opérations s'inscrivent dans une démarche urbanistique qui s'intègre également dans la politique de relation avec l'environnement que doit mener l'autorité portuaire, compte tenu de ses responsabilités dans l'aménagement de l'espace.

Les marées vertes

Les « marées vertes » sont les proliférations littorales d'algues vertes macrophytes (ulves, entéromorphes, monostromes...) facilement détachées d'un support éventuel et se multipliant activement dans la masse d'eau. En flottaison, elles subissent l'effet d'un piégeage hydrodynamique et parfois celui de la houle et du vent. En échouage, elles s'amoncellent sur les plages où elles ont tendance à pourrir. Ce phénomène a été signalé sur de nombreuses côtes dans le monde dès le début du siècle et prend actuellement une acuité particulière (mer du Nord, mer Baltique, lagune de Venise, lac de Tunis avant sa restauration...).

En France, outre les étangs du Languedoc et le bassin d'Arcachon, c'est en Bretagne que l'on trouve le plus grand nombre de sites à marées vertes. Les biomasses produites sont estimées à 150 000 - 200 000 t/an. Ces algues n'ont pas de toxicité directe mais elles entraînent un certain nombre de nuisances qui les rendent indésirables : engorgement du milieu, gêne pour la pêche, étouffement d'autres espèces, parfois diminution de l'oxygène dans les eaux de fond, dégagement d'ammoniac et d'hydrogène sulfuré lors de leur dégradation et possibilité de mortalités locales de certaines espèces benthiques (de fond). Elles ont surtout la particularité d'avoir un impact très nuisible sur le tourisme local et sur l'image de marque des zones où elles se produisent.

Les études entreprises en baie de Saint-Brieuc ont montré que l'azote était le principal paramètre responsable des proliférations :

- les fluctuations interannuelles de biomasse des marées vertes correspondent bien aux flux azotés moyens en juin, alors qu'il n'existe pas de corrélation avec le phosphore ;
- des analyses dans les tissus des algues indiquent que les ulves manquent régulièrement d'azote à la fin du printemps et au début de l'été, alors qu'elles restent toute l'année bien pourvues en phosphore. Cela est vraisemblablement dû à ce que les ulves ont besoin de peu de phosphore pour leur croissance et que ce nutriment est relargué à partir du sédiment (le stockage se faisant en toutes saisons à partir de diverses origines : naturelle, industrielle, domestique et agricole).

L'ulve est dotée d'une forte capacité de pompage et de stockage des sels nutritifs, ce qui lui permet de tirer parti des arrivées intermittentes de nutriments lors des crues des rivières au printemps et en été.

Un modèle mathématique, basé sur la physiologie de l'ulve et le recyclage des nutriments, met en évidence le rôle bénéfique des réductions d'apports d'azote sur la biomasse totale. Les réductions des apports de phosphore ont beaucoup moins d'effet. D'ailleurs, une expérimentation grandeur nature de déphosphatation dans les stations d'épuration bordant la baie de Saint-Brieuc n'a pas permis de réduire les biomasses d'algues vertes qui fluctuent en fait d'une année à l'autre en fonction des arrivées d'azote à la fin du printemps.

Zones sensibles aux marées vertes

Deux conditions simultanées sont indispensables pour provoquer une prolifération d'algues vertes littorales :

- un hydrodynamisme spécifique (piégeage de la masse d'eau littorale se diluant très difficilement avec l'eau du large : courants de marée résiduels presque nuls). Cette notion de courantologie côtière et de temps de résidence des eaux dans une baie apparaît comme une notion fondamentale qui caractérisera la sensibilité d'une zone littorale ;
- une arrivée d'eau douce directe par le haut de la plage provoquant un flux de nutriments azotés nécessaires à l'alimentation des ulves en flottaison dans la masse d'eau ou en échouage à basse mer. Le temps de résidence important de cette eau dans la baie permet aux nutriments d'être en quasi-totalité disponibles pour une consommation par les ulves présentes. La notion de flux est ici essentielle : un débit important d'eau relativement peu chargée en nitrate aura le même effet qu'un débit faible d'eau très chargée.

Si l'un des deux éléments vient à manquer, le site côtier s'en tirera sans dommage particulier vis-à-vis de l'eutrophisation à macroalgues.

Les apports des bassins versants pouvant être générés très en amont par les activités humaines, il faut prendre en compte les caractéristiques de ceux-ci pour bien comprendre leur vulnérabilité vis-à-vis du littoral :

- la superficie va conditionner les apports globaux d'azote ;
- la pluviométrie efficace (pluviométrie moins évapotranspiration) conditionne les écoulements et les lessivages ;
- la nature géologique du sous-sol va permettre soit de stocker des réserves souterraines nitratées qui soutiendront les flux de printemps et d'été (période de pousse des algues vertes), soit de générer des écoulements importants en période de crues (plutôt hivernales) avec pour conséquence de faibles flux relatifs en été ;
- le taux d'hydromorphie des sols est un indicateur de leur saturation potentielle en eau et de leur potentialité de dénitrification naturelle ;
- la concentration en nitrate dans l'eau du cours d'eau est très liée aux excédents de fertilisation azotée du bassin versant.

Le déplacement d'émissaire, envisageable dans le cas des rejets urbains, ne l'est plus pour des rivières. Des recommandations doivent alors être préconisées pour la gestion des activités sur les bassins versants.

Traitements des algues

Différents procédés d'élimination des algues ont été testés par le Ceva de Pleubian (Côtes-d'Armor).

- Stockage en décharge

Si la décharge n'est pas imperméable, cette solution ne constitue qu'un transfert de pollution.

- Épandages agricoles

En baie de Lannion, 80 % des algues ramassées sont destinées à l'épandage (doses recommandées : 50 m³/ha).

L'inconvénient est que le sable enlevé avec les ulves peut contribuer à l'érosion de la plage s'il est soustrait en trop grande quantité. Localement, il peut y avoir des trous consécutifs à ces prélevements, ce qui peut accentuer le piégeage des algues.

- Compostage

La généralisation du procédé se heurte à un problème de coût. Le produit final obtenu n'est pas un terreau de très bonne qualité à cause de sa forte teneur en sel.

Il faut noter une expérience de prétraitement d'algues vertes concernant la baie de Saint-Brieuc : on mélange 20 % de matière carbonée à 80 % d'algues vertes ; le produit est stabilisé en 3 mois. Ce procédé semble présenter un certain nombre d'avantages :

- réduction des nuisances (odeur et jus de liquéfaction) par rapport à la décharge ;
- réduction du retour des nutriments à la mer ;
- simplification des procédés de fabrication.

Il reste actuellement à mieux définir le marché de ce produit élaboré.

- Tentatives de valorisation

- méthanisation : le fonctionnement du pilote mis en place au Ceva a démontré la faisabilité technique. Les difficultés proviennent de l'irrégularité saisonnière de l'approvisionnement en ulves, incompatible avec une production énergétique fonctionnant en continu. De plus, les sous-produits de la méthanisation contiennent de l'azote ;

- alimentation animale : la faisabilité technique a été établie en 1985 et l'incorporation d'ulves à l'alimentation des poules a mis en évidence l'influence sur la coloration du jaune d'oeuf.

Les problèmes de valorisation apparaissent liés au caractère saisonnier de la ressource, à la qualité hétérogène des ulves et à la concurrence d'autres algues.

Prospective

Pour les terrains perméables, il faudrait éviter la fuite des nitrates dans le sol, particulièrement en saison pluvieuse et fraîche (peu de fertilisation en fin d'automne et en hiver, pas de terres laissées à nu, traitement des excédents de déjections animales...).

Pour les terrains imperméables, il faut limiter le ruissellement de surface au printemps lors de fortes pluies (création d'obstacles au ruissellement, préservation et réhabilitation des terres hydromorphes à action dénitrifiante, fertilisation raisonnée à dose progressive...).

Les ulves, en pourrisant, dégagent des odeurs nauséabondes. Dans le cadre normal des processus biochimiques, la matière organique est dégradée par des bactéries et il y a reminéralisation de l'azote et du phosphore, ce qui entretient l'eutrophisation de la zone côtière. Dans le cas d'une mise en décharge, il est donc recommandé de les déposer dans un endroit où le ruissellement ne

risque pas de recontaminer le milieu marin. Parallèlement, de meilleures solutions doivent être imaginées : compostage, traitement...

Il faut toutefois noter qu'actuellement le ramassage sur l'estran par des engins classiques de travaux publics est le seul pratiqué. Des tentatives de ramassage des algues proliférantes dans l'eau, effectuées dans certains secteurs du littoral breton, se sont jusqu'à présent soldées par des échecs parce qu'elles n'ont pas été suffisamment étudiées. C'est cependant une piste qui reste intéressante à tester.

Comme il a été mentionné précédemment, une baisse significative, à court terme, des apports d'azote ne peut être envisagée. Les biomasses d'ulves sur le littoral dépendent en grande partie des conditions hydrologiques régnant en mai-juin. Elles constituent, dans certains secteurs, des nuisances majeures qui sont un frein au développement touristique. Le ramassage des algues n'est qu'un palliatif. Si l'on veut s'attaquer aux causes, il faut réduire les apports d'azote !



Les espèces proliférantes introduites accidentellement

Il ne s'agit pas d'espèces favorisées par les apports de sels nutritifs mais d'espèces introduites accidentellement dans le milieu et dont le développement est générateur de nuisances.

La crépidule

La crépidule (*Crepidula fornicata*) est un mollusque gastéropode filtreur d'environ 5 à 6 cm de long. Ce n'est pas un prédateur des mollusques comestibles mais un compétiteur pour la nourriture, puisqu'il s'alimente des mêmes matières en suspension que les autres mollusques filtreurs (huîtres, coquilles Saint-Jacques, pétoncles...).

Le problème posé par la crépidule est sa prolifération rapide. Inconnue sur les côtes européennes voici 100 ans, inconnue en France voici 50 ans, elle est aujourd'hui l'espèce la plus dense dans de nombreux secteurs littoraux et constitue une gêne réelle pour les professionnels qui travaillent à la drague ou au chalut.

Les secteurs les plus favorables à sa prolifération sont, justement, ceux qui présentent les meilleures caractéristiques pour la conchyliculture. Dans les secteurs de forte colonisation, le peuplement forme un tapis dense où l'on peut compter jusqu'à 8 500 individus par mètre carré (Nord-Chausey, 1985).

Extension géographique de l'espèce

La crépidule est originaire de la côte est de l'Amérique du Nord où elle vit naturellement, du Canada aux Caraïbes. Elle arrive en Europe vers 1880 dans le port de Liverpool en Angleterre, à l'occasion d'un transport d'huîtres de Virginie. De là, elle gagne la côte nord de l'Angleterre et les parcs ostréicoles de la Tamise. On la retrouve en Europe du Nord dans les années trente. Elle atteint l'Irlande en 1960.

En France, le littoral est relativement protégé jusqu'avant la dernière guerre grâce à l'interdiction d'importer et de remettre à l'eau des coquillages étrangers. Mais la crépidule arrive sur les plages du Calvados à l'occasion du débarquement allié,

fixée sur la coque de navires. Les ports de Cherbourg et de Brest, soumis à un important trafic militaire, deviennent des foyers de prolifération vers les centres ostréicoles. La baie de Vilaine est atteinte vers 1960, l'estuaire de la Loire en 1964, Marennes-Oléron en 1970, puis Arcachon dans les années soixante-dix. La crépidule est également présente sur les côtes espagnoles. Elle se développe parallèlement dans les parcs de Cancale dans les années soixante-dix et envahit l'ensemble du secteur. En 50 ans, cette espèce a conquis toutes nos côtes, d'abord les centres ostréicoles où elle trouve un terrain favorable, puis l'ensemble des zones littorales. Sa présence est donc, on le voit, étroitement liée aux pratiques de la conchyliculture.

Particularité spécifique

La progression très rapide de la crépidule est due à ses caractères physiologiques particuliers.

- Cas peu fréquent dans la nature, les individus s'empilent les uns sur les autres en agglomérats de plusieurs dizaines d'individus étroitement soudés.
- Au cours de sa vie (au maximum 10 ans), l'individu est d'abord mâle, puis indifférencié et enfin définitivement femelle. À l'intérieur d'un même agglomérat, il y a donc fécondation directe entre les individus mâles et les individus femelles. Les cellules reproductrices ne sont donc pas dispersées dans le milieu, comme chez la majorité des mollusques.
- Une fois fécondés, les œufs (entre 10 000 et 25 000) sont conservés par la femelle à l'intérieur de la coquille et ne sont libérés qu'après transformation en larve autonome. Quand les conditions sont favorables, il peut y avoir plusieurs pontes par an.

Plusieurs centaines de milliers de larves, provenant d'un seul agglomérat, peuvent ainsi essaimer durant une semaine au gré des courants, se fixer sur un support favorable et reformer la base d'une nouvelle chaîne ou continuer l'évolution d'une colonie déjà implantée.

Les supports nécessaires à l'installation des individus sont indifférenciés : cailloux, coquilles, mais aussi coquillages vivants (huîtres, pétoncles,

coquilles Saint-Jacques, etc.) et même crustacés. Si les fonds les plus favorables sont ceux de sédiments grossiers, tous les substrats sont susceptibles d'être colonisés, quelle qu'en soit la nature.

Lutte contre la prolifération

Comme il ne semble pas réaliste de prétendre se débarrasser totalement de cette espèce gênante, on ne peut qu'enrayer le processus de prolifération par une intervention régulière, au moins sur les zones de forte densité.

Si des solutions de type chimique ont quelquefois été mentionnées, elles sont à proscrire dans le milieu, surtout en zone conchylicole. Le broyage du coquillage vivant, avant sa remise à l'eau, est également à déconseiller car, outre le fait qu'il enrichit inutilement le milieu en matière organique, il ne détruit pas pour autant les œufs et les larves de taille inférieure au millimètre. La remise à l'eau systématique ayant jusqu'à présent favorisé sa dissémination, il est urgent d'appliquer le décret du 30 décembre 1932 imposant la destruction par mise à terre des tonnages récoltés. Des essais viennent d'avoir lieu, en Charente-Maritime, pour ébouillanter les crépidules avant leur rejet en mer. Ils s'avèrent concluants mais le procédé est relativement onéreux, tout au moins au niveau des premiers essais.

Valorisation

L'utilisation de la crépidule comme ressource est actuellement envisagée. Si son utilisation dans l'alimentation humaine ne porte que sur de petites quantités, la valorisation de grandes quantités est possible dans l'alimentation animale. Des essais sont réalisés actuellement en baie de Saint-Brieuc avec des partenaires industriels. Le produit frais est broyé, séché et réduit en farine pour l'incorporer aux aliments destinés aux volailles d'élevage. D'autres possibilités de valorisation existent. Par exemple, la coquille et la chair de l'animal sont séparées ; la première est utilisée comme amendement calcaire en agriculture, la seconde pour l'alimentation animale.

Une mise à terre régulière, suivie d'une transformation, est, à nos yeux, la seule méthode raisonnable pour, sinon supprimer, du moins réduire la gêne occasionnée par cette espèce.

Pour que cet effort soit rentable, il serait souhaitable que cette collecte soit réalisée à une certaine échelle (une baie par exemple), car il ne servirait à

rien de nettoyer un secteur si des actions similaires ne sont pas réalisées dans les zones voisines.

On peut espérer que la dynamique qui se crée autour de ce problème en Bretagne Nord soit une incitation pour les autres départements côtiers à entreprendre des actions équivalentes. C'est sur l'ensemble du littoral français, qu'il faut, dès aujourd'hui, intervenir si l'on veut être efficace.

Recommandation

Plusieurs départements financent actuellement des opérations de dragages de crépidules. Compte tenu de la rapidité avec laquelle cette espèce se reproduit, il est à craindre que ces opérations aient un impact limité si elles restent ponctuelles. Il serait préférable d'investir dans la valorisation du produit. Si un débouché intéressant est trouvé, il y aura automatiquement un prélèvement régulier qui limitera l'extension du stock. Les essais financés, en partie, par la région Bretagne s'avèrent intéressants. On approche de l'équilibre financier pour valoriser le produit en tant qu'amendement calcaire. Les gisements de maërl étant actuellement surexploités, l'interdiction de leur exploitation pourrait favoriser l'utilisation des crépidules comme produit de remplacement.

La sargasse

L'algue brune *Sargassum muticum* (Yendo) Fenzl est originaire des côtes japonaises où elle constitue des peuplements peu denses, en mode semi-battu à calme, dans l'infralittoral superficiel. Elle a considérablement étendu son aire de répartition, en partie par le biais du vecteur que constitue le naissain d'huître japonaise *Crassostrea gigas* (Thunberg). En Europe, *Sargassum muticum* est signalée pour la première fois en 1973, à Wight, sur les côtes anglaises de la Manche ; en 1975 elle est observée du côté français de la Manche, à Saint-Vaast-La-Hougue ; elle atteint ensuite la Belgique, les Pays-Bas, la Suède et la Norvège. Au Sud, elle est également signalée en Espagne, au Portugal, ainsi que dans la lagune de Venise.

Alors qu'au Japon cette algue ne pose pas de problèmes (présence de brouteurs spécifiques divers et très actifs - compétition interspécifique), ailleurs, son développement anarchique représente une gêne pour :

- la conchyliculture : salissures des parcs à huîtres

qu'il faut « nettoyer », destruction de certaines installations durant les tempêtes par suite de l'augmentation de surface, exportation en dehors des parcs de certains coquillages sur lesquels l'algue a pu se fixer, barrage au mouvement de la marée retardant le flot et le jusant ;

- la pêche : inaccessibilité pour la pêche à pied, recouvrement de casiers, difficultés de la navigation, engorgement des crépines, blocage des hélices ;
- la plaisance et la baignade.

Il faut toutefois signaler que cette algue est de moins en moins évoquée comme génératrice de problèmes. La phase invasive a vraisemblablement atteint un palier en France et toutes les niches écologiques disponibles ont été occupées. Quant aux professionnels concernés, « ils font avec », en improvisant au niveau des techniques d'éradication (hersage à basse mer, par exemple).

L'expansion de *Sargassum muticum* continue-t-elle ?

C'est une question à laquelle il est difficile de répondre pour les côtes françaises. Les professionnels de la mer se sont habitués à cette algue et ne signalent plus son expansion.

Comme pour toute espèce marine, des fluctuations importantes interannuelles compliquent l'analyse. On assistera, certainement, dans les années à venir à des équilibrages et ajustements de population en fonction de prédateurs plus ou moins performants et nombreux et de la capacité d'occupation du milieu marin. Il est utopique d'espérer sa disparition rapide de nos côtes. L'espèce fait désormais partie de la flore indigène. Elle a su coloniser une niche écologique disponible avec une stratégie très performante de dissémination de produits sexués. De plus, douée d'étonnantes capacités de fixation, elle a pu coloniser des secteurs où aucune autre algue dressée ne pouvait se développer.

Essais de valorisation

Différents essais de valorisation ont été réalisés à l'échelle du laboratoire. Aucun ne s'est révélé très probant. Aucune piste n'a fait l'objet d'une exploitation de type industriel, la raison principale étant que d'autres algues ou d'autres produits sont actuellement plus intéressants (par exemple, *Laminaria digitata* convient mieux à la production

d'alginate). S'il se confirme que les nuisances engendrées par *Sargassum muticum* s'estompent, le problème de la valorisation ne se posera plus.

Prospections des possibilités de lutte directe

Les techniques de lutte chimique, par herbicide ou tout autre produit, phytohormones par exemple, se heurtent aux impossibilités de contrôle inhérentes au milieu marin. Il n'a, par ailleurs, pas été possible de trouver disponibles des produits suffisamment sélectifs. Ce sont donc les techniques de lutte mécanique les plus immédiates qu'il a fallu privilégier. Les acquis de données biologiques fondamentales telles la période de reproduction, variable suivant les régions, la durée de viabilité des produits sexués, les périodes de croissance et de densité maximales ainsi que les données de stock, obtenues par télédétection, se sont avérées essentielles pour rationaliser la lutte par enlèvement mécanique.

C'est donc la conjonction de données diverses, de prime abord disparates, qui a permis de définir les outils du moment les plus adaptés.

Alors que de nouvelles espèces continuent de s'implanter avec succès sur les côtes françaises, accompagnées chacune d'un cortège de nuisances diverses, il apparaît de plus en plus urgent de se donner des moyens de lutte efficace. Ceux-ci incluent non seulement des avancées significatives dans le domaine scientifique mais également dans le domaine législatif.

Enfin, la délivrance d'autorisations d'importation et de culture d'espèces marines nouvelles devrait désormais prendre en compte, au premier chef, les bouleversements écologiques et économiques qu'elles sont susceptibles d'entraîner et non pas l'intérêt commercial apparent représenté.

Prospective

L'impact d'espèces introduites accidentellement peut être considérable et il est très difficile de lutter contre ce phénomène dans un milieu aussi complexe que la mer.

On peut penser qu'à terme chaque espèce introduite finira par trouver sa « niche écologique » et sera en équilibre. Mais au prix de quels bouleversements ? Et que dire des introductions de plancton toxique ? Et de celles des bactéries,

virus, protozoaires (*Bonamia*, *Marteilia*) ? Il convient donc :

- de mettre en place une législation efficace à l'échelle européenne puisque désormais les déplacements de mollusques autres que les huîtres plates sont libres (ou presque) entre les États de l'Union européenne ;
- d'appliquer avec rigueur la législation existante ;
- de suivre à la lettre les recommandations du code de conduite du Ciem* (1994) concernant les introductions et les transferts d'espèces ;

- de créer, au plan national, un groupe de travail en relation étroite avec les structures de décision nationales et les organisations internationales concernées (Ciem).

« Enfin, pour se donner les moyens de compréhension et de contrôle sur les phénomènes de prolifération, aussi bien latents qu'apparents, et parer aux menaces éventuelles, le développement des moyens d'étude et de suivi des milieux naturels est indispensable ».



* Comité international pour l'exploitation de la mer.

Les zones humides littorales

Les zones humides littorales peuvent être définies comme des terres constituées de sédiments fins, inondées ou saturées d'eau de façon permanente ou temporaire, l'eau pouvant être douce, saumâtre ou salée. La frange côtière amphibia des marais littoraux, faite généralement du même matériel, doit y être associée ainsi que les slikkes et les tanguaies. Pour ce qui est de la limite supérieure des zones humides littorales, toute zone inondée ou potentiellement inondable de la frange littorale doit être prise en compte. Certaines sont directement soumises au régime des marées, d'autres correspondent à la submersion hivernale de dépressions situées en arrière d'obstacles naturels ou d'ouvrages édifiés par l'homme.

À l'état naturel, les zones humides littorales comprennent quatre grands ensembles morphologiques : les estuaires, les vases salées, les marais maritimes et les marais littoraux. L'intervention de l'homme a notamment donné naissance aux polders et aux marais salants.

Rôle écologique des zones humides

Le rôle écologique des zones humides a été longtemps méconnu. Or, celles-ci assurent des fonctions très variées, liées à leurs particularités hydrologiques qui favorisent le développement de processus physiques, chimiques et biologiques bien spécifiques. Leur intérêt est attesté par l'introduction à l'annexe I de la directive européenne, dite directive « Habitats », de l'ensemble des zones humides soumises à la marée.

Les zones humides jouent un rôle pour :

- la protection du littoral et le maintien d'un effet tampon ;
- l'amélioration de la qualité des eaux (rétenzione d'un certain nombre de contaminants tels que les métaux lourds ou les bactéries fécales) ;
- la production primaire* et paraprimary** ; de tous les milieux couvrant la surface du globe, les marais côtiers comptent parmi les plus fertiles ;

* Production végétale due aux algues, phanérogames marines ou phytoplancton.

** Production due aux microorganismes (photosynthétiques ou chimiosynthétiques).

- la protection d'une faune et d'une flore spécifiques à ces milieux (de nombreuses espèces n'existent plus que dans quelques zones humides ; faire disparaître ces dernières revient à appauvrir le patrimoine génétique mondial), ainsi que d'une faune dépendante, à un moment de sa vie, de ces milieux (point de passage obligé pour certaines espèces migratrices : oiseaux, poissons...) ;
- l'économie : enrichissement des eaux en poissons, ovins de prés salés, exploitation des bancs de palourdes et de coquilles Saint-Jacques, aquaculture traditionnelle (huîtres, moules) ou plus récente (saumons, truites de mer), lieux de loisirs (promenade, pêche, chasse), d'observation, d'éducation.

Au-delà de ces raisons strictement utilitaires qui justifient l'intérêt porté aux zones humides littorales, ne peut-on s'accorder à penser, tel en 1962 Peter Scott, ornithologue britannique de réputation mondiale, que, dans une civilisation évoluée, les valeurs esthétiques et éthiques devraient primer toutes les autres, et que l'Europe se devrait de maintenir dans ses paysages la plus grande diversité possible d'habitats naturels pour leur beauté intrinsèque, leur valeur stimulante ?

Fragilité des zones humides

Les zones humides sont des écosystèmes très fragiles, et chaque espèce qui s'y trouve a des exigences physiologiques strictes, liées au climat, aux rythmes de submersion, aux échanges avec le milieu marin, à la qualité des sédiments.

Aussi, à la moindre variation des facteurs écologiques, le groupement d'origine laisse-t-il la place à un autre mieux adapté. Cependant, il est souvent très difficile de prévoir les conséquences d'un aménagement.

La régression, tant qualitative que quantitative, des zones humides littorales de la façade atlantique a plusieurs causes :

- l'abandon de la gestion traditionnelle de ces milieux : disparition de la saliculture, abandon

de la fauche et du pâturage au profit de pratiques agricoles plus intensives (mise en culture) s'accompagnant de travaux hydrauliques (drainage, endiguement, évacuation rapide des crues, irrigation, remembrement) ;
- le développement (en liaison avec le tourisme) de l'urbanisation, de la plaisance, des sports nautiques (remblaiements pour constructions ou parkings, création de plans d'eau et voies nouvelles) ;
- le développement portuaire ;
- la lutte contre l'érosion et les ouvrages de protection contre la mer ;
- la pollution des milieux aquatiques en général, qu'elle soit d'origine urbaine, industrielle ou agricole.

Les zones humides littorales sont, on le voit, très convoitées. Leur disparition peut avoir des conséquences d'ordre sédimentologique (érosion du littoral) et d'ordre biologique, diminution de la production primaire d'une zone, baisse des rendements de la pêche côtière, raréfaction de certaines espèces, modification de la migration de certains oiseaux...).

La situation en France

L'évaluation des politiques publiques en matière de zones humides a été décidée le 21 mars 1991 par le Comité interministériel de l'évaluation (Cime) présidé par le Premier ministre.

Le rapport a été rendu en 1993 et publié en 1994. Le groupe de travail a analysé soixante-seize zones humides d'importance nationale, dont dix-neuf zones humides littorales de la façade atlantique. Ces zones ont fait l'objet d'une expertise portant sur leur état écologique et leur perspective d'évolution. De ce travail se dégage un bilan très négatif, laissant apparaître une régression des zones humides littorales, à la fois en surface et en qualité.

Sur les dix-neuf zones nous intéressant, au cours des trente dernières années :

- deux ont été très dégradées (l'estuaire de la Loire dont une grande partie des milieux naturels ont été détruits et dont le fonctionnement écologique a subi des perturbations majeures ; le marais poitevin : 45 000 ha de prairies naturelles dont une majorité de prairies humides, sur un ensemble de 65 000 ha, ainsi que tout le réseau hydraulique,

ont été transformés et le fonctionnement écologique de la zone a été très perturbé) ;
- quatorze ont été nettement dégradées ;
- deux sont restées plus ou moins stables (le bassin d'Arcachon et la rade de Brest) ;
- une seule a vu son état s'améliorer (le marais d'Audierne, récemment racheté par le Conservatoire du littoral, qui a mis en œuvre un programme de restauration).

Ainsi, 84 % des zones humides littorales expertisées sur la façade atlantique ont donc subi une dégradation au cours des trente dernières années. Les perspectives d'évolution esquissées ne sont pas plus réconfortantes :

- pour quatre zones, la dégradation serait quasi certaine dans les années à venir ;
- onze zones auraient un avenir incertain ;
- quatre zones devraient voir leur état se stabiliser, voire s'améliorer.

Les conclusions d'ensemble de l'état des lieux ne soutiennent donc en aucun cas l'hypothèse, parfois retenue - ou parfois avancée à dessein - selon laquelle les zones humides seraient aujourd'hui en phase de transition rapide entre une période de dégradations intenses qu'elles ont subies au cours des dernières décennies et une période à venir qui devrait les voir se stabiliser.

Les conclusions des travaux engagés par l'instance accréditent en fait l'idée contraire, fondée sur l'analyse de l'état objectif des zones humides et confortée par celle du jeu des acteurs, qu'il n'y a pas d'inflexion vers une perspective plus positive.

Les perspectives

L'analyse des tendances orientée vers l'avenir est tout aussi sévère.

Malgré une relative amélioration attendue de la situation des petites zones humides, liée à la motivation forte de certains acteurs locaux, le patrimoine que constituent les zones humides prises dans leur ensemble continuera de régresser, à la fois en surface et en qualité.

La situation est telle que même un changement radical de cap et d'échelle, la mise en place d'une politique et la prise d'initiatives résolument novatrices et ambitieuses ne pourront jamais permettre qu'un ralentissement de ce processus avant plusieurs années.

De telles prospectives, aussi sombres qu'elles puissent paraître, n'en sont pas moins réalistes. La dégradation est si forte et si rapide que l'alternative porte sur une poursuite de cette régression, à attitudes et à moyens constants, ou, au mieux, à son atténuation progressive dans le cas d'un changement drastique d'échelle de perception et de résolution des problèmes conjugué à un accroissement net des moyens de tous ordres qui leur sont affectés.

Les recommandations

Face à ce contexte, l'instance propose donc une véritable politique publique, cohérente, structurée et affichée des zones humides organisée en deux points :

- une stratégie volontaire comportant à la fois un changement de cap et d'échelle dans le domaine de la gestion et de l'aménagement des zones humides et, dès à présent, la correction d'un certain nombre de textes et d'errements ;
- un programme décennal d'actions.

Une stratégie volontaire

- Changer de cap et d'échelle :
 - reconnaître aux zones humides l'importance « d'infrastructures naturelles » et leur en conférer le statut ;
 - considérer les deux valeurs consubstantielles des zones humides, patrimoniale et fonctionnelle ;
 - assurer une parité de traitement à l'ensemble des fonctions des zones humides ;
 - assurer aux zones humides une gestion particulière.
- Corriger dès maintenant un certain nombre d'errements et de textes :
 - prendre en compte le coût social et économique d'un projet affectant une zone humide ;
 - réviser le principe de compensation ;
 - ajuster les politiques publiques, nationales et internationales intervenant sur les mêmes espaces ;
 - reconsiderer les missions de certains organismes publics et parapublics ;
 - évaluer finement l'état de certaines zones humides ;
 - toiletter les codes.

Un programme d'action

- Afficher la volonté de l'État de mener à bien une véritable politique publique des zones humides.
- Assurer une gestion intégrée et patrimoniale des zones humides qui s'appuie sur la loi sur l'eau.
- Renforcer la concertation interministérielle.
- Créer un pôle de compétence scientifique et technique sur les zones humides.
- Développer des actions pilotes et un suivi.
- Nourrir le débat public :
 - assurer une meilleure information et communication,
 - développer une meilleure formation.

Conclusion

Le constat sur l'état des zones humides d'intérêt national est donc quelque peu alarmiste. Au niveau des recommandations, il n'est pas nécessaire d'aller au-delà de celles du groupe de travail. On peut, en revanche, demander une meilleure connaissance cartographique au 1/25 000 des zones humides, de l'occupation du sol, des activités..., ce qui permettra d'identifier les changements à un intervalle de temps régulier : 5 à 10 ans.

Il s'agit d'un travail important mais qui constitue un passage obligatoire si l'on veut acquérir une connaissance suffisante pour la prise de décision.

Il faut toutefois noter qu'en France le bon fonctionnement de certaines zones humides littorales dépend étroitement de l'intervention humaine (gestion traditionnelle). En effet, certaines zones humides, sans entretien, deviennent eutrophes et se comblent peu à peu. Ce processus ne peut être limité qu'en entretenant le système de drainage... ce qui nécessite le maintien d'une activité économique.

Cas particulier : aménagement des marais de l'Ouest

Les marais de l'Ouest occupent une superficie d'environ 200 000 ha entre la Loire et la Gironde. L'histoire de ces marais se résume à une succession de phases d'exploitation puis d'abandon.

Les aménagements initiaux datent de l'époque romaine avec la création des premiers marais salants. Au cours des premiers siècles de notre ère, les habitants, logés sur des îlots et des huttes, commencèrent à exploiter les marécages pour les pacages d'été et organisèrent de très nombreuses pêcheries. Mais il fallut attendre le Moyen Âge pour voir des aménagements significatifs réalisés par des moines. Suivirent au XVII^e siècle les grands « dessèchements » commencés sous Henri IV et repris au XIX^e avec la loi du 18 septembre 1807.

La Grande Guerre sonna le glas de l'entretien des marais. Les grands travaux ne reprirent qu'à partir du deuxième plan de modernisation et d'équipement (1954-1955).

Grands travaux contemporains

Il y avait une double nécessité :

- d'évolution technique des activités imposée par le déclin de la saliculture, le développement de l'ostéiculture et les contraintes grandissantes de l'économie de marché touchant l'agriculture ;
- de rénovation des équipements collectifs, abandonnés depuis plus d'un siècle.

Le décret du 20 mai 1955 visant à la modernisation et à l'équipement de l'agriculture dans les « marais de l'Ouest », confirmé par une loi programme de 1960, a engagé les travaux menés dans le cadre de plans quinquennaux : digues de protection contre la mer, retenues sur les rivières, canaux et ouvrages d'art divers (écluses, vannes, portes...), recalibrages de rivières, drainages...

Les seuls grands travaux destinés à développer l'activité en milieu salé furent les polders conchyliologiques de Bouin et de L'Aiguillon-sur-Mer (Vendée). Un important programme destiné à assurer la maîtrise des niveaux d'eau a été entrepris et partiellement réalisé durant les années soixante-dix. Dans les années quatre-vingt, les travaux ont

concerné principalement :

- la construction d'ouvrages de protection contre la mer ;
- la réalisation d'équipements collectifs hydrauliques.

Marais en eau douce

Ces aménagements ont été conçus dans le but essentiel de développer l'agriculture par drainage et irrigation. Cette évolution a été rendue nécessaire car l'exploitation agricole extensive n'était plus rentable, en particulier du fait de charges foncières importantes.

Ainsi, à l'agriculture extensive traditionnelle se substitue peu à peu une agriculture intensive : blé, maïs, tournesol..., ce qui modifie considérablement l'interface entre les domaines terrestres et maritimes et le rôle des marais vis-à-vis de l'eau douce. Auparavant, le marais était un système régulateur qui stockait l'eau en période pluvieuse et restituait une eau de bonne qualité (lagunage) en période sèche.

Les travaux hydrauliques, en accélérant considérablement les transits, sont responsables de dessalures beaucoup plus prononcées et d'une contamination chimique plus importante (les temps de transit sont insuffisants pour une biodégradation des produits phytosanitaires), deux paramètres qui, amplifiés, peuvent poser problème à la conchyliculture. Par ailleurs, la suppression des arrivées d'eau douce en période sèche pose des problèmes de production primaire. Ce phénomène est encore amplifié par les prélèvements d'eau à des fins d'irrigation.

Marais en eau salée

Il existe 27 000 ha de marais alimentés en eau salée dont 4 000 ha sont naturels.

13 % (3 450 ha) sont endigués et en exploitation dont 850 pour la saliculture, 2 000 pour la conchyliculture, 300 pour la pisciculture extensive traditionnelle et 300 ha pour l'aquaculture nouvelle. 19 000 ha sont inexploités pour des raisons socio-économiques.

Le fonctionnement de ces marais est étroitement lié aux mouvements des eaux douces et salées dépendant, eux-mêmes, de la morphologie des embouchures, de la circulation des eaux côtières,

des régimes des bassins versants fluviaux et, évidemment, de la gestion des eaux dans le marais.

Les marais salés jouent un rôle :

- de chambres de mélange (échangeur entre l'eau douce et le milieu marin) ;
- d'accumulateurs de matériel particulaire ;
- de transformateurs de matière minérale en matière organique ;
- de régulateurs de production primaire par suite d'une alimentation soutenue en sels nutritifs par les eaux côtières en hiver et par le sédiment en été (recyclage par minéralisation des détritus).

Le marais naturel (vasières, schorres, roselières) exporte des composés nutritifs organiques, du phytoplancton, des détritus, sert de nourriceries et d'habitat pour de nombreuses espèces.

Le marais endigué produit, de manière contrôlée, algues, mollusques, crustacés, poissons..., en fonction des capacités du site et de la production décidée par l'exploitant.

La condition essentielle du rendement de production réside dans l'adéquation des apports nutritifs à la consommation interne. On prévient l'emballlement du système (dystrophie) par le renouvellement d'eau, le « parage et les assecs » du sédiment, l'enlèvement des algues...

L'intégration de toutes les données instantanées (amplitude de la marée, conditions météorologiques, débit et qualité des eaux, biomasse...) constitue le travail de « conduite du marais ».

Le principal problème rencontré dans les marais salés est celui des conséquences du défaut d'entretien dû à l'abandon de 19 000 ha. Ce phénomène est moins lié à la productivité biologique qu'à des facteurs grevant le bilan d'exploitation : morcellement parcellaire, situation, desserte...

Les défauts d'entretien (brèches dans les digues, vannes hors service...) détournent vers des marais inexploités d'énormes quantités d'eau qui font défaut plus en amont. Livrer les marais à eux-mêmes n'est pas la solution car ils ont été modélisés par l'homme et ont besoin, pour se maintenir, de l'intervention humaine : « l'obsolescence ne crée pas un retour à l'ancien : les slikkes primitives sont définitivement perdues... » (Vigarié, 1978).

Conclusion

Les 200 000 ha de marais de l'Ouest représentent un atout considérable dans un pays dont 50 % des zones humides ont disparu en moins d'un siècle.

Deux dangers guettent ces marais.

- Pour les marais en eau douce, le développement d'une agriculture intensive pose des problèmes de gestion de l'eau, de pollution...

Il est primordial de maintenir, dans ce pays d'interénétration de la terre et de la mer, une compatibilité entre les activités terrestres et marines. En Charente-Maritime, différentes commissions ont été créées pour gérer correctement l'eau douce (recalibrage des canaux, création des bassins de rétention, lutte contre les rejets d'eaux de mauvaise qualité...) ; c'est un exemple à encourager et à développer.

- Pour les marais salés, le problème est lié à l'abandon de 19 000 ha qui se traduit par un défaut d'entretien du système de gestion hydraulique, ce qui, à terme, constitue une menace pour l'existence même de certains marais.

Prospective

Dans un pays où l'on a parfois du mal à savoir ce qui est terre et ce qui est marais (doux ou salé), les activités maritimes et terrestres doivent pouvoir coexister, ce qui entraîne automatiquement des contraintes, une gestion commune de l'eau...

Certains ont avancé l'idée que la conchyliculture moderne ne pourrait plus se développer en marais compte tenu, en particulier, des menaces de pollution et qu'il fallait aller « en eau profonde ». Sans critiquer le développement de cette forme de conchyliculture et en l'encourageant, il est permis de penser que l'ostréiculture en claires a encore de l'avenir et qu'il ne servirait à rien d'arrêter la lutte pour garantir une eau de bonne qualité, sinon à avoir un marais dégradé, à l'abandon et source de nombreuses nuisances. Il faut donc continuer à se référer au critère de la qualité et avoir la volonté d'améliorer la situation lorsque cela est nécessaire.

Il importe également de redonner vie aux 19 000 ha du marais salé « abandonnés ». C'est certainement une question difficile et longue à résoudre.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut raisonnablement miser sur :

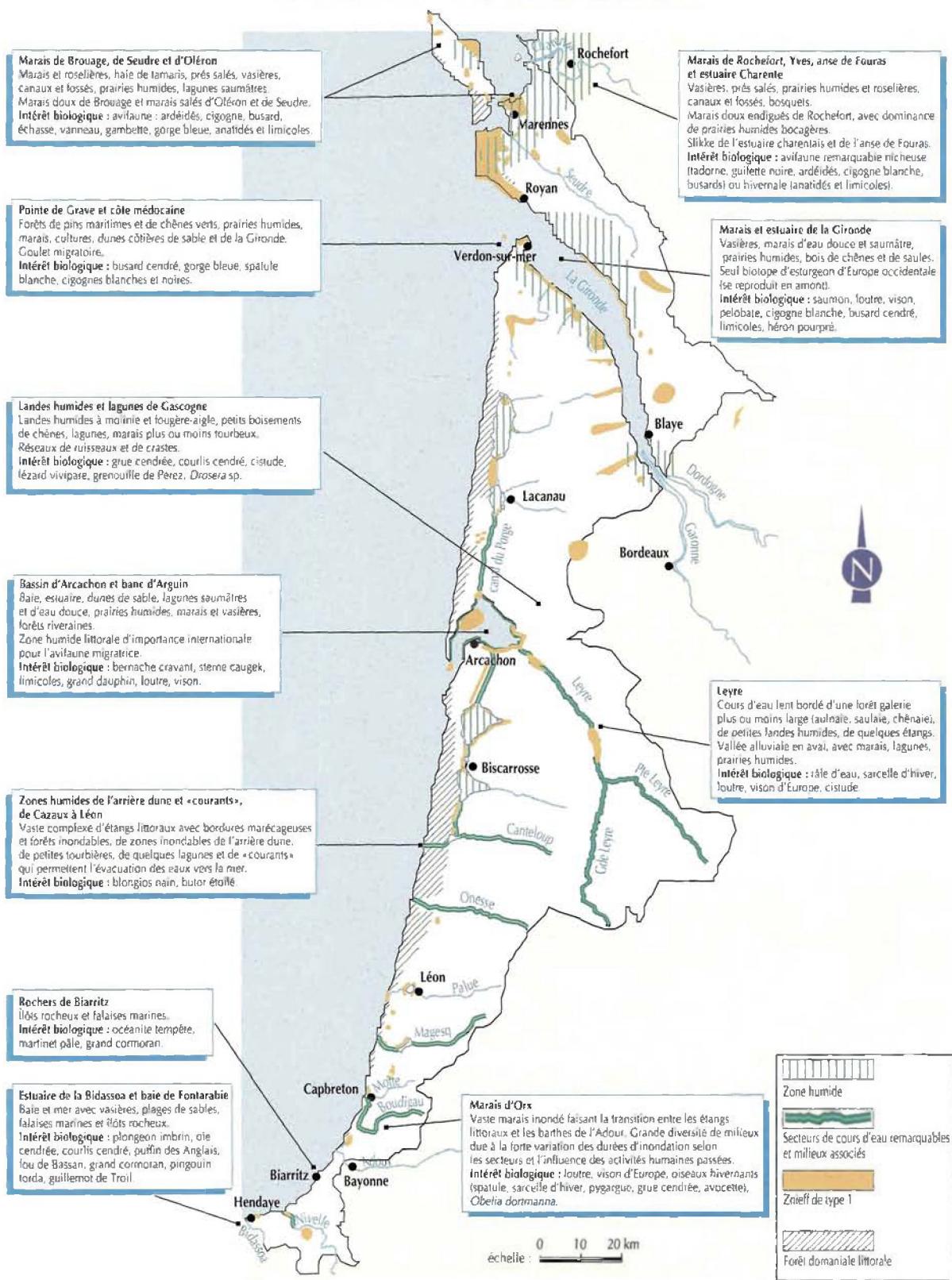
- l'élevage de mollusques filtreurs ;
- l'élevage semi-extensif de poissons qui doit être mis en place préférentiellement à l'élevage intensif. Les élevages intensifs seraient automatiquement en nombre limité par suite des contraintes environnementales. En revanche, les rejets des élevages semi-extensifs sont sans effet sur l'environnement (toute dégradation des sites rendrait impossible ce type d'aquaculture) ;
- l'élevage de crevettes (en particulier la crevette impériale).

En ce qui concerne le marais doux, il convient d'être très prudent avec le développement d'une agriculture intensive. L'idéal serait de pouvoir analyser le besoin en fonction des situations fran-

çaise et européenne. C'est difficile compte tenu des contraintes économiques actuelles. Il faudrait essayer de promouvoir une réflexion à l'échelle des marais atlantiques pour tenter de trouver les meilleurs moyens de développement possibles car les marais, créés par l'homme, ne doivent leur survie qu'à l'homme. Ils doivent continuer à être le siège d'activités économiques respectueuses de l'environnement et de la faune. Dans une région qui a de nombreux atouts touristiques, ils doivent aussi être attractifs et conserver une grande qualité de paysages.

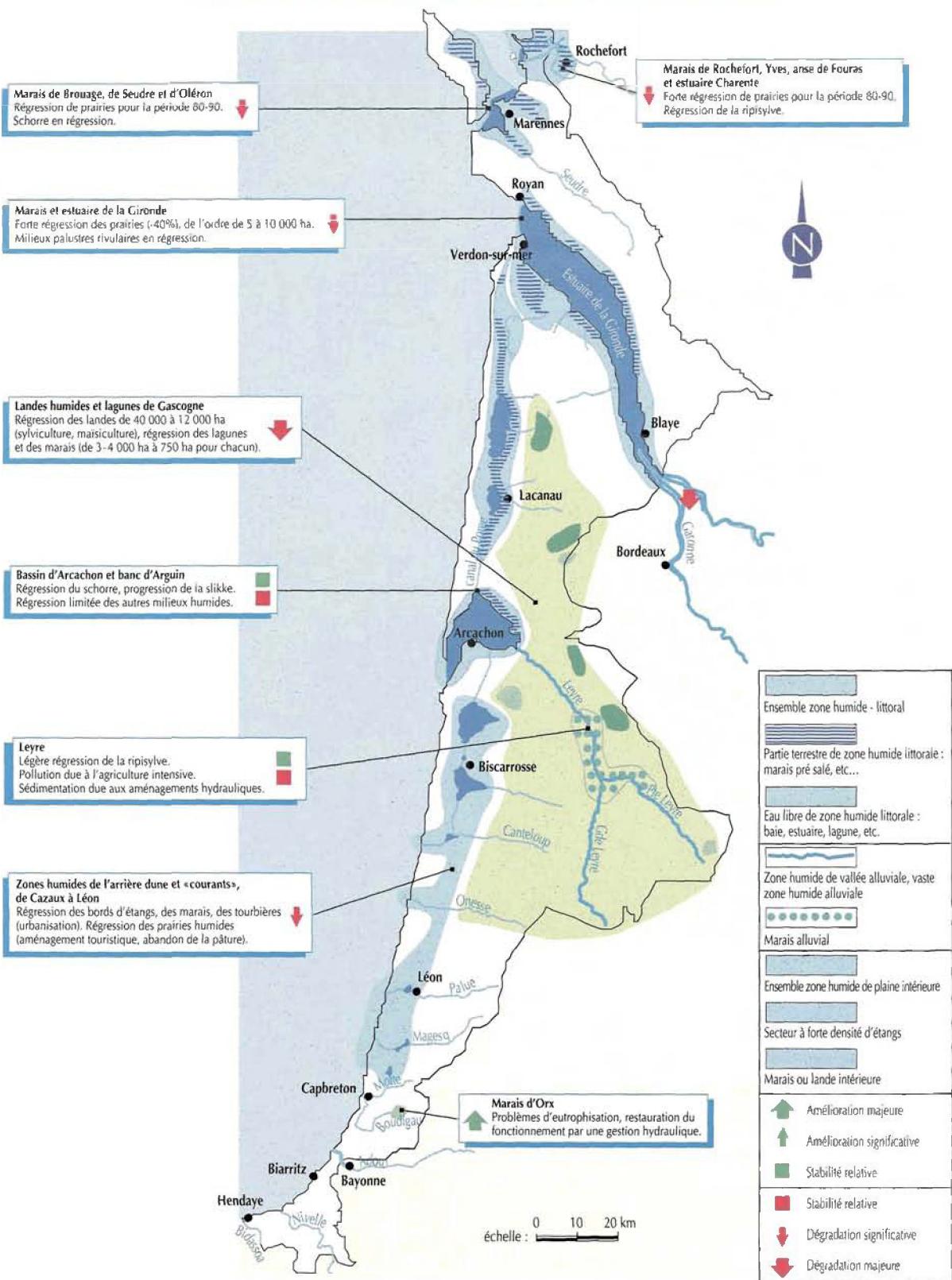
Les sauniers ont su « forger » des paysages qui ont duré des siècles et qui ont profondément marqué cette région. Saurons-nous inventer, dans le marais, un nouveau style de paysage qui n'ait rien à envier à l'ancien ?

Zones humides et écosystèmes aquatiques



Littoral et espaces côtiers du bassin Adour-Garonne - Février 1995

Les milieux humides. Perturbations et dysfonctionnements



Source : Commissariat général du Plan - Ministère de l'Environnement

Littoral et espaces côtiers du bassin Adour-Garonne - Février 1995

L'état de la ressource vivante

Cultures marines

Bref panorama de l'aquaculture française

L'aquaculture française est caractérisée par la diversité des espèces exploitées et la coexistence d'activités traditionnelles et de pratiques plus récentes, en cours de développement. Ainsi, la conchyliculture marine et la pisciculture continentale sont les principaux fournisseurs des tonnages produits et des emplois du secteur. Parallèlement, la pisciculture marine, la diversification conchylicole, les algues alimentaires... cherchent à affirmer ou conforter leur place. Un autre élément remarquable est l'importance prise par les régions de l'Ouest qui assurent l'essentiel de cette production (à plus de 80 %) : façade Manche-Atlantique pour les coquillages, arrière-pays proche pour la salmoniculture continentale (Normandie et surtout Bretagne et Aquitaine).

Huîtres

L'ostréiculture est une activité principalement traditionnelle, artisanale et familiale. Elle connaît des difficultés structurelles qui influent sur les prix et la gestion des bassins. La consommation française est considérée comme proche de la saturation dans les conditions actuelles. Des projets de labels et des tentatives de promotions régionales tentent d'améliorer les conditions du marché. Certains bassins sont soumis à des problèmes de surcharge, avec un allongement de la durée de croissance des huîtres. En matière de techniques, la production de naissain en écloserie et le télé-captage sont en augmentation.

L'huître creuse (*Crassostrea gigas*) constitue la principale production aquacole française (130 000 - 150 000 t selon les années), consommée à 99 % dans le pays. La France est ainsi en tête, à la fois pour la production et la consommation de cette espèce en Europe. L'essentiel de la production provient d'élevages sur l'estran, principalement en poches. La finition en claires est une spécialité des marais atlantiques (Vendée, Charente).

L'élevage de l'huître plate (*Ostrea edulis*) est toujours sous le coup des maladies parasitaires qui

l'affectent depuis les années quatre-vingt (*Marteilia* et *Bonamia*), d'où le faible tonnage (environ 2 000 t) produit. Ces huîtres proviennent essentiellement de semis en eau profonde et sont récoltées ensuite par dragage (Bretagne).

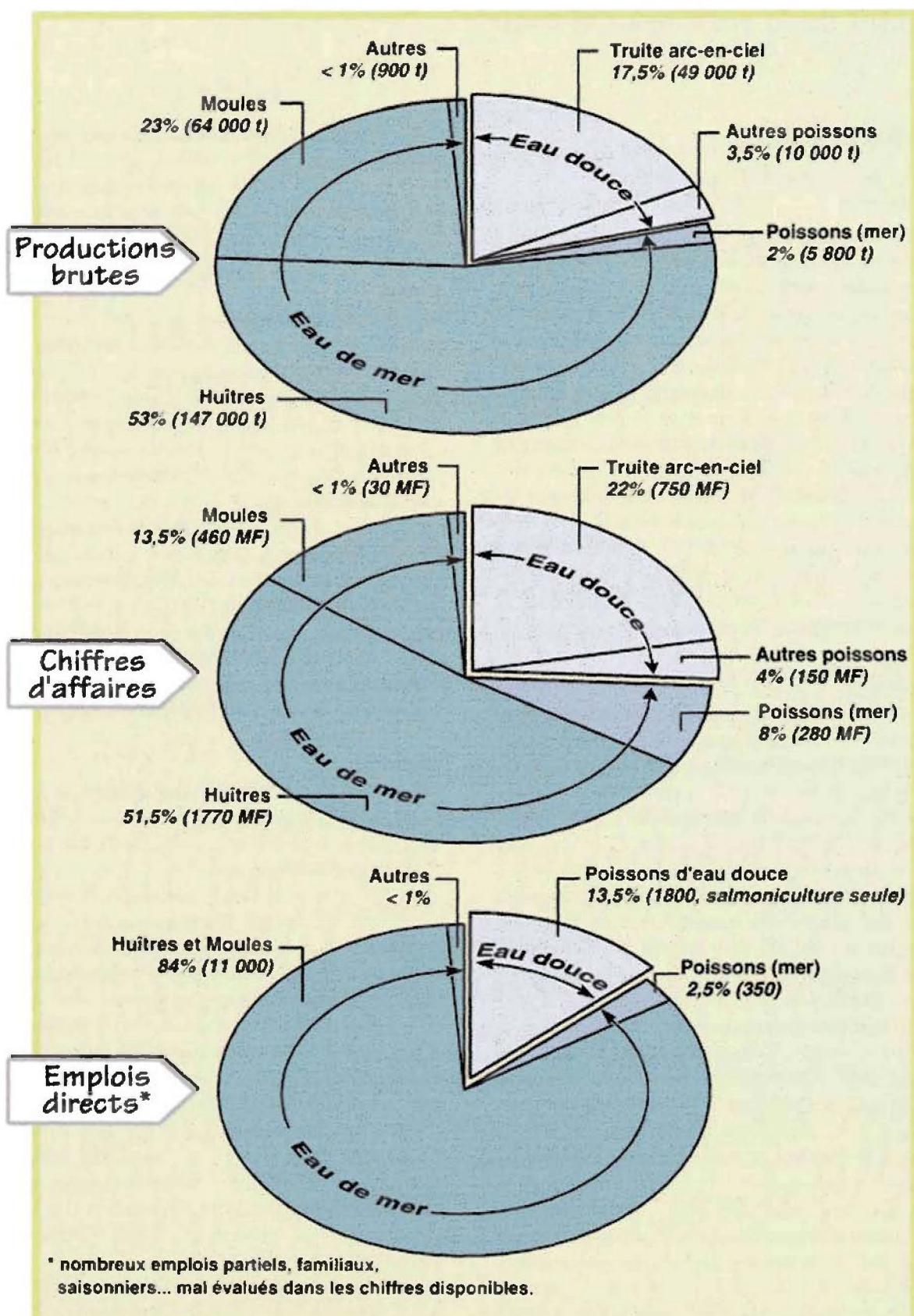
Moules

Par rapport à la production nationale, le marché français de la moule (*Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*) est bien plus ouvert que celui de l'huître creuse. L'aquaculture (de l'ordre de 60 000 t/an) ne couvre en effet que la moitié environ de la consommation. La différence est comblée par la pêche et les importations en provenance des pays voisins (Espagne, Hollande principalement). Les apports de la pêche, fonction du recrutement naturel et de la production des bancs, sont irréguliers et susceptibles de menacer l'équilibre des prix (60 000 t débarquées en 1993). L'essentiel de la production de moules sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique provient de bouchots en zone intertidale. Les filières en mer ouverte, bien développées en Méditerranée, ont fait leur apparition.

Poissons

Comparée aux mollusques, la production française de poissons élevés en mer est encore modeste, bien qu'en progression constante (1 400 t en 1990, environ 6 000 t en 1994-1995). Cette augmentation est le résultat d'une amélioration des performances des installations existantes, sans création de fermes nouvelles, essentiellement en raison de difficultés d'obtention d'emplacements. Pour des raisons de climat et de sites ainsi que de concurrence avec les productions massives d'Europe du Nord, les espèces de salmonidés classiques font l'objet d'une activité limitée : saumon atlantique (*Salmo salar*), truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). La truite fario (*Salmo trutta fario*), mieux adaptée aux conditions locales en Manche-Atlantique, apparaît comme une espèce de substitution dont l'élevage en cages se développe (total salmonidés : 1 800-2 000 t en 1994-1995).

La production du loup ou bar (*Dicentrarchus labrax*) et celle de la daurade (*Sparus aurata*) sont en expansion, surtout en Méditerranée où ces



Principaux chiffres de l'aquaculture française, 1994. D'après Morice, Merceron et Kempf, 1996 ; sources Ifiom : ministère de l'Agriculture, Ifremer.

poissons sont élevés en cages (total : 375 t en 1990, environ 3 500 t en 1994-1995).

Le turbot (*Scophthalmus maximus*), espèce atlantique, connaît une production réduite, en augmentation (1991 : 60 t ; 1992 : 130 t ; 1994/1995 : 600-800 t). Son élevage se pratique en bassins à terre, remplis d'eau pompée. Dans les marais de la côte atlantique, l'utilisation d'eau salée de forage, à température constante (environ 14 °C), permet de se rapprocher de l'optimum thermique pour l'élevage de l'espèce.

Autres espèces

L'algue alimentaire asiatique *Undaria pinnatifida* montre un début de production (70 t), encore confrontée à un problème de création de marché en France, en Europe et au Japon.

Parmi les mollusques, la palourde asiatique (*Ruditapes philippinarum*) a vu son élevage fortement perturbé par un développement naturel non prévu de cette espèce introduite en Europe. La pêche prend ainsi une part croissante dans les approvisionnements. La coquille Saint-Jacques est produite en aquaculture jusqu'au stade juvénile, comme support d'une activité de semis-recapture intégrée à la pêche.

La crevette japonaise (*Penaeus japonicus*) est élevée en production accessoire d'autres espèces en marais maritimes, selon des techniques extensives. La production est faible (environ 30 t) et assez aléatoire.

Relations entre la conchyliculture et l'environnement

Risques épizootiques

On a assisté, en France, dans les vingt dernières années à la multiplication des constats de problèmes phytotoxiques, à la disparition des huîtres plates et portugaises, à l'échec de l'élevage de la palourde japonaise... à la suite des épizooties ayant pour origine des parasites « étrangers » ou non (*Marteilia*, *Bonamia*, *Vibrio P1*).

Des risques potentiels existent pour les espèces actuellement cultivées (herpès-virus) mais on ne peut pas affirmer, dans l'état actuel de nos connaissances, que ces épizooties ont un lien quelconque avec la dégradation de l'environnement.

Certains parasites tels que le ver *Polydora*, responsables de la dégradation de la qualité des

huîtres, sont naturellement présents dans le milieu. Ils semblent avoir une évolution cyclique et apprécient les zones enrichies en matière organique. L'enrichissement du milieu pourrait donc favoriser leur prolifération.

Il convient donc d'être vigilant pour ne pas favoriser les risques épizootiques. En conséquence, il est indispensable d'appliquer, de manière très stricte, la directive européenne sur les transferts de produits vivants d'aquaculture.

La salubrité microbiologique des coquillages

Elle dépend essentiellement des conditions environnementales. Le problème de la salubrité des zones de production est développé dans le chapitre II : l'état du milieu - surveillance microbiologique. Le classement de salubrité des zones est délicat et suscite, pour certaines, des polémiques. La mise en place d'équipements de purification est assez mal perçue par la profession conchyliole car contraire au principe pollueur-paiteur.

La présence de phycotoxines

Elle peut entraîner l'interdiction temporaire de commercialisation des coquillages. Ce point est développé dans le chapitre II : l'état du milieu - surveillance phytoplanctonique.

Comme on l'a indiqué dans cette partie, il n'est pas impossible que les apparitions de plancton toxique soient favorisées par l'enrichissement du milieu et l'accroissement des échanges maritimes internationaux (eaux de ballast).

Problèmes environnementaux pouvant avoir des conséquences sur la conchyliculture

Polluants

Il est bien connu que certains polluants agissent à des doses très basses chez l'huître *Crassostrea gigas* ; des concentrations de l'ordre de 2 ng/l de TBT provoquent des anomalies de calcification de la coquille caractérisées par la formation de nombreuses poches remplies d'une substance gélatineuse. Le TBT a eu des effets très importants sur l'ostréiculture du bassin d'Arcachon à la fin des années soixante-dix qui ont été à l'origine de l'interdiction de ce produit pour les bateaux de moins de 25 m. La production d'huîtres était tombée à 3 000 t en 1981 contre plus de 10 000 t en année normale. Actuellement, les études réalisées en rade de Brest dans le cadre du contrat de baie indiquent que « la qualité de l'eau de la rade de

Brest apparaît impropre à la croissance de certaines espèces, en particulier l'huître creuse... en raison de teneurs excessives en TBT ».

Des concentrations importantes de polluants toxiques pour le consommateur peuvent rendre des sites inaptes à la production conchylicole. C'est le cas en Gironde avec le cadmium.

Eutrophisation de sites enclavés

Les mortalités de coquillages (parfois importantes) sont, le plus souvent, difficiles à interpréter. Dans certains cas, on a pu suspecter l'eutrophisation du milieu qui pourrait intervenir de manière indirecte : des anoxies (ou hypoxies) répétitives liées à l'enrichissement du milieu affaiblissent le coquillage qui devient plus vulnérable aux maladies et parasites. De plus, les anoxies provoquent, dans le sédiment, une réduction du nitrate et, éventuellement, du sulfate, ce qui peut modifier le pH et altérer la capacité de calcification de l'huître qui va donc s'affaiblir.

Ces cas sont toutefois limités et ne semblent pas avoir un impact économique considérable. Mais un enrichissement excessif du milieu pourrait, peut-être, créer des situations d'épizooties endémiques.

Déficit trophique

À l'inverse, certaines régions (le bassin de Marennes-Oléron par exemple) sont victimes des déficits des apports d'eau douce en période estivale. Les prélèvements d'eau à des fins d'irrigation entraînent une diminution des apports de sels nutritifs dans les eaux littorales à une époque où leur présence est particulièrement importante (« bloom » ou efflorescence de fin d'été indispensable aux huîtres pour passer l'hiver dans de bonnes conditions). Ces phénomènes sont aggravés par la surcharge des bassins conchylicoles.

Qualité du milieu

La conchyliculture peut, dans certains cas, être génératrice de nuisances : la présence de tables et de bouchots affaiblit les courants. Il y a donc une tendance naturelle à l'exhaussement, ce phénomène étant accéléré par les rejets de fèces et pseudofèces. Les dépôts peuvent atteindre plusieurs dizaines de centimètres par an. À certains endroits, il est nécessaire de procéder, à intervalles réguliers, à l'enlèvement des tables, ce qui permet un autonettoyage des installations ostréicoles. Mais, dans tous les cas, l'impact est limité aux seules zones d'élevage.

La conchyliculture peut avoir de l'influence sur la biodiversité notamment par l'introduction d'espèces étrangères (voir : espèces proliférantes - sargasse).

Dans certains cas, l'impact peut être positif. L'introduction de filières mytilicoles crée un effet de récif artificiel favorable au développement de la pêche récréative.

La présence de parcs conchylicoles est le garant d'une bonne qualité du milieu, l'élevage étant interdit en zone insalubre. Les critères de qualité des plages ont amené les collectivités territoriales à investir des sommes importantes dans l'épuration. La même situation va se produire avec le classement des zones de production.

Occupation de l'espace

La conchyliculture a besoin d'espace aussi bien à terre que sur le domaine public maritime. Elle est donc partie prenante dans toutes les concertations concernant l'aménagement du territoire, le zonage du littoral...

La loi Littoral et la prise en compte d'autres intérêts (écologiques, touristiques...) sont souvent perçues par les conchyliculteurs comme des contraintes fortes, voire des menaces pour leur développement (ou, seulement même, leur maintien).

À l'inverse, la conchyliculture peut être perçue par d'autres activités (tourisme maritime...) comme une nuisance : occupation de l'espace, gêne à la navigation, à l'accès au littoral à partir de la mer. Dans d'autres cas, c'est un attrait : l'activité conchylicole, dans certaines régions, a forgé le paysage littoral (cabanes, ports, parcs...) et constitue un atout. Cette activité est génératrice d'emplois et d'une activité côtière permanente. Elle est à l'origine de produits « de terrain » à fort attrait touristique.

Interactions entre la pisciculture marine et l'environnement

Par sa nature et ses exigences, l'aquaculture est très dépendante de l'environnement et entretient avec lui des relations étroites. Cette activité a essentiellement besoin d'espace et d'eau de qualité. En retour, son intégration dans la bande côtière et la minoration de ses impacts demandent un choix judicieux des sites ainsi qu'une conduite des élevages adaptée.

Espaces, sites

L'aquaculture est consommatrice d'espace côtier, et ce d'autant plus que les techniques employées sont plus extensives (conchyliculture, poissons en marais). Cette occupation concerne la mer côtière (poissons en cages) ainsi que les installations à terre, nécessairement proches de l'eau (écloseries, poissons en bassins intensifs à circulation d'eau pompée), sans oublier les zones de marais maritimes (bassins à poissons en terre, alimentés en eau par la marée).

En zones de marais, les élevages semi-extensifs représentent une alternative intéressante pour l'occupation du territoire et la conservation d'écosystèmes façonnés par l'homme. Mais cette activité connaît de grandes difficultés économiques en raison de la chute constante des cours du poisson (bar notamment).

Pour les poissons en systèmes intensifs, le besoin d'espace est proportionnellement réduit car les densités d'élevage permettent des productions importantes sur des surfaces limitées. Ceci est particulièrement vrai pour les cages flottantes qui utilisent la concession dans ses trois dimensions. En revanche, le choix du site et la charge totale sont primordiaux pour assurer une bonne dispersion des nutriments apportés au milieu et éviter un impact négatif.

Qualité de l'eau

La pisciculture marine requiert une eau de qualité pour la santé du consommateur, l'image de marque du produit et le bien-être des espèces cultivées, elles-mêmes témoins de la santé de l'environnement. Elle est donc très dépendante des impacts négatifs d'autres activités localisées sur la bande côtière ou les bassins versants, voire du milieu lui-même. Ceci implique une absence de pollution et de plancton toxique pour les animaux. À ce titre, les réseaux de surveillance du milieu mis en place pour garantir la santé des consommateurs de coquillages (plancton toxique notamment) peuvent également concerner les espèces nuisibles pour les élevages.

Dynamique et apports

En mer, la dynamique joue un rôle prédominant dans la dispersion des apports naturels et anthropiques. Dans le cas des élevages intensifs de poissons, un bon équilibre entre la taille de la ferme et

la capacité dispersive du site assure ainsi un impact minimum, supportable pour l'environnement.

Pour ce qui est de l'utilisation directe du milieu, la pisciculture marine intensive a débuté avec des petites unités, des infrastructures légères, en des endroits très protégés et faciles d'accès (lagunes, bassins à marée, fonds de baie...). De tels sites ont rapidement montré leurs limites : absence ou insuffisance de renouvellement d'eau, sédimentation naturelle importante, risques d'accidents de pollution et d'eutrophisation, augmentation du risque pathologique...

Le matériel et les techniques ont évolué vers l'augmentation de la taille unitaire et de la robustesse du matériel, permettant ainsi l'occupation de sites plus ouverts et dispersifs. Dans ces conditions, l'impact sur la colonne d'eau devient négligeable. Les teneurs en ammonium, principal produit d'excrétion dissous du poisson (85 % de l'azote excrété), restent dans la limite des concentrations normales du secteur et ne sont guère décelables qu'au voisinage immédiat des cages. De même, les dépôts solides (aliments non consommés et fèces des poissons) sont dispersés. L'enrichissement du fond, s'il existe, reste limité et confiné à l'aplomb des cages.

Dans les élevages en bassins en ciment, le renouvellement actif de l'eau par pompage et l'emploi de plus en plus systématique d'oxygène liquide assurent le bien-être des poissons et de bonnes performances de production. Un rejet après lagunage ou dans un site dispersif permet également de minimiser les risques d'enrichissement du milieu. Une situation particulière est l'utilisation d'eau souterraine salée, qui peut être nécessaire en grande quantité pour la régulation thermique des piscicultures (marais atlantiques). Il convient dans ce cas de gérer correctement cette ressource en tenant compte des différents consommateurs potentiels et des impératifs géologiques (fragilisation du sous-sol...).

Pathologies, introductions, sélection...

Les élevages marins suivent la même logique que les cultures et les élevages terrestres : monospécificité, sélection, concentration, introductions, transferts... Ils présentent donc les mêmes risques d'apparition et de dissémination de maladies, de parasites et d'espèces indésirables ou concurrentes ; dans une moindre mesure, ils peuvent

également connaître un appauvrissement du patrimoine génétique. Si ces risques sont inévitables, une bonne pratique des élevages permet pourtant de les limiter.

Conclusion

Les cultures marines françaises, toutes espèces confondues, représentent une activité économique significative et sont en tête de la production européenne en tonnage. Elles constituent un complément non négligeable à la pêche et peuvent parfois se substituer à celle-ci. Cette évolution doit être considérée avec une attention particulière dans le cas des poissons dont la capture connaît de graves difficultés, en grande partie liées à la limitation des ressources halieutiques. L'aquaculture a également son importance pour l'occupation et l'animation du territoire en zone littorale. À cet égard, ses aspects non marchands, difficiles à apprécier, doivent aussi être pris en compte dans une perspective d'aménagement et de gestion de la bande côtière (image, garantie de qualité, conservation des paysages, activité globalement favorable à l'environnement...).

En effet, l'aquaculture marine, qui assure l'essentiel de ses productions directement dans le milieu, est très sensible au respect et à la qualité de celui-ci. Elle joue donc, en quelque sorte, un rôle de sentinelle.

Production halieutique

On sait actuellement constater (et, dans certains cas, prévoir) les effets macroscopiques des impacts directs :

- disparition ou raréfaction d'une espèce à cause d'un polluant, d'une surexploitation...
- disparition d'un herbier suite à un aménagement ;
- prolifération d'une espèce plus ou moins nuisible par suite de l'eutrophisation ou par introduction accidentelle...

Tous ces impacts modifient des caractéristiques physiques des habitats (des écosystèmes) et de leurs peuplements ce qui entraîne des conséquences sur la production halieutique, la capacité d'absorption du milieu, la résistance de la faune et de la flore à de nouvelles perturbations

anthropiques ou naturelles (une tempête, un réchauffement des étés ou un refroidissement des hivers).

La coquille Saint-Jacques en rade de Brest illustre très bien ce type de situation : une population déjà surexploitée avant 1963 s'est effondrée à cause d'un hiver très rigoureux (environ 80 % de mortalité) ; puis, dans les années suivantes, le stock est devenu très faible du fait de la surexploitation (trop de bateaux). Les fonds laissés libres ont alors été colonisés par d'autres ascidies, éponges, bryozoaires puis, après son introduction, par la crépidule. Restaurer la production d'avant 1963 nécessiterait de travailler les fonds pour éliminer la crépidule. Le cas de la baie de Saint-Brieuc est assez similaire. La moitié du gisement de coquilles Saint-Jacques est actuellement perdue et remplacée par la crépidule. On peut également citer la disparition d'herbiers broutés par les oursins ; elle a entraîné la disparition de toute la faune associée de poissons et d'invertébrés.

Différentes études ont montré que les modifications du milieu et des peuplements benthiques avaient des conséquences sur le recrutement des poissons, des coquillages... La disparition et l'altération des zones humides côtières, où se trouvent les nourriceries, les modifications des peuplements benthiques ont des conséquences sur la ressource. Des déficits en oxygène ont une grande importance sur le recrutement de certaines espèces. Des estuaires comme celui de la Loire, soumis à des hypoxies chroniques, pourront donc avoir un rôle moins important que dans le passé pour la production halieutique.

En ce qui concerne l'impact des polluants, le problème est plus complexe. Les nouveaux développements en écotoxicologie marine (voir surveillance RNO - effets biologiques) montrent que des polluants peuvent avoir des conséquences sur certaines activités enzymatiques. Y a-t-il des conséquences au niveau du recrutement ? On ne peut l'affirmer dans l'état actuel de nos connaissances. On peut, toutefois, penser que les fortes concentrations en certains polluants trouvées épisodiquement en zone côtière après des périodes pluvieuses peuvent avoir des conséquences, en particulier sur les stades larvaires qui sont fragiles. Le rendement de certaines nourriceries côtières pourrait être altéré par la pollution. C'est vraisemblable, mais cela n'a jamais été prouvé.

En ce qui concerne les nécroses observées parfois sur certaines espèces de poisson, les données épidémiologiques conduisent à penser que la pollution du domaine littoral favorise le phénomène. Toutefois, compte tenu des résultats des études conduites à ce sujet au niveau international, la démonstration de cause à effet reste encore à établir.

La difficulté qu'il y a à mettre en relation l'accroissement de la pollution du milieu, l'altération ou la destruction de certains substrats et la diminution de la ressource halieutique est due à plusieurs causes :

- le milieu marin est naturellement variable. Comment déterminer si une variation est naturelle ou provoquée par l'action de l'homme si l'on ne possède pas de longues séries chronologiques ?
- le milieu marin est exploité par l'homme. Pour la très grande majorité des pêcheries, les diminutions de rendement constatées sont, dans la plupart des cas, induites par la surpêche. « La persistance, deux décennies après la fin de la phase d'expansion géographique de la pêche, de fortes surcapacités, d'une surexploitation et de conflits physiques à tous les niveaux - de l'international au local - montre que les méthodes de régulation héritées de la période où les ressources n'étaient pas globalement contraignantes ne conviennent plus pour réguler l'accès... Par contre, les initiatives des pays qui se sont attaqués avec détermination et imagination au problème connaissent des résultats conformes à l'analyse » (J.-P. Troadec, 1996). Il faut, en particulier, dénoncer avec vigueur les captures de juvéniles opérées le plus souvent en toute illégalité et qui ont une influence considérable sur le niveau des ressources ;
- l'altération des fonds par le chalutage a également une influence sur la ressource. En baie de Saint-Brieuc, par exemple, l'Ifremer a réalisé une étude sur l'impact des engins de pêche. Il apparaît que la baie est « labourée » dans son intégralité, en moyenne, trois fois par an ! (dragues à coquilles Saint-Jacques, à petits bivalves, chalut de fond pour la seiche). Il semble que ces labourages favorisent la prolifération des crépidules, par essaimage. Celle-ci est encore amplifiée par les tris opérés à bord des bateaux en marche (rejets en mer de coquilles parasitées par des crépidules). Ces labourages favorisent aussi la prolifération des crépidules en produisant des supports qui permettent la fixation des jeunes sur des

coquilles cassées ou dans les sillons du labourage qui constituent des zones abritées. Par ailleurs, le chalutage provoque des dégâts sur la faune marine (coquilles cassées, poissons blessés ou tués...), ce qui, tout en augmentant la pression de la pêche sur des espèces non visées, favorise la prolifération des nécrophages.

Un groupe de travail du Ciem analyse l'effet de la pêche sur les écosystèmes. La question est très complexe. On conçoit l'impact comme une relation de causalité directe entre pêche et espèces ou habitats alors que les effets se propagent en cascade au travers de réseaux d'interactions biotiques (trophiques et de compétition) et d'exploitation (interactions entre métiers).

Il faut traiter à part le cas des espèces **euthalines** (qui ne pénètrent généralement en estuaire que lors de certaines écophases de leur cycle biologique). Elles sont alors très tributaires de la qualité de l'environnement dans les estuaires. Ces espèces peuvent être, dans certains cas, d'origine dulçaquicole (épinette, sandre, carpe, perche) mais sont, pour la plupart, d'origine marine (congre, raie, sole, anchois, bar...) et **amphihalines** (qui effectuent leur croissance et leur reproduction dans des milieux de salinité différente et ne peuvent passer de l'un à l'autre qu'à des moments précis de leur cycle biologique). De par leur écologie, ces espèces sont plus sensibles aux impacts anthropiques. On peut citer : la lamproie marine, la lamproie de rivière, l'esturgeon européen (espèce actuellement protégée en Gironde et faisant l'objet d'un important programme de restauration - mais toujours confrontée au problème de la destruction de ses zones de frayères), l'aloise vraie, l'aloise feinte, le saumon atlantique, la truite de mer, l'anguille, l'éperlan, le flet, le mullet...

Les poissons migrateurs qui remontent très en amont sont gênés dans leur migration par une série d'écrans ou d'obstacles. Un effet cumulatif des obstacles physiques et des défauts de gestion altère l'état des circuits de migration et des stocks de renouvellement.

Sur la Loire, le premier obstacle est un **écran biologique** : le bouchon vaseux. En période d'étiage, les anoxies ou hypoxies très sévères provoquées par l'eutrophisation générale de la Loire fluviale constituent un obstacle infranchissable (plus de

20 km de long avec des taux d'oxygène compris entre 0 et 1 mg/l). En année hydrologique normale, cette situation se produit principalement entre les mois de juin et d'octobre, ce qui pénalise en premier lieu l'aloise, notamment à la descente des juvéniles. En septembre, des mortalités massives de mulets sont observées. Comptées en dizaines de tonnes, elles sont du même ordre de grandeur que les captures annuelles de la pêcherie estuarienne de mulets en Loire.

Sur la Gironde, le bouchon vaseux est aussi un écran mais les hypoxies sont moins prononcées.

Les barrages constituent un écran physique à la migration. Les annexes 4 et 5 mettent clairement en évidence les responsabilités de ceux-ci sur les bassins de l'Adour et de la Garonne (Dordogne).

Les destructions de frayères et de nourriceries par aménagements portuaires, industriels, agricoles, par comblement ou exploitation de granulats constituent une nuisance économique majeure. La défense de ces sites doit être engagée au bénéfice des ressources halieutiques mais aussi à celui de la préservation d'un patrimoine naturel collectif dont la valeur intrinsèque peut dépasser celle de la pêche.

L'ensemble de ces obstacles, de ces dégradations, la surpêche, la fraude sont responsables d'une diminution importante de la ressource estuarienne. Dans l'estuaire de la Gironde, les productions ont diminué de moitié en 20 ans (2 000 t dans les années quatre-vingt - 1 000 t dans les années quatre-vingt-dix). En Loire, l'activité de pêche est aussi en régression. De 1980 à 1990, la pêche à la civelle a chuté d'un facteur 10. Il semble, toutefois, que la production soit en train de remonter. Le saumon est, lui aussi, très touché. On a recensé 30 000 à 45 000 captures sur tout le bassin de la Loire à la fin du XVIII^e siècle. Les prélèvements connus avoisinaient 1 200 captures par an depuis 1950. Au début des années quatre-vingt-dix ils étaient inférieurs à 200.

Peuplements benthiques

Cartographie biosédimentaire

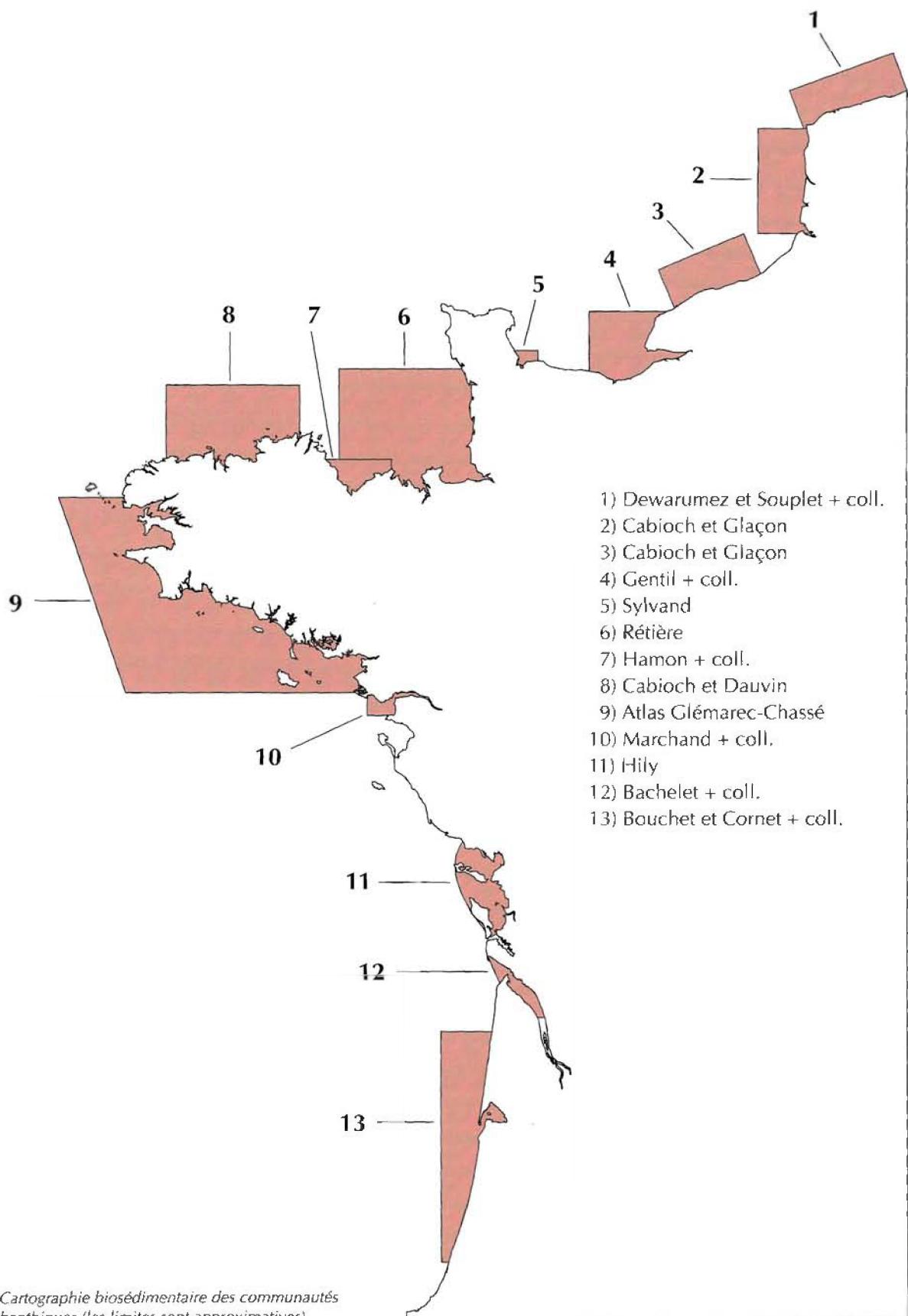
On dispose actuellement de cartes des communautés benthiques sur la majeure partie de la façade Manche-Atlantique (fig. p. 59). Toutefois, ces cartes n'ont pas toutes le même degré de précision (résolution spatiale, méthodes d'échantillonnage...), ni le même degré d'intégration. Par ailleurs, elles sont pour la plupart limitées à la partie la plus littorale du plateau continental. Les cartes qui ont fait l'objet de la meilleure uniformisation sont celles proposées par Chassé et Glémarec (1975). Elles s'étendent de Brest à Saint-Nazaire et sont rassemblées dans un ouvrage intitulé « Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne ». On peut aussi citer dans le même esprit les cartes concernant la baie de Saint-Brieuc et la zone Sud-Gascogne. Bien que plus diversifiées dans les méthodes et l'interprétation, il existe d'assez nombreuses cartographies biosédimentaires, fruits de thèses ou de publications scientifiques.

Les peuplements benthiques et leurs réponses à des perturbations anthropiques

L'étude de la faune benthique est une pratique courante dans l'estimation des effets des perturbations anthropiques en milieux marin et estuaire. Les peuplements benthiques constituent en effet un matériel de choix du fait de leur mode de vie sédentaire et de leur rôle trophique en tant que nourriture pour les poissons. Il faut cependant mentionner que le peuplement benthique n'est pas le seul matériel approprié et que la littérature fournit des indices complémentaires pour adopter la meilleure stratégie d'évaluation des impacts (bio-indicateurs, tests toxicologiques...).

Le développement d'un critère de qualité du milieu à partir des propriétés des peuplements benthiques est lié à plusieurs facteurs :

- les communautés benthiques changent à des échelles spatiales très variables, notamment en fonction du type de substrat dans lequel elles vivent et de la profondeur. Il est donc indispensable d'admettre un certain degré de « spécificité du site » dans l'élaboration d'indices de qualité benthique ;



Cartographie biosédimentaire des communautés benthiques (les limites sont approximatives).

- les communautés benthiques, notamment dans les sédiments meubles de faible profondeur, présentent des variations saisonnières et interannuelles et toute mesure de « qualité » doit tenir compte de ces changements. Ceux-ci ne sont pas toujours prédictibles (comme par exemple, les modifications dues à une tempête) et justifient le choix de stations de contrôle ou de référence judicieusement sélectionnées ;

- l'apparition de modifications des peuplements benthiques en réponse à une agression anthropique est, dans une certaine mesure, prédictible et des modèles empiriques, comme dans le cas de rejets de matière organique, permettent d'interpréter le degré d'atteinte de la population. Toutefois, la difficulté de déterminer la significativité de l'impact persiste. Un programme d'étude est nécessaire pour combler cette lacune et pour répondre à la question : à la suite d'une diminution de productivité du peuplement benthique,

quelle est la baisse résultante attendue pour les activités de pêches locales ?

En dépit des quelques problèmes consacrés à la notion de « significativité », un premier pas dans le développement de critères de qualité biologique est de recommander des méthodes d'échantillonnage et des approches analytiques appropriées à la détection des perturbations anthropiques. Une composante clef de cette approche est la comparaison entre stations perturbées et stations de référence pour permettre la mise en évidence des réponses des peuplements. De même, il est illusoire de considérer que l'utilisation d'un seul indice permettra de répondre à l'ensemble des questions posées ; il est probable que l'utilisation d'une série d'indices et de méthodes différents permettra d'obtenir les informations nécessaires à la résolution des différents problèmes formulés.

Annexe 4

Extrait du plan de gestion des poissons migrateurs bassin de Garonne/Dordogne

Rappel historique de l'évolution des populations de migrants sur le bassin

Les principales causes de disparition des poissons migrateurs sur le bassin de la Garonne sont les suivantes :

- En premier lieu, les obstacles édifiés au cours des siècles sur le bassin :
- le saumon a disparu du bassin de la Garonne et la souche locale est perdue (Le Bazacle 1723, Bergerac et Mauzac 1841-1854),
- l'aloise a vu son abondance diminuer sur la Dordogne où elle a été bloquée à Bergerac en 1854 et sur la Garonne où elle s'est arrêtée depuis 1971 à Golfech,

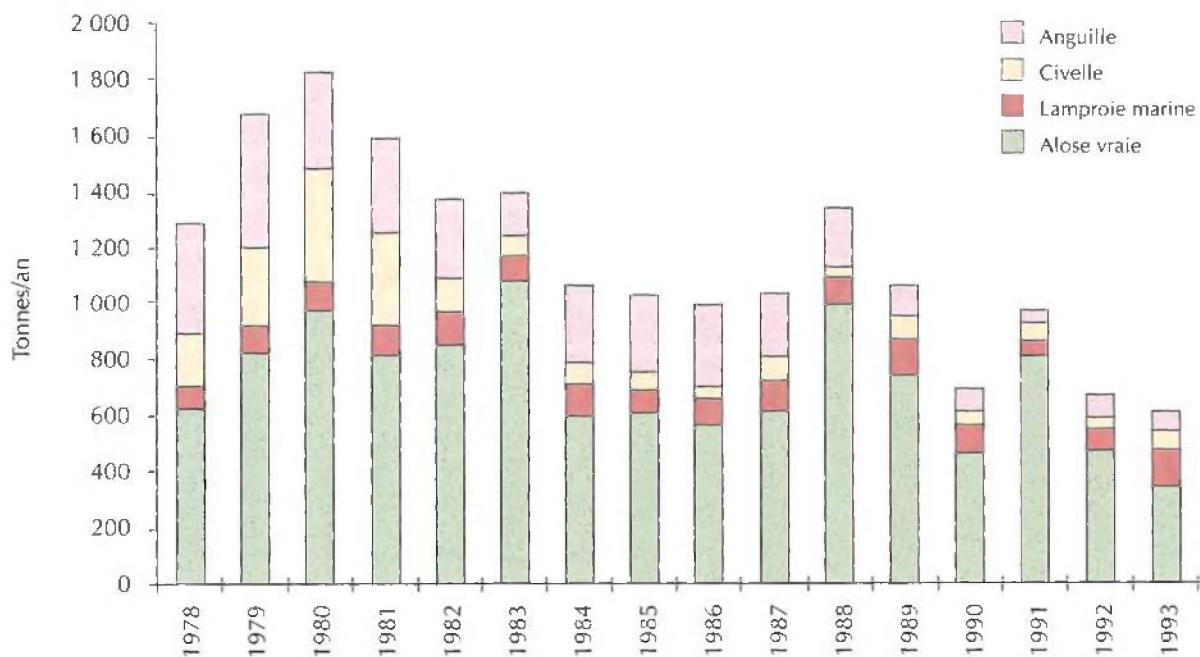
- la lamproie marine et la lamproie iluviaile sont abondantes sur la Dordogne mais franchissent difficilement Tuilières. Elles sont d'abondance fluctuante sur la Garonne où elles s'arrêtent à Golfech,

- l'anguille est très rare dans le haut des bassins. Elle est arrêtée à Golfech ;

- En second lieu, la destruction des frayères et zones de grossissement par suite de l'exploitation des graviers qui touche particulièrement, sur la Garonne et la Dordogne, les aloises et les lamproies ;

- En troisième lieu, la dégradation de la qualité de l'eau sur des bassins dont les meilleures zones de production sont inaccessibles, ce qui diminue le rendement de la reproduction naturelle ;

- Enfin, une pression de pêche importante liée en partie à un braconnage mal évalué, forte au regard des stocks ; ceci concerne particulièrement l'anguille (civelle).



Évolution des productions de poissons migrateurs dans le système fluvio-estuaire Gironde-Garonne-Dordogne entre 1978 et 1993 (d'après Castelnau et Rochard, 1995).

Annexe 5

Extrait du plan de gestion des poissons migrateurs - bassin de l'Adour et cours d'eau côtiers

Rappel historique de l'évolution des populations de migrateurs sur le bassin de l'Adour

Les principales causes de disparitions des poissons migrateurs sur le bassin de l'Adour sont les suivantes :

- En premier lieu, les obstacles édifiés au cours des siècles sur le bassin :
- en 1995, le saumon atlantique subsiste sur le gave d'Oloron, la Nive et la Nivelle avec des effectifs en baisse. Il ne peut gagner les meilleures zones de reproduction situées sur les affluents. Il a disparu du gave de Pau (Artix 1958),

- les aloes sont peu abondantes sur l'Adour où elles sont bloquées à Charruteau,

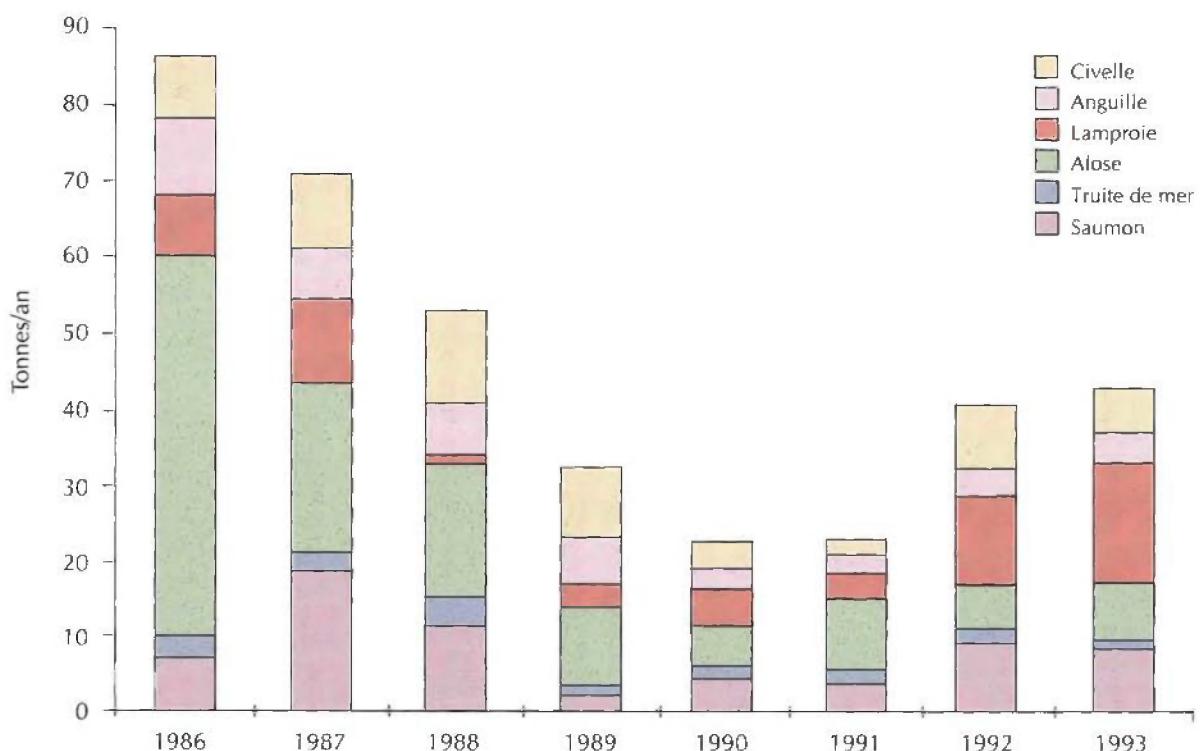
- les stocks de lampreys sont peu connus pour le bassin de l'Adour,

- l'anguille est rare dans le haut des bassins ;

- En second lieu, la destruction des frayères et zones de grossissement par suite de l'exploitation des graviers qui touchent particulièrement, sur l'Adour, les aloes et les lampreys ;

- En troisième lieu, la dégradation de la qualité de l'eau sur des bassins dont la meilleure partie est inaccessible, ce qui diminue le rendement de la reproduction naturelle ;

- Enfin, la surpêche et le braconnage sur des stocks en régression : ceci concerne particulièrement le saumon et l'anguille.



Évolution des captures de poissons migrateurs par les marins-pêcheurs sur l'estuaire de l'Adour de 1986 à 1993 (d'après Prouzet et al., 1994).

Les extractions de granulats et d'hydrocarbures

Traditionnellement, on distingue, en France, deux catégories de granulats :

- les granulats siliceux qui sont réglementés par le code minier ;
- les matériaux calcaires qui sont considérés comme des ressources marines (maërl et sables coquilliers) et dont l'autorisation d'exploitation dépend directement des préfectures. Le maërl est une algue calcaire qui se renouvelle mais très lentement (pas à l'échelle humaine).

Une modification de la réglementation est en cours pour harmoniser les procédures.

L'extraction de granulats marins devient une nécessité économique : nombre de sites terrestres sont en effet fermés soit par épuisement du gisement soit pour des raisons environnementales.

Exploitation de granulats

Les granulats siliceux

Estimation des réserves

Les granulats se sont accumulés à la faveur de processus continentaux ou marins. Il s'agit, le plus souvent, d'alluvions constituées de sables graveleux siliceux et de galets.

Les études entreprises depuis 1969 ont permis de localiser et d'évaluer leurs ressources.

5 000 km² ont été prospectés, le volume de sédiment disponible au niveau national a été estimé à 31 milliards de mètres cubes de matériaux siliceux, dont 25 milliards dans les limites de notre étude, comme le montrent la carte et le tableau (p. 64).

Cet inventaire révèle les réserves exploitables en sables et graviers siliceux, c'est-à-dire les secteurs de gisements respectant les critères suivants :

- profondeur inférieure à 30 m ;
- distance à la côte supérieure à 3 milles ;
- absence dans le voisinage d'activité humaine prépondérante ;
- éloignement de secteurs reconnus comme essentiels à l'équilibre écologique du milieu marin tels que frayères et nourriceries ;
- absence de découverte inutilisable.

En tenant compte de toutes ces contraintes, les réserves exploitables reconnues sont estimées à plus de 600 Mm³.

Toutefois, ces conditions ne peuvent en aucune manière être considérées comme définitives.

La mer offre donc une possibilité de substitution non négligeable. Elle constitue, de ce fait, un potentiel appréciable pour l'approvisionnement en matériaux des régions côtières.

Etat des lieux des secteurs exploités

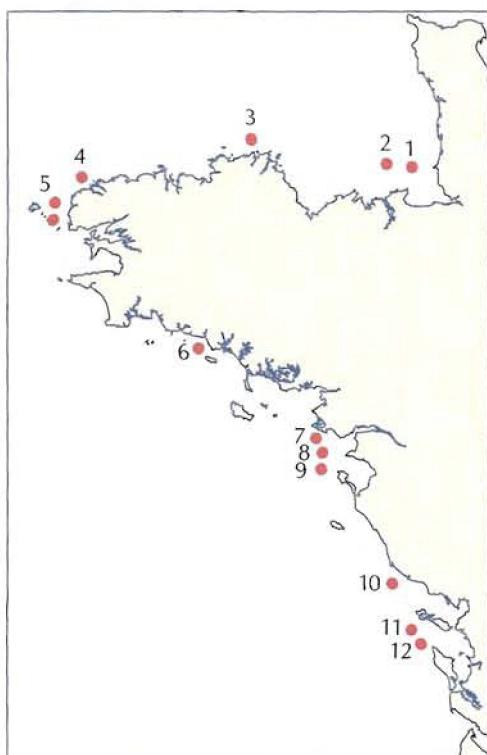
L'exploitation de sables marins est relativement ancienne. Cependant, cette activité connaît, seulement depuis moins de vingt ans, un développement important qui a porté certaines entreprises à un niveau industriel.

La loi n° 68-1181 du 30 décembre 1968, modifiée par la loi n° 77-485 du 11 mai 1977, a rendu applicable au régime des mines défini par le code minier l'exploitation de toutes les substances minérales contenues dans le sous-sol du plateau continental.

De ce fait, pour entreprendre l'exploitation de ces sables marins, les exploitants doivent être titulaires, soit d'un permis d'exploitation (pex) pris pour cinq ans, renouvelable 2 fois pour la même durée, soit d'une concession.

Actuellement, nous dénombrons dans les limites du périmètre de l'étude douze zones d'extraction qui se répartissent comme suit :

- Région Bretagne :
 - Pex de Grasu (56), arrivé à échéance
 - Pex du Jaudy (22)
 - Pex de l'Aber Benoît (29)
 - Pex de l'Aber Ildut (29)
 - Concession des Petits Bancs (35), en cours d'instruction
 - Concession du golfe de Saint-Malo (35), en cours d'instruction ;
- Région des Pays de la Loire :
 - Pex des Charpentiers (44)
 - Pex du Pilier (44)
 - Pex des Sables-d'Olonne (85)
 - Concession du Pilier (44 - 85), en cours d'instruction ;
- Région Poitou-Charentes :
 - Pex de Chassiron A bis
 - Pex de Chassiron B ;
- Région Aquitaine : cette région dispose de gisements qui n'ont pas encore fait l'objet de demande d'exploitation. Toutefois, un site est exploité : le platin de Graves.



N°	Intitulés	Sites	
		Réserves*	Extraction moyenne annuelle*
1	Golfe de Saint-Malo	7	
2	« Petits Bancs »	15	0,2
3	Jaudy	2	0,001
4	Aber Benoît	2,5	0,05
5	Ildut et « Fourche »	0,18	0,002
6	Grasu	3,4	0,08
7	Les Charpentiers	9	1
8	Le Pilier « A »	310	
9	Le Pilier « B »	60	0,55
10	Sables-d'Olonne	10	0,33
11	Chassiron « A »	100	0,13
12	Chassiron « B »	100	0,2

* en Mm³

Sites d'extraction de granulats marins. Représentation schématique de l'état des réserves et des exploitations en cours.

Les matériaux calcaires

Estimation des réserves

Les amendements sont constitués :

- des sables calcaires provenant de la destruction d'organismes à squelette calcaire que les courants marins ont broyés et piégés dans des zones d'accumulation. Les gisements situés à moins de 30 m de profondeur ne concernent que la baie de Saint-Brieuc et le golfe de Saint-Malo pour une quantité totale de 3 000 Mm³. Au-delà de cette profondeur, la Bretagne dispose également d'environ 1 300 Mm³ ;
- du maërl qui est le squelette calcaire d'une algue rouge de la famille des Corallinacées répandue principalement en Bretagne et en petite partie dans la baie de Bourgneuf. Un inventaire a été réalisé par l'Ifremer sur l'ensemble des côtes bretonnes en 1990 et a permis l'évaluation des gisements exploitables.

Il s'agit, pour l'essentiel, de bancs de superficie très réduite qui n'ont pas de réserves suffisantes pour permettre, au rythme actuel, une production à long terme.

État des exploitations de matériaux calcaires

La cartographie (p. 65) établie par l'Ifremer permet de localiser les secteurs d'extraction de sédiments calcaires marins en Bretagne.

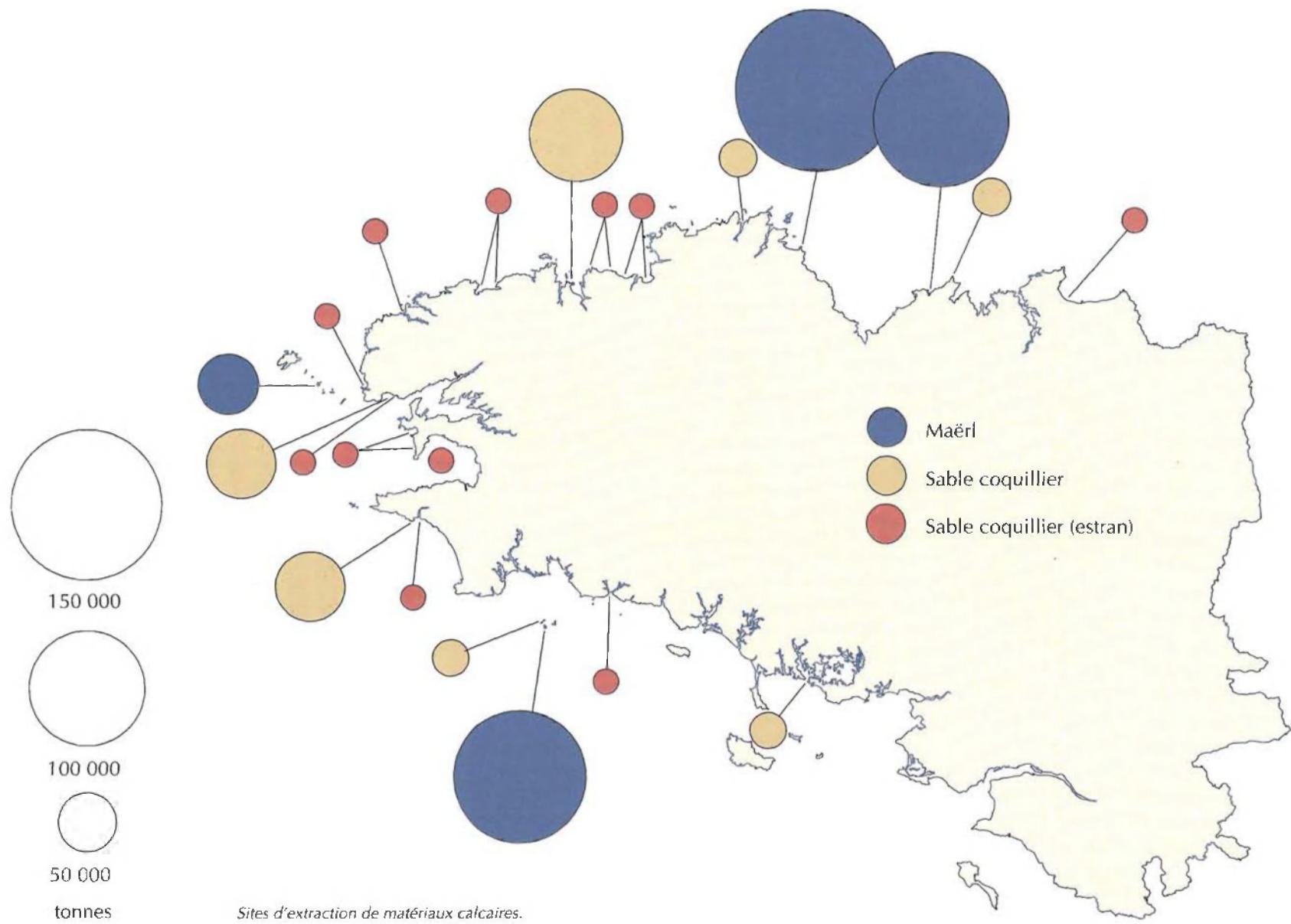
Contrairement à celle des sables siliceux, l'exploitation des matériaux calcaires ne relève pas, à ce jour, de l'application du code minier. Les ressources calcaires sont considérées comme des produits de pêche. Elles sont réglementées par l'arrêté du 12 avril 1963, modifié les 4 août 1976 et 24 août 1978, et les circulaires de la direction générale de la marine marchande et du secrétariat d'État chargé de la mer.

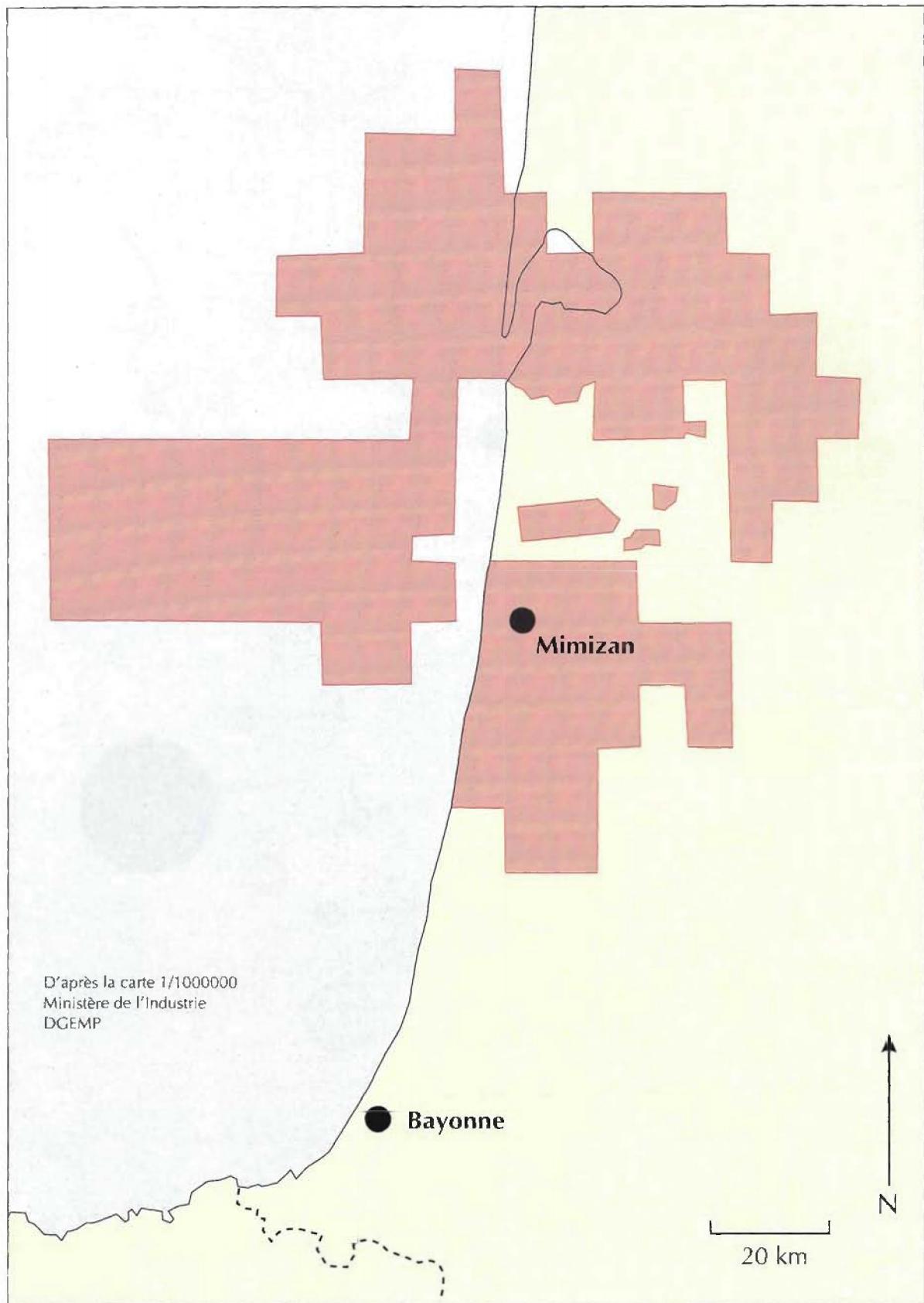
Une nouvelle réglementation harmonisera prochainement l'exploitation des matériaux calcaires et siliceux.

Recherches et exploitations d'hydrocarbures*

La façade atlantique des côtes françaises recèle un potentiel pétrolier non négligeable. Par le passé, de nombreuses recherches ont été effectuées. Cependant, au regard de l'immense domaine à couvrir, elles demeurent insuffisantes pour estimer, même de façon approchée, le niveau de probabilité de découvrir d'importantes réserves.

* Les demandes en cours d'instruction au premier semestre 1996 ne sont pas mentionnées.





Périmètre des titres miniers d'hydrocarbures.

On citera de nombreux forages en mer, de Bayonne jusqu'au nord de l'Aquitaine, et pour mémoire la découverte du gisement d'Antarès dans les années soixante-dix, jugé non exploitable dans les conditions économiques offshore de l'époque. Par ailleurs, le gisement de Lavergne (C 17) s'étend sous la mer, de même que le gisement des Pins découvert en 1995.

L'activité de recherche

Ces recherches sont effectuées à partir d'unités de forage, soit posées sur le fond (jack-up), soit flottantes (semi-submersibles). Les forages par grande profondeur ont lieu à partir de navires à positionnement dynamique.

Le lieu de ces recherches s'inscrit dans le prolongement en mer des grands bassins sédimentaires d'Aquitaine (Parentis et Adour-Comminges). Ces bassins ont donné à terre des gisements d'importance considérable tels que Lacq ou Parentis.

En 1995, un forage offshore (EAP et Agip associés) a été réalisé au large de l'Aquitaine. Par ailleurs, des campagnes intensives de géophysique ont également eu lieu. Elles identifieront les sujets qui seront forés dans les prochaines années. Cette activité se déroule actuellement très près des côtes (eaux territoriales).

L'exploitation

Il n'y a pas d'exploitation offshore dans les eaux françaises. Les gisements s'étendant sous la mer sont exploités à partir de puits situés à terre.

L'exploitation offshore se fait traditionnellement à partir de plates-formes. Le pétrole ou le gaz est généralement évacué par pipeline vers la côte. C'est pourquoi l'exploitation d'un champ hors des eaux territoriales devrait entraîner la traversée du domaine maritime territorial par une canalisation.

Les autorisations nécessaires pour entreprendre des travaux de recherche ou d'exploitation dans les eaux territoriales sont délivrées au regard des dispositions du code minier et des textes pris pour son application.

Remarque : la carte d'implantation de tous les titres miniers français est éditée par le service de la conservation des gisements d'hydrocarbures de la Dhyca.

Risques encourus et recommandations

Cas des extractions de matériaux (siliceux et calcaires)

Les différents processus par lesquels les dragages sont susceptibles d'affecter temporairement ou définitivement le milieu marin ont fait l'objet de nombreuses études (Cnexo, ISTPM, Ifremer, faculté de Nantes).

Pour ce qui concerne la méthode la plus employée, dite à élinde traînante, nous pouvons en résumer les conséquences :

- modification de la topographie du fond le rendant impropre au chalutage ;
- affectation de l'équilibre du littoral si les extractions sont menées trop près des côtes ;
- mise en suspension de la fraction fine du gisement avec possibilité dans certains cas de désorption d'éléments toxiques fixés par la vase ;
- aspiration des organismes vivant dans les sédiments.

Recommandations

- Réduire les extractions lorsque le renouvellement n'est pas assuré.
- Maintenir les exploitations industrielles à une profondeur suffisante pour se prémunir contre les problèmes d'érosion du littoral, sauf le long des côtes rocheuses.

Cette recommandation a été énoncée dans plusieurs études du Cnexo. Elle a été reprise dans l'étude des ressources en granulats de la région Bretagne citée ci-dessus et complétée également par une notion de profondeur d'exploitation. En effet, des études du laboratoire central d'hydraulique ont montré que toute extraction située au-delà de 20 m de profondeur n'avait pas d'effet néfaste sur le littoral (Augris et Cressard, 1984 ; Boutmin, 1986).

- Choisir des gisements dépourvus de découverte inutilisable telle que les vases et les fines pour éviter les remises en suspension de substances toxiques et l'accentuation du panache turbide.
- Veiller à ce que le panache turbide généré lors des exploitations ne perturbe pas les frayères et les nourriceries notamment, en identifiant son aire de dispersion.
- Interdire le lavage ou le traitement des matériaux à bord des dragues.

- Arrêter l'exploitation pour maintenir en place un substrat proche de celui d'origine pour permettre une recolonisation par des organismes vivants.
- En fin d'exploitation, taluter les bords de souille en pente douce et niveler le fond si nécessaire pour rendre le site propre au chalutage.
- Effectuer un suivi des exploitations :
 - bathymétrie fine et comparative,
 - levé au sonar latéral,
 - prélèvement et analyse de sédiments superficiels,
 - prélèvement et analyse de la faune benthique en cas de problèmes éventuels,
 - comparaison avec des stations-témoins extérieures servant de référence.

Pour ce qui concerne le maërl, la problématique se trouve accentuée par la particularité de cette ressource d'être détruite en totalité en début d'exploitation car elle est constituée d'une mince pellicule superficielle vivante.

Les gisements en exploitation n'ont pas de réserves suffisantes pour permettre, au rythme actuel, une production à long terme. Aucun nouveau site potentiellement exploitable n'a été mis en évidence.

Les ultimes recommandations devraient conduire soit à interdire leur exploitation, soit à en limiter les quantités extraites et à orienter les exploitants vers des gisements de remplacement tels que les sables calcaires, voire à favoriser la transformation de certaines espèces proliférantes telles que les crépidules comme produit de substitution.

Évolution des activités

En l'absence d'études de marché, il est très difficile de dresser des profils d'augmentation de production. Pour les professionnels, la tendance les conduira à procéder à des extractions plus importantes à l'avenir.

Enjeux des exploitations de granulats

Dans les départements côtiers, les exploitations de granulats en mer, notamment siliceux, tendent à devenir prépondérantes, voire essentielles pour le secteur industriel qui en dépend.

Les sociétés d'armateurs-extracteurs sont placées dans un contexte de concurrence internationale qui semble les contraindre à se développer.

Les quantités prélevées pourraient connaître une croissance sensible mais rester faibles comparées

aux gisements potentiels mis en évidence par le Cnexo.

La cohabitation des exploitations de granulats avec les autres activités de la mer doit et peut être préservée. La réglementation doit donc continuer à tenir compte du double enjeu économique et environnemental.

Cas de la recherche et de l'exploitation d'hydrocarbures

L'activité pétrolière génère un risque de pollution accidentelle. Pour les forages de recherche, le risque d'une pollution importante est faible sauf en cas de découverte.

Pour les activités d'exploitation, le risque de pollution marine est lié non seulement à la plate-forme mais aussi aux pipelines ou aux navires pétroliers.

L'expérience de cette activité a conduit à l'organisation suivante :

- les compétences techniques et la solvabilité des opérateurs sont vérifiées par la Dhyca ;
- les appareils de forage, leur capacité à supporter les conditions océano-météorologiques, la qualité de leur conception eu égard aux risques d'explosion et d'incendie, les programmes de forage, les conditions de sécurité et les moyens de lutte antipollution sont évalués par la Drire Aquitaine qui dispose dans ce domaine d'une compétence au niveau national ;
- le contrôle des opérations est soumis à la police des mines des Drire concernées.

Enjeux des recherches et exploitation d'hydrocarbures

Les moyens affectés à la recherche d'hydrocarbures dépendent étroitement des conditions économiques du marché international ; la prospective s'avère donc délicate.

Les technologies actuelles, qui continuent à progresser, permettent de conduire de façon propre et sûre les activités d'exploration et d'exploitation pétrolières.

Sur l'ensemble littoral-milieu aquatique, l'activité liée à la richesse du sous-sol en hydrocarbures peut connaître une forte expansion dans les cinq prochaines années compte tenu des potentiels d'ores et déjà identifiés. À l'horizon 2015, la zone concernée s'étendra de l'estuaire de la Gironde à la frontière espagnole.

Les conséquences des aménagements

Aménagement des fleuves

Dans le monde entier, les fleuves et les rivières sont aménagés pour :

- régulariser leur cours et éviter des inondations catastrophiques ou des étiages trop sévères ;
- des besoins énergétiques ;
- des raisons agricoles (irrigation...) ;
- les besoins de la navigation.

Ces aménagements peuvent avoir des influences sur le littoral, même lorsqu'ils sont réalisés très en amont.

Apports particulaires au littoral

Certains réservoirs de barrages peuvent piéger une partie du débit solide. De plus, en régularisant les débits, en écrétant les crues, les aménagements divers (barrages...) réduisent les érosions en amont et créent des déficits sédimentaires sélectifs en aval (seules les particules les plus fines pouvant parvenir à la mer), ce qui a pour conséquence une accélération de l'érosion du littoral. Cet effet s'ajoute à ceux d'autres aménagements : extraction de granulats dans le lit des rivières et en mer (actuellement bien réglementée mais ayant donné lieu, dans le passé, à des abus caractérisés) ; aménagements divers (jetées de ports, digues...) qui, en arrêtant la dérive littorale, sont responsables d'une sédimentation en amont de cette dérive et d'une érosion en aval ; aménagements mal conçus...

La situation est aggravée par le fait que l'on est actuellement dans une période de montée du niveau de la mer induisant, en maints endroits, une érosion du littoral.

Apports d'eau douce au littoral

Déficits

Les prélèvements d'eau à des fins urbaines, industrielles et agricoles sont de plus en plus importants. Ce phénomène est surtout marqué en agriculture : les surfaces irriguées ne cessent de s'accroître. Dans le Sud-Ouest, il faut plusieurs milliers de mètres cubes d'eau pour irriguer, en été,

un hectare de céréales. Le déficit d'eau douce entraîne une diminution des apports de sels nutritifs dans les eaux littorales à une époque où leur présence est particulièrement importante (« bloom » ou efflorescence de fin d'été indispensable aux huîtres pour passer l'hiver dans de bonnes conditions).

La diminution des apports d'eau douce au littoral en été peut entraîner une modification des peuplements, une diminution des pêches et une baisse de rendement de certains écosystèmes côtiers.

Accentuation de la brutalité des crues

Ce phénomène est dû à un certain nombre de facteurs dont l'arasement des talus, le drainage de zones humides, l'absence de couverture végétale ou l'imperméabilisation de surfaces urbaines importantes...

Sur les grands bassins versants, ces modifications n'apparaissent que lors de crues exceptionnelles car, en période « normale », elles sont contrebalancées par des aménagements tels que les barrages. Mais, sur les petits bassins versants, en bordure du littoral, l'accentuation de la brutalité des crues peut induire des dessalures capables de provoquer des stress sur la faune marine, voire la mortalité de coquillages (dont l'importance, toutefois, dépendra grandement de leur état général...). Cette brutalité provoque également une accélération de l'érosion des sols et, par voie de conséquence, des apports des particules sédimentaires en excédent qui n'arriveront pas toujours au littoral (piégeage dans des réservoirs...).

Barrages d'estuaires

Dans un certain nombre de secteurs littoraux, il existe une dissymétrie de l'onde de marée conférant au flot un pouvoir érosif supérieur à celui du jusant. De plus, du fait de la stratification des eaux, la circulation résiduelle (moyenne sur une marée) est dirigée vers l'aval en surface et vers l'amont au fond.

Il y a donc, dans de nombreux estuaires, une tendance au comblement à partir de matériaux marins. Lorsqu'un barrage est construit sur l'estuaire (par exemple Arzal sur la Vilaine), les surfaces où les sédiments peuvent se déposer sont

fortement réduites, ce qui provoque une accélération du comblement en aval du barrage (pour Arzal, certains fonds se sont comblés de plus de 10 m en une vingtaine d'années).

Par ailleurs, en augmentant la stratification des eaux, en diminuant le temps de résidence des eaux dans l'estuaire, le barrage a eu une part de responsabilité dans les mortalités qui se sont produites en baie de Vilaine en 1982.

Ouvrages littoraux

Ce sont principalement des jetées, des constructions sur le littoral, des ports...

Conséquences sur l'équilibre du littoral

Les constructions de jetées, de plages artificielles, de maisons en bordure de dunes ou sur un littoral meuble modifient l'équilibre dynamique de ce littoral.

En effet, un rivage maritime est soumis à des houles de diverses directions. Une houle attaquant obliquement un rivage y induit un transport de matériau dans un sens préférentiel (dérive littorale). Le plus souvent existent aussi des mouvements alternés mais ceux-ci ne se compensent pas forcément et, le long du littoral, subsiste un mouvement dans un sens préférentiel. Tout ouvrage implanté à partir du littoral vers le large aura donc un effet d'arrêt sur ce transport qui se traduira par une avancée du littoral d'un côté et par un recul de l'autre.

Certaines défenses frontales réalisées en haut de plage pour protéger une promenade en bord de mer ou des habitations peuvent également avoir une influence néfaste. En effet, lorsqu'une telle défense est attaquée par les vagues de tempête, le clapot créé par les réflexions de la houle contre son parement provoque des vitesses d'entraînement accrues au pied de l'ouvrage, le matériau meuble est emporté au large. Les ouvrages de défense ont été largement utilisés en France. On compte en moyenne une centaine de mètres de longueur d'ouvrage par kilomètre de rivage : 3 % du littoral français est « protégé ».

Des constructions incontrôlées sur les plages peuvent rompre l'équilibre du littoral. La protection d'une partie du littoral peut introduire un déséquilibre dans la zone voisine non protégée ce qui conduit à réaliser des séries d'ouvrages.

Conséquences sur l'écosystème

Les digues et épis atténuent les courants. Les particules fines peuvent sédimerter, entraînant une modification des peuplements benthiques (faune vivant en étroite relation avec le fond).

Le développement de ports de plaisance peut amener, localement, une pollution induite par :

- l'activité économique, source importante de pollution (hydrocarbures, métaux lourds) qui altère la qualité biologique des fonds ;
- l'habitat flottant (personnes vivant temporairement à bord de leur bateau) ;
- l'activité maritime : certaines peintures antislissures peuvent avoir des répercussions sur la conchyliculture (TBT) ;
- les activités dérivées liées au développement de l'urbanisme (hôtelier, commerce, réparation navale, artisanat pour la plaisance).

Les digues constituent un obstacle au renouvellement des eaux. Il peut donc y avoir, localement, concentration de polluants et risque de développement d'anoxies consécutives à l'oxydation de matière organique (rejets, plancton...) et au manque de renouvellement des masses d'eau.

Par ailleurs, dans les zones où la turbidité des eaux est généralement élevée (Charente, Vendée...), le recours à des dragages d'entretien des ports est nécessaire. Les matériaux dragués ne peuvent être rejetés n'importe où ; souvent pollués (TBT, hydrocarbures), ils peuvent contaminer un secteur sensible comme une zone conchylicole.

C'est pourquoi la compatibilité de l'implantation d'un port à proximité d'une zone conchylicole ou d'une plage doit être étudiée avec soin dans le cadre de l'étude d'impact.

La multiplication des aménagements provoque un accroissement des effets. Construire un port pour un certain linéaire de côtes est acceptable, les multiplier est discutable. À la belle saison, les bateaux iront mouiller dans des criques, des baies... Il pourra y avoir dégradation des fonds par des dépôts de macrodéchets, arrachage d'herbiers par les ancrages... Un bateau mouillant dans une anse n'aura pas d'impact, cent bateaux créeront des dommages dont les effets ne seront pas forcément annulés durant la morte saison, provoquant un cumul des nuisances d'une année sur l'autre et altérant des zones « sauvages » qui pourront, par ailleurs, faire l'objet de mesures de sauvegarde.

Immersion des boues de dragage d'entretien

Sur une grande partie du littoral français, la tendance naturelle est à l'envasement des ports. Il faut donc les draguer régulièrement pour maintenir un tirant d'eau suffisant. Dans la majorité des cas, les rejets à terre sont difficiles à envisager : manque de terrains disponibles, quantités importantes de matériaux à stocker... Le rejet en mer apparaît donc comme une « solution obligatoire ». Le coût dépend, en partie, de la distance entre le site à draguer et le point de rejet. On cherche donc des solutions de proximité.

Ces opérations de dragage sont de plus en plus contestées par les professionnels de la mer et par les associations de protection de la nature. Elles doivent donc être préparées avec soin.

Le devenir des matériaux dragués sera différent suivant qu'il s'agit d'un prélèvement par drague à godets, benne, pelle... ou d'une aspiration. Dans le premier cas le produit est compact, dans le second cas il s'agit d'une mixture liquide qui sera, évidemment, très mobile.

On peut actuellement, par modélisation, prévoir le devenir à court et moyen terme de ces rejets de dragage. L'analyse des résultats permet de sélectionner les heures de rejets et les meilleurs sites (pour éviter les zones sensibles, les retours à la côte...).

Les vases portuaires peuvent être considérées comme polluées par des bactéries et de la matière organique. C'est une pollution qui ne doit pas poser de problèmes particuliers si les rejets sont effectués dans un site pas trop confiné, à une distance « raisonnable » des zones sensibles (installations conchyliques, plages...) durant une période « favorable » [hors période de captage, de commercialisation importante de coquillages, hors période critique (été par temps chaud et calme)...].

En ce qui concerne la pollution métallique, le groupe Géode* a élaboré des normes qui permettent de classer les vases en trois catégories de contamination : absence, faible, forte. Le rejet en mer de matériaux fortement contaminés n'est autorisé qu'après des études d'évaluation éco-toxicologique des risques pour le milieu marin et dans le cas où l'immersion constituerait l'option la moins préjudiciable pour l'environnement. Une certaine prudence s'impose pour les rejets à proximité des zones conchyliques qui pourraient augmenter le niveau de la contamination des coquillages. Il convient de rappeler que les turbidités consécutives aux rejets ne doivent pas dépasser 200 mg/l en zone conchylique.

Avant de prendre une décision sur le choix du site de rejet, il convient de s'assurer que les sédiments portuaires ne contiennent pas de kystes de plancton toxique. Il importe, en effet, de ne pas favoriser leur dissémination dans l'environnement.

* Géode : groupe d'études opérations de dragage environnement (direction des ports et des voies navigables).

L'évolution du trait de côte

L'évolution du littoral de la façade atlantique est un problème très complexe, car dépendant de divers facteurs dont l'action est variable selon les caractéristiques de la côte et des fonds. Ces facteurs peuvent être répartis en deux grandes familles.

Facteurs naturels

Les vents

Les vents dominants sont principalement du secteur ouest, avec une répartition saisonnière telle que la fréquence des vents forts se manifeste surtout en hiver et en automne. Les vents ont une action surtout sur les littoraux dunaires.

Les marées

La façade atlantique est soumise à un marnage très important, allant de 13 m en baie du Mont-Saint-Michel à 5 m à la frontière espagnole.

Accompagnée de surcotes liées à des conditions météorologiques particulières et à des vents perpendiculaires à la côte, l'action de la houle est très importante sur tout le littoral.

Les courants de marée

Les courants de marée, déplacements horizontaux de particules d'eau de mer, peuvent avoir plusieurs origines mais sont dus principalement à la marée et deviennent violents lorsque le marnage est important.

L'effet de serre

Il y a environ 20 000 ans la mer se situait à 100 m sous son niveau actuel (la Tamise, le Rhin et la Seine se rejoignaient avant de rejoindre la mer). La remontée du niveau marin (dite transgression flandrienne) s'est surtout effectuée jusqu'à il y a environ 2 000 ans.

Actuellement, le niveau monte d'environ 1,5 à 2 mm par an. Ceci est dû principalement à l'effet de serre, nom donné à l'ensemble des phénomènes par lesquels le globe terrestre perd aujourd'hui moins de chaleur au profit des espaces infinis qu'il n'en perdait dans un état plus naturel de son environnement. L'interposition de gaz capables d'intercepter et de renvoyer du rayonnement infrarouge vers le sol a pour conséquence le réchauffement du globe terrestre.

Ce réchauffement s'opérant avec une vingtaine d'années de retard et la montée du niveau de la mer consécutive au réchauffement ne parvenant elle-même à l'équilibre qu'avec un retard supplémentaire de l'ordre de la trentaine d'années, le niveau actuel de la mer est déterminé par la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone telle qu'elle était il y a 50 ans.

Connaissant l'évolution de la teneur depuis lors, on peut imaginer que le niveau de la mer montera de 40 à 60 cm dans le prochain demi-siècle et de 90 cm à 1,80 m dans le prochain siècle.

Facteurs humains

- Les aménagements du littoral, notamment les ports et les ouvrages de défense qui, en créant des points durs, accentuent l'érosion du littoral aux abords de ces ouvrages.
- L'action des humains sur les dunes dont le piétinement facilite le déplacement sous l'action du vent et contrarie la croissance de plantes stabilisantes, type oyats.
- Les extractions sur l'estran ou en mer se traduisent par un affaiblissement du stock de matériaux pouvant conduire, par suite de la rupture des conditions d'équilibre naturel, à des érosions.

Bilan des études

De nombreuses études sur l'évolution du trait de côte des différentes façades maritimes françaises ont été réalisées ces dernières années et, notamment, « le catalogue sédimentologique des côtes françaises » rassemblant les nombreuses connaissances dispersées entre des organismes très variés. Le troisième volume de ce catalogue traitant des côtes de la Manche et de l'Atlantique allant du Mont-Saint-Michel à la frontière espagnole comprend trois grandes zones :

- de la baie du Mont-Saint-Michel à la Loire (A) ;
- de la Loire à la Gironde (B) ;
- de la Gironde à la frontière espagnole (C).

Sans qu'il soit possible de résumer en quelques lignes cet important document, on peut tout de même en reprendre quelques idées sur l'évolution du littoral.

Zone A

Le littoral breton peut être considéré comme offrant naturellement une bonne résistance aux actions érosives de divers agents. Cela tient :

- à la nature géologique de la bordure littorale à dominante rocheuse : environ 1 450 km (soit 80 %) de côte rocheuse pour 270 km de plages ;
- au tracé très découpé de la côte, avec de nombreuses plages bloquées et abritées dans des anses rocheuses ;
- à l'abondance des platiers, îles et îlots rocheux, les platiers limitant l'importance des mouvements sédimentaires dans le profil, les îles et îlots assurant une protection contre l'érosion.

L'abondance des extractions est par contre néfaste à l'équilibre du littoral.

Les dégradations humaines sont sensibles dans les zones dunaires.

Zone B

Cette partie du littoral est limitée par deux domaines estuariens : ceux de la Gironde et de la Loire.

Les évolutions de l'estuaire girondin sont rapides et mettent en jeu tous les facteurs hydrodynamiques (houles, courants, vents) ainsi que des quantités fort importantes de matériaux.

L'évolution est caractérisée par un recul très important de la côte dans la zone du phare de La Coubre et de la Grande Côte (Bonne Anse - Saint-Palais).

L'estuaire de la Loire se caractérise par une sédimentation très importante.

Entre ces deux estuaires, on trouve deux domaines fondamentaux :

- les Pertuis et la baie de Bourgneuf où les évolutions du littoral sont d'importance modérée et à tendance érosive ;
- la côte vendéenne entre la pointe du Grouin du Cou et Fromentine, avec un tracé en liaison avec un substratum rocheux proche. En général ce littoral est en érosion.

Zone C

Dans cette zone, la quasi-totalité du littoral est en érosion. Seul le Cap-Ferret peut être considéré comme étant en moyenne progression.

Le recul moyen peut être estimé à 0,50 à 1 m par an dans la partie centrale des Landes et sur la côte Basque.

Il est au moins de 2 m par an dans les abords de la pointe de la Négade et de l'Adour.

Depuis la parution de ce catalogue, des études particulières ont été réalisées sur le littoral de la façade atlantique.

Département des Côtes-d'Armor

Dans le cadre de l'élaboration de trois schémas de mise en valeur de la mer (le département ayant été découpé en 4 secteurs), des études ont été réalisées pour analyser l'évolution des rivages du département des Côtes-d'Armor.

Baie de Lannion - Côte de Granit Rose

On rencontre dans cette zone des types de paysages littoraux très variés, comme les falaises en roches dures, les falaises taillées dans des matériaux quaternaires, les plages encastrées entre deux pointes rocheuses, les dunes, les marais maritimes, les estuaires.

Les falaises en roche dure, granite, micaschiste ou grès n'ont connu qu'un recul négligeable.

Les falaises taillées dans les parties altérées de la roche en place reculent en moyenne de 10 cm par an et de 30 à 40 cm par an lorsque le versant dominant la falaise est habité. Le recul inéluctable peut être ralenti en supprimant la percolation des eaux souterraines.

Les plages encastrées entre deux promontoires rocheux sont très mobiles, avec des démaigrissements saisonniers, généralement hivernaux.

Les fronts dunaires sont très instables, l'instabilité, processus naturel, étant souvent accélérée par les passages abusifs des piétons.

Les cordons de galets fortement battus par la mer reculent inexorablement.

Trégor-Goëlo

Le territoire couvert par ce SMVM diffère de celui de Lannion par des caractères physiques et par une moindre densité des équipements littoraux.

On retrouve les risques d'effondrement des falaises quaternaires en cas de saturation en eau, les problèmes posés par l'instabilité des littoraux meubles, en particulier au droit des plages. Mais les plages de sable sont moins abondantes, de taille plus réduite, et les dunes sont relativement rares.

Par contre, les cordons de galets sont plutôt plus mobiles.

Ce segment de côte comporte deux parties exposées différemment et donc modelées de façon spécifique par la mer :

- le secteur qui fait face au nord et au nord-nord-ouest est directement battu, très obliquement par les houles venues de l'Atlantique, les falaises sont très attaquées, les sédiments rapidement nettoyés et les cordons de galets atteignant de fortes altitudes ont parfois tendance à reculer rapidement.
- la section nord-ouest de la baie de Saint-Brieuc ne reçoit ces houles atlantiques qu'après affaiblissement et réfraction.

Les houles de la Manche nettoient plus lentement les pieds de falaises et les cordons de galets y sont plus bas. De vastes estrans sableux ou sablovaseux ont pu s'y développer.

Baie de Saint-Brieuc

La côte se singularise par l'alternance de falaises rocheuses ou limoneuses et d'anses sableuses.

Les falaises rocheuses sont généralement stables, car constituées de roches très résistantes, alors que les falaises de limons sont soumises à l'érosion, souvent plus continentale que marine.

En effet, l'altération météorique, les infiltrations d'eau ou encore l'érosion anthropique provoquent des éboulements et la falaise meuble s'effondre par pans entiers. Le facteur essentiel du recul de ces falaises n'est donc pas l'attaque par la mer qui évacue ensuite les matériaux éboulés au pied de ces falaises.

Les plages sont de dimensions assez réduites, généralement encadrées par des promontoires rocheux. Elles évoluent par des mouvements souvent saisonniers, soit dans le profil par des échanges entre le haut et le bas de plage, soit longitudinalement si l'obliquité des houles induit une dérive littorale faisant migrer le sable d'un bout à l'autre du haut de plage.

Département du Finistère

Dans le cadre de l'élaboration du schéma de mise en valeur de la mer du secteur allant de la Pointe du Raz à l'Odet, une étude sur l'érosion littorale a été réalisée en 1991.

Sur un linéaire côtier total estimé à 128 km, 56 km bénéficient d'une relative stabilité naturelle due à la présence de falaises granitiques ou à une position extrêmement abritée, 72 km sont soumis à un recul quantifiable à l'échelle annuelle :

- 21 km sont protégés par des murs ;
- 5 km sont protégés par des enrochements ;
- 12 km sont protégés par des ganivelles et brise-vent ;
- 34 km sont sans protections artificielles.

L'érosion de ce littoral serait due principalement à la vulnérabilité naturelle, aux modifications fréquentes dans la direction des résultantes des vents, à l'appauvrissement du stock sédimentaire et à l'omniprésence de l'action humaine.

Bien que l'action de la transgression actuelle ne soit pas très visible, il faut dès maintenant songer à ses effets sur les paysages littoraux et sur les installations humaines.

Département du Morbihan

Une étude de l'évolution du littoral nord-ouest du Morbihan, entre Guidel et La Trinité-sur-Mer, a été réalisée en 1988. Elle porte surtout sur l'évolution des plages entre 1952 et 1982.

Les petites plages entre caps rocheux sont pratiquement toutes bordées par un cordon dunaire. Leur orientation naturelle, qui correspond à un état d'équilibre dynamique sous l'action des facteurs hydrodynamiques, fait que le transit littoral longitudinal des sédiments y est très souvent faible à négligeable et que ces plages fonctionnent comme des unités indépendantes.

L'essentiel des mouvements sédimentaires se fait transversalement dans le profil, ce qui occasionne des basculements saisonniers de la plage.

La ligne de rivage des plages naturelles (non protégées) a peu évolué entre 1952 et 1982, à l'exception des plus longues d'entre elles où des reculs maximaux localisés de 10 à 15 m en 30 ans ont été estimés.

Du fait de la fréquentation touristique, les cordons dunaires littoraux non urbanisés sont très dégradés.

Par ailleurs, dans le cadre de l'élaboration du SMVM de la rade de Lorient, entre Guidel et Plouhinec, une étude sur l'érosion marine vient d'être lancée.

Cette étude devra :

- présenter l'état actuel du trait de côte ;
- donner les conditions hydrodynamiques ;
- décrire les tendances d'évolution du trait de côte ;
- recenser les ouvrages présents et les sédiments morphologiques en place ;
- s'attacher à prévoir à court et long termes le recul probable de la côte et les dommages portés aux ouvrages ;
- évaluer grossièrement les conséquences d'un tel recul.

Département de Loire-Atlantique

Le conseil général de Loire-Atlantique a fait réaliser en 1991 un atlas sur les phénomènes d'érosion - sédimentation.

La cartographie effectuée est un état des lieux qui permet d'appréhender de manière synthétique l'importance des différents éléments qui composent la dynamique côtière.

L'aménagement d'ouvrages de défense (murs, enrochements, épis, ports) sur 30 à 40 % du littoral fait que 80 % des côtes de Loire-Atlantique sont rendus stables pour le moyen terme.

Département de Vendée

De nombreuses études sédimentologiques ont été entreprises ces dernières années :

- en baie de Bourgneuf, dans le cadre du schéma de mise en valeur de la mer en 1992, avec constatations d'apports variant entre 0,40 m (zone sud) et 0,80 m (zone nord) ;
- à Noirmoutier, une expertise sédimentologique en 1993, une étude de protection du littoral contre l'érosion marine en 1994 ont fait apparaître un recul très important du trait de côte (2 à 3 m lors des tempêtes de 1992 et 1993) ;
- à La Barre-de-Monts, une étude de protection du littoral a été réalisée en 1989. Le littoral de Froumentine a subi un recul de 20 à 30 m de 1969 à 1989 ;

- aux Sables-d'Olonne, une étude de recharge-ment de plage a été réalisée en 1991, la perte en sable depuis le début du siècle étant estimée à 100 000 m³ ;

- à La Tranche-sur-Mer, une étude de protection du littoral en 1990 a fait apparaître un recul de 1 à 2 m par an et des évolutions sédimentaires saisonnières.

Département de Charente-Maritime

Une étude de défense des côtes de Charente-Maritime a été réalisée en 1995.

Les objectifs de cette étude étaient :

- bilan et fonctionnement des aménagements réalisés depuis 1987 ;
- actualisation des données concernant l'état du littoral ;
- propositions d'aménagement basées sur les priorités établies à l'issue des études.

Le littoral charentais, long de 364 km, offre de multiples aspects allant des côtes à falaises prolongées par des platiers rocheux jusqu'aux zones basses associées à de vastes estrans sableux, en passant par les estrans continuant les formations dunaires.

Département des Landes

La côte landaise représente un linéaire uniquement sableux de 110 km environ, pratiquement rectiligne, orienté sensiblement nord-sud, s'étendant du bassin d'Arcachon à Bayonne. Ce littoral est percé de cinq embouchures de petits « courants côtiers ». Le profil en travers de la côte est constitué par :

- l'estran en pente douce ;
- la dune littorale dont la hauteur décroît du nord (31 m) au sud (3 m) ;
- la lette (zone de l'arrière-dune, soumise aux embruns et marécageuse) ;
- la forêt de pins.

Les études précises, menées depuis 1978, par le LCHF sous la commande de la Miaca (Mission interministérielle d'aménagement de la côte aquitaine) ont mis en évidence les phénomènes et les évolutions du trait de côte :

- descente de paquets de sable du nord au sud sous l'effet des houles dominantes d'incidence

nord-ouest. Le passage de ces « wagons sédimentaires » qui se déplacent à la vitesse d'environ 400 m/an provoquent des périodes d'engraissement et d'érosion. Le volume total transité est de l'ordre de 500 000 m³/an (au nord) à 50 000 m³/an (au sud) ;

- ablation d'une partie du sable fin par transport éolien vers la dune (20 m³/an/m) qui progresse ainsi vers l'intérieur des terres ;
- mobilité du niveau de la mer (+1,3 mm/an) et de la croûte terrestre (- 0,25 mm/an) entraînant un recul inexorable chiffré dans les Landes à 1 m/an en moyenne.

Aujourd'hui, un suivi est assuré par le relevé systématique tous les deux ans de profils en travers (20) en collaboration avec le service maritime de la DDE 40, l'ONF, l'université de Bordeaux.

Les intérêts touchés sont localisés à la demi-douzaine de stations balnéaires. Il s'agit de menace aux lieux habités. Certaines maisons ont, au siècle dernier et jusqu'à récemment, été construites sur la dune.

Des ouvrages de protection ont été réalisés à partir des années soixante. Il s'agit d'épis perpendiculaires en enrochements encagés disposés sur l'esplanade. Les embouchures de quatre courants ont été fixées par le même moyen. Le succès a été relatif. Aujourd'hui, l'État (en tant que subventionneur), le département et les communes, dont certaines restent à convaincre, optent pour une démarche plus réaliste qui consiste à évaluer la position du trait de côte à 50, 100 ans, et à ne réaliser dans ces zones que des équipements à « durée de vie » similaire. Une étude expérimentale « zone à risque d'érosion » est en cours à Contis.

Conclusion

D'une manière générale, le littoral de la façade atlantique est en érosion sous l'action des facteurs rappelés ci-dessus.

Si les effets de la houle, des courants, du vent sont un processus naturel, ils sont de nos jours amplifiés de façon considérable par l'activité humaine :

- aménagements des fleuves qui retiennent une partie des apports particulaires dans les barrages et qui, en écrétant les crues, réduisent l'érosion en amont et sont responsables d'un déficit supplémentaire en aval ;
- extraction de granulats dans le lit des rivières et en mer provoquant un déficit de la dérive littorale ;
- aménagements mal conçus en bordure de mer (défenses frontales, épis, constructions trop près de la ligne de rivage) ;
- piétinement des dunes...

L'effet de serre, certain et inéluctable, et dont seule l'ampleur est actuellement sujette à discussion, doit inciter à prendre beaucoup de précautions dans la réalisation d'aménagements sur le littoral (une marge de sécurité de 1 m paraît indispensable).

L'érosion marine est un phénomène qu'il faut prendre en compte dans les documents de planification, et en particulier dans les documents d'urbanisme.

Il est absolument nécessaire de réfléchir au problème de la fréquentation des côtes, en protégeant les secteurs fragiles et en maîtrisant l'urbanisation et les aménagements littoraux.

Cette réflexion ne peut être que nationale et doit s'appuyer sur une très bonne connaissance des mouvements sédimentaires, insuffisante actuellement malgré les nombreuses études réalisées sur la façade atlantique.

Les paysages littoraux

L'attrait du littoral ne cesse de s'affirmer depuis bientôt une cinquantaine d'années. Cela se traduit notamment par une densité de population plus grande dans les communes littorales que sur le reste du territoire. Sur la façade atlantique, la densité de population dans les communes littorales varie de 83 hab./km² (Aquitaine, 68 hab./km² en moyenne) à 222 hab./km² (Bretagne, 103 hab./km² en moyenne), alors que la densité moyenne en France est de 104 hab./km² et la densité moyenne des communes littorales françaises est de 257 hab./km². Le littoral concentre donc la population mais la façade atlantique n'est pas la plus touchée par ce phénomène.

En été, plus de 60 % des touristes vont sur le littoral, ce qui génère des besoins : l'hébergement se fait souvent en résidences secondaires, consommatrices d'espace. Elles représentent 21 % des habitations littorales en Bretagne et un peu plus de 40 % sur le reste de la façade atlantique (26 % en moyenne sur le territoire français). Par ailleurs, on assiste à la multiplication des campings, des ports de plaisance, des golfs...

La transformation des paysages littoraux est manifeste. Il suffit de comparer des cartes postales à 50 ans d'intervalle. Le Conservatoire du littoral a d'ailleurs édité des documents très intéressants sur l'urbanisation du littoral. Un atelier s'est tenu le 24 novembre 1994 sur le thème du paysage littoral. L'analyse de 53 couples de photographies met en évidence les éléments suivants :

- l'explosion du tourisme littoral ;
- l'omniprésence de l'automobile et des points d'accueil (parkings...) ;
- la croissance inéluctable du bâti ;
- la privatisation de l'espace littoral ;
- la dégradation importante voire la disparition du milieu naturel.

Dans certains cas, le bétonnage du littoral est accompagné d'un reboisement dans l'arrière-pays. Le recul de l'agriculture a été compensé par une sensibilisation plus développée pour le paysage à l'intérieur des terres.

La fonction du littoral a profondément changé depuis le début du siècle : la pêche a nettement régressé au profit du tourisme.

Un autre phénomène majeur se dégage de l'analyse des paysages littoraux : l'importance de la navigation de plaisance. Il y a, en France, 166 000 mouillages et anneaux (dont 72 800 sur la façade atlantique) alors que le nombre de bateaux était, en 1991, de près de 800 000. Il y a donc un déficit considérable en postes d'accueil qui est compensé par l'existence de nombreux mouillages forains, certains étant organisés en associations, d'autres étant complètement anarchiques. Pour les mouillages organisés, l'État perçoit d'ailleurs une redevance.

L'existence de ces mouillages a un impact visuel important. Il suffit, pour s'en convaincre, de survoler une portion du littoral au mois d'août : tous les endroits un peu abrités sont colonisés par les mouillages forains !

Prospective

La loi du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (loi Littoral) énonce un certain nombre de dispositions destinées à préserver le littoral. Le législateur exprime beaucoup de retenues à l'égard de l'extension de l'urbanisation et des équipements qui y sont associés : routes, ports de plaisance...

Par ailleurs, cette loi énonce des dispositions particulières au littoral :

- préservation des espaces ;
- protection des zones nécessaires au maintien ou au développement des activités agricoles, forestières et maritimes ;
- aménagement en profondeur et non plus en front de mer ;
- extension de l'urbanisation en continuité avec les agglomérations existantes ;
- protection totale d'une bande de 100 m en dehors des espaces urbains ;
- pas de nouvelle route à moins de 2 000 m du rivage ;
- libre accès à la mer par servitude de passage ;
- dispositions nécessaires à la qualité des eaux, aux activités exercées sur le littoral ;
- vocation des différents secteurs de l'espace maritime ;
- principe de compatibilité...

Cette loi Littoral, qui a été votée à l'unanimité au Parlement, est interprétée de manière restrictive par les tribunaux administratifs. La jurisprudence administrative privilégie le facteur environnemental par rapport au facteur aménagement. Tous les grands projets d'aménagement sont actuellement bloqués.

Compte tenu que la pression touristique reste très intense, le « mitage » du littoral s'accélère. Les associations de protection de la nature peuvent s'opposer aux grands projets. Elles ne peuvent rien contre la multitude de résidences secondaires. Il reste donc à canaliser la pression d'aménagement pour arriver à sauver le paysage littoral.

Dans une Europe en voie de formation, le littoral français présente beaucoup d'attraits. Malgré l'énorme gaspillage des aménagements « bâclés » et peu chers, certaines parties du littoral restent encore « naturelles », en tout cas beaucoup plus naturelles que dans bon nombre de pays à vocation touristique.

Les facteurs climatiques, qui pouvaient freiner le développement touristique sur les côtes de la Manche, ne sont plus un obstacle pour les Européens du Nord, voire pour certains Européens du Sud avides de « nature » et de « fraîcheur ».

Mais cette suprématie du tourisme sur le littoral français engendre d'énormes problèmes :

- équipements utilisés deux mois par an, surdensité de population en été et saturation des équipements... ;
- chômage chronique pendant une grande partie de l'année ;
- aménagements désuets et ne correspondant plus aux critères d'une Europe qui s'enrichit et qui devient exigeante sur la qualité de « l'environnement ».

Il est vraisemblable que le développement du littoral doive, pour réussir, s'élaborer selon les critères suivants :

- réaliser les aménagements touristiques nouveaux de qualité sur l'emplacement d'anciens aménagements ne correspondant plus aux critères actuels ;
- conserver en l'état tout ce qui n'est pas aménagé ;
- agrandir la proportion « sauvage » du littoral en achetant des terrains ayant une faible densité de construction et en faisant disparaître ces constructions (si elles ne présentent pas une qualité architecturale indéniable).

Un paysagiste, Jean Challet, a tenu les propos suivants lors de l'atelier du Conservatoire du littoral, qui ne sont pas contradictoires avec les propositions énoncées plus haut.

« À l'échelle de notre temps, l'urbanisation est le phénomène irréversible majeur. On y peut modifier et restaurer, densifier et remplacer à merci, l'espace urbanisé reste urbanisé, génération après génération. Il est définitivement soustrait à l'espace naturel, cultivé ou boisé. Seules des conditions exceptionnelles entraînent de graves dommages (glissements de terrain, reculs de falaise, inondations gravissimes, tremblements de terre) permettent de faire machine arrière. Même les destructions provoquées par les guerres ne sont exorcisées que par des reconstructions. Ce qui est bâti est donc définitivement bâti à l'échelle de notre temps, et il est intéressant de souligner que l'action du Conservatoire du littoral s'inscrit dans une volonté de permanence quasi comparable, puisque le statut juridique des terrains en fait des terrains inconstructibles, mais inaliénables. Il y a par conséquent des équilibres possibles à rechercher dans l'équilibre des paysages entre actions du Conservatoire et développement ou aménagement des espaces urbanisés ou bâties. »

Annexe 6

Quelques données sur le littoral

	France*	Total littoral	Bretagne	Centre-Atlantique	Aquitaine
Densité des communes littorales	104	257	222	194	83
% résidences secondaires	11	26	21	41	42

* Communes non littorales.

Les macrodéchets

Les macrodéchets sont constitués de matériaux divers : emballages en matière plastique, débris de bois, bidons d'huile, déchets alimentaires, cordeaux, médicaments... Ils constituent une nuisance esthétique dont l'impact touristique peut être important. C'est un risque pour les utilisateurs du littoral, les enfants en particulier, par coupures ou intoxications... et un danger pour les espèces marines : tortues et mammifères marins morts par occlusions intestinales dues à l'ingestion de matières plastiques...

À ces nuisances s'ajoutent le développement possible d'odeurs, la prolifération d'insectes, la fixation de salissures sur les matériaux solides.

Le problème des macrodéchets est dû à la négligence et aux habitudes prises, particulièrement en mer où, de tout temps, on déverse les déchets par-dessus bord en méconnaissant les processus de dégradation.

Une étude, réalisée par le Cnexo en 1982 pour le compte du ministère de l'Environnement sur onze sites-tests, a permis de quantifier cette pollution sur le littoral français : macrodéchets par nature, quantité et pays d'origine.

« Il apparaît que, dans les Alpes-Maritimes, 42 % des déchets sont d'origine italienne. Les déchets espagnols représentent 76 % dans le pays basque et encore 17 % en Bretagne Sud. Les déchets français concernent 95 % de la pollution sur le littoral du Calvados, alors qu'ils ne représentent que 50 % dans le Nord - Pas-de-Calais. Dans ce département, 22 % sont des déchets anglais et le reste est d'origine très variée correspondant à la diversité du trafic en Manche ».

Il peut donc y avoir localement une pollution visuelle qui n'aura pas forcément été induite à proximité. Certaines collectivités dépensent des sommes importantes pour nettoyer leurs plages. C'est le cas, en particulier, du département des Landes qui a sous-traité à une entreprise le nettoyage journalier de l'important linéaire de côtes.

Mais la présence des macrodéchets n'est pas limitée à la bande littorale. Les pêcheurs qui chalutent sur le plateau continental recueillent un nombre impressionnant d'objets : plastiques, sacs, bouteilles... et les rejettent à la mer compé tenu qu'ils n'ont pas la possibilité de stocker (ou détruire) les volumes recueillis.

L'Ifremer a entrepris, depuis 1992, un recensement des déchets sur le plateau continental. Les résultats montrent, dans le golfe de Gascogne, une grande variabilité spatiale et temporelle des macrodéchets, la zone de pollution maximale se situant en fin d'hiver au large de la Gironde où l'on pouvait trouver près de 14 objets par hectare ! Les sacs plastiques représentaient la très grande majorité des débris (plus de 95 %).

Au large de la Bretagne, la pollution maximale a lieu en été, ce qui semble indiquer une origine touristique de la pollution.

La moyenne des résultats sur le golfe de Gascogne fait apparaître une densité moyenne de 2 déchets par hectare, soit plus de 65 000 pièces sur la surface échantillonnée.

Prospective

Durant l'été 1995, les résultats de l'Ifremer ont été largement commentés par la presse et la télévision, ce qui est une preuve de l'intérêt que l'opinion publique attache à ce type de pollution. Les échouages, sur les plages, de mammifères marins morts, consécutivement à l'ingestion de sacs en plastique, sont toujours un moment fort de l'information.

Une chaîne de grands magasins a bien compris la force du message puisque, après une campagne de publicité importante, elle a remplacé les sacs plastiques « jetables » par des sacs consignés, échangés après usure et détruits par ses soins. On peut donc espérer maîtriser à terme ce type de pollution avec une formule choc :

Plus de macrodéchets en mer en 2015 !

Cela suppose :

- d'avoir des accords internationaux permettant d'uniformiser la lutte contre ce type de pollution. Pour la côte atlantique, les accords importants doivent être passés avec l'Espagne puisque à la côte, le transport de déchets se fait en hiver du sud au nord ;
- d'inciter, par une législation appropriée, les bateaux de pêche, de commerce et de guerre à traiter leurs propres déchets ;
- de sensibiliser les estivants, les plaisanciers, les pêcheurs à la nécessité d'un changement de leurs habitudes ;
- d'inciter la distribution « grand public » à supprimer les sacs « jetables » ;

- d'inciter les industriels de l'emballage à mettre au point des produits biodégradables.

Mais ces mesures seront insuffisantes si les communes littorales n'accentuent pas leurs efforts concernant la pose de poubelles et le ramassage régulier des déchets. On voit encore, trop souvent, durant la saison touristique, des poubelles qui débordent, les services municipaux étant quelque peu dépassés par l'augmentation de population en période estivale.

Il devrait être possible de récompenser les communes méritantes en intégrant les efforts réalisés dans le label « Pavillon Bleu ».

Conclusion

Les quelques exemples, succinctement développés, font apparaître que la pression sur le littoral est grande.

- La première manifestation est la compétition croissante pour l'accès au littoral, à son usage et à la ressource. Cette compétition devient de plus en plus vive et conflictuelle au fur et à mesure de la raréfaction de l'espace et de la ressource (pêche, tourisme, conchyliculture, aquaculture, plaisance, activités industrielles, portuaires, agricoles, extraction de granulats...).

La compétition au sein de la pêche exigera de plus en plus de régimes réglementaires d'accès aux ressources et aux sites, accès jusqu'à présent considéré comme libre.

Celle entre les activités de pêche et les autres nécessitera des arbitrages entre des usages concurrents mais non nécessairement incompatibles dès lors qu'ils sont pratiqués correctement et dans une obligation de cohabitation.

- La pression touristique est énorme. Le littoral ne conservera sa valeur attractive qu'au prix du maintien d'une certaine qualité. Cela est d'autant plus vrai que les échanges internationaux sont actuellement très faciles, que le tourisme international est très mobile et que les réactions peuvent être très rapides.

- Le littoral est l'exutoire naturel de tous nos rejets et l'on sait, actuellement, que la « capacité d'acceptation » du milieu marin a des limites.

- La disparition et l'altération des zones humides sont un phénomène majeur. Sans pouvoir mettre en évidence une relation entre la ressource et l'environnement, on peut toutefois noter la diminution importante de la production pour les espèces dépendantes, à un stade quelconque de leur vie, de leur passage en estuaire.

- Les aménagements sur le littoral sont de plus en plus contestés par les professionnels de la mer et par les associations de protection de la nature. Si l'on ne veut pas arriver à une situation bloquée où la décision finale appartient au plus fort, il importe de mettre en place des mécanismes de concertation qui reposent, en particulier, sur l'exactitude du diagnostic.

- Cette « exactitude du diagnostic » est actuellement contestable pour plusieurs raisons :

- la variabilité et la complexité des écosystèmes marins rendent difficiles toute approche prédictive ;
- dans l'état actuel des connaissances, on aborde mal l'aspect cumulatif des aménagements ;
- les études d'impact, par nature ponctuelles, manquent très souvent d'une connaissance régionale pour apporter une réponse incontestable aux conséquences de l'aménagement projeté.

Cela est d'ailleurs également vrai pour le domaine terrestre et le conseil scientifique régional de l'Environnement Bretagne a apporté, à ce sujet, un certain nombre de recommandations.

- Les études d'impact sur le domaine terrestre devront aussi intégrer les effets possibles sur le milieu marin à l'exutoire du bassin versant.

- Dans la presque totalité des aménagements, il n'y a pas d'études de suivi et l'on ne peut donc pas vérifier, *a posteriori*, les conséquences réelles de l'aménagement.

- L'échelle à laquelle il faut intervenir est variable et dépend du paramètre étudié et de l'entité marine.

Recommandations

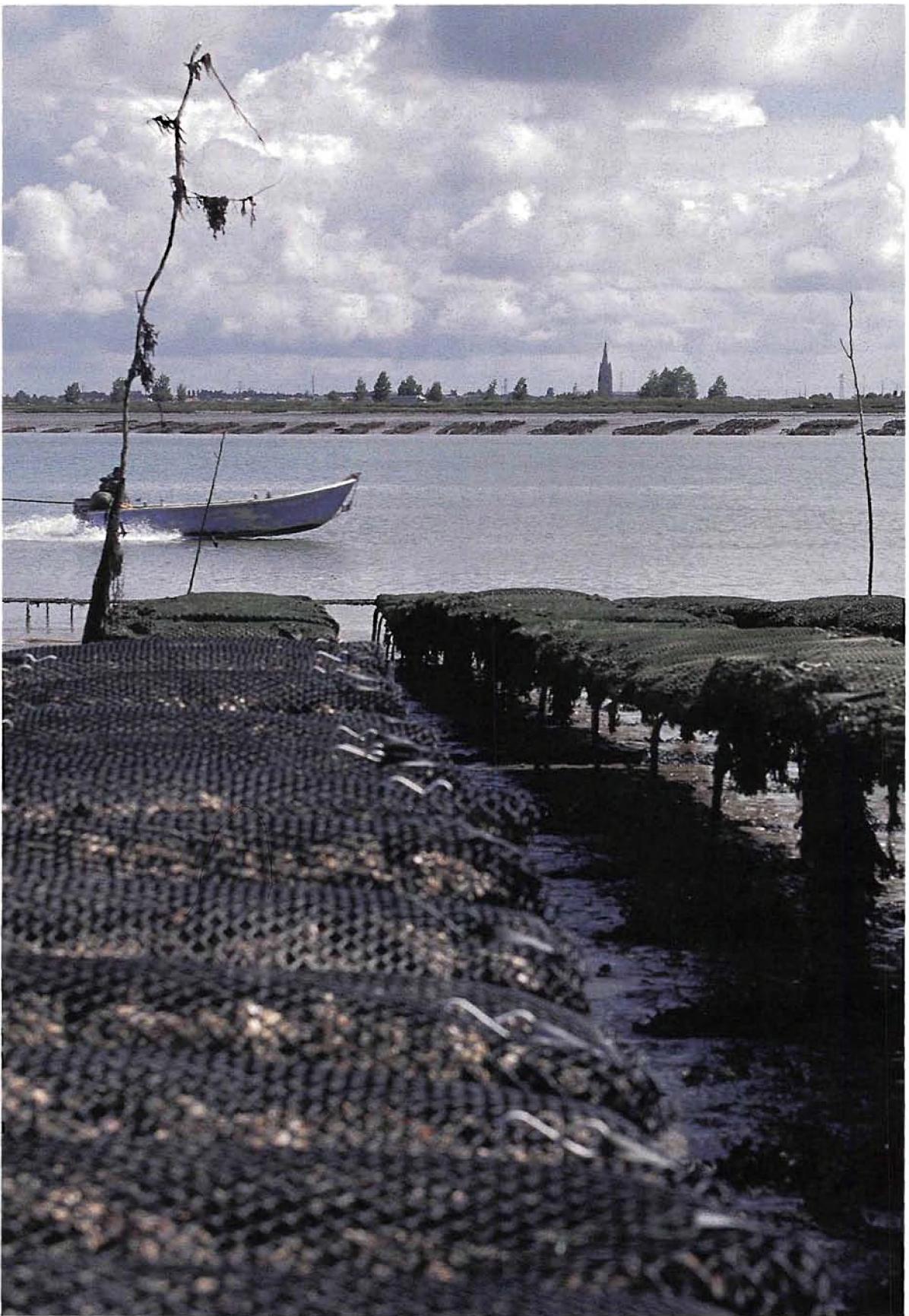
La prise de décision, en matière d'aménagement sur le littoral, pourrait être facilitée par :

- la mise en place de suivis des conséquences des aménagements réalisés qui amélioreront la prévision par analogie, étape indispensable compte tenu de l'état des connaissances, et la publication de leurs résultats ;

- la réalisation d'études « régionales » (c'est-à-dire à une échelle rendant possible la compréhension du fonctionnement des écosystèmes) qui permettront aux études d'impact de mieux remplir leur rôle. Ceci ne dispensera pas toutefois l'auteur de l'étude d'impact d'une analyse plus ponctuelle, particulière à chaque projet, s'appuyant sur des investigations et mesures de terrain, à l'échelle du territoire perturbé (bassin versant, unité paysagère, unité écologique fonctionnelle).

Chapitre II

L'état du milieu : la qualité du milieu et les réseaux de surveillance



La surveillance de la « qualité générale » du littoral : le réseau national d'observation de la qualité du milieu marin (RNO)

Mis en place, en 1974, par le ministère de l'Environnement, le RNO a pour premier objectif l'évaluation des niveaux et des tendances de certains polluants et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin. Il s'intéresse aux trois compartiments, eau, sédiment et matière vivante sur un certain nombre de sites.

Nous ne présenterons ici que les résultats relatifs à la matière vivante plus faciles à interpréter car correspondant à des niveaux plus élevés que l'eau (bioconcentration), moins variables (situation moyenne sur quelques mois) et, contrairement aux analyses dans le sédiment, non tributaires de la granulométrie et de la nature des fonds.

La surveillance porte essentiellement sur les huîtres et les moules qui sont utilisées comme indicateurs de contamination. Ces organismes possèdent la propriété d'accumuler les contaminants présents dans le milieu jusqu'à atteindre un équilibre avec lui. Ce phénomène de bioconcentration est à l'origine d'une augmentation des teneurs entre milieu et organisme pouvant être très élevée (13 000 pour les moules en ce qui concerne le cadmium). Les facteurs de bioconcentration peuvent être différents pour les huîtres et les moules et dépendent du contaminant. Il est donc préférable de comparer les variations d'un point à un autre pour une même espèce.

Par ailleurs, les analyses dans la matière vivante permettent de pallier, en grande partie, l'absence de normes internationales concernant la qualité des eaux marines, des sédiments et des espèces. En effet, la comparaison des différentes valeurs d'un polluant sur le littoral français permet d'identifier les zones les plus contaminées, même s'il n'est pas possible d'établir avec certitude les conséquences de la contamination. Par exemple, les concentrations en cadmium dans les huîtres de la Gironde, dix fois supérieures à celles de certains sites, indiquent qu'il y a une action à entreprendre pour réduire cette pollution.

Interprétation des résultats

Mercure (p. 86)

Au-dessous de 0,6 mg/kg (poids sec) de mercure dans les moules ou les huîtres, le niveau de contamination est considéré comme faible par les conventions d'Oslo et de Paris. L'arrêté du 21 juillet 1995 relatif au classement des zones de production donne 0,5 mg/kg de chair humide (2,5 en poids sec) pour le classement en A. Le tableau des teneurs moyennes entre 1979 et 1993 indique qu'il n'y a pas de problèmes sur l'ensemble du littoral français.

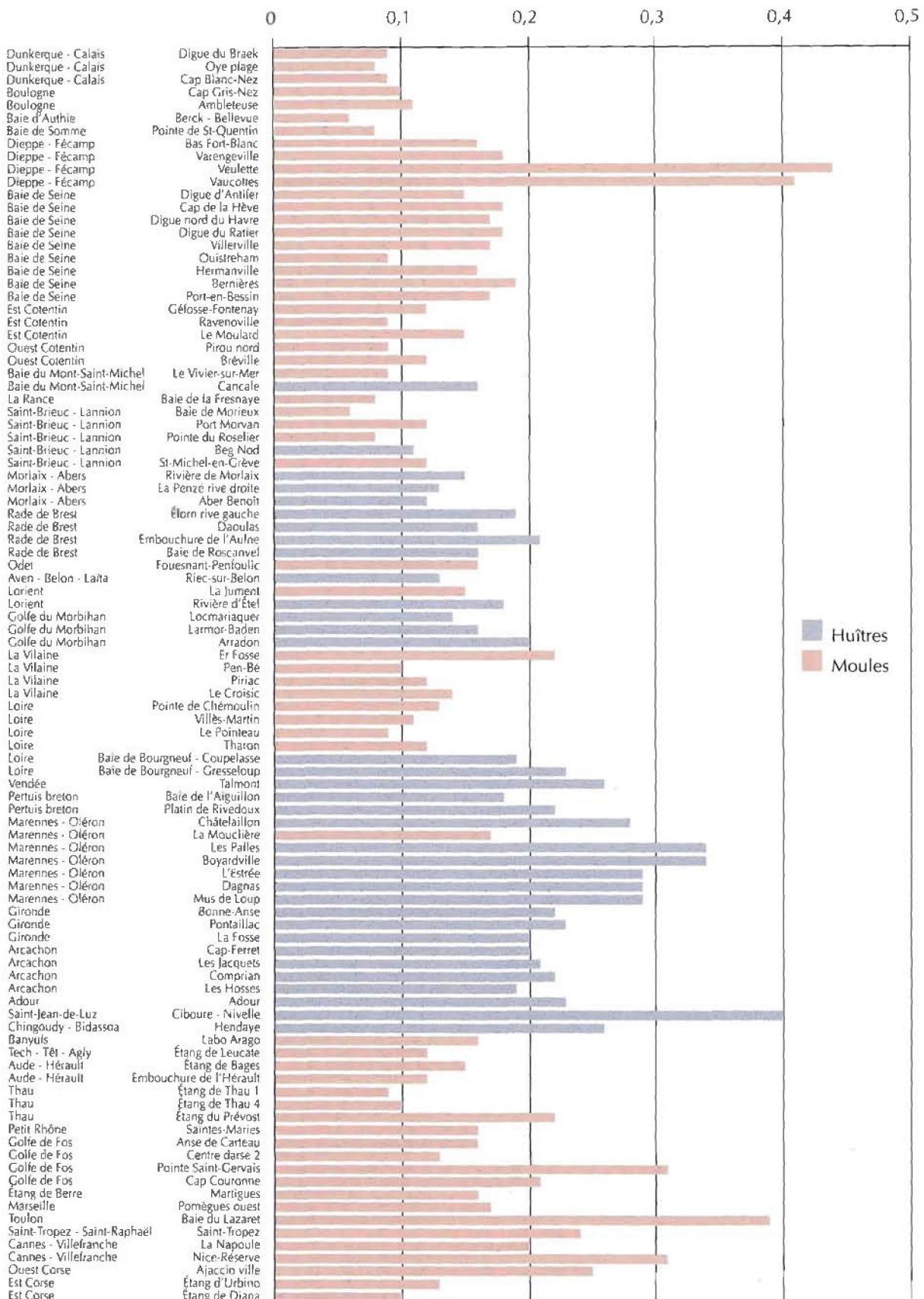
Les teneurs un peu plus élevées rencontrées au Pays Basque sont vraisemblablement dues au fait que les points de prélèvement sont très proches des zones urbaines et portuaires. Les concentrations en mercure n'ont subi aucune évolution significative depuis le début des années quatre-vingt.

Cadmium (p. 87)

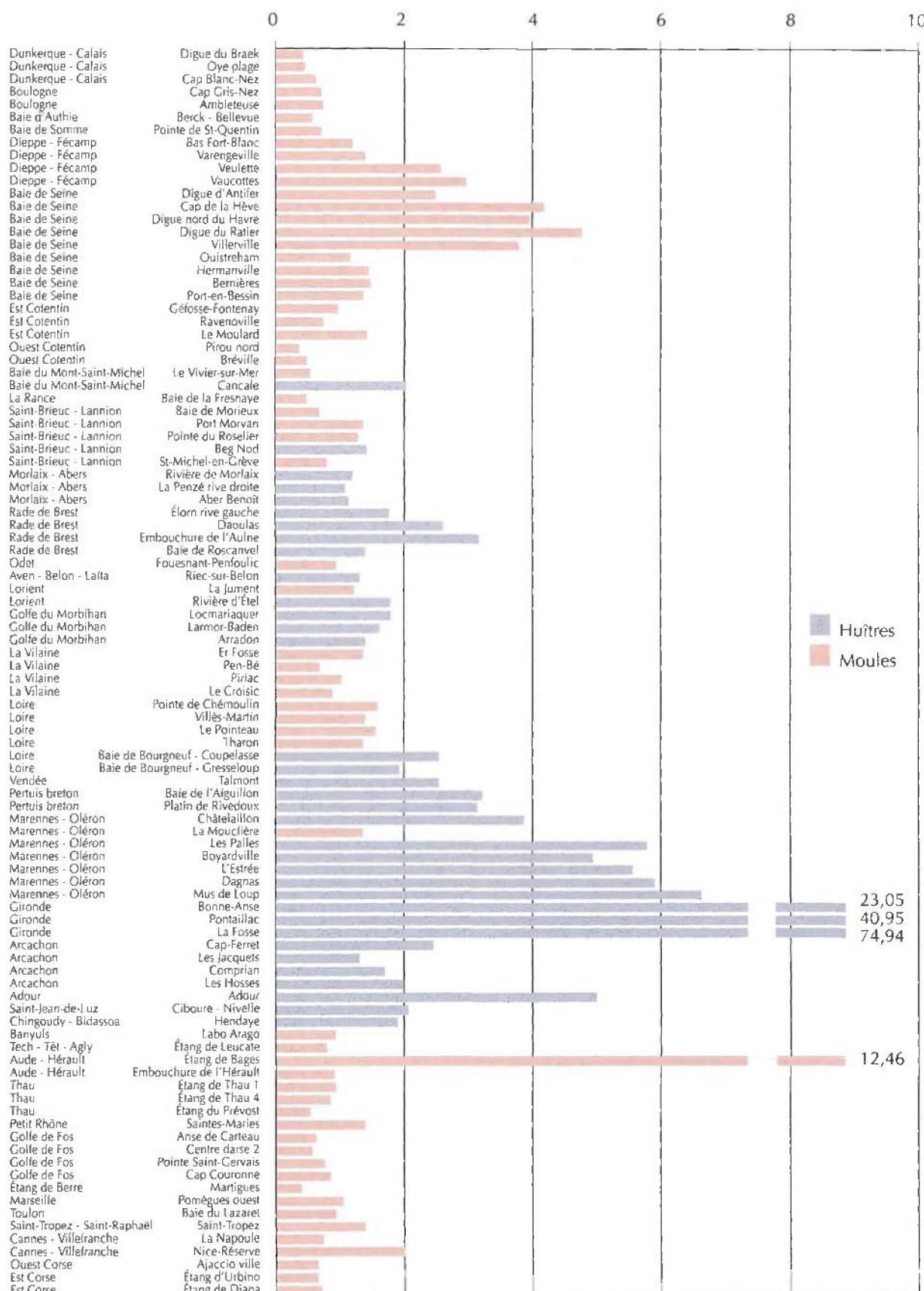
Les huîtres accumulent ce métal environ quatre fois plus que les moules (publications RNO). Les huîtres de la Gironde peuvent être considérées comme fortement contaminées au vu des conventions d'Oslo et de Paris (plus de 20 mg/kg de poids sec). Le classement en A des zones de production nécessite une valeur inférieure à 2 mg/kg (poids humide, arrêté du 21 juillet 95).

L'origine de la contamination est connue : le cadmium provient d'une ancienne mine de zinc située à plus de 250 km en amont sur un affluent du Lot. Des travaux ont été entrepris pour isoler la source polluante, mais de grandes quantités de cadmium sont encore présentes dans les lits du Lot et de la Garonne. Il faudra de nombreuses années pour aboutir à un état normal. La situation évoluera d'ailleurs en fonction de l'hydrologie, les années sèches voyant une amélioration qui pourra être démentie les années suivantes.

Depuis le début des années quatre-vingt, il n'apparaît aucune évolution générale. Les teneurs un peu plus élevées rencontrées à Marennes-Oléron (mais qui correspondent à une bonne qualité pour les conventions d'Oslo et de Paris : < 8 mg/kg poids sec) sont à attribuer, selon toute vraisemblance, à une influence de la Gironde.

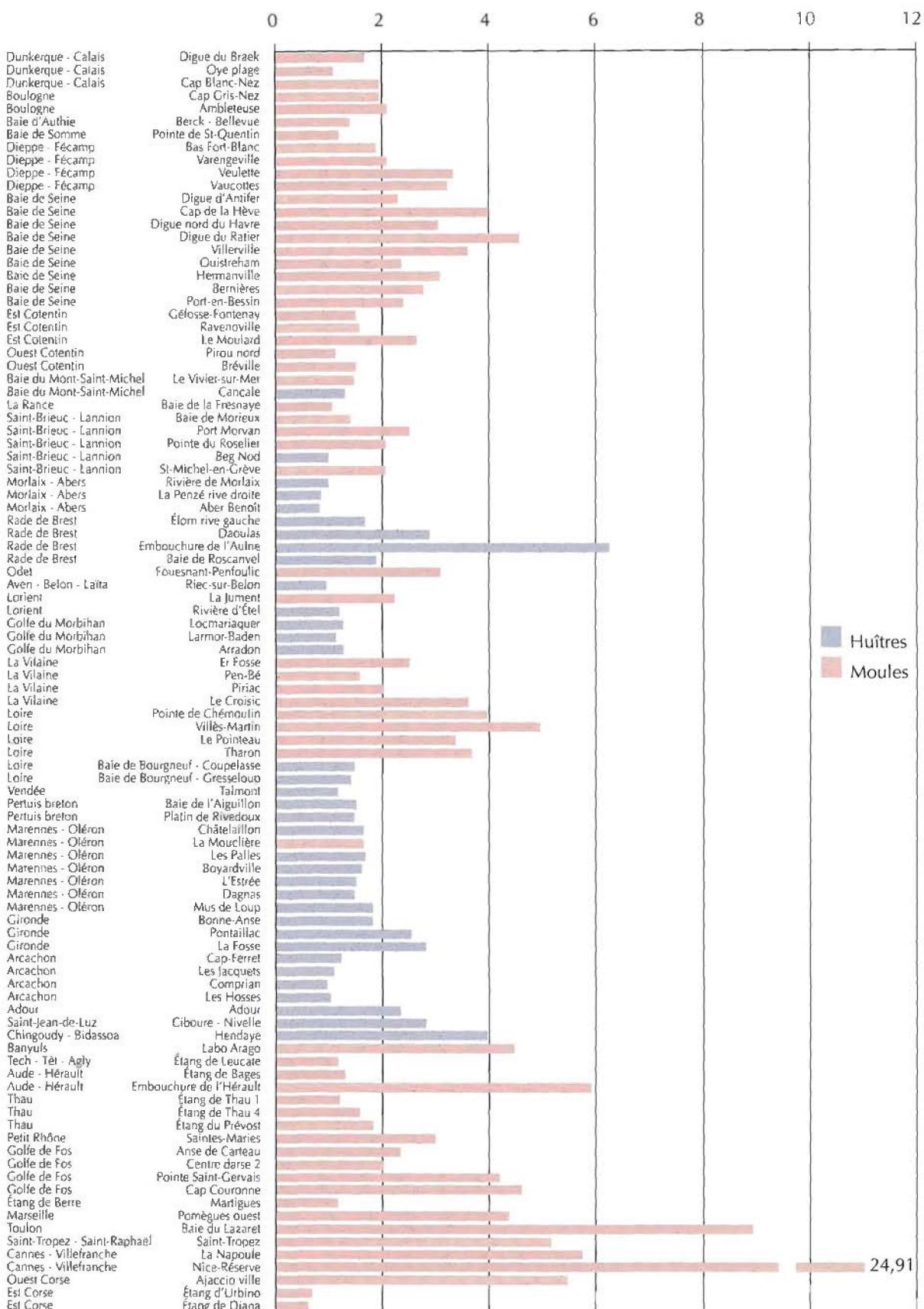


Teneurs moyennes en mercure (1979-1993). mg/kg, poids sec.

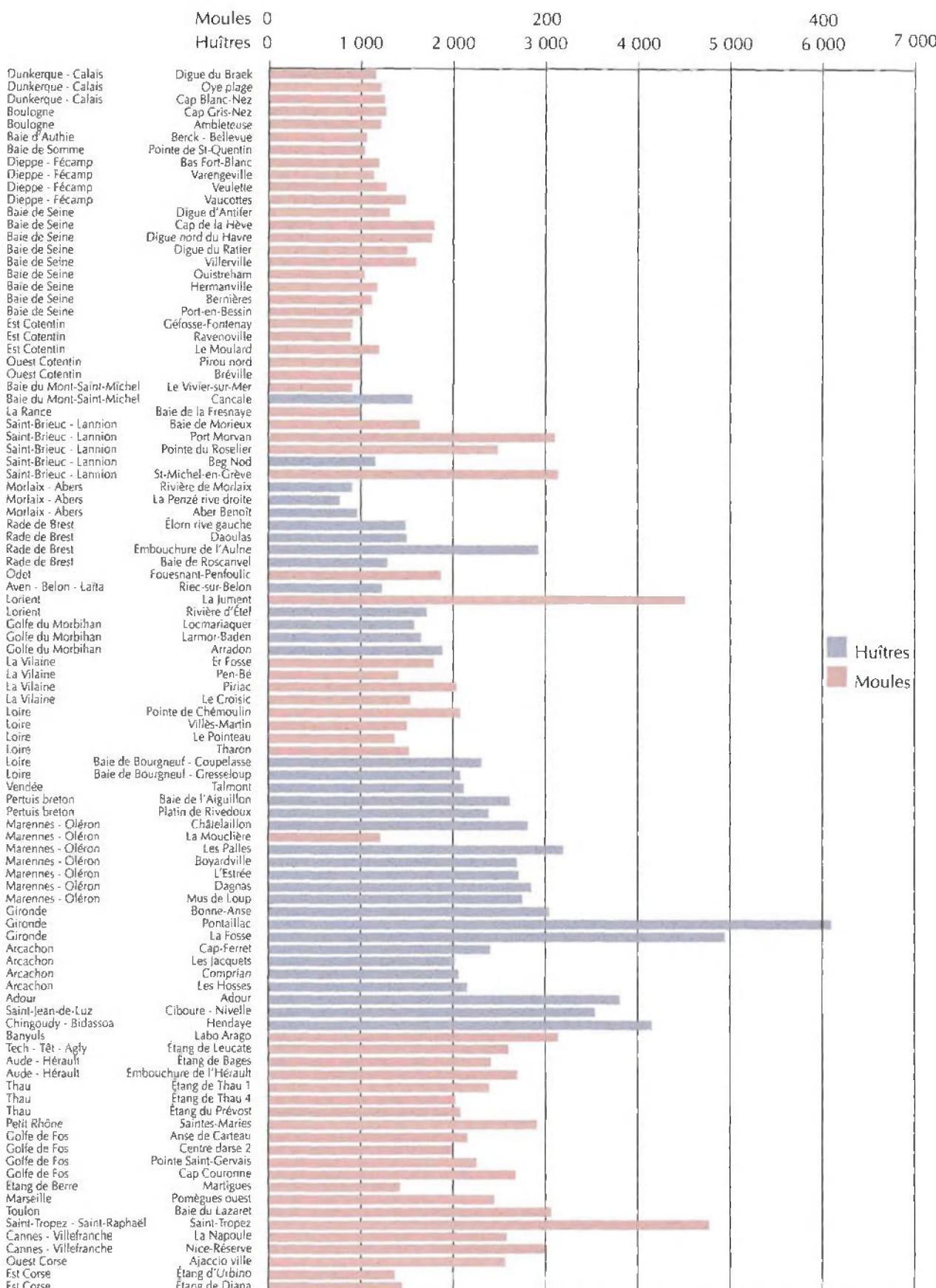


Teneurs moyennes en cadmium (1979-1993), mg/kg, poids sec.

■ *L'état de l'environnement sur la façade atlantique*



Teneurs moyennes en plomb (1979-1993). mg/kg, poids sec.



Teneurs moyennes en zinc (1979-1993) : mg/kg, poids sec.

Plomb (p. 88)

L'arrêté du 21 juillet 1995 indique une valeur de 10 mg/kg (poids sec) pour le classement en A. La situation est donc satisfaisante. Cependant, avec la grille RNO proposée par l'Ifremer en 1993 (plus sévère), la situation est mauvaise à l'embouchure de l'Aulne (vraisemblablement due au lessivage d'une ancienne mine de plomb argentifère) et médiocre dans une station de l'estuaire de la Loire. Partout ailleurs, elle est satisfaisante. Les apports atmosphériques de plomb constituent une source importante d'introduction dans le milieu marin. Il y a décroissance des contaminations en plomb dans l'estuaire de la Loire (à mettre vraisemblablement en relation avec l'arrêt de fabrication du plomb tétraéthyle).

Zinc (p. 89)

La différence de bioaccumulation du zinc entre huîtres et moules est très importante. Le zinc est peu毒ique pour l'homme mais peut perturber la croissance des larves d'huîtres. La situation est critique en Gironde (mine de zinc responsable de la pollution de la Gironde). Il y a des pollutions ponctuelles :

- Pays Basque : voir remarques sur le mercure (proximité des zones urbaines et portuaires) ;
- rade de Lorient : phénomène dû, selon toute vraisemblance, à l'activité portuaire.

Cuivre (p. 91)

La bioaccumulation est très différente entre les huîtres et les moules. Ces dernières sont d'ailleurs de mauvais indicateurs de la contamination par le cuivre car elles régulent fortement leur contenu entre 7 et 8 mg/kg de poids sec (ce métal participe à leur métabolisme).

La toxicité du cuivre est notamment utilisée dans les peintures antusalissures pour les coques de navire. L'usage des peintures à base de cuivre se répand depuis l'interdiction de celles à base de tributylétain (TBT) pour les bateaux de moins de 25 m. Les teneurs importantes rencontrées en Gironde ont la même origine que le zinc.

PCB (polychlorobiphényles) (p. 92)

Ce sont des composés très rémanents (utilisés comme isolants caloporeux et diélectriques dans les transformateurs) dont la toxicité a conduit à en réglementer l'usage. Les concentrations en Loire conduisent à une classification « médiocre » dans la grille RNO. L'interdiction d'usage de ces constituants se traduit par une décroissance de leurs concentrations (- 13 % entre 1988 et 1993).

Lindane ou γ HCH (hexachlorcyclohexane) (p. 93)

Le lindane est un insecticide organochloré largement utilisé. Les valeurs observées en Charente-Maritime, bien que décroissantes, sont les plus élevées du littoral. Ceci peut être dû à une activité agricole particulière ou aux traitements contre les termites. Le pic observé en rade de Brest (Roscanvel) est un événement épisodique.

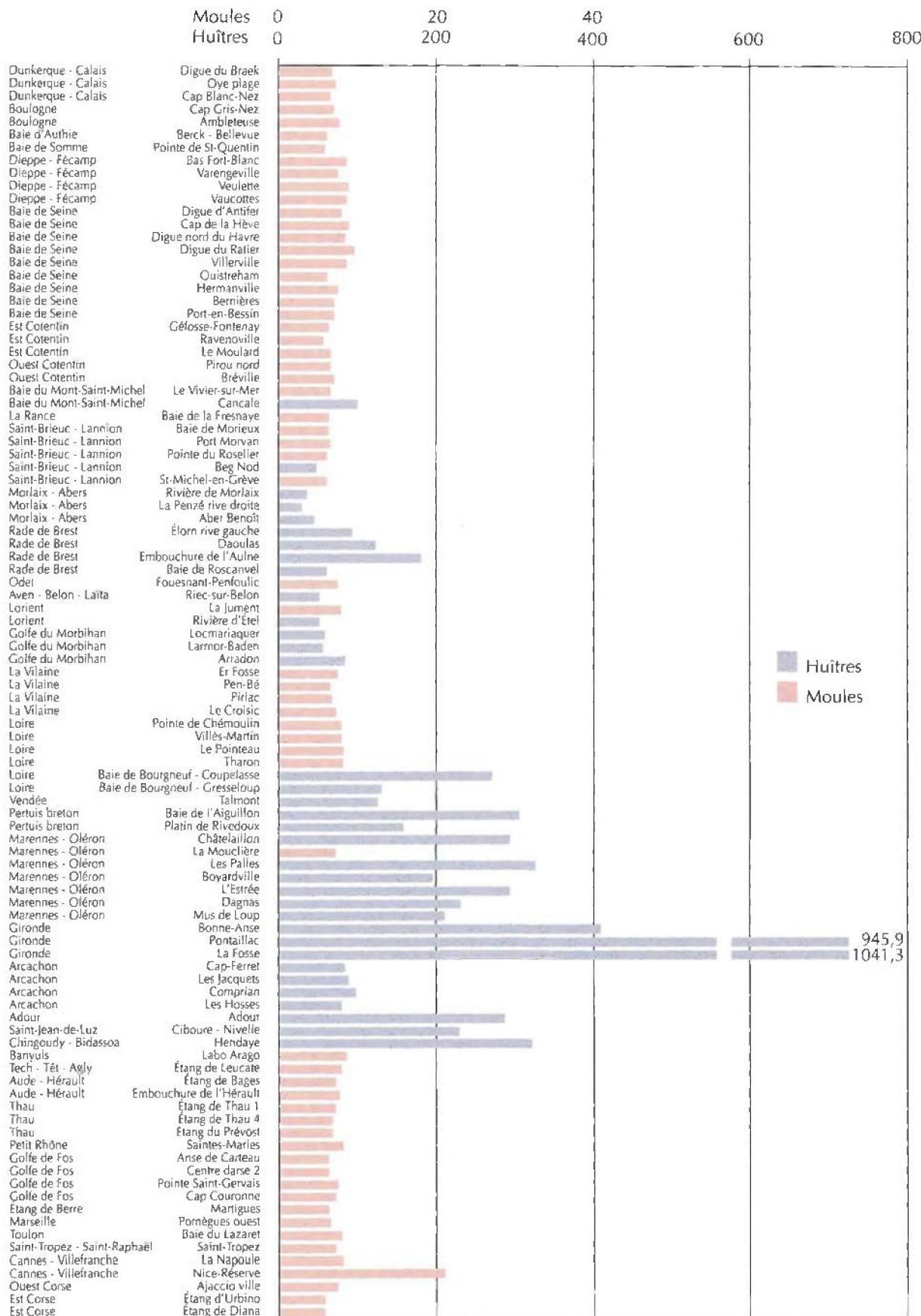
DDT (dichloro - diphenyl - trichloréthane) (p. 94)

La toxicité et la rémanence de cet insecticide ont conduit à une interdiction d'utilisation en 1972. C'est seulement vers le milieu des années quatre-vingt qu'une forte tendance à la baisse a commencé à se dessiner.

Les valeurs sont, en moyenne, plus fortes au sud de la Loire. Sur la façade atlantique, les concentrations ont été divisées par deux en dix ans, la baisse la plus spectaculaire étant observée à Arcachon (de 900 à une vingtaine de µg/kg).

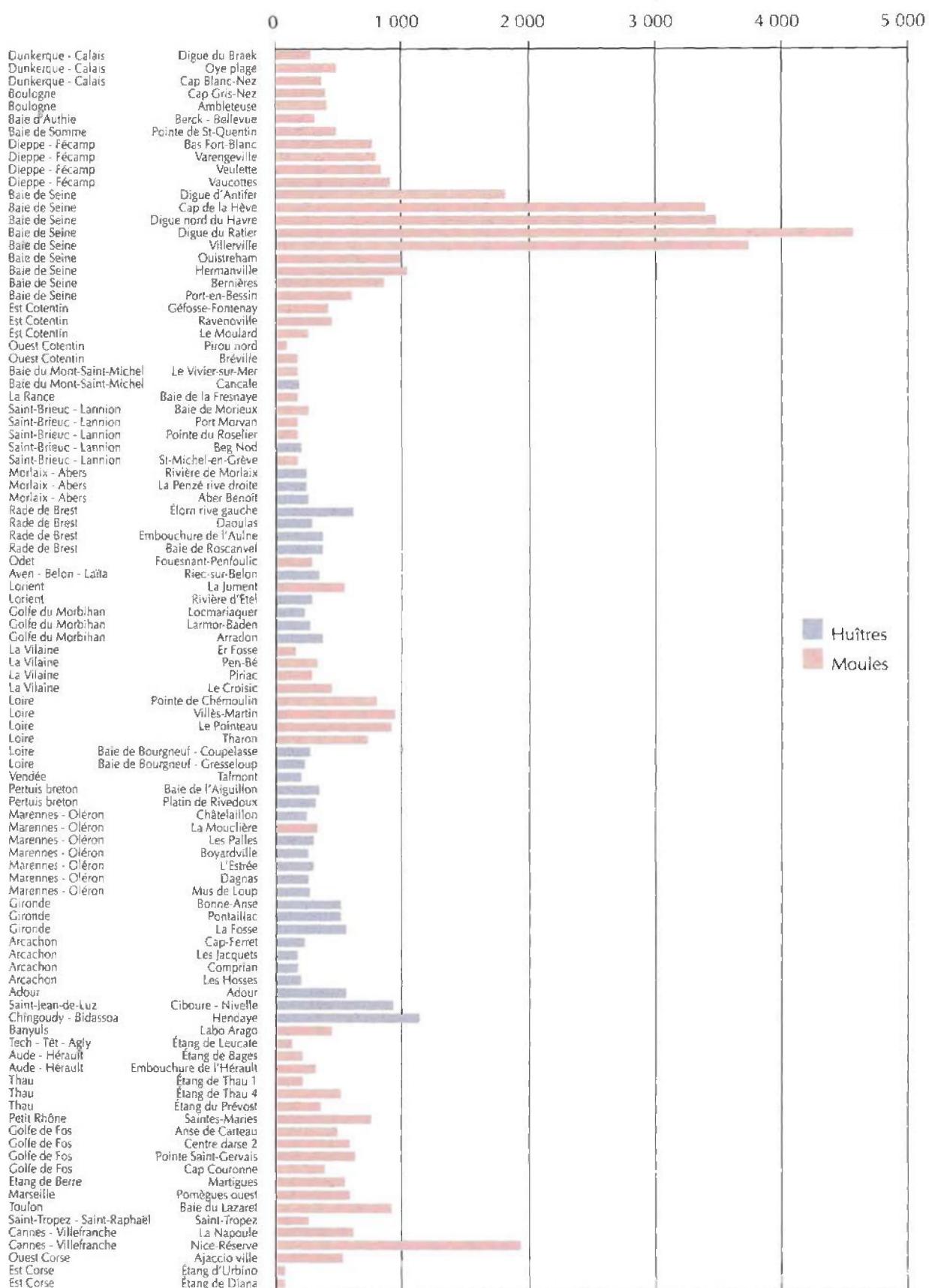
PAH (hydrocarbures aromatiques polycycliques) (p. 95)

Les PAH entrent pour 15 à 30 % dans la composition des pétroles bruts. Moins biodégradables que les autres hydrocarbures, ils restent plus longtemps dans le milieu. Les fortes teneurs rencontrées au Pays Basque sont à mettre sur le compte de la proximité des zones urbaines et portuaires. On constate une légère baisse des niveaux observés entre 1988 et 1993.

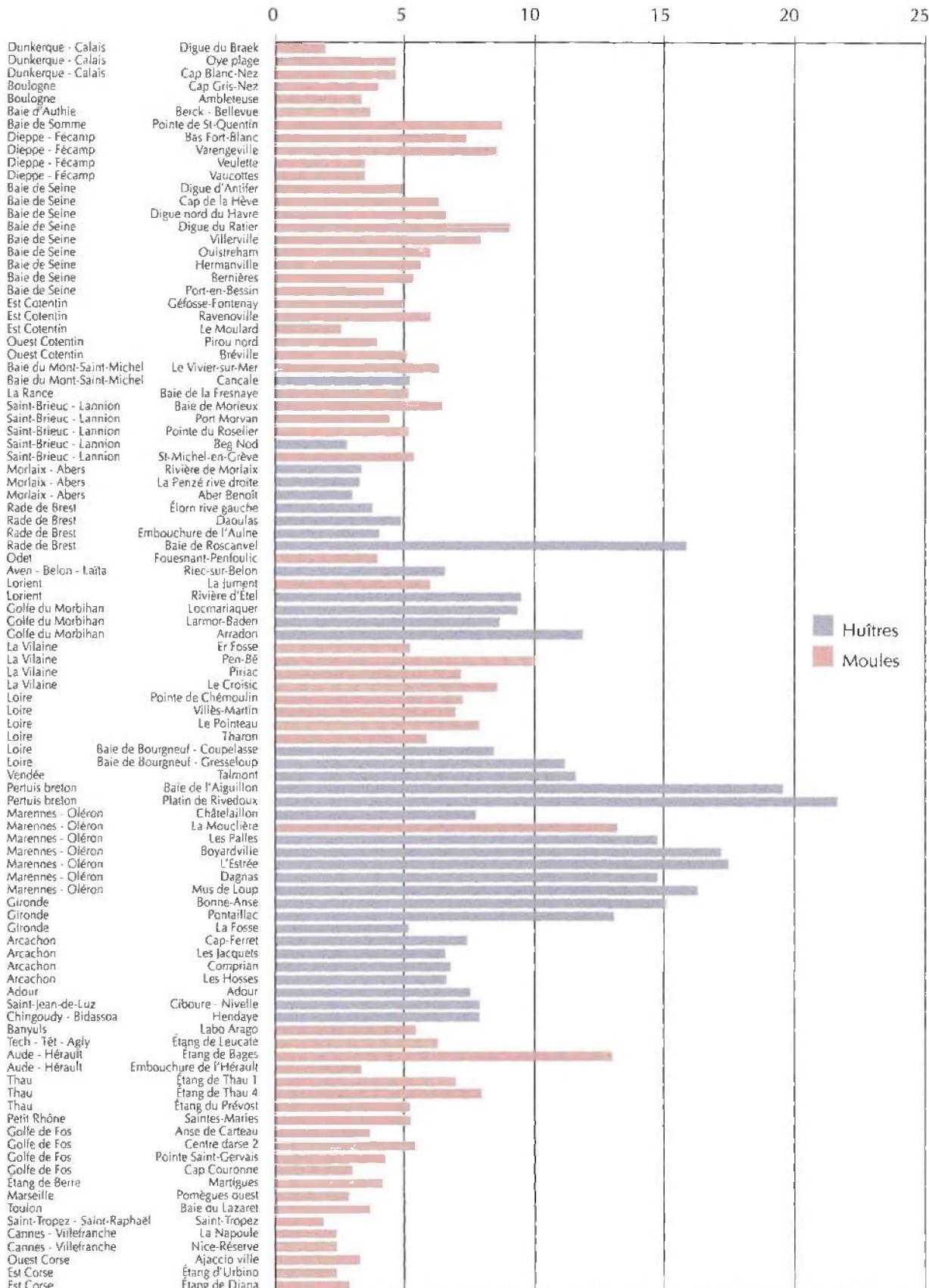


Teneurs moyennes en cuivre (1979-1993) mg/kg, poids sec.

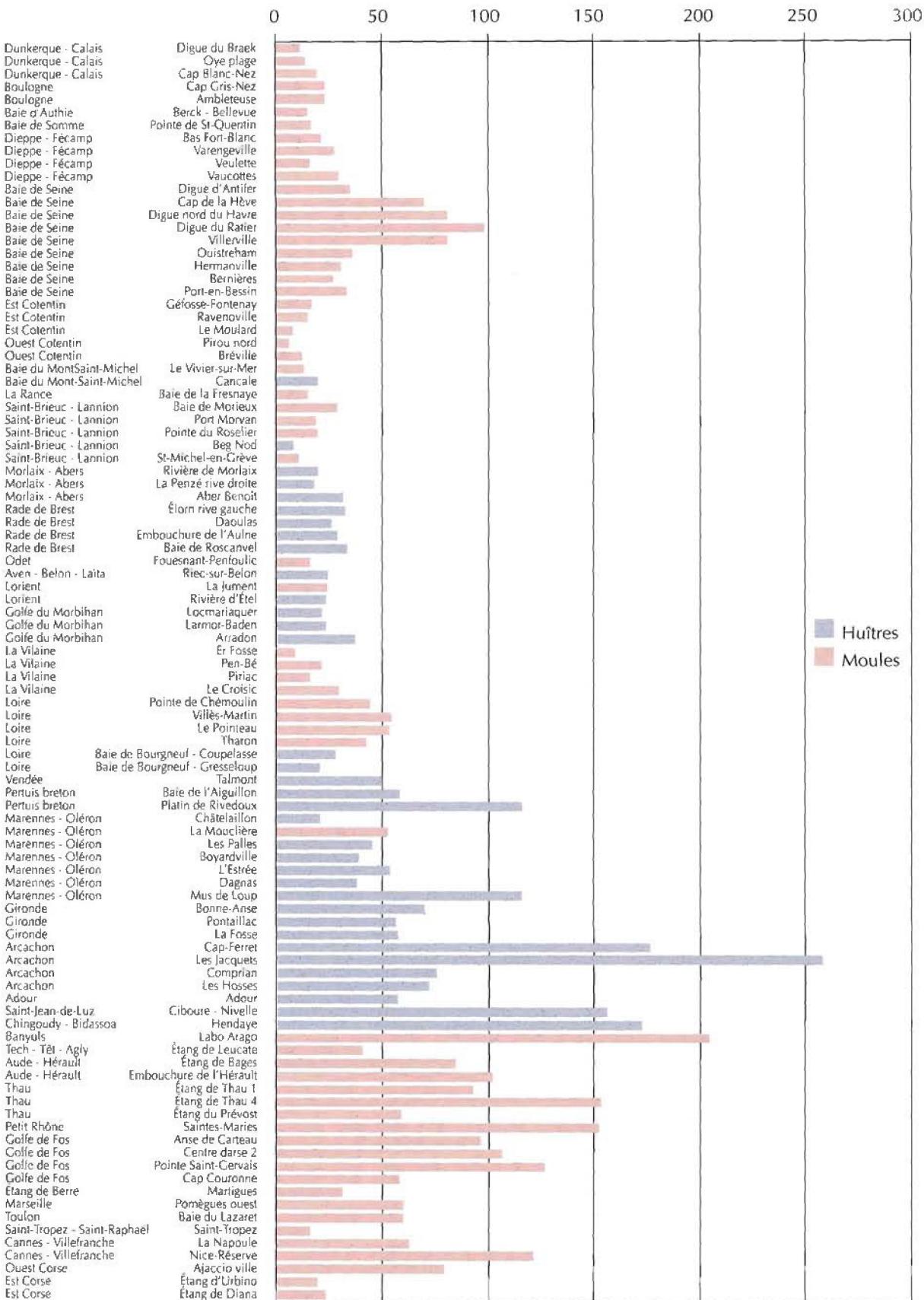
■ L'état de l'environnement sur la façade atlantique



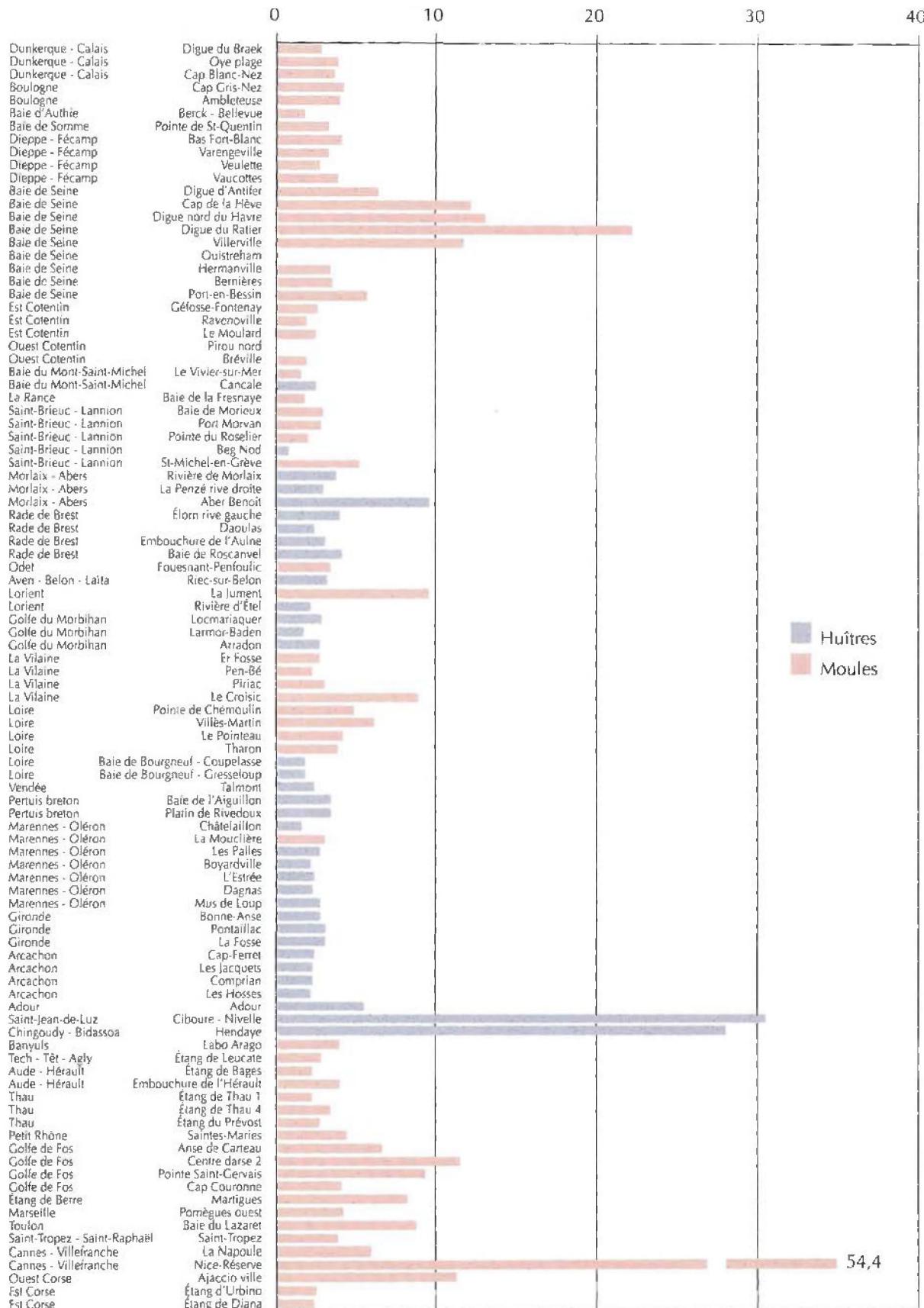
Teneurs moyennes en PCB (1979-1993) µg/kg, poids sec.



Teneurs moyennes en γ HCH (1979-1993) µg/kg, poids sec.



Teneurs moyennes en DDT + DDD + DDE (1979-1993) µg/kg, poids sec.



Teneurs moyennes en PAH (1979-1993) µg/kg, poids sec.

Surveillance des effets biologiques

L'écotoxicologie marine permet maintenant de proposer un premier élément de réponse à l'évaluation de l'effet des polluants par le développement d'indicateurs biologiques ou bio-indicateurs. Depuis 1987, le RNO a initié un travail de recherche et de développement de bio-indicateurs adaptés à la surveillance des effets biologiques en milieu marin. Un biomarqueur peut être défini comme une réponse provoquée par un composé xénobiotique et dont la mesure indique qu'un organisme ou une population a subi un stress. La mesure de biomarqueurs à un niveau d'organisation aussi complexe que celui de la cellule permet d'accéder à une réponse rapide de l'organisme face à un polluant. Un biomarqueur doit donc intégrer les différents stress environnementaux auxquels sont soumis les organismes marins. Il doit exprimer les effets cumulés des fluctuations naturelles telles que la température, la qualité de la nourriture, les variations physiologiques et les interactions pharmacocinétiques et toxicologiques de mélanges complexes de molécules chimiques présentes dans le milieu marin.

Le premier biomarqueur retenu pour la surveillance est l'enzyme de détoxicification Érod (éthoxyrésorufine-O-deéthylase). L'intérêt de cette enzyme est qu'elle est induite par des polluants chimiques présents dans le milieu marin en particulier les PAH, les PCB et les dioxines. Ces produits sont classés parmi les substances cancérogènes indirectes car ils deviennent toxiques après une activation métabolique. Les produits chimiques cancérogènes sont métabolisés au niveau des hépatocytes (cellules du foie) par les mécanismes enzymatiques de détoxication. L'activité enzymatique Érod permet la transformation de ces molécules liposolubles en composés hydro-solubles pouvant être excrétés. Plus les PCB ou PAH sont en concentrations élevées dans le milieu marin, plus ils sont nombreux à pénétrer dans le poisson et plus ils activent son système de défense, c'est-à-dire l'induction de l'Érod.

Dans le RNO, la surveillance biologique a démarré sur deux sites pilotes particulièrement contaminés par les PCB et/ou les PAH : la baie de Seine et le golfe de Fos-sur-Mer. Ces deux zones sont en dehors de notre zone d'intérêt. Toutefois, une série de campagnes réalisées en Manche et dans

le golfe de Gascogne entre 1987 et 1991 et portant sur le dragonet *Callionymus lyra* ont permis de constater que l'activité Érod chez ces poissons était relativement homogène pour les stations de référence situées à une cinquantaine de kilomètres de la côte et celles, plus côtières, influencées par les apports telluriques. Seule la baie de Saint-Brieuc faisait exception avec une activité Érod supérieure.

L'intérêt d'utiliser le marqueur enzymatique Érod dans des programmes de surveillance fait l'objet d'un consensus sur le plan international. Ces résultats partiels méritent d'être confirmés avant une extension à d'autres sites. Ils indiquent que l'on peut espérer trouver, à moyen terme, des indicateurs permettant de mettre en évidence l'influence de certains polluants sur les écosystèmes marins. L'emploi d'autres biomarqueurs est actuellement développé expérimentalement sur les côtes de la mer du Nord et en Méditerranée. L'approche « multimarqueurs » semble en effet le seul moyen de pouvoir évaluer les conséquences des polluants sous forme de mélanges complexes.

Conclusion

L'analyse de la répartition d'un certain nombre de polluants dans la matière vivante (huîtres, moules) du littoral atlantique amène le diagnostic suivant.

- Les teneurs relativement élevées trouvées dans le Pays Basque sont vraisemblablement liées à la proximité des points de prélèvement des zones urbaines et portuaires.

Il n'y a pas de zone de contamination majeure à l'exception de l'estuaire de la Gironde contaminé par le cadmium, le zinc, le cuivre.

L'origine de cette pollution est connue. Il s'agit d'une ancienne mine de zinc située 250 km plus en amont sur un affluent du Lot. Des mesures ont été prises pour arrêter cette contamination. Mais l'amélioration sera longue à apparaître compte tenu que les sédiments du Lot et de la Garonne sont contaminés.

- En dehors de l'estuaire de la Gironde, les problèmes de pollution sont ponctuels et spécifiques : plomb dans l'estuaire de l'Aulne, zinc en rade de Lorient, lindane en Charente-Maritime. Il y a, dans l'estuaire de la Loire, une contamination chronique faible par les PCB, les PAH et le plomb.

Le littoral de la façade atlantique apparaît donc comme relativement peu contaminé. L'analyse sur les tendances réalisée entre 1979 et 1993 a nettement mis en évidence la chute généralisée des teneurs en DDT.

Pour les autres polluants, les tendances significatives sont moins remarquables. Cependant, pour le mercure, le cadmium et le plomb, les tendances à la hausse sont rares alors que près d'un tiers des sites présente une amélioration.

Faut-il en déduire que la situation est « presque » parfaite ? Deux remarques peuvent nuancer ce jugement :

- peut-il y avoir, à terme, un risque de relargage de certains sols agricoles fortement contaminés en cadmium, cuivre, phosphore... ? Il y aurait alors entraînement de polluants vers le milieu marin ;
- le RNO permet le suivi d'un nombre limité de contaminants. Il ne prend pas en compte toute la panoplie des produits phytosanitaires. La France utilise 95 000 t par an de substances actives.

En Bretagne, le rapport de la cellule d'orientation régionale pour la protection des eaux contre les pesticides (Corcep, 1993) indique :

« Les eaux superficielles bretonnes se révèlent gravement contaminées et de façon chronique par des produits phytosanitaires et leurs résidus... »

Ainsi, 45 % des habitants du bassin Loire-Bretagne (près du tiers du territoire français) sont exposés à la consommation d'une eau qui dépasse la norme réglementaire.

Ces produits phytosanitaires peuvent-ils avoir un impact sur le milieu marin ? La réponse est indiscutablement oui sans que l'on puisse connaître cet impact avec précision.

- Après certains épisodes pluvieux, on a pu mesurer, dans des eaux estuariennes et côtières, des concentrations extrêmement élevées aussi bien en rade de Brest qu'à Marennes-Oléron (13 µg/l de concentration en triazines en rade de Brest en mai 1993, à 15 % de salinité, après un épisode pluvieux). À titre de comparaison, la norme de qualité pour l'eau potable, fixée par l'Union européenne et adoptée en France depuis 1989, est de 0,1 µg/l de pesticides. La valeur de référence de l'Organisation mondiale de la santé est de 2 µg/l ; celle-ci estime qu'au-delà il y a un risque cancérogène additionnel. La limite de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée

à la consommation humaine est de 5 µg/l pour les trois substances suivantes : parathion, HCH, dieldrine. Le seuil de toxicité connu actuellement pour l'atrazine est de 1 µg/l (inhibition de la photosynthèse de *Cyclotella meneghiniana*).

- Ces eaux très contaminées se révèlent avoir une certaine toxicité sur des larves de bivalves, voire des altérations coquillières sur la coquille Saint-Jacques en rade de Brest (diuron et mecoprop).
- Remora, le réseau national de suivi des croissances d'huîtres creuses, a démontré que la qualité de l'eau de certaines zones littorales se révélait impropre à leur croissance.
- Des indicateurs biochimiques (comme l'acétyl-cholinestérase caractéristique des pesticides organophosphorés et des carbamates) ont montré des inhibitions fortes chez des moules pêchées dans des estuaires bretons.

Le littoral (en particulier les zones estuariennes) est caractérisé par la présence de nombreuses frayères et nourriceries. Ces dernières sont des zones où les juvéniles viennent se regrouper en été pour profiter des eaux plus chaudes, des dessalures, de la nourriture plus abondante, de l'absence de prédateurs restés au large... Ces nourriceries, très côtières, sont-elles sensibles à la pollution ? Les connaissances scientifiques concernant l'impact à long terme des polluants sont insuffisantes (effets sublétaux, synergie entre polluants, influence d'un pic de contamination très prononcé et très éphémère...). De plus, les conséquences doivent dépendre du stade de développement de l'animal (les stades larvaires sont particulièrement délicats) et le problème est rendu plus complexe par la variabilité du milieu marin : comment déterminer si une variation est naturelle ou provoquée par l'homme si l'on n'a pas une très bonne idée de la variabilité naturelle du milieu ?

Le problème est donc scientifiquement complexe. Il ne peut être éludé compte tenu de la nécessité absolue de maintenir (ou développer) la ressource côtière.

Prospective

On pourrait penser que les polluants présents dans le milieu marin viennent, dans leur très grande majorité, des bassins versants et qu'une surveillance des eaux douces est suffisante, les normes concernant la protection de la santé

humaine étant, selon toute vraisemblance, plus sévères que celles appliquées. Cela n'est vrai que partiellement : le TBT a des effets très importants dans le milieu marin ; la bioconcentration peut y faire apparaître des problèmes qui n'ont pas été détectés auparavant. C'est la surveillance des coquillages en Gironde qui a permis de mettre en évidence la contamination par le cadmium. Les mesures réalisées en eau douce n'avaient rien d'anormal : en eau douce le cadmium est transporté sous forme particulaire. C'est au contact de l'eau de mer qu'il se libère et prend une forme plus assimilable.

Il importe donc de renforcer la surveillance du milieu marin et d'améliorer nos connaissances concernant le devenir et l'action des polluants.

Surveillance

Il convient, dans un premier stade, de mieux surveiller le milieu marin en donnant la priorité aux secteurs économiquement importants (zones estuariennes, conchylicoles, de nourrissances, touristiques...) et en surveillant les polluants principaux et les flux arrivant au littoral. On conçoit toute la difficulté pour définir ce qu'est un polluant « principal » (toxicité, importance des tonnages utilisés, rémanence...). Pour les produits phytosanitaires se pose les problèmes du nombre de paramètres existant, de la variabilité de leur utilisation et de leur arrivée au milieu marin. Une bonne partie de ces polluants ne s'accumule pas dans la matière vivante, ce qui pose le principe même de leur contrôle. Peut-on concevoir une surveillance basée sur les effets sans trop se soucier de la nature du produit ? Une réponse positive n'est envisageable à terme que pour certains contaminants.

Une réflexion critique est indispensable à l'évolution de la surveillance, laquelle ne se conçoit qu'avec des budgets appropriés aux objectifs définis. Le coût actuel du RNO, voisin de 5 MF/an (et n'ayant pas varié depuis 1974), est bien faible compte tenu de l'importance des enjeux.

Études

Une surveillance efficace doit évoluer avec le progrès des connaissances. C'est pourquoi il importe de poursuivre le développement des études concernant le devenir et l'action des polluants. Il convient, certes, de s'intéresser aux effets

des polluants sur la santé humaine (par le biais de la consommation des coquillages et des poissons) mais aussi et surtout aux conséquences sur le milieu marin et la ressource vivante, en particulier sur les juvéniles et le fonctionnement des nourrissances. Ce volet a été peu développé jusqu'à présent.

Réduction des apports

Traditionnellement, on distingue les apports ponctuels des apports diffus. Les premiers sont, essentiellement, d'origine urbaine ou industrielle. Les seconds sont, en grande majorité, d'origine agricole.

La pollution d'origine ponctuelle devrait sensiblement décroître dans les vingt ans qui viennent, ne serait-ce que grâce à l'application de l'arrêté du 22 décembre 1994 relatif aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées.

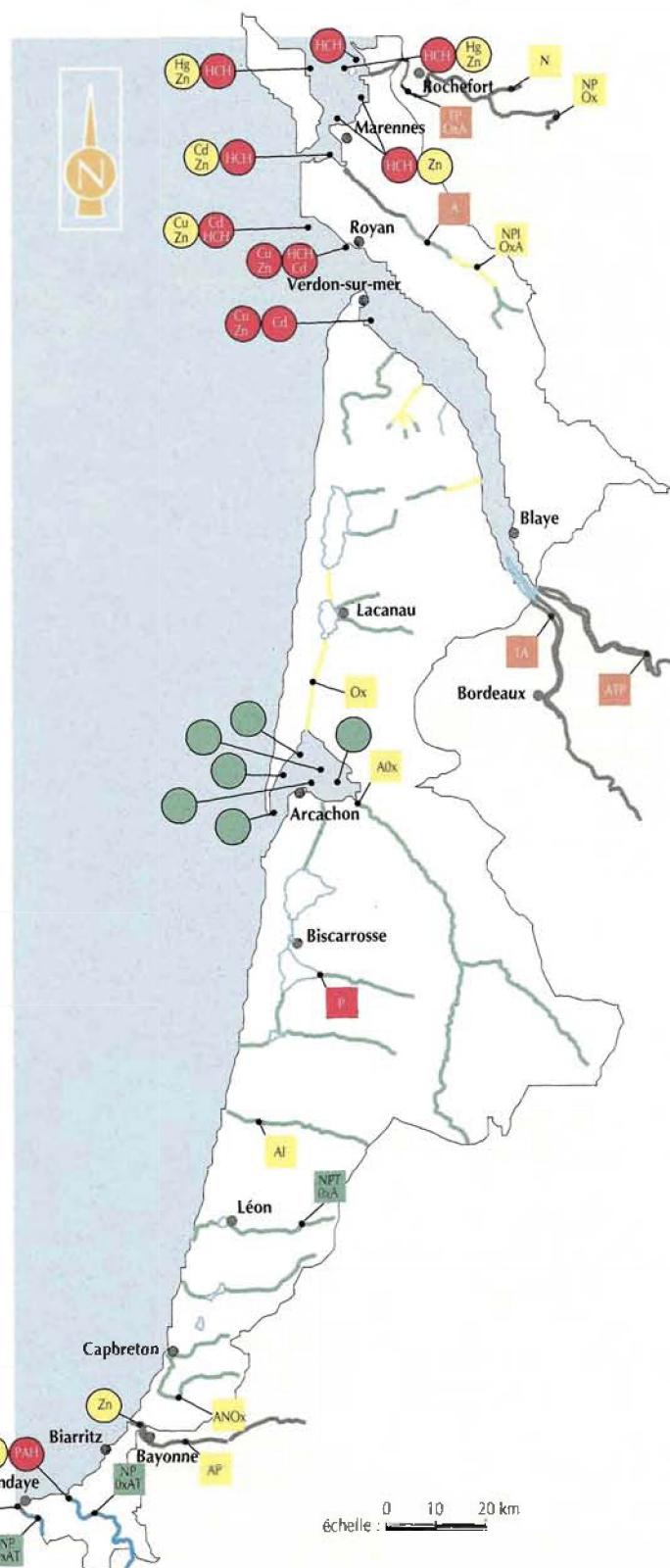
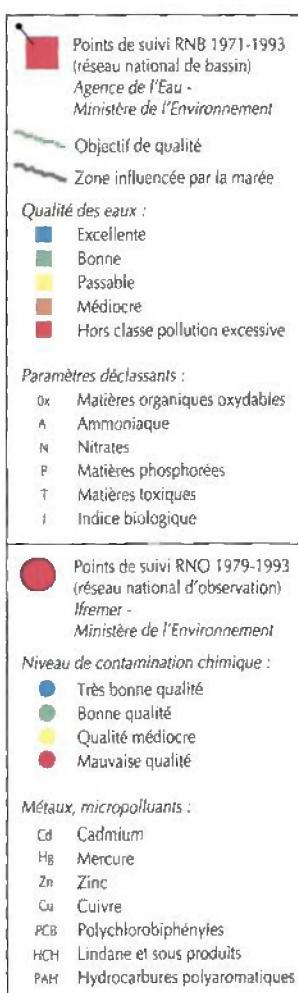
Dans ce cadre, il faudra en particulier se soucier de :

- la recherche et du maintien d'un niveau correct d'élimination des micropolluants rémanents. Les contaminants organiques, à un fort taux de bioaccumulation, ont aussi un taux élevé d'affinité pour le matériel organique particulaire. L'élimination poussée des matières organiques en suspension devrait donc en diminuer les apports ;
- la réduction des apports en azote et/ou en phosphore, par des procédés aujourd'hui bien maîtrisés en station d'épuration. Cette réduction ne devra être mise en place que dans le cas où la zone de rejets est sensible à l'eutrophisation et où les rejets urbains, par rapport aux apports fluviaux, constituent l'essentiel des flux en sels nutritifs. Cette action nécessite aussi de définir clairement quel est l'élément nutritif limitant (N ou P) dans la zone eutrophe (en milieu marin, c'est généralement l'azote).

L'évolution de la pollution diffuse (presque totalement d'origine agricole) est beaucoup plus difficile à appréhender. Il est illusoire de vouloir traiter la pollution. Il faut donc agir à la source par le biais des pratiques agricoles. Si l'on considère qu'en 1996 la pollution d'origine agricole est encore en phase ascendante, on ne pourra, au mieux, stabiliser la situation qu'après l'an 2000. La situation en 2015 devrait donc être assez proche de la situation actuelle sauf événement

Qualité du milieu marin et des cours d'eau contaminés

Paramètres généraux et biologiques



Source : Ifremer - Agence de l'Eau Adour - Garonne

900

Littoral et espaces côtiers du bassin Adour-Garonne - Février 1995

majeur imprévisible (grave crise économique, apparition de méthodes « révolutionnaires » de culture...). Mais il est très difficile de développer une prospective sans informations précises concernant la déprise agricole et le développement des élevages hors sol.

On peut, toutefois, espérer une évolution dans les apports de substances phytosanitaires, des progrès importants pouvant être attendus au niveau des produits (toxicité pour le milieu, durée de vie...), des moyens d'épandage et des modes de traitement.

Mais il n'y a pas beaucoup d'espoir à attendre en ce qui concerne le nitrate*. S'il apparaît qu'un

certain nombre de manifestations de plancton toxique (voir surveillance phytoplanctonique) sont dues aux déséquilibres des nutriments (apports massifs d'azote et de phosphore, déficits en silice), la situation actuelle va empirer.

La pollution diffuse induite par la navigation de plaisance devrait sensiblement diminuer (équipement des bateaux, interdiction des produits très toxiques : TBT... bien qu'un rapport récent montre que la contamination des eaux littorales françaises en composés organostanniques reste encore significative).

* Il faut rappeler que l'agriculture est la principale source d'apports de nitrate (85 % en Bretagne) alors que, pour le phosphate, les apports d'origines urbaine et industrielle et ceux d'origine agricole sont sensiblement équivalents.

La surveillance microbiologique

La surveillance microbiologique des plages

Attré par les plages, la baignade en mer, le soleil, un afflux considérable de touristes se concentre chaque été dans les communes littorales. Les volumes d'eaux usées à traiter y augmentent de façon notable.

Les eaux de baignade doivent conserver une bonne qualité sous peine d'une augmentation du risque d'apparition de troubles pour la santé (infections O.R.L., gastro-entérite...).

Au début des années soixante-dix, alors que, à la suite de l'accroissement continu du nombre de touristes sur les plages, les volumes d'eaux usées brutes ou insuffisamment traitées rejetées en mer augmentaient, plusieurs Ddass des départements littoraux de l'Ouest créaient un réseau de surveillance de la qualité microbiologique des eaux de baignade. Il s'agissait notamment de déterminer les zones de baignade dont la qualité insuffisante de l'eau nécessitait une meilleure protection contre les pollutions et, à partir d'enquêtes complémentaires sur l'état des réseaux d'eaux usées et de l'épuration, de dégager des priorités au niveau des programmes d'assainissement.

Après la publication de la directive CEE du 8 décembre 1975 sur les eaux de baignade, cette surveillance a été généralisée à l'ensemble des départements littoraux et un classement de la qualité microbiologique des zones de baignade a été établi.

Principes généraux de la surveillance de la qualité des eaux de baignade

La surveillance microbiologique des eaux de baignade est assurée par les DDASS sur une période allant en général du 1^{er} juin au 15 septembre.

Points de prélèvement

- Les points de prélèvement correspondent à des zones où la baignade est habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs et ne fait pas l'objet d'une interdiction permanente portée à la connaissance du public.

- Les échantillons sont prélevés 20 à 30 cm sous la surface, en bordure de plage, dans une zone où il y a en général à peu près un mètre de hauteur d'eau.

Fréquence des prélèvements

- Au moins deux prélèvements par mois durant la saison.
- Cette fréquence minimale peut être réduite de moitié en cas de résultats satisfaisants les deux années précédentes.
- Avant 1992 : au moins 10 prélèvements durant la saison pour un classement complet (A, B, C ou D) et de 4 à 9 prélèvements pour un classement simplifié (AB ou CD).

Paramètres microbiologiques recherchés

Les analyses microbiologiques permettent de dénombrer des germes - non pathogènes - indicateurs de contamination fécale :

- avant 1995 : coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux ;
- depuis 1995 : *Escherichia coli* (coliformes fécaux) et streptocoques fécaux (utilisation de la technique des microplaques NPP 96).

La recherche des coliformes totaux est toutefois encore réalisée pour les communes candidates au « Pavillon Bleu », bien que cette recherche soit redondante avec celle des coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et ne présente aucun intérêt sanitaire.

Interprétation de l'analyse de chaque échantillon d'eau prélevé

Chaque résultat bactériologique est comparé aux nombres guides et impératifs de la directive européenne relative à la qualité des eaux de baignade :

	Coliformes totaux (par 100 ml)	Coliformes fécaux (par 100 ml)	Streptocoques fécaux (par 100 ml)
Nombre guide	500	100	100
Nombre impératif	10 000	2 000	pas de nombre impératif

L'eau prélevée est de bonne qualité si chaque nombre guide est respecté, de qualité moyenne si seuls tous les nombres impératifs sont respectés,

et enfin de mauvaise qualité si au moins un nombre impératif est dépassé.

Classement de la zone de baignade

En fin de saison, une synthèse des résultats des différents prélèvements de la zone de baignade permet de la classer dans l'une des catégories suivantes :

- AB : eau de bonne ou moyenne qualité (aucun dépassement de nombre impératif) ;

- CD : eau pouvant être momentanément polluée ou de mauvaise qualité (au moins une analyse de mauvaise qualité).

Seuls les classements A, B et AB sont considérés comme satisfaisants (conformes aux normes impératives européennes).

A eau de bonne qualité	Les conditions relatives aux nombres guides et impératifs sont respectées : - au moins 80 % des résultats en coliformes totaux sont inférieurs ou égaux à 500 - au moins 80 % des résultats en coliformes fécaux sont inférieurs ou égaux à 100 - au moins 90 % des résultats en streptocoques fécaux sont inférieurs ou égaux à 100 - au moins 95 % des résultats en coliformes totaux sont inférieurs ou égaux à 10 000 - au moins 95 % des résultats en coliformes fécaux sont inférieurs ou égaux à 2000
B eau de qualité moyenne	Seules les conditions relatives aux nombres impératifs sont respectées : - au moins 95 % des résultats en coliformes totaux et fécaux sont inférieurs ou égaux aux nombres impératifs
C eau pouvant être momentanément polluée	Pour au moins un paramètre, les conditions relatives au nombre impératif sont dépassées, mais moins d'une fois sur trois : - plus de 5 % des résultats en coliformes totaux sont supérieurs à 10 000, ou plus de 5 % des résultats en coliformes fécaux sont supérieurs à 2000 - moins du tiers des résultats en coliformes totaux et fécaux dépassent ces nombres impératifs
D eau de mauvaise qualité	Pour au moins un paramètre, les conditions relatives au nombre impératif sont dépassées au moins une fois sur trois : - plus de 33,3 % des résultats en coliformes totaux sont supérieurs à 10 000, ou plus de 33,3 % des résultats en coliformes fécaux sont supérieurs à 2000

Évolution de la qualité microbiologique des eaux de baignade de 1983 à 1995

Pour l'ensemble des zones de baignade de tous les départements littoraux allant de l'Ille-et-Vilaine jusqu'aux Pyrénées-Atlantiques, l'évolution de 1983 à 1995 de la répartition des classements s'est faite de la façon suivante :

Année	Points classés A	Points classés AB	Points classés B	Points classés C	Points classés CD	Points classés D	Conforme (classement A, AB ou B)
1983	152	211	243	179	18	21	74 %
1984	163	154	267	136	17	17	77 %
1985	208	76	218	140	3	5	77 %
1986	241	214	187	125	11	8	82 %
1987	259	181	170	122	15	3	81 %
1988	200	223	160	114	10	4	82 %
1989	316	211	162	84	4	0	89 %
1990	325	114	175	53	3	0	92 %
1991	282	161	229	62	0	0	92 %
1992	317	0	365	106	0	1	86 %
1993	298	0	301	71	0	0	89 %
1994	393	0	361	68	0	0	92 %
1995	508	0	262	53	0	0	94 %

Sur ce tableau figure le nombre de points classés par catégorie de classement et par année.

Une importante amélioration de la qualité des zones de baignade apparaît sur ce tableau. En effet :

- la proportion de zones de baignade de qualité satisfaisante (A, AB ou B) a augmenté régulièrement, passant de 74 % en 1983 à 94 % en 1995 ;
- le nombre de zones de baignade de bonne qualité s'est également accru progressivement de 1992 à 1995 (la présence de classements AB ne permet pas de préciser cette évolution avant 1992) ;
- il n'y a plus de zones de baignade de mauvaise

qualité (qualité D) alors qu'elles étaient encore 21 en 1983. Cette dernière observation doit être pondérée car un certain nombre de zones ont été interdites à la baignade de façon permanente au début des années quatre-vingt ; cette interdiction étant bien signalée sur place, ces zones ne peuvent plus faire l'objet d'un classement de baignade.

Le détail par département de cette répartition est présenté en annexe. L'amélioration constatée se retrouve, mais de façon moins régulière, dans chacun des départements.

Prospective

L'importante amélioration de la qualité microbiologique des eaux de baignade constatée de 1983 à 1995 est le résultat des gros efforts d'assainissement réalisés par les collectivités et de leur caractère souvent judicieux vis-à-vis de la protection des baignades.

Le fait que le classement des plages soit largement diffusé auprès du public a contribué à ce que les communes ayant des baignades et désirant accueillir dans les meilleures conditions les touristes fassent de la réduction des pollutions affectant ces baignades une priorité en matière d'assainissement. Des rejets directs en mer d'eaux usées ont été supprimés, des solutions d'épuration efficaces en matière de réduction de la charge bactérienne ont été choisies ; les rejets de l'effluent traité se sont faits avec le souci de préserver la qualité de l'eau des baignades.

Le littoral reste toutefois encore très sensible aux pollutions survenant à l'occasion de gros orages. Les bons résultats de la saison 1995 sont par exemple liés principalement au temps relativement sec. Cette constatation reste à confirmer en été pluvieux.

Par ailleurs, le nombre d'habitants raccordés aux stations d'épuration continue à croître de façon importante dans certains départements. Les stations d'épuration sont de plus en plus surchargées durant les deux premières semaines d'août. Les efforts d'assainissement doivent donc être poursuivis si l'on veut maintenir une bonne qualité de l'eau de baignade sur le littoral.

Si, du point de vue de la santé publique, la qualité B (eau de qualité moyenne conforme aux normes microbiologiques impératives de la directive CEE) est suffisante, il n'en est pas de même pour l'obtention des Pavillons Bleus qui nécessite une qualité A (eau de bonne qualité respectant les normes microbiologiques guides de la directive CEE). Il s'agit là d'un objectif beaucoup plus difficile à atteindre, surtout si l'on observe que certaines plages bien protégées des pollutions (aucun rejet à moins de 10 km) conservent désespérément des eaux de qualité moyenne.

Enfin, il convient de noter la qualité parfois insuffisante des coquillages pêchés dans certaines zones dont l'eau de baignade est pourtant de qualité satisfaisante.

Annexe 7

Répartition des classements des zones de baignade

Département	Année	A	AB	B	C	CD	D	Nombre de points classés	Conforme (A + AB + B)
Ille-et-Vilaine	1983	2	0	17	19	7	4	49	39 %
	1984	3	11	11	16	2	4	47	53 %
	1985	22	0	12	10	0	2	46	74 %
	1986	13	6	12	13	1	1	46	67 %
	1987	11	11	8	10	1	1	42	71 %
	1988	8	8	12	13	1	0	42	67 %
	1989	12	7	10	10	3	0	42	69 %
	1990	12	9	15	6	1	0	43	84 %
	1991	19	2	19	2	0	0	42	95 %
	1992	7	0	26	10	0	0	43	77 %
	1993	19	0	19	5	0	0	43	88 %
	1994	16	0	23	4	0	0	43	91 %
	1995	21	0	23	2	0	0	46	96 %
Côtes-d'Armor	1983	41	2	38	8	0	0	89	91 %
	1984	32	3	63	6	0	0	104	94 %
	1985	60	5	32	5	0	0	102	95 %
	1986	41	14	43	5	2	0	105	93 %
	1987	44	18	36	6	1	0	105	93 %
	1988	31	21	38	10	3	3	106	85 %
	1989	32	28	33	15	0	0	108	86 %
	1990	40	29	36	3	0	0	108	97 %
	1991	43	29	31	5	0	0	108	95 %
	1992	38	0	55	16	0	0	109	85 %
	1993	65	0	35	8	0	0	108	93 %
	1994	55	0	43	9	0	0	107	92 %
	1995	58	0	31	17	0	0	106	84 %
Finistère	1983	11	139	33	58	6	9	256	71 %
	1984	7	86	18	43	10	7	171	65 %
	1985	10	9	11	37	1	2	70	43 %
	1986	13	122	14	34	6	3	192	78 %
	1987	17	80	22	35	11	1	166	72 %
	1988	10	68	29	30	3	0	140	76 %
	1989	23	125	21	15	0	0	184	92 %
	1990	42	24	17	11	1	0	95	87 %
	1991	29	82	22	22	0	0	155	86 %
	1992	77	0	97	27	0	0	201	87 %
	1993	20	0	41	24	0	0	85	72 %
	1994	128	0	84	21	0	0	233	91 %
	1995	115	0	103	15	0	0	233	

Département	Année	A	AB	B	C	CD	D	Nombre de points classés	Conforme (A + AB + B)
Morbihan	1983	37	12	34	23	2	2	110	75 %
	1984	17	15	57	18	1	1	109	82 %
	1985	18	15	56	21	0	0	110	81 %
	1986	56	24	14	18	1	0	113	83 %
	1987	59	24	14	14	2	0	113	86 %
	1988	49	43	9	9	1	0	111	91 %
	1989	83	17	8	5	0	0	113	96 %
	1990	74	13	19	6	0	0	112	95 %
	1991	38	13	50	11	0	0	112	90 %
	1992	18	0	86	8	0	0	112	93 %
	1993	27	0	79	8	0	0	114	93 %
	1994	35	0	71	9	0	0	115	92 %
	1995	75	0	32	8	0	0	115	93 %
Loire-Atlantique	1983	7	10	33	16	0	3	69	72 %
	1984	20	0	38	11	0	1	70	83 %
	1985	23	0	20	28	0	0	71	61 %
	1986	21	0	26	23	0	1	71	66 %
	1987	27	0	24	20	0	0	71	72 %
	1988	22	0	26	23	0	0	71	68 %
	1989	23	0	36	12	0	0	71	83 %
	1990	45	0	22	4	0	0	71	94 %
	1991	41	0	30	0	0	0	71	100 %
	1992	44	0	27	2	0	0	73	97 %
	1993	30	0	42	1	0	0	73	99 %
	1994	39	0	32	2	0	0	73	97 %
	1995	53	0	19	0	0	0	72	100 %
Vendée	1983	43	16	13	7	0	0	79	91 %
	1984	50	9	15	7	2	0	83	89 %
	1985	44	19	15	3	0	0	81	96 %
	1986	53	17	8	2	1	0	81	96 %
	1987	42	18	7	4	0	0	71	94 %
	1988	36	17	5	3	2	0	63	92 %
	1989	46	8	10	1	1	0	66	97 %
	1990	43	8	10	1	1	0	63	97 %
	1991	43	9	12	0	0	0	64	100 %
	1992	50	0	11	3	0	0	64	95 %
	1993	41	0	22	0	0	0	63	100 %
	1994	11	0	49	4	0	0	64	94 %
	1995	58	0	7	0	0	0	65	100 %
Charente-Maritime	1983	5	2	30	25	0	2	64	58 %
	1984	21	1	13	27	1	4	67	52 %
	1985	16	0	27	25	0	1	69	62 %
	1986	18	0	22	29	0	3	72	56 %
	1987	13	0	31	29	0	1	74	59 %
	1988	23	0	25	24	0	1	73	66 %
	1989	35	0	20	20	0	0	75	73 %

Département	Année	A	AB	B	C	CD	D	Nombre de points classés	Conforme (A + AB + B)
Gironde	1990	29	0	26	19	0	0	74	74 %
	1991	13	0	44	17	0	0	74	77 %
	1992	15	0	37	23	0	0	75	69 %
	1993	34	0	23	18	0	0	75	76 %
	1994	39	0	27	8	0	0	74	89 %
	1995	52	0	19	2	0	0	73	97 %
Landes	1983	6	18	5	6	1	0	36	81 %
	1984	11	18	6	1	0	0	36	97 %
	1985	12	17	4	2	0	0	35	94 %
	1986	18	16	1	0	0	0	35	100 %
	1987	14	17	5	0	0	0	36	100 %
	1988	15	15	4	0	0	0	34	100 %
	1989	16	16	4	0	0	0	36	100 %
	1990	15	16	3	0	0	0	34	100 %
	1991	17	14	3	0	0	0	34	100 %
	1992	28	0	6	0	0	0	34	100 %
	1993	29	0	5	0	0	0	34	100 %
	1994	26	0	8	0	0	0	34	100 %
	1995	28	0	6	0	0	0	34	100 %
Pyrénées-Atlantiques	1983	0	0	29	13	1	0	43	67 %
	1984	0	0	37	4	0	0	41	90 %
	1985	2	1	34	2	0	0	39	95 %
	1986	0	1	39	0	0	0	40	100 %
	1987	29	0	12	0	0	0	41	100 %
	1988	0	39	0	1	0	0	40	98 %
	1989	23	5	10	3	0	0	41	93 %
	1990	17	5	17	0	0	0	39	100 %
	1991	36	1	4	1	0	0	42	98 %
	1992	38	0	4	4	0	0	46	91 %
	1993	22	0	21	1	0	0	44	98 %
	1994	29	0	11	7	0	0	47	85 %
	1995	40	0	6	1	0	0	47	98 %

La surveillance microbiologique des zones de production de coquillages

Les paramètres pris en compte dans le réseau de surveillance microbiologique Remi sont les coliformes fécaux ou les *Escherichia coli* (*E. coli*). Ces bactéries communes du système digestif humain sont recherchées comme indicateurs de la contamination fécale du milieu.

Si la contamination en coliformes fécaux est forte, il y a un risque de présence d'autres germes fécaux dans le milieu marin comme les salmonelles, pour la plupart potentiellement pathogènes pour l'homme, et de virus dont celui de l'hépatite A et les virus de type « Norwalk » beaucoup plus difficiles à détecter en routine. Cependant, l'absence d'*E. coli*, bactéries à durée de vie assez courte en milieu marin, n'exclut pas la présence de salmonelles ou de virus qui auraient subsisté plus longtemps et, par conséquent, ne sont pas complètement représentatifs du risque sanitaire.

La recherche des germes est faite sur des coquillages habituellement consommés, essentiellement huîtres et moules. Ce sont des organismes filtreurs qui concentrent les particules en suspension, dont les bactéries, et qui sont généralement consommés crus, présentant ainsi un risque pour l'homme s'ils sont contaminés par des germes pathogènes.

La contamination bactérienne est une pollution de proximité. Compte tenu de leur survie dans le milieu marin, les bactéries ne peuvent, en effet, venir de très loin. L'origine de la contamination peut être ponctuelle (rejet urbain, station d'épuration) ou diffuse (lessivage des terres agricoles en temps de pluie). La contamination bactérienne de l'eau est d'une très grande variabilité ; celle des coquillages l'est moins mais est cependant importante. On admet généralement un facteur de concentration d'environ 30 entre l'eau et les coquillages (traduisant, en fait, une plage de variations de 10 à 100).

Actuellement, seules les zones conchylicoles et les principaux sites de pêche professionnelle sont systématiquement surveillés. Les zones de pêche récréative ne font l'objet de suivis systématiques que dans certains départements (Loire-Atlantique...) ou dans certains cas particuliers.

Classement de salubrité des zones de production

L'arrêté du 21 juillet 1995 fixe les valeurs suivantes :

Classement A

90 % valeur < 300 coliformes fécaux
ou 230 *E. coli* dans 100 g
de chair et liquide intervalvaire
aucune valeur > 1 000

Classement B

90 % valeur < 6 000 coliformes fécaux
ou 4 600 *E. coli* pour 100 g
de chair et liquide intervalvaire
aucune valeur > 60 000 CF
ou 46 000 EC

Classement C

90 % valeur < 60 000 coliformes fécaux
ou 46 000 *E. coli* pour 100 g
de chair et liquide intervalvaire

Classement D

valeurs > aux conditions de classement C.

Au moment de la rédaction de ce rapport, les préfets n'ont pas encore statué sur le classement des zones de production* (et éventuellement de pêche de loisir). Il ne peut être question, dans ce rapport, d'« anticiper » leurs décisions et de présenter des résultats provisoires.

Nous nous contenterons de reprendre les résultats publiés, en 1993, dans l'atlas de la qualité du milieu marin littoral (Ifremer) et de les interpréter selon les critères ci-dessous.

Le classement suivant est adopté :

Très bonne qualité (1)	90 % valeur < 230 <i>E. coli</i> /100 ml	aucune valeur > 4 600
Bonne qualité (2)	aucune valeur > 4 600	
Qualité médiocre (3)	aucune valeur > 46 000 <i>E. coli</i> /100 ml	
Mauvaise qualité (4)	dépassement de 46 000 <i>E. coli</i> .	

* Élevage et/ou pêche.

Cette classification a une valeur purement indicative et ne doit pas être considérée comme un classement de zones au sens de l'arrêté du 21 juillet 1995.

Un site peut comporter plusieurs zones de prélèvements. Lorsque ces zones ont des classements différents, plusieurs catégories de classement sont indiquées.

On a ainsi les classements suivants :

Site baie du Mont-Saint-Michel	2
Site Rance	3
Site Arguenon et Fresnaye	2
Site Saint-Brieuc	2 - 3
Site Paimpol - Perros-Guirec	1
Site de Lannion	2
Site de Morlaix	2
Sites des abers finistériens	2
Site Brest	2 - 3 - 4
Site Douarnenez	2
Site Audierne	2
Site Concarneau	3 - 4
Site Aven Belon et Laïta	3
Site Lorient	2 - 3
Site Étel	3
Site baie de Quiberon et Belle-Île	2
Site Vilaine	1 - 2
Site Loire et Bourgneuf	1 - 3
Site Vendée	1 - 2
Site pertuis Breton	1
Site pertuis d'Antioche	1
Site Marennes	1
Site Gironde	1
Site Arcachon et Landes	1
Site Pays Basque	3 - 4

Pour plus de renseignements, le lecteur pourra se référer à l'atlas de la qualité du milieu marin littoral.

L'Ifremer a identifié 51 sites de production sur la façade atlantique. Avec la classification adoptée, 31 % sont classés en 1, 41 % en 2, 20 % 3 et 8 % en 4.

Ceci démontre, à l'évidence, qu'il y a beaucoup d'efforts à accomplir pour améliorer la qualité des zones de production de coquillages. On peut, en effet, considérer que les risques sanitaires liés à la consommation de coquillages venant de zones insalubres sont bien supérieurs à ceux d'une baignade dans une zone D. Toutefois, si l'on compare les résultats aux productions correspon-

dantes de coquillages, on constate que plus de 80 % des grands secteurs de production d'huîtres sont de qualité 1. Les autres zones sont, généralement, de qualité 2. Le constat est plus nuancé pour la production mytilicole dont seulement 50 % de la production est de qualité 1.

La pêche à pied est une activité traditionnelle dans de nombreuses communes littorales. On peut distinguer :

- la pêche professionnelle dans les zones de production bien identifiées et surveillées conformément à la législation ;
- la pêche récréative qui représente un atout touristique important. Lors de grandes marées, des photographies aériennes ont permis de dénombrer des milliers de pêcheurs dans certains secteurs de Loire-Atlantique ou de Bretagne.

En dehors de quelques départements qui ont développé des actions pilotes (Loire-Atlantique, par exemple), les zones de pêche récréative ne sont suivies que très ponctuellement. Compte tenu des problèmes de santé publique que pose la consommation de coquillages (voir chapitre I, p. 53), le ministère de la Santé envisage de mettre en place un réseau de surveillance.

Prospective

Il reste beaucoup de travail à faire pour améliorer la qualité sanitaire des zones de production de coquillages et de pêche de loisir. Il ne faut, en aucun cas, préconiser une « purification » des coquillages comestibles comme palliatif à une dégradation de la qualité microbiologique du milieu. Il paraît important d'élaborer une politique d'objectifs de la qualité des eaux à l'échelon du bassin hydrographique de la zone de production.

Lorsque des contaminations existent, il importe d'identifier l'origine de la pollution. S'il s'agit d'une pollution d'origine agricole, le secteur sera particulièrement sensible aux épisodes pluvieux. Il faut alors s'intéresser aux établissements d'élevage, aux aires de stabulation... S'il s'agit d'une pollution d'origine urbaine, il faut s'intéresser :

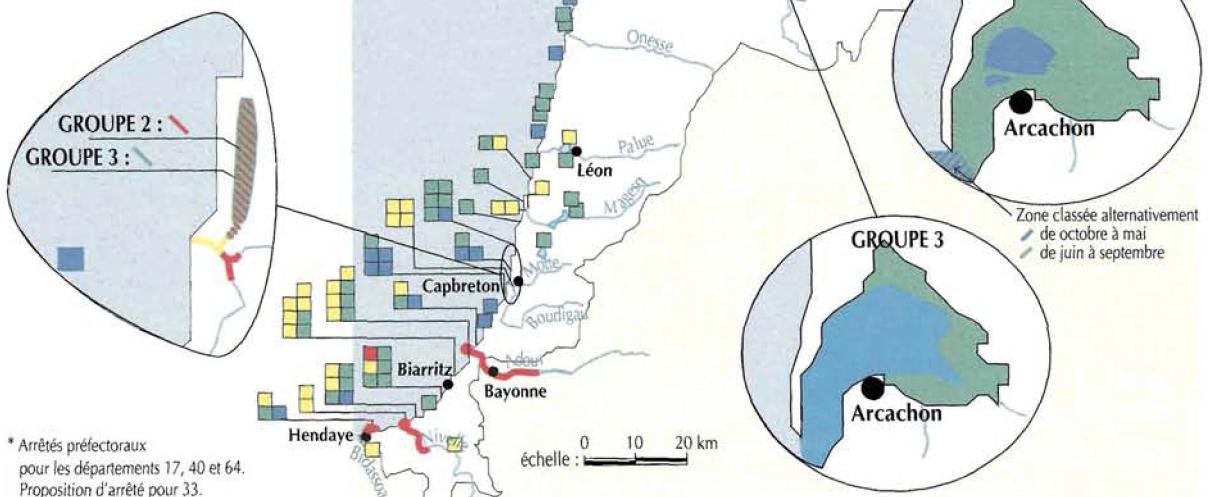
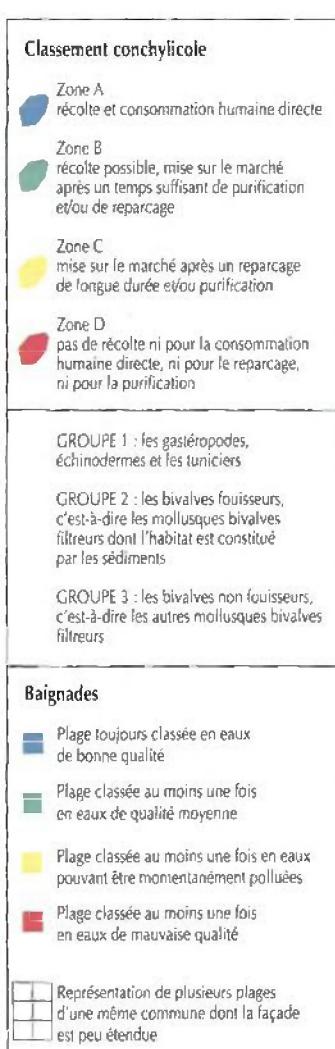
- à la collecte. Dans ce cadre, il conviendra en particulier de se soucier de la remise en état des réseaux d'assainissement afin d'éviter la perte d'eaux usées et l'introduction dans ces réseaux d'eaux parasites ; ces dernières conduisent souvent

à des rejets d'eau contaminée au niveau des postes de relèvement ou en tête de station d'épuration (by-pass). Par ailleurs, de nombreux hameaux isolés sont dépourvus de tout système d'épuration satisfaisant. Cela peut suffire à réduire à néant l'effort collectif fait par ailleurs ;
- à l'éventualité de rejets à terre (étangs, dunes, irrigation...) ;
- au traitement, c'est-à-dire à la diminution des apports en microorganismes sur certaines zones sensibles, de type conchylicole ou balnéaire, lorsque les conditions de dilution ou de mortalité sont insuffisantes. À côté de procédés fiables (s'ils sont bien gérés), comme l'infiltration ou le lagunage, il existe des filières de désinfection chimique, moins consommatrices d'espace, qui exigent pour être efficaces et les moins polluantes possibles d'être employées sur des effluents parfaitement épurés d'un point de vue chimique (faibles teneurs en matières en suspension, en matière organique et en ammoniaque). Néanmoins, l'hypothèse de phénomènes de revi-

cence des germes après traitement ne peut pas être écartée. Le contrôle de l'efficacité de la désinfection chimique repose actuellement sur l'utilisation des germes-tests témoins de contaminations fécales qui sont souvent moins résistants aux traitements que certaines bactéries et virus pathogènes. Cette perte de représentativité des germes-tests peut entraîner une sous-évaluation du risque sanitaire. Des recherches se poursuivent actuellement pour la mise au point de nouvelles filières de désinfection des eaux usées utilisant l'acide péricétique, les U.V., l'irradiation par faisceau d'électrons ou la microfiltration ;
- au choix du point de rejet. L'optimisation du choix des points de rejets des eaux traitées sur chaque site, à l'aide notamment de la modélisation mathématique, permet d'évaluer, en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de la zone, la meilleure dilution possible ; celle-ci représente souvent le facteur le plus efficace pour diminuer les concentrations en contaminants biodégradables.

Qualité des eaux de baignade (Synthèse 1992-1993-1994)

Classement conchylicole *



* Arrêtés préfectoraux pour les départements 17, 40 et 64. Proposition d'arrêté pour 33.

La surveillance phytoplanctonique : le réseau national de surveillance du phytoplancton (Réphy)

Proliférations phytoplanctoniques pouvant entraîner des hypoxies ou des anoxies

Lorsque les eaux côtières sont enrichies en éléments nutritifs et que le temps est beau et chaud, il peut y avoir une production intense de phytoplancton, ce qui a pour effet de sursaturer en oxygène les eaux de surface (où le phytoplancton trouve assez de lumière pour la photosynthèse) et d'obscurcir l'eau de fond du fait de la turbidité créée par le phytoplancton.

La teneur en oxygène de la couche de fond peut alors être déficiente. Le phénomène est dû à la consommation d'oxygène par respiration du phytoplancton vivant et par dégradation microbienne du phytoplancton mort (dans l'eau et sur le sédiment).

Les hypoxies chroniques peuvent causer, sur la faune benthique, des retards de croissance, des déficiences de reproduction, un affaiblissement vis-à-vis des prédateurs... Il n'est pas impossible qu'elles puissent être responsables du ralentissement de la croissance d'huîtres en zone côtière confinée (voire de leur fragilisation). Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que l'impact économique des hypoxies chroniques ne soit pas négligeable, bien que difficilement quantifiable.

S'il existe une stratification suffisante de la densité des eaux (stratification thermique ou haline en zone côtière) pour qu'apparaisse une barrière physique empêchant la réoxygénération des eaux de fond à partir des eaux de surface, il peut y avoir anoxie de la couche de fond qui, en quelques heures, peut être responsable de la mortalité d'animaux benthiques (coquillages, crustacés, poissons...). C'est vraisemblablement ce qui s'est passé en baie de Vilaine en 1982, l'enrichissement du milieu et la stratification ayant été déclenchés, deux jours avant les mortalités, par une crue exceptionnelle de la Vilaine. Ces phénomènes sont toutefois assez rares en milieu marin.

Proliférations phytoplanctoniques pouvant entraîner des eaux colorées

On parle « d'eaux rouges » ou « d'eaux colorées » pour caractériser des proliférations massives en zone côtière d'organismes phytoplanctoniques qui appartiennent, en général, à la classe des dinoflagellés mais aussi à d'autres groupes d'algues unicellulaires : diatomées, phytoflagellés. Le terme « eaux colorées » traduit mieux les variations de teintes observables en mer : vert, jaune, ocre, brun rouille... et paraît préférable à celui « d'eaux rouges », plus restrictif et représentatif de quelques organismes comme le dinoflagellé *Noctiluca* ou le cilié *Mesodinium*. Le terme anglais « bloom » est de plus en plus utilisé (en français : prolifération, efflorescence...) : il traduit des variations rapides (1 ou 2 jours) de concentrations cellulaires dans l'eau, sans pour autant que cela provoque un changement de couleur. On parle de « bloom exceptionnel » dans le cas de concentrations de plus de 10^6 cellules/litre qui se traduit, parfois, par une coloration de l'eau. Très souvent, ces eaux colorées ne sont pas toxiques.

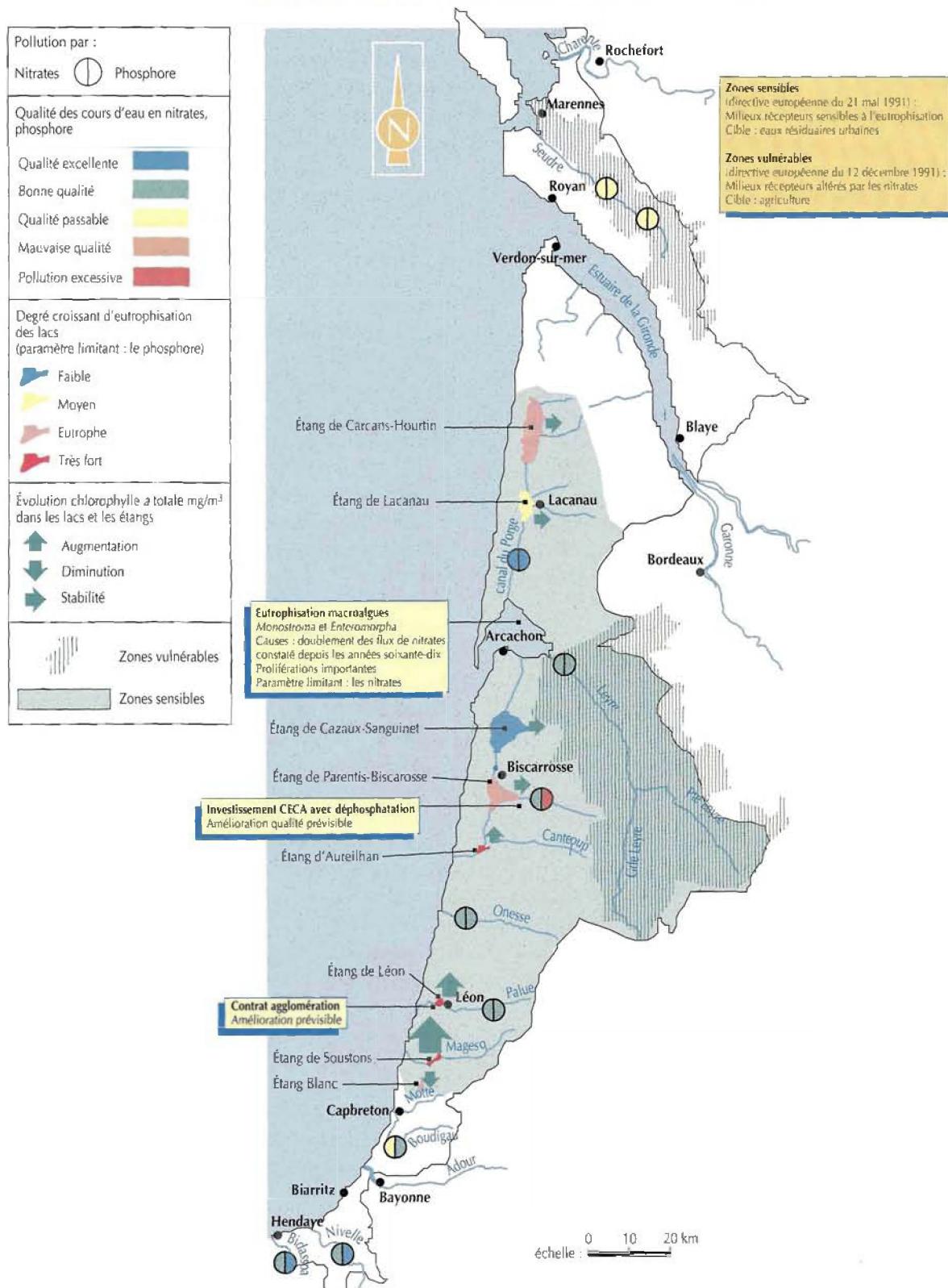
Proliférations phytoplanctoniques pouvant entraîner des phénomènes de toxicité

Certaines algues phytoplanctoniques peuvent être toxiques pour les animaux marins (ichtyotoxines...), néfastes pour ceux-ci (nécroses des branchies...), toxiques pour l'homme après concentration par les coquillages et les poissons (toxine diarrhéique DSP, toxine paralytique PSP).

Si certains dinoflagellés peuvent être toxiques à faible concentration dans l'eau (10^2 à 10^3 cellules/litre : *Dinophysis*...), d'autres doivent atteindre des concentrations importantes (10^6 cellules/litre : *Gyrodinium*, *Alexandrium*...) et créent ainsi des eaux colorées toxiques.

Les causes de l'apparition de ce plancton toxique sont actuellement inconnues. Le phénomène est

Eutrophisation, zones sensibles et zones vulnérables



Sources : Cemagref (données 1991) - Agence de l'Eau Adour-Garonne (données 1992-1993), Ifremer



Littoral et espaces côtiers du bassin Adour-Garonne - Février 1995

difficile à appréhender car les biomasses produites sont souvent très faibles et ne peuvent donc être analysées en terme d'échanges énergétiques.

De façon générale, on constate que :

- le plancton toxique a toujours existé. On a trouvé des kystes de dinoflagellés toxiques dans des sédiments très anciens ;
- environ 2 % des espèces planctoniques dans le monde seraient toxiques ;
- il semble que la fréquence d'apparition augmente (bien qu'il soit parfois difficile de faire la part de ce qui est dû au renfort de la surveillance) ;
- il semble que l'emprise géographique s'accroisse ;
- certains pays développés (USA, Japon) ont identifié ces problèmes avant la France.

À quoi pourrait être due cette augmentation ?

- à un enrichissement du milieu ;
- à des conditions climatiques (réchauffement...) ;
- à un accroissement des échanges maritimes internationaux. Il pourrait y avoir ainsi introduction de nouvelles espèces de plancton par l'eau de ballast des navires ;
- à un accroissement des échanges de couillages entre bassins et entre pays. La sargasse japonaise a été disséminée de cette manière. Pourquoi pas de nouvelles espèces de plancton ?
- à un déséquilibre dans les apports de nutriments :
 - les apports d'azote et de phosphore ont considérablement augmenté depuis trente ans alors que ceux de silice sont restés stables. Il y a ainsi un déséquilibre dans les populations phytoplantoniques, les diatomées étant limitées par la silice et remplacées par les flagellés dont les dinoflagellés (groupe comprenant les espèces toxiques),
 - l'azote est, généralement, l'élément limitant de la production végétale en Atlantique et en mer du Nord. Dans cette dernière, les déséquilibres sont tels que c'est le phosphore qui devient parfois limitant. Ainsi, en 1988, suite à de fortes précipitations, le phosphore a été l'élément limitant sur les côtes de Norvège. Des algues planctoniques (*Chrysochromulina polylepis*) ont pu utiliser l'excédent d'azote pour secréter des toxines,
 - certaines algues toxiques (*Dinophysis*) sont mixotrophes (« omnivores ») et peuvent se développer soit avec des nutriments minéraux soit avec de la matière organique. Il pourrait y avoir développement au large et retour à la côte sous l'action des courants et des vents.

Ces algues toxiques peuvent avoir des conséquences économiques (interdiction de commercialisation). Pour tenter de délimiter aussi précisément que possible dans le temps et l'espace les gisements touchés, l'amélioration des réseaux de surveillance et des procédés analytiques est recherchée en permanence, par exemple :

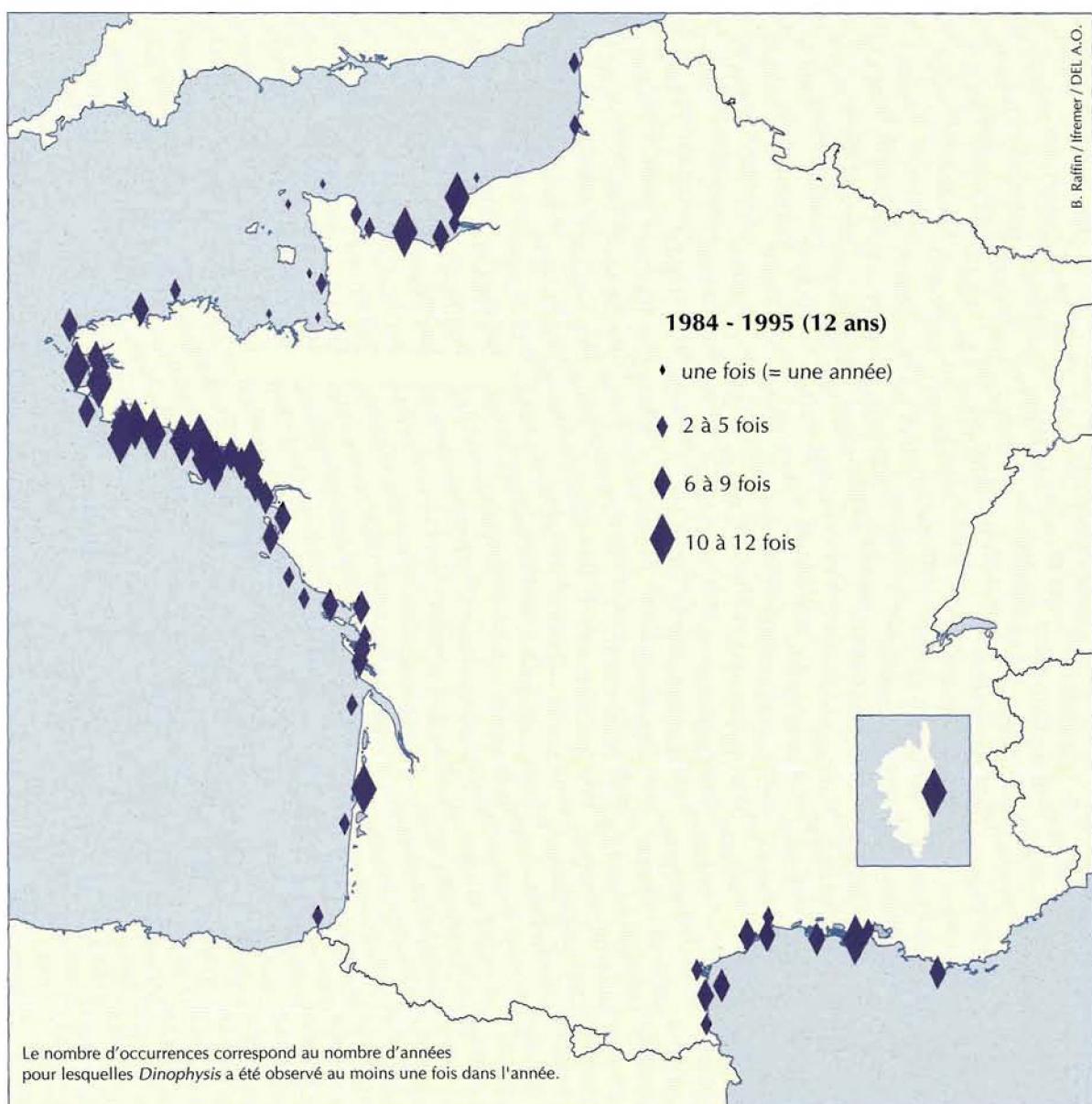
- essai de nouveaux tests pour la détection de la toxine de *Dinophysis* ;
- mesure des vitesses de contamination et de décontamination, différentes selon les espèces de couillage.

Les proliférations d'algues phytoplanctoniques (mécanisme d'apparition, nature et mode d'action des toxines, surveillance...) font l'objet de programmes d'études auxquels collaborent de nombreux organismes.

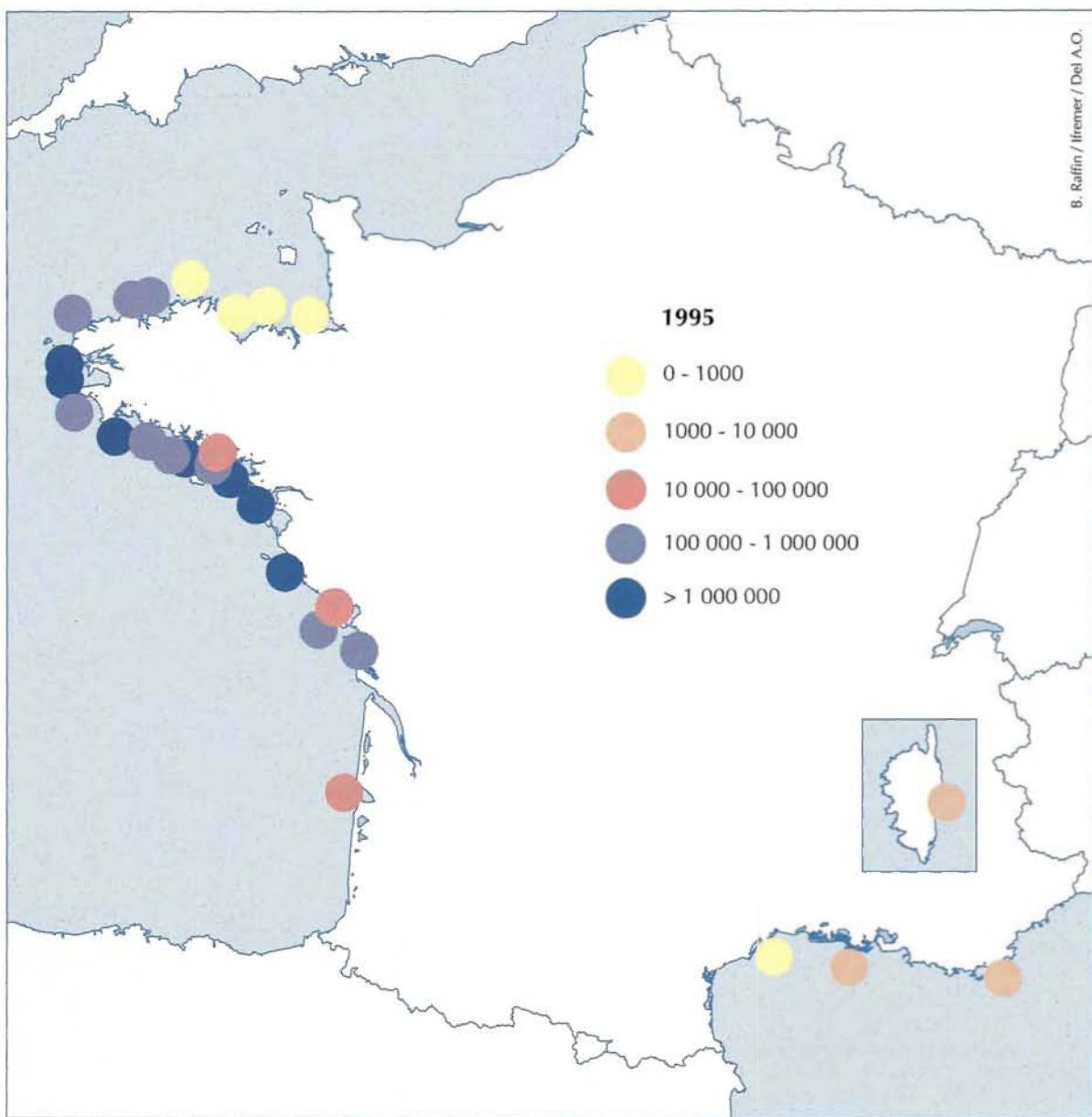
L'Ifremer assure la surveillance du littoral avec son réseau Réphy (réseau de surveillance du phytoplancton). En régime normal, 45 points de prélèvement font l'objet d'une surveillance sur le littoral atlantique avec des prélèvements bimensuels d'octobre à mars et hebdomadaires d'avril à septembre. Le système d'alerte peut être déclenché à partir des observations (espèces toxiques) ou à la suite d'informations extérieures (conchyliculteurs, Affaires maritimes, Ddass...). Il y a alors augmentation sensible du nombre de points de prélèvement dans la zone « suspectée », augmentation de la fréquence de prélèvement qui devient au minimum hebdomadaire et prélèvement de couillages pour détection des phycotoxines.

Ce réseau a, jusqu'à présent, permis d'éviter toute conséquence grave (mortalité humaine) mais la fermeture des zones conchyliologiques à la commercialisation pose des problèmes aux professionnels.

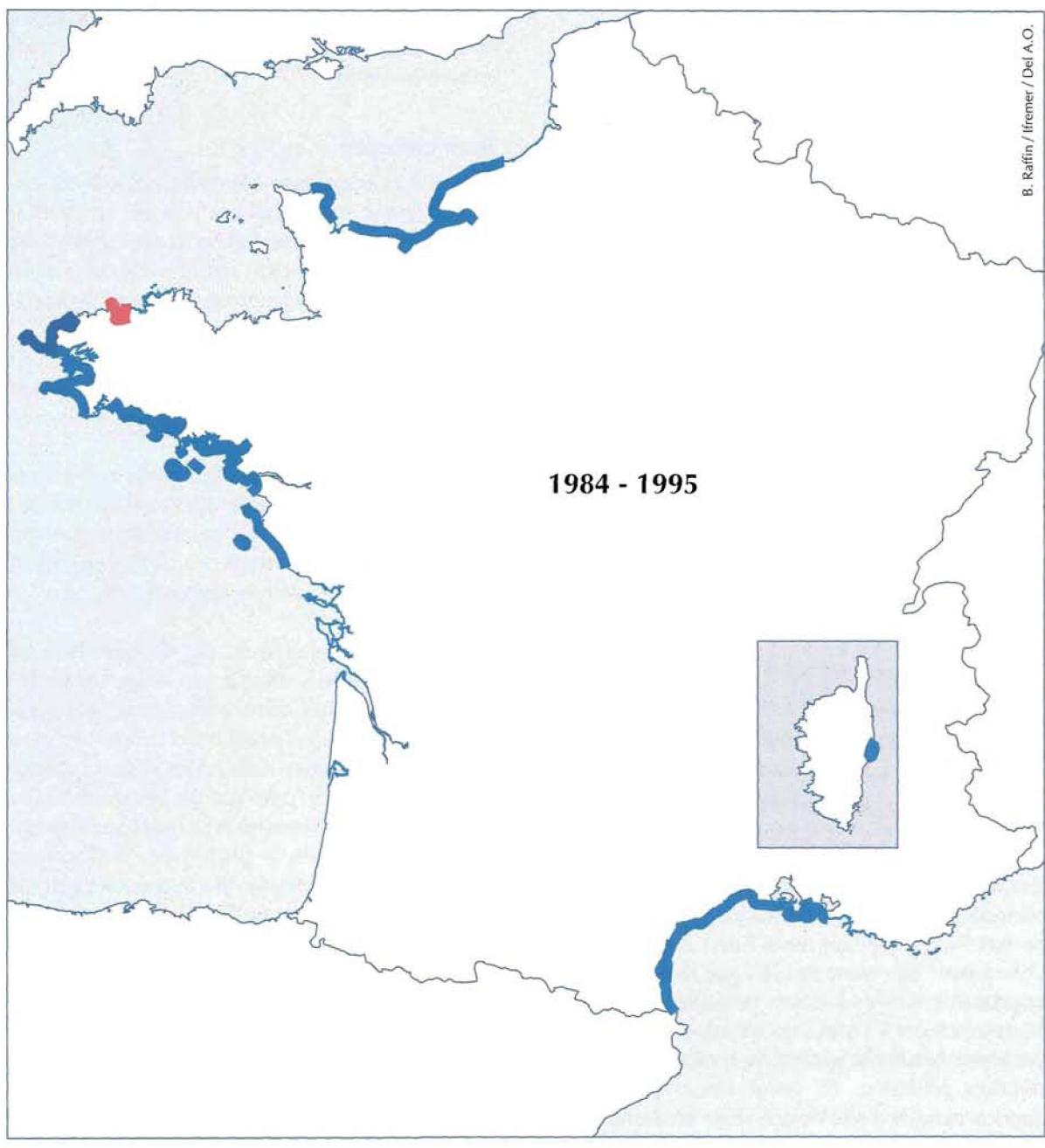
Les figures, pages 115 à 117, représentent, sur le littoral français, le nombre d'occurrences de *Dinophysis* sp. entre 1984 et 1995, les concentrations maximales de *Gymnodinium* cf. *nagaasakiense*, les secteurs touchés par des interdictions de vente des couillages. Peu de zones sont épargnées, ce qui souligne l'impact économique du phénomène.



Nombre d'occurrences annuelles de *Dinophysis* sur la période 1984-1995, par bassin.



Gymnodinium *cf. nagasakiense* : concentrations maximales par site (en cellules par litre).



PSP (toxines paralysantes)



DSP (toxines diarrhéiques)

— une seule occurrence

— plusieurs occurrences

DSP ou PSP



Secteurs touchés par des interdictions de vente des coquillages pour cause de phycotoxines.

Prospective

Hypoxies et anoxies

Les mortalités de poissons consécutives à des anoxies sont très rares en milieu marin. Depuis l'été 1982, on n'a pas revu, sur les côtes françaises, la répétition de tels phénomènes. Il y a eu, cependant, des manifestations d'ampleur plus faible comme, par exemple en 1995, la mortalité de congres en rivière de La Trinité-sur-Mer. Les coquillages peuvent aussi être touchés. En 1987, des élevages de moules dans l'Elorn ont subi 50 % de pertes pour cause d'hypoxie (voire anoxie) consécutive à une eau colorée à *Prorocentrum micans* (plus de 10 millions de cellules par litre). On peut rapprocher ce phénomène de celui de la baie de Douarnenez, toujours en 1987, où un bloom de *Dictyocha speculum* a entraîné une mortalité de 90 % dans un élevage de truites. Une association hypoxie du milieu et déficience des branchies, par action irritative, était à l'origine de cette hécatombe.

Il ne faut, toutefois, pas en déduire que l'on est à l'abri de tels événements : des crues en période estivale peuvent provoquer les mêmes conséquences. Toute politique consistant à réguler les apports d'eau douce est bénéfique pour le milieu marin (dessalures moins accentuées...). La régulation peut prendre différentes formes : maintien des haies et des talus, conservation des zones humides, aménagement des zones hydromorphes de bas fonds... Il faut aussi lutter contre l'enrichissement des eaux douces par une politique appropriée sur les bassins versants. Il importe d'avoir présent à l'esprit qu'en Atlantique l'azote est généralement le paramètre limitant de la production primaire. En zone estuarienne, des apports massifs d'eau douce riche en azote peuvent suggérer une limitation par le phosphore. Celle-ci n'est que potentielle car elle doit être comparée à d'autres facteurs limitants en estuaire que sont la turbidité et le faible temps de résidence des eaux. Il est également important de noter qu'en France les deux tiers des apports d'azote

sont d'origine agricole, cette proportion pouvant être beaucoup plus élevée dans les régions d'agriculture intensive.

Eaux colorées

Dans l'état actuel des connaissances, il est raisonnable d'admettre (même si la démonstration scientifique n'a pas été établie formellement) que l'apparition de plancton toxique est un phénomène naturel dépendant fortement de l'hydrodynamique mais amplifié par :

- l'enrichissement du milieu ;
- l'apport, dans les eaux côtières, de substances terrigènes ou d'origine anthropique, même en très faible quantité ;
- le déséquilibre dans les apports de nutriments accru par la dérégulation des apports d'eau douce ;
- l'accroissement des échanges maritimes (importation de coquillages même en faibles quantités, déballastage d'eau de mer des pétroliers...).

De plus, certaines espèces de plancton toxique ont le pouvoir de s'enkyster en hiver. Les kystes se présentent alors comme des particules sédimentaires inertes qui peuvent se concentrer et se disperser sous l'action de la houle et des courants. Au printemps, ils peuvent se revivifier. Leur domaine géographique ne peut donc que s'agrandir compte tenu de la dispersion. À l'horizon 2015, il est peu probable que l'on puisse agir, de manière significative, sur des paramètres tels que ceux cités précédemment. Il faut donc s'attendre à ce que les eaux colorées toxiques deviennent une « caractéristique permanente » de l'environnement littoral et qu'il faille s'adapter à cette nouvelle situation.

Pour la conchyliculture, il faut apprendre à mieux gérer les fermetures de zones, c'est-à-dire à mieux ajuster la période d'interdiction de ramassage et de pêche de coquillages à la période réelle de présence de toxines, et à épurer plus rapidement ces mollusques.

Les performances d'élevage des huîtres : Rémora

Le réseau mollusques du département Ressources aquacoles de l'Ifremer (Rémora) a pour objectif de rendre compte des performances de croissance de l'huître creuse dans les principaux bassins de production français. Mis en place en 1993 et coordonné par le laboratoire régional conchylicole de la Trinité-sur-Mer, ce réseau fédère 6 laboratoires côtiers : Port-en-Bessin, La Trinité-sur-Mer, Bouin, La Tremblade, Arcachon et Palavas. Il est en fait organisé en plusieurs niveaux.

Au sens strict, il s'agit d'un réseau national disposant de 39 stations, de position invariable, où sont suivies les caractéristiques de la croissance des huîtres creuses adultes dans leur seconde année d'élevage, du stade 18 mois au stade deux ans et demi.

Les mêmes stations sont utilisées depuis 1995 pour suivre selon un protocole national la croissance et la mortalité des huîtres creuses juvéniles dans leur première année d'élevage, du stade naissant au stade 18 mois.

Localement, chaque laboratoire du réseau reste maître de disposer de stations régionales complémentaires et d'adapter, en l'allégeant ou non, le protocole de suivi des stations nationales aux besoins des études régionales. À titre d'exemple, le laboratoire de La Trinité dispose ainsi d'un total de 18 stations en Bretagne.

Le principe du réseau consiste à suivre trimestriellement un même lot d'huîtres mis à l'eau sur l'ensemble des stations en début d'année. Le dernier point se fait en fin d'année, à la période de

commercialisation. Deux échantillonnages intermédiaires en juin et septembre permettent d'apprécier les variations saisonnières.

Les variables mesurées (globalement ou sur un échantillon d'individus) et celles qui en découlent par calcul permettent, sur chaque station, de caractériser la croissance des lots mis en élevage : gain de poids, survie, rendement, morphologie des coquilles, composition macroscopique, indices de qualité, infestations parasitaires...

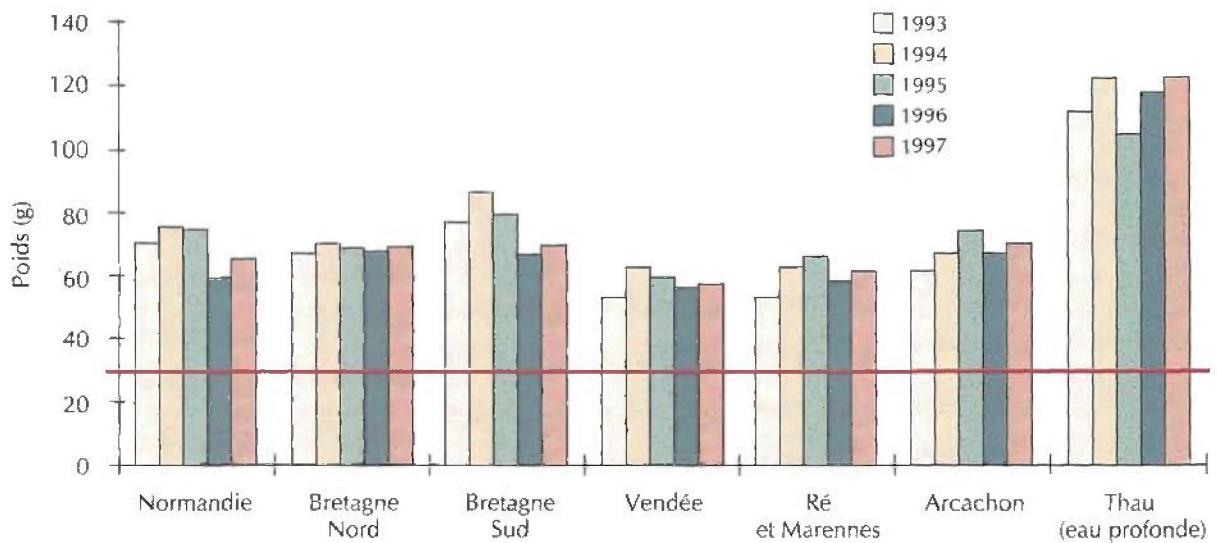
Rémora permet d'estimer la variabilité, connue mais non quantifiée jusqu'en 1993, des performances de l'huître creuse en France :

- le rendement en biomasse, en moyenne proche de 2, varie dans des rapports de l'ordre de 1 à 3 ;
- les gains de poids individuels varient selon les sites dans des rapports proches de 1 à 6 en poids total, et de 1 à 8 en chair sèche ;
- la proportion de chair sèche sur le poids total est l'élément variant le plus dans la composition macroscopique des huîtres.

L'analyse des résultats montre que la variabilité intersite est plus importante que la variabilité interannuelle, ce qui permet de caractériser les sites et les régions par leurs performances moyennes. La figure page 120 en est une illustration.

Simultanément, des phénomènes de mortalité anormale peuvent être mis en évidence.

Les données du réseau, archivées de manière standardisée (Excel 5) aisément consultables, servent de base à des études variées : aide à la décision dans les schémas (conchylicoles) des structures, modèles explicatifs de croissance, description des huîtres dans le cadre du programme Qualité...



Poids moyen au relevage selon les régions de production (poids initial = 30 g en mars).

Conclusion générale

Qualité des eaux littorales

Le territoire français métropolitain reçoit en moyenne 750 mm de pluie par an. Environ 60 % de cette eau est restituée à l'atmosphère par évaporation sur le sol et au travers des plantes : le reste s'écoule vers la mer par les fleuves, les rivières et les nappes souterraines.

Au cours de leur transit, ces eaux ont pu être utilisées par l'homme pour ses usages domestiques, agricoles, industriels ; elles ont, par ailleurs, contribué au lessivage des sols. Elles ont ainsi recueilli sous forme dissoute et sous forme liée au particulaire une quantité plus ou moins grande de produits présents naturellement à la surface du globe mais aussi directement liés à l'activité humaine.

La qualité des eaux littorales est très directement liée aux apports en provenance du domaine continental. Il est donc nécessaire de toujours associer une zone marine littorale aux bassins versants drainés par les fleuves et rivières dont elle reçoit les apports et aux activités implantées sur le littoral ou à proximité immédiate. En conséquence, toute politique de restauration, de maintien de la qualité des eaux littorales ne peut être envisagée sans la prise en compte de ces activités.

Par ailleurs, même dans des mers à marée (comme la Manche, le golfe de Gascogne) où les courants instantanés peuvent être violents, la circulation résiduelle (c'est-à-dire celle qui est observée après élimination de la circulation due à la marée qui, rappelons-le, conduit les particules d'eau à effectuer des trajectoires presque fermées en un peu plus de 12 heures) peut être faible, voire presque nulle, en fonction par exemple de la forme des côtes.

Ceci mène à la notion de « zones sensibles » qui peuvent être définies comme des régions marines dans lesquelles le faible taux de renouvellement des eaux peut entraîner des niveaux de concentration en polluants ou contaminants localement élevés. Ces zones marines peuvent être le siège de crises dystrophiques (marées vertes, eaux colo-

rées) s'il s'agit d'excès de sels nutritifs dans le milieu. Elles peuvent être impropre à la conchyliculture s'il s'agit d'excès de contaminations chimique ou microbienne.

Une directive européenne relative au traitement des eaux urbaines utilise ce concept de « zones sensibles ».

On identifie aisément comme « zones sensibles » des baies fermées ou semi-fermées (abers bretons, bassin d'Arcachon...) ; dans d'autres cas (baie de Saint-Brieuc), seul un modèle hydrodynamique pourra démontrer qu'il y a absence de renouvellement des eaux. Dans le premier cas, on parlera de confinement géographique, dans le second, de confinement hydrodynamique.

Ces deux types de considérations, rôle du bassin versant et des activités implantées sur le littoral, rôle des facteurs morphologiques et hydrodynamiques conduisent naturellement à une notion de réponse « locale » et non « globale » à une question du type : notre littoral est-il pollué ?

Une autre difficulté rencontrée pour la réponse à cette question tient à l'absence quasi totale de valeurs de référence (normes) relatives au milieu ou aux organismes vivants qui permettraient de faire un « classement » objectif des régions côtières en zones contaminées, peu contaminées, exemptes de contamination. Au-delà d'un certain seuil, il peut se produire un effet néfaste, c'est-à-dire une pollution à considérer par rapport à un usage (conchyliculture, baignade...) et donc ne s'exprimant pas par rapport à des critères universels.

En fait, cette classification n'est faisable que pour les eaux de baignade qui peuvent être réparties en 4 catégories (A, B, C, D) et pour les zones conchyliques pour lesquelles les secteurs insalubres sont réglementairement délimités. Dans ces deux cas, les indicateurs choisis sont les germes de contamination fécale. On doit donc, sauf en ce qui concerne la contamination microbienne, se borner le plus souvent à des estimations comparatives, d'une région par rapport à une autre.

Ainsi, on peut comparer des valeurs observées localement à des valeurs moyennes obtenues à partir d'un nombre important de mesures, ou à des estimations basées sur des valeurs repères proposées par des groupes de travail internationaux.

C'est une approche pratiquée pour quelques polluants prioritaires qui font l'objet d'un suivi depuis plus de quinze ans tout au long du littoral français dans le cadre du RNO (Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin). Ces polluants sont mesurés dans deux coquillages, la moule et l'huître, qui sont présents tout au long de nos côtes. En filtrant chaque jour une importante quantité d'eau pour y trouver leur nourriture, ils concentrent et accumulent de nombreux polluants présents à des niveaux parfois très faibles dans l'eau de mer permettant ainsi leur détection avec une plus grande fiabilité.

Ce type de mesure « indirecte » permet de calculer des valeurs moyennes beaucoup moins aléatoires que celles qui seraient obtenues en faisant les analyses d'eau et d'estimer les tendances d'évolution à moyen terme.

Productivité de la zone littorale et variabilité

La productivité de la frange côtière* est conditionnée par la qualité de ses eaux. La présence de quantités suffisantes mais non excessives de nutriments associée à une bonne pénétration de la lumière assurent la croissance du phytoplancton, base nutritive des premiers maillons de la chaîne alimentaire. Ces paramètres sont également les conditions nécessaires au maintien et au développement d'un écosystème conchylicole présent à tous les niveaux de cette province néritique : estran pour la vénériculture, zones intertidale et infralittorale pour l'ostréiculture, la mytiliculture et les gisements coquilliers.

L'écosystème côtier est complexe, plurispécifique, très diversifié (la diversité naturelle est accentuée par l'hétérogénéité morphologique). Il est naturellement soumis à des stress (variations

* Plus de 90 % de la pêche mondiale s'effectue dans les eaux côtières dont la profondeur est inférieure à 200 m et dont la superficie ne dépasse pas 7 % de l'étendue totale de mers.

de température, de salinité...) ; il est donc naturellement variable.

Plusieurs années d'observation sont nécessaires pour déterminer si une évolution est naturelle ou provoquée par l'action de l'homme : aménagements, pollution...

L'établissement d'un diagnostic est une opération complexe. On peut affirmer que, dans de nombreux cas, les études d'impact ne peuvent apporter une réponse satisfaisante du fait d'un manque de connaissance « régionale » (permettant à l'étude d'impact de se situer dans un cadre océanographique adapté) et aussi de l'absence de séries chronologiques permettant de « cerner » la variabilité naturelle. Il faut avoir présent à l'esprit que l'on a très peu d'indications sur les effets cumulatifs des nombreux aménagements sur le littoral français. Il n'existe pas un seul estuaire qui n'ait été profondément aménagé, modifié. Les pouvoirs publics essaient de conserver un tiers du littoral « à l'état naturel » (?), ce qui signifie que les deux tiers restants sont transformés. Le tiers naturel est, dans la plupart des cas, soumis à la pression de la pêche (et même au chalutage illégal très près de la côte). Le problème de la disparition ou de la dégradation des zones humides a été évoqué. À l'échelle de la façade atlantique, les surfaces altérées sont considérables.

Par ailleurs, les diagnostics des études d'impact relatives aux conséquences des aménagements projetés ne sont que rarement accompagnés de suivi, d'où l'impossibilité de vérifier *a posteriori* la validité de la prévision.

Compte tenu des coûts d'investissement nécessaires à la création d'aménagements et du nombre de projets, il serait, toutefois, souhaitable de disposer de bonnes études de suivi. Elles pourraient être d'un grand intérêt pour une gestion économique des infrastructures et représenter une aide à la décision pour la création de nouvelles entités.

Problèmes sur le littoral atlantique

Au vu des différents chapitres traités, les grands faits qui touchent le littoral sont :

- Sur l'ensemble du littoral :
 - la disparition des zones humides et le mauvais état de celles qui restent,

- la compatibilité des activités due à la qualité des eaux et à l'occupation de l'espace,
 - la compétition croissante pour l'accès au littoral, à son usage, à la ressource qui devient de plus en plus vive au fur et à mesure de la raréfaction de l'espace et de la ressource,
 - la pression touristique avec comme conséquence le mitage des paysages littoraux,
 - l'augmentation de la fréquence d'apparition du plancton toxique et l'accroissement de l'emprise géographique des apparitions,
 - l'érosion du littoral. Ce phénomène est modéré en Bretagne bien que pouvant présenter des nuisances importantes dans certains secteurs. Il est plus marqué en Poitou-Charentes et important dans certains secteurs de la côte aquitaine,
 - le comblement du fond des baies (Mont-Saint-Michel, Bourgneuf...),
 - la prolifération de crépidules,
 - les macrodéchets ;
- Problèmes spécifiques sur certains secteurs :
- compatibilité des activités aquacoles avec la qualité des eaux,
 - nitrate en Bretagne avec prolifération de marées vertes,
 - pollution bactérienne provenant des élevages et des agglomérations,

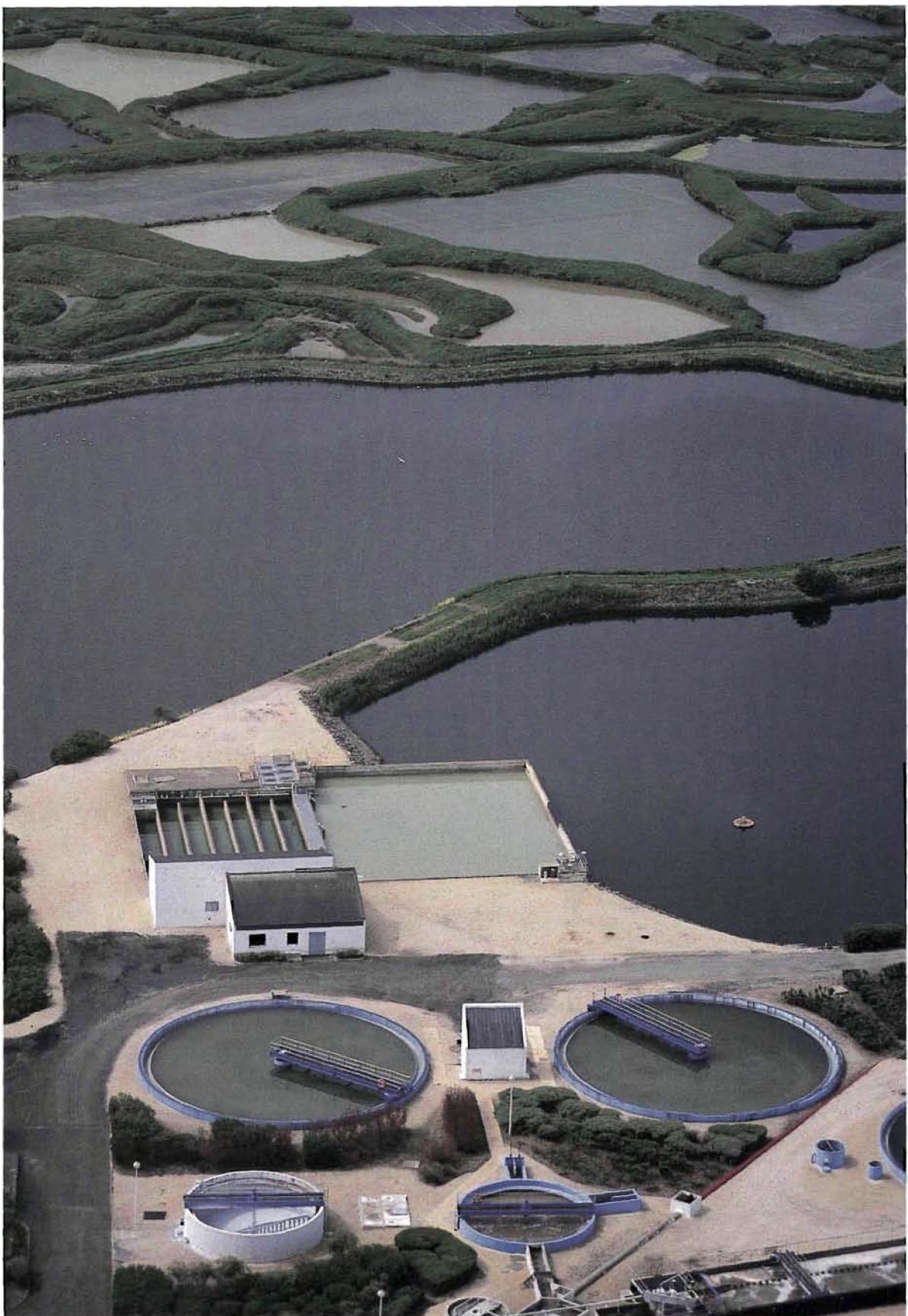
- plancton toxique en Bretagne Sud, vraisemblablement en relation avec le panache de la Loire, et anoxie,
- anoxies en Loire et en baie de Vilaine,
- diminution de la ressource dans les estuaires,
- apports d'eau douce en Poitou-Charentes et fragilisation de l'ostréiculture : compatibilité des activités ostréicoles et agricoles,
- cadmium en Gironde et pollution bactérienne au Pays Basque,
- prolifération d'algues à Arcachon due aux nitrates.

Il y a donc « du pain sur la planche » pour léguer à nos enfants un littoral en meilleur état qu'aujourd'hui. Une amélioration sensible ne pourra être obtenue que par une action de longue durée et par l'acquisition de connaissances scientifiques permettant une gestion « régionale » du littoral.

Au niveau international, on parle beaucoup d'une notion (certes encore floue) de « coastal zone management ». Compte tenu de l'importance des enjeux sur le littoral, il serait bon de lancer un programme qui permette de définir une politique à long terme et d'assurer la cohérence des actions (et cela en liaison étroite avec les Sdage et les SMVM existants).

Chapitre III

Les actions proposées



L'amélioration de la qualité des eaux

Agence de l'Eau Loire-Bretagne

Politique définie par un groupe de travail animé par M. le sénateur Oudin

Le groupe de travail a tout d'abord procédé à un état des lieux en examinant de façon approfondie les différentes altérations observées sur le littoral du bassin Loire-Bretagne. Ces altérations se traduisent par des contaminations microbiennes des zones de baignade, de pêche à pied ou de productions conchyliologiques. Mais elles concernent également des proliférations anarchiques d'algues dont certaines peuvent être toxiques, pour l'homme ou pour les coquillages.

Ce tableau a permis de mieux apprécier les menaces qui pèsent sur notre littoral d'un point de vue écologique mais également de noter leurs répercussions économiques : tourisme, production de coquillages.

Le groupe de travail s'est ensuite interrogé sur les causes de cette situation. Il en a identifié plusieurs :

- insuffisance de l'assainissement et de l'épuration des collectivités : même si un gros progrès a été fait au cours du dernier programme d'intervention de l'agence (triplement des engagements financiers par rapport au programme précédent), il convient de maintenir un effort important ;
- insuffisance de la dépollution agricole, malgré les débuts prometteurs du PMPOA (programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole) ;
- méconnaissance des mécanismes conduisant à certains phénomènes dommageables, ce qui rend leur résorption très aléatoire.

Le groupe a ensuite bâti un programme d'actions en quatre points :

Tenter de généraliser les Sage sur l'ensemble des bassins versants du littoral. Ces outils, créés par la loi sur l'Eau, sont parfaitement adaptés à la réalité du littoral où les communes possédant une façade maritime ne peuvent résoudre leurs problèmes que dans le cadre d'une action solidaire de toutes les collectivités et de tous les acteurs de l'amont.

Les Sage, qui par définition correspondent à une initiative locale, paraissent au groupe de travail comme très souhaitables sur le littoral. Le groupe de travail suggère à tous les acteurs locaux, élus, usagers et État de s'en saisir rapidement.

Poursuivre les travaux de collecte et d'épuration des effluents dans les collectivités : les prévisions montrent qu'au rythme naturel l'équipement complet du littoral peut devenir une réalité en une décennie, en maintenant l'effort du VI^e programme.

Poursuivre sans défaillance le PMPOA sous ses trois volets : bâtiments d'élevage et épandage des effluents, aspects phytosanitaires, pollution des grandes cultures. Le littoral reçoit en effet tous les effluents de l'amont.

Enfin, mener des actions spécifiques au littoral :

- faire disparaître en cinq ans la vingtaine de plages classées en C, c'est-à-dire impropre à la baignade. Cet objectif nous paraît réaliste car il met en jeu des causes de contaminations ponctuelles qu'il est possible de supprimer rapidement au prix d'une action ciblée et volontariste (par exemple la résorption de la pollution apportée par les réseaux pluviaux ou le déplacement d'un point de rejet). L'agence de l'Eau procédera à l'identification précise de sources de pollution et proposera aux régions et départements d'associer leurs efforts pour proposer aux collectivités concernées des financements très incitatifs ;
- procéder de même pour les zones de pêche à pied identifiées dont on aura au préalable complété l'inventaire pour que celui-ci couvre la totalité du littoral du bassin ;
- réaliser, sur cinq petits bassins versants, des actions de démonstration qui, en complément de la dépollution des collectivités et des élevages, permettront de limiter les apports printaniers d'azote et ainsi de diminuer les quantités d'algues vertes (ulves) qui prolifèrent sur le littoral. Il s'agira de mener des actions spécifiques en matière d'agronomie ou de gestion de l'espace de manière à limiter ou retarder, aux périodes les plus sensibles, l'apport d'azote sur le littoral ;

- mettre en oeuvre en priorité dans les secteurs où la production conchylicole est compromise l'ensemble des outils qui viennent d'être décrits : Sage, dépollution des collectivités et des élevages, actions ponctuelles, conseils agronomiques...
- développer, sur les zones menacées ou d'ores et déjà contaminées, les observatoires locaux de la qualité des eaux et coordonner leurs actions.

Par ailleurs, le groupe de travail s'est inquiété du manque de connaissances de la communauté scientifique concernant certains phénomènes, tels que les microalgues toxiques.

Le groupe de travail souhaite une mobilisation accrue de l'Ifremer sur ces questions. Il conviendra de sensibiliser cet établissement aux besoins de connaissances qui sont les nôtres.

Enfin, le groupe de travail a donné un avis favorable au lancement d'une enquête auprès des communes du littoral et de celles des bassins versants générateurs de pollution. Il s'agit de mieux apprécier le degré d'information et de sensibilisation des élus, et d'évaluer leur volonté d'engagement dans des programmes d'actions.

Agence de l'Eau Adour-Garonne

Bilan par site

Le littoral et les espaces côtiers du bassin Adour-Garonne s'étendent du sud de La Rochelle à Hendaye. Ils se situent en aval de l'ensemble des unités hydrographiques du bassin. Le périmètre de la commission « Littoral et espaces côtiers »* suit les limites suivantes :

- au nord, l'estuaire de la Charente ;
- au sud, la Bidassoa ;
- à l'est, les bassins versants strictement littoraux à l'exception de ceux de l'Adour et de la Charente. L'estuaire de la Gironde est inclus dans la commission jusqu'à la limite de salure des eaux ;
- à l'ouest, l'océan Atlantique dans la limite des douze milles.

Le littoral est directement tributaire des bassins hydrographiques Adour et Charente. Les bassins

hydrographiques Dordogne et Garonne sont situés au droit de la limite de salure des eaux dans l'estuaire de la Gironde.

Le bilan de la qualité des eaux marines des principaux secteurs du littoral Adour-Garonne présente des spécificités dont les principaux éléments sont indiqués ci-après.

La baie de Marennes-Oléron et le bassin versant de la Seudre

La synthèse de la qualité des eaux de baignade pour les années 1992-1993-1994 montre que celle-ci n'est pas satisfaisante pour au moins une plage des communes de Fouras et de Port-des-Barques ainsi que pour quelques-unes de l'Île d'Oléron.

La zone de la baie de Marennes-Oléron comprise dans le périmètre de compétence du bassin Adour-Garonne est en grande partie classée en A. Cela signifie que les coquillages peuvent être récoltés directement pour la consommation humaine. On note trois secteurs de moins bonne qualité. Il s'agit de la Seudre amont, du secteur de Ronce-les-Bains (classés en B) et de la côte sud de Fouras classée en C. Dans ces secteurs, le traitement de la pollution microbiologique apparaît prioritaire.

Les proliférations de phytoplancton toxique sont relativement récentes. Ainsi, la première fermeture du bassin de Marennes-Oléron date de 1987. En novembre 1992, des concentrations anormalement élevées d'une espèce particulière de dinophysis (*Dinophysis caudata*) ont été mesurées et leur toxicité avérée dans les pertuis charentais. De même, en fin d'année, la vente des moules était interdite à Boyardville et dans le pertuis Breton. En février 1993, une toxine de type PSP était décelée mais pas identifiée. Elle affectait les huîtres et les moules et entraînait des troubles oculaires persistant plusieurs jours. Une fermeture du bassin a été nécessaire pendant une dizaine de jours environ. À la suite de l'apparition de cette toxine, les tests biologiques ont été systématisés pendant une année.

Les proliférations de macroalgues n'existent pas dans la baie de Marennes-Oléron. La charge en coquillages, les caractéristiques hydrodynamiques, la forte turbidité des eaux et les remises

* Dans le cadre de l'élaboration du Sdage, le comité de bassin s'appuie notamment sur huit commissions géographiques : Adour, Garonne, Tarn-Aveyron, Lot, Dordogne, Charente, Nappes profondes, Littoral et espaces côtiers.

en suspension ne permettent pas une production phytoplanctonique élevée. La Charente apporte 90 % de l'eau douce en été comme en hiver et le fonctionnement de l'écosystème conchylicole dépend des apports de ce fleuve. Il a été mis en évidence que la baisse des flux de nitrates de la Charente, lors des sécheresses de 1990 et 1991, a été suivie d'une baisse de croissance des huîtres, sans augmentation du stock.

En ce qui concerne les métaux lourds et les micro-polluants, la baie est de bonne qualité malgré des pics ponctuels de cadmium et de mercure, supérieurs à la moyenne nationale pour ce dernier paramètre. Ces dépassements ne sont pas, pour le moment, une entrave à l'usage conchylicole.

Le cadmium mesuré aurait pour origine :

- des rejets dans la Charente de l'usine Saft sise à Angoulême ;
- la remontée des eaux issues de l'estuaire de la Gironde dans certaines conditions climatiques.

Les plus fortes concentrations en lindane du littoral français sont mesurées en Charente-Maritime. La qualité peut y être considérée comme mauvaise. Cependant, les concentrations trouvées restent très en dessous des seuils toxiques.

Ces concentrations sont décroissantes et l'Ifremer s'interroge quant à leur origine dans le secteur : activité agricole particulière ou traitements contre les termites ?

À long terme, les contaminations des eaux par les métaux, les composés organochlorés peuvent nuire à la pérennité de ce site conchylicole.

Le renforcement et la coordination des réseaux de surveillance à terre et en mer doivent être poursuivis.

L'estuaire de la Gironde

Certaines plages des communes de Royan, Saint-Georges-de-Didonne et Saint-Palais peuvent être momentanément polluées si on se réfère à la synthèse de la qualité des eaux de baignade des années 1992-1993-1994.

En ce qui concerne les eaux conchylicoles, l'estuaire de la Gironde est classé en D tandis que la zone du plateau de Cordouan est classée en A.

Les résultats du RNO indiquent une forte contamination en cadmium des huîtres de la partie aval de l'estuaire de la Gironde ; ces fortes teneurs rendent donc les mollusques de l'estuaire insalubres et inaptes à la consommation.

Dans les années quatre-vingt, 90 % du cadmium avaient pour origine les anciens rejets miniers de la zone industrielle de Viviez développée au droit du Riou-Mort, petit affluent du Lot. L'essentiel des apports provient du lessivage des crassiers et de l'infiltration d'eaux contaminées à partir des bassins de stockage de boues cadmiées.

Des travaux ont été réalisés en 1988 pour isoler le crassier de l'ancienne usine de Vieille Montagne à Viviez. En 1986, l'estimation des flux produits à partir de l'usine était de 40 kg/j. Deux ans après, ils n'étaient plus que de 3 kg/j puis de 1 kg/j en 1991.

Un programme annuel de suivi du cadmium est réalisé depuis 1989. Il consiste en des mesures mensuelles de cadmium dans les matières en suspension et dans les eaux en trois points.

Entre 1986 et 1994, les concentrations en cadmium particulaire dans le Lot aval sont passées de 190 mg/kg à 18 mg/kg. Dans le même temps, les stocks de cadmium piégés dans les sédiments ont diminué. L'évaluation de 154 t réalisée en 1991 correspond à une forte baisse si on considère le stock de 431 t en 1987.

Les sédiments du Lot constituent une source résiduelle d'émission de cadmium particulaire. En effet, les sédiments sont remaniés et expulsés surtout lors des épisodes de crues. Les flux de cadmium particulaire sont soumis aux conditions hydrologiques.

Une étude réalisée en 1991 a montré que dans les conditions hydrologiques et climatiques de cette année-là et, en admettant que les flux à la source sont nuls, l'épuisement du stock de cadmium contenu dans le Lot se ferait en 15 à 20 ans. En 1992 et 1994, les très forts débits mesurés ont entraîné des apports de cadmium particulaire plus importants que la normale. Ils étaient respectivement de 18 t et 14 t contre 4 t en 1993.

Le cadmium est principalement véhiculé jusqu'à l'estuaire par les matières en suspension, donc sous forme particulaire. Un bilan effectué en 1982 indique pour une année la répartition suivante : 23 t fixées pour 2 t dissoutes. Le cadmium est expulsé de l'estuaire majoritairement sous forme dissoute. Le même bilan précise que le flux de cadmium en aval de l'estuaire est de 21 t sous forme dissoute.

Les évolutions entre les phases particulières et dissoutes dépendent de nombreux facteurs : remise en suspension/dépôt à chaque marée, salinité, bouchon vaseux... En moyenne, il est admis que le temps de résidence des matières en suspension dans l'estuaire est de deux ans.

En ce qui concerne les autres métaux, l'estuaire de la Gironde présente :

- des mesures supérieures à la moyenne française en plomb et en zinc. La qualité demeure bonne pour le premier mais médiocre pour le zinc en deux points de mesure ;
- dans les huîtres une mauvaise qualité en cuivre et en zinc en deux points de mesure.

Le bassin d'Arcachon et le bassin versant de la Leyre

Le classement conchylicole du bassin d'Arcachon qui comprend le bassin proprement dit et la zone d'entrée distingue les groupes 2 et 3. En ce qui concerne les bivalves fouisseurs, l'Île aux Oiseaux et le Grand Banc sont classés en A. Il en est de même pour l'entrée du bassin d'Arcachon d'octobre à mai. En dehors de cette période pour cette zone et toute l'année pour le reste du bassin, le classement est B. Le classement des bivalves non fouisseurs est B pour les franges littorales est-nord-est et sud-est du bassin. Le reste du bassin, y compris l'entrée, est classé en A.

Aucun bloom exceptionnel à dinoflagellés n'a été observé à l'intérieur du bassin de 1987 à 1994. Cependant, la présence de certaines espèces à risque a été notée.

En février 1993, le bassin connaît sa première fermeture (onze jours). Seules les moules étaient touchées par une toxine de type PSP sans que l'agent responsable soit décelé. En janvier 1994, un phénomène similaire, mais d'une ampleur supérieure

au précédent, se développe de nouveau. La toxicité touchait les moules et, dans une moindre mesure, les huîtres. La fermeture du bassin a duré 14 jours pour les huîtres et 43 pour les moules. Encore une fois, aucune espèce de phytoplancton n'a pu être reliée à cette toxicité.

En mai 1995, la présence de dinophysis a conduit à réaliser des tests de toxicité qui se sont avérés positifs sur les moules, coques et palourdes. Une fermeture, de quelques jours, du bassin a été décidée pour ces coquillages. La toxine en cause était de type DSP consécutive à la présence de *Dinophysis spp.*

Au début des années quatre-vingt, d'importantes proliférations d'algues ont commencé à se produire dans le bassin d'Arcachon. Celles-ci gênent l'ensemble des activités du bassin, occasionnant des anoxies suivies de mortalités de poissons...

Au départ, c'était des algues vertes filamentées se développant du printemps jusqu'au début de l'automne. À la fin de la décennie sont apparues des ulvales. Présentes à partir du printemps, elles perdurent pendant l'automne et l'hiver. Les deux espèces en cause appartiennent aux genres *Enteromorpha* et *Monostroma*. Cette dernière aurait été introduite après 1975. Algue opportuniste, elle assimile très bien les éléments minéraux, en particulier le phosphore. Le facteur limitant demeure cependant l'azote car cette algue dispose d'une faible capacité de stockage, d'où la nécessité de contrôler les entrées d'azote dans le bassin par les eaux de surface et la nappe superficielle. La durée de vie de l'algue est courte, l'azote et le phosphore sont recyclés rapidement. Biodisponibles, ils permettent d'entretenir le phénomène de prolifération tant que les conditions du milieu sont favorables à l'algue.

Les accumulations de matières organiques augmentent la rétention et l'accumulation de l'azote dans le milieu.

La biodisponibilité de l'azote fait que les apports de nutriments externes au bassin ne fournissent qu'une part relative des quantités d'azote et de phosphore nécessaires à la production végétale. Cependant, l'azote nitrique excédentaire apporté par les cours d'eau déclenche le phénomène puis l'entretient.

Les sources externes, c'est-à-dire pour l'essentiel les cours d'eau, fournissent environ un quart du tonnage nécessaire aux végétaux. L'ulvale *Monostroma obscurum* apparue à partir des années 1988-1989 est présente toute l'année en densité importante dans la zone d'influence de la Leyre. Malgré une légère augmentation, les concentrations en nitrates mesurées dans la Leyre sont faibles avec moins de 10 mg/l. Les flux représentent tout de même 800 tonnes/an d'azote sous forme de nitrates. Ils ont doublé depuis les années soixante-dix.

Ces augmentations sont dues à l'intensification de l'agriculture sur le bassin versant. Une opération agro-environnementale est conduite sur le bassin versant de la Leyre. Ces interventions visent à réduire les intrants (engrais et produits phytosanitaires) et à favoriser les actions d'aménagement du réseau hydrographique et de l'espace agricole. Cette situation, même si elle n'est pas la seule en cause, profite au développement de *Monostroma* dans cette partie de la baie.

L'Ifrémer indique que, si les apports de la Leyre peuvent être diminués, la réduction devrait s'effectuer depuis le mois de février jusqu'à l'été. Sa mise en œuvre devrait être rigoureuse, compte tenu du caractère opportuniste des algues incriminées. En outre, la réduction des apports risque d'avoir d'abord des effets sur la productivité du milieu. En effet, les proliférations phytoplanctoniques se produisent à la même période de l'année que les blooms de macroalgues et il y aurait donc risque de compétition.

La lutte contre les macroalgues demandera beaucoup de temps. Elle nécessitera la mise en place, la poursuite voire l'intensification d'un ensemble de mesures préventives et curatives. Les études existantes montrent la complexité des phénomènes. Il n'existe pas de solution toute faite.

La dénitrification, la rétention des minéraux et d'eau par les zones humides sont autant d'outils naturels de gestion et de limitation des phénomènes d'eutrophisation et de comblement. Ces zones humides sont alors des outils de dépollution.

En ce qui concerne les micropolluants, le bassin d'Arcachon, après avoir été parmi les sites les plus contaminés par le DDT, est aujourd'hui de bonne

à très bonne qualité, eu égard aux teneurs moyennes observées au cours des cinq dernières années (1989-1993).

Les ports présentent un risque de pollution du milieu par des apports de matières organiques, hydrocarbures, déchets, produits de curage... Les peintures commercialisées contre les biosalissures sont à base d'oxyde de cuivre ou de composés organiques de l'étain dont le tributylétain (TBT). Leur utilisation a été à l'origine de perturbations sur l'activité ostréicole. Le cas du bassin d'Arcachon était exemplaire puisque les apports de TBT ont participé à la chute de la production et à l'absence de captage du naissain de 1975 à 1982. À la suite de ces constats, l'utilisation des peintures à base de TBT a été interdite pour les bateaux de moins de 25 mètres. Les études de l'Ifrémer ont permis de vérifier le retour à une situation normale. Il demeure que les vases accumulées dans les ports peuvent être plus ou moins chargées en TBT. Un risque de remobilisation existe lors des dragages par remise en suspension.

Le lac d'Hossegor

Une plage de Soorts-Hossegor peut être momentanément polluée au vu de la synthèse de la qualité des eaux de baignade des années 1992-1993-1994.

Au sein du lac d'Hossegor, le classement conchylicole distingue les coquillages du groupe 2 et du groupe 3. Les bivalves fouisseurs sont classés en D tandis que les autres sont classés en B. Le canal du Boucarot, qui permet l'accès à la mer, est, quant à lui, classé en C. On notera une concession expérimentale située en pleine mer et classée en A.

En matière de proliférations de phytoplancton, les points de surveillance n'ont pas révélé de toxicité.

La côte Basque

Quelques plages du sud du département des Landes et un grand nombre de plages du littoral basque présentent des eaux de baignade qui peuvent être momentanément polluées.

Les zones de production du littoral des Pyrénées-Atlantiques sont toutes classées en D. Il s'agit de l'embouchure de l'Adour, de la baie de Saint-Jean-de-Luz et de la baie du Figuier.

Les résultats du RNO indiquent une contamination de la côte Basque par plusieurs micropolluants. On retiendra :

- *mercure et plomb* : la côte Basque présente des teneurs supérieures à la moyenne nationale mais la qualité demeure bonne ;
- *zinc et PCB* : les mesures indiquent une médiocre qualité sur deux sites ;
- *PAH* : deux sites de la côte Basque sont parmi les sites français où les teneurs moyennes sont les plus fortes. La qualité mesurée est mauvaise. Ces deux sites présentent des conditions hydrodynamiques particulières puisqu'il s'agit des secteurs de Saint-Jean-de-Luz et de la baie de Chingoudy à Hendaye. Le positionnement des points de mesure, proche des installations portuaires, peut expliquer ces résultats.

Actions envisagées

La réduction de l'altération microbiologique est une condition de la pérennité d'un ensemble d'usages constituant des enjeux très forts.

Les usages directement concernés sont la conchyliculture et la pêche à pied, la baignade et les sports nautiques (planche à voile, surf...). La pérennité de leur pratique dépend, pour partie, de la présence, à des niveaux définis comme acceptables, de différents agents pathogènes (bactéries, virus et parasites). Ces agents ont en particulier pour origine l'assainissement domestique et industriel, les eaux pluviales, l'agriculture et la valorisation agricole des déchets organiques...

La préservation et la protection de la conchyliculture, réelle richesse économique et sociologique du littoral Adour-Garonne, sont prioritaires lors de toute intervention en zone littorale.

Avec des usages comme la conchyliculture ou la pêche à pied, l'objectif de qualité bactériologique des eaux est permanent.

La baignade représente également un enjeu important ; cependant, l'exigence de qualité est essentiellement estivale.

La pollution microbiologique est avant tout une pollution de proximité. Des caractéristiques telles que la turbidité, l'hydrodynamique du vecteur et du milieu récepteur sont, parmi d'autres facteurs, déterminants pour la durée de vie des différents

agents pathogènes. Ainsi, l'importance de l'impact des pollutions d'ordre microbiologique est pour partie dépendante de la distance entre le point d'émission et la localisation de l'usage à protéger.

Les possibilités de contamination sont multiples mais, sur le littoral Adour-Garonne, les connaissances actuelles ne font référence qu'aux eaux usées et pluviales comme sources de pollution.

Les flux sont très importants et la diversité de leurs origines rend la lutte difficile. Le rejet d'une habitation peut suffire dans un contexte hydrodynamique particulier à déclasser une plage. Cet exemple montre que l'objectif sera difficile à atteindre. La réduction de cette pollution est d'une grande complexité. Elle appelle des règles d'ordre général et une surveillance permanente. Localement, l'application de ces règles relèvera d'une démarche qualité, chaque point a son importance. Une définition et une hiérarchisation des enjeux sont nécessaires.

L'essentiel sera de privilégier les actions ayant une efficacité réelle sur la limitation du risque d'émission des pathogènes dans les eaux et de tendre vers le « zéro » rejet dans les secteurs les plus sensibles (amélioration des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées et des eaux pluviales).

En dehors des zones dunaires et compte tenu du caractère de proximité de la pollution, les interventions se feront à l'échelle du bassin de collecte ou de petits bassins versants. L'impact des mesures en sera *a priori* d'autant plus lisible, lui conférant ainsi un caractère démonstratif fort. L'agence de l'Eau souhaite acquérir une connaissance suffisamment fine des rejets issus des bassins versants strictement littoraux dans les trois ans à venir. Ainsi, pourra être bien ciblé l'ensemble de ses interventions sur le littoral.

En parallèle, l'agence envisage de développer un programme d'interventions spécifiques à la zone littorale.

Quatre thèmes pourraient être retenus pour ce type d'action :

- les ports ;
- les zones touristiques denses ;
- les eaux usées ;
- les eaux pluviales.

Les opérations envisagées sont peu nombreuses car une grande part des interventions permettant de mieux protéger le littoral font déjà partie du programme normal de l'établissement.

En ce qui concerne les ports, deux types d'interventions sont envisagés. Il s'agirait de financer :

- l'équipement des pontons en dispositif de collecte (aspiration) des eaux usées produites par les bateaux de plaisance ou de pêche ;
- la récupération et le traitement des eaux issues du carénage des bateaux soit par l'aménagement des aires existantes soit par une création *ex nihilo*.

Dans les zones de fréquentation touristique intensive, il s'agirait de financer :

- des blocs sanitaires (wc - douche) ;
- des bornes de récupération des eaux usées (eaux noires) des camping-cars.

Vis-à-vis des eaux usées, outre la nécessité de mettre l'accent sur la fiabilité de la collecte, deux opérations pourraient être mises en avant :

- le déplacement ou le prolongement d'émissaires quand à l'évidence, le panache des rejets affecte une plage ou une zone conchylicole ;
- le rejet « zéro », c'est-à-dire l'infiltration des eaux dans les sols ou leur valorisation agricole de manière permanente ou temporaire.

Les eaux pluviales participent également à la pollution du milieu.

Cinq opérations pourraient être engagées :

- l'étude de schémas directeurs « eaux pluviales » avec pour objectif la protection du milieu. Les problèmes d'inondation ou de pure hydraulique ne seraient pas éligibles.

Dans le cadre de ces schémas directeurs :

- cohérents et stratégiques ;
- sous réserve d'investigation sur les mauvais branchements (eaux usées → eaux pluviales et eaux pluviales → eaux usées) ;
- en zone urbaine dense ;
- quand les eaux pluviales affectent le milieu.

Les opérations suivantes pourraient être retenues :

- la création de chaussée réservoir et/ou drainante ;
- la mise en place d'un réseau pluvial d'interception quand la collecte des eaux pluviales ou leur introduction dans le réseau eaux usées occasionne des surverses de celui-ci ou des surcharges hydrauliques de la station ;
- la construction de stockage des premiers flots d'orages et du réseau de transfert vers les stations d'épuration ;
- le déplacement, le prolongement ou la mise en place d'émissaires de rejet en dehors des zones de baignade ou conchyliologiques ;
- la mise en conformité des branchements des cas les plus difficiles (problèmes techniques ou financiers) en liaison avec des partenaires qui travaillent habituellement sur l'amélioration de l'habitat.

Ces propositions doivent être validées par le conseil d'administration de l'agence de l'Eau Adour-Garonne. Les enjeux, c'est-à-dire le caractère patrimonial ou économique du littoral, justifient un engagement de l'agence.

En Aquitaine, le tourisme et la conchyliculture représentent respectivement un chiffre d'affaires de 10 milliards de francs et de 1,4 milliards de francs.

La protection du littoral*

Principes généraux

Le rivage de la mer est une ligne qui a toujours fluctué dans le temps, dans des proportions qui, aux échelles géologiques ou même historiques, sont très importantes.

Les causes sont très nombreuses : variation du niveau de la mer ou des continents, courants marins, transit sédimentaire, houle, vent, prélèvement de sable sur la côte, les estuaires, les fleuves... Les fluctuations peuvent être soit progressives, soit régressives, suivant les lieux et les circonstances. En un même site, des phases d'engrassement et d'érosion peuvent alterner sur des périodes relativement courtes.

Les causes de ces manifestations sont souvent difficiles à cerner avec précision. Toutefois, d'une façon générale, la période actuelle se caractérise à l'échelle mondiale par une phase d'érosion dominante qui semble liée à un phénomène lent de montée des eaux. L'amplitude et la rapidité de celui-ci sont sujets à débat, mais l'ensemble des scientifiques semble d'accord sur une persistance du phénomène dans les prochaines décennies.

La philosophie que développent fréquemment les services de l'environnement et singulièrement le Conservatoire national du littoral est de considérer les fluctuations de la côte comme un phénomène naturel qu'il faut laisser évoluer avec toutefois quelques réserves :

- veiller à ce que l'action de l'homme ne renforce ou ne provoque pas d'érosion ;
- gérer, quand cela est possible, le recul de la côte par des travaux d'accompagnement sur ses terrains. Ces travaux seront toujours réversibles et destinés à favoriser la création d'une dynamique naturelle positive : pose de fascines, de ganivelles, plantations d'oyats, etc. Ces ouvrages se sont sou-

vent révélés très efficaces quand le déficit sédimentaire n'était pas trop important. Ils trouvent rapidement leurs limites quand l'attaque de la mer est importante ;

- ne jamais réaliser d'ouvrages irréversibles sur le domaine public maritime.

Quand l'érosion marine est trop forte pour que les moyens décrits ci-dessus soient efficaces, le Conservatoire étudie les conséquences d'une régression prévisible de la côte. Cette position est motivée par les arguments suivants :

- volonté de ne pas artificialiser la côte ;
- coût de réalisation et d'entretien de tels ouvrages dont l'efficacité est parfois discutable ;
- nécessité de traiter l'érosion marine dans un contexte large et non ponctuellement.

Il existe cependant deux circonstances où le gestionnaire du trait de côte peut être confronté à la nécessité de réaliser ou de participer à la réalisation de travaux de défense contre la mer.

Les cordons sédimentaires protégeant des zones urbanisées

Sur la plupart des sites, le rapport économique est tel qu'il est difficilement concevable de ne pas réunir les moyens financiers nécessaires à une protection à caractère irréversible. Il faut examiner les possibilités, au cas par cas, de prévoir des reculs contrôlés et d'adapter, en conséquence, une gestion de l'espace urbanisé.

Les zones historiquement endiguées

Historiquement, l'homme a cherché à conquérir des terrains sur la mer afin de créer des zones aquacoles, ostréicoles ou agricoles. Leur valeur sur les plans historique, biologique, paysager est souvent très importante. Toutefois, le maintien de ces espaces nécessite l'entretien et parfois le renforcement des digues et des ouvrages qui ont permis leur création.

Ces travaux d'entretien, dans le souci de la conservation du patrimoine historique et de l'intégration au site, s'imposent. Toutefois, il peut s'avérer que

* Ont participé à l'élaboration de ce document :

M. Thierry Chauvin - Conservatoire national du littoral
M. Patrick Singelin et Mme Colette Debroise - Diren Bretagne
M. Dominique David - D.R.E. Aquitaine
M. Jacques Kopff - Service maritime de Vendée
M. Jean-Louis Lorfeuvre - Service maritime des Côtes-d'Armor.

la suppression des ouvrages permette le rétablissement de milieux de type estuaire, pré salé, etc., dont la valeur biologique et paysagère est supérieure à celle du milieu artificialisé ou que le coût de leur entretien devienne prohibitif.

Dans ce cas, la collectivité peut être amenée à décider la remise à l'état naturel. Cette orientation qui a été prise avec succès par le Conservatoire du littoral sur le site de l'aber de Crozon, en Bretagne, doit être étudiée sans *a priori* en pesant ses avantages et ses inconvénients ainsi que la perception de ce choix par le public et les élus.

Réalités de la décision

Une question liminaire s'impose d'emblée : doit-on intervenir systématiquement pour protéger et fixer le trait de côte dans une position à un moment donné et, sinon, quelle philosophie adopter ? Bien que cela relève du simple bon sens, la lecture de l'existant (en matière d'actions de protection) laisse penser qu'il n'est pas toujours habituel de se poser ce type de question. Il est à ce titre utile de préciser que, la plupart du temps, les questions posées par le maître d'ouvrage ne laissent pas le loisir de développer l'ensemble des paramètres (socio-économiques, environnementaux, etc.) qui permettraient de répondre à cette interrogation préalable : à la question de la protection est donc, le plus souvent, apportée une réponse technique seule (outils techniques adaptés à la question technique posée).

La réflexion sur la (ou les) philosophie(s) à mettre en avant en matière de protection du littoral mérite d'être approfondie : une analyse du type multicritères, prenant en compte les contraintes de milieu au sens large (enjeux) mais également les types de solutions techniques envisageables le cas échéant, pourrait servir de base à cette réflexion.

Les techniques de protection des côtes (à terre ou en mer) sont nombreuses. Il convient en premier lieu de citer les moyens préventifs parmi lesquels :

- le contrôle de l'extraction des matériaux dans les cours d'eau ;

- la protection contre les dégradations d'éléments jouant un rôle majeur dans l'équilibre du système littoral (herbiers sous-marins, végétation dunaire, etc.);
- l'acceptation du recul de certaines infrastructures ;
- l'entretien et la gestion des ouvrages anciens, etc.

Les techniques curatives les plus classiquement utilisées en France peuvent être classées en plusieurs grandes catégories :

Protection dynamique :

- rechargement des plages ;
- transit artificiel (by-passing) ;
- stabilisation ou réhabilitation des dunes ;
- remodelage de l'estran (peu utilisé).

Protection statique :

- ouvrages longitudinaux de haut de plage ;
- ouvrages longitudinaux de bas de plage par petits fonds (ou brise-lames) ;
- ouvrages transversaux (ou épis).

Autres s'apparentant plus à de la gestion :

- mise en défens des dunes ;
- destruction d'ouvrages néfastes au bon fonctionnement dynamique ;
- végétalisation des dunes, etc.

D'autres techniques, encore du domaine expérimental ou non utilisées en France, existent :

- murs d'eau ;
- atténuateurs de houles ;
- brise-lames flottants ;
- algues artificielles, etc.

L'une des difficultés principales (on rejoint ici la nécessité d'une bonne connaissance des processus morpho-sédimentaires) est l'adéquation de l'une ou plusieurs de ces techniques au problème posé.

Un autre écueil majeur réside dans la difficulté (économique et psychologique) de mettre en œuvre des expérimentations.

Les aspects juridiques et économiques : rôle préventif, responsabilités

Le cadre juridique de la lutte contre l'érosion marine est fixé par plusieurs lois dont on rappellera ici les principales.

La loi du 16 septembre 1807

- établit qu'il appartient aux riverains de se protéger pour défendre l'intégrité de leur propriété contre la mer. La loi du 10 juillet 1973 permet aux collectivités locales d'intervenir également sans toutefois les y contraindre.

La loi du 10 juillet 1986 ou « loi Littoral »

- prend clairement en compte l'érosion dans les espaces non urbanisés avec son article 146-4-III (bande des 100 m minimum) ;
- permet de fonder une politique urbaine compatible avec le risque d'érosion à travers les prescriptions concernant les espaces proches du rivage et les espaces naturels remarquables, coupures d'urbanisation... ;
- appelle une coordination des actions de l'État et des collectivités notamment en matière de lutte contre l'érosion, lors de la définition de la politique d'aménagement spécifique au littoral.

La loi littoral s'intéresse directement au trait de côte :

- dans son article 27 qui interdit de porter atteinte sur le domaine public maritime (DPM) à l'état naturel du rivage de la mer en dehors des zones portuaires et sous réserve notamment de l'exécution des opérations de défense contre la mer et de réalisation des ouvrages nécessaires à la sécurité maritime...
- en insérant dans le code de l'urbanisation les articles L 146-6 et L 146-8 qui préservent strictement les espaces terrestres et marins, sites et paysages remarquables et les milieux nécessaires au maintien des équilibres biologiques, n'y autorisant que les aménagements nécessaires à la sécurité publique, aux aérodromes, aux ports autres que les ports de plaisance ainsi que les travaux destinés à protéger l'espace remarquable lui-même.

La loi du 13 juillet 1982 relative aux catastrophes naturelles

- exclut du champ de l'indemnisation les phénomènes lents et réguliers de l'érosion côtière et la loi du 2 février 1995 permet la création des plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), notamment pour faire face aux inondations.

Ces dispositions ajoutent aux contraintes économiques et physiques de gestion du trait de côte, une obligation d'organisation qui dépasse l'échelle communale : une prise en compte collective des impératifs de préservation des milieux, comme ceux jouant un rôle face à l'érosion, doit assurer un cadre stable au développement des activités humaines.

L'occupation du DPM pour se protéger de la mer n'est justifiable qu'à des fins collectives. L'absolue nécessité des travaux privés ou collectifs en espaces remarquables doit être démontrée, notamment auprès de la commission des sites.

La défense contre la mer des zones urbanisées s'impose généralement pour des raisons économiques, celle des zones historiquement endiguées y ajoute des raisons historiques, biologiques ou paysagères. L'entretien des ouvrages existants ou la réalisation des ouvrages nouveaux constituent dans la plupart des cas une ligne de protections à caractère irréversible. On peut remarquer qu'en France les techniques lourdes du type enrochement ont été largement utilisées parfois à l'exclusion des solutions alternatives, faute d'études préalables. Pour des raisons économiques, financières ou psychologiques, l'entretien préventif ou des techniques de défense moins radicales sont encore du domaine expérimental ou peu répandus.

Lorsque, par l'acquisition de terrains, le Conservatoire du littoral ou les départements maîtrisent la prise de risque face aux contraintes socio-économiques, la preuve peut être apportée qu'un recul contrôlé du trait de côte est une solution efficace et meilleure du point de vue environnemental (voir fiche annexe sur l'aber de Crozon). Des incitations financières comme la modulation des tarifs d'assurance des biens immobiliers pourraient aider à promouvoir ce type de réponse auprès des particuliers et des collectivités.

Ainsi, empêcher le trait de côte de reculer n'est qu'une des solutions à retenir.

Face au phénomène d'érosion, lent et prévisible, il importe de mettre en œuvre des politiques s'inscrivant dans la durée à l'opposé d'opérations locales de protection décidées au coup par coup. Les SMVM, les POS, la définition des espaces remarquables sont les premiers outils pour préserver l'avenir, à la condition d'en renforcer la dimension intercommunale.

Prospective

D'autres moyens ont été mis en œuvre dans divers pays qui permettent d'éviter l'impasse conduisant à une défense obligée du littoral, coûteuse pour la collectivité et nuisible pour l'environnement. Parmi ceux-ci, citons le « National Flood Insurance Programm », aux États-Unis, qui, à partir d'une cartographie des risques d'érosion, permet d'appliquer des tarifs d'assurance des biens immobiliers inversement proportionnels à la quantité de sable dunaire entre ces infrastructures et la mer. Une réflexion approfondie sur des mesures de ce type et les possibilités d'application en France mériterait d'être entreprise.

Ceci nous amène tout naturellement à traiter le problème de la responsabilité et de la prise en compte des coûts de la protection. Les communes riveraines ne sont pas toujours capables d'assumer les coûts inhérents à la protection côtière : les collectivités territoriales (et en particulier les départements) jouent ici un rôle majeur en débloquant les crédits nécessaires. Dans certains départements ou régions, le problème de l'érosion n'est

cependant pas suffisamment pris en compte par les collectivités territoriales.

Une réflexion approfondie devrait être menée pour déterminer le référentiel spatial le mieux approprié en matière de protection littorale : commune, communauté de communes, autres... Il convient en effet de souligner l'absence de concertation qui prévaut le plus souvent entre collectivités locales en matière de protection. Les schémas directeurs (en supposant qu'ils prennent en compte l'ensemble des paramètres environnementaux et socio-économiques) offrent à ce niveau un outil indispensable pour la maîtrise de l'aménagement et de la gestion du littoral.

La communication aux particuliers concernés par les mesures prises, la recherche de techniques de défense différentes, l'affichage plus clair du risque d'érosion, l'application d'une méthode permettant d'apprécier l'opportunité des actions de défense sont autant de compléments nécessaires pour donner un sens aux décisions de chacun des acteurs, État et collectivités notamment, et pour les faire accepter.

Dégagé du subventionnement d'opérations isolées et ponctuelles, l'État peut et doit jouer un rôle déterminant dans la connaissance de l'évolution du trait de côte d'une part et la définition des actions de prévention d'autre part.

L'engagement des actions ainsi définies serait facilité par la mise en place de contrats de plan entre l'État et la Région concernée.

Annexe 8

Un exemple de protection du trait de côte - L'aber de Crozon (Finistère Sud)

Caractéristiques	Zone humide littorale endiguée artificiellement à deux reprises : une première fois au XIX ^e siècle à 1 km du rivage et plus récemment (en 1956) en prolongement de la flèche sableuse naturelle (projets immobilier et aquacole). Le Conservatoire national du Littoral a procédé en 1982 à l'enlèvement de la digue la plus récente pour remettre en eau les marais (ré-estuarisation).
Intérêts majeurs, utilisations du site	Création d'une zone de frayère (rare au plan régional) par remise en fonctionnement naturel d'une zone humide. Cordon littoral soumis à une forte fréquentation pendant la période estivale.
Nature et ampleur de l'érosion	Érosion (éolienne, marine et anthropique). La vitesse d'érosion est comprise, localement, entre 0,5 et 1 m/an.
Connaissance des processus érosifs de la vulnérabilité	L'érosion peut avoir été accélérée, au moins en partie, par les travaux de ré-estuarisation réalisés par le Conservatoire. L'évolution du site est actuellement suivie par l'Université.
Contexte socio-économique	Les travaux de suppression de la digue réalisés par le Conservatoire se sont heurtés à de fortes réticences locales : une érosion importante du cordon les années qui ont suivi ces travaux a conforté les oppositions (liées également à la moindre accessibilité de la plage).
Choix stratégique	Provoquer les entrées d'eaux marines : recul localisé du trait de côte.

Synthèse

Ce cas est totalement atypique :

- le Conservatoire ne se contente pas d'accepter le recul du trait de côte, il le favorise (et par la même occasion il perd de sa propre volonté une partie de son territoire qui redevient domaine public maritime) ;
- le Conservatoire ne répond pas à une demande locale mais, au contraire, les acteurs locaux s'opposent à sa décision.

Le devenir du cordon dunaire apparaît négligeable au regard de celui de la zone humide. Plusieurs enjeux apparaissent : augmenter la biodiversité (locale), reconstituer une zone de frayère pour les poissons (dans une région où celles-ci sont rares), rétablir un paysage « naturel ». Même si l'aspect expérimental est fortement mis en avant, la prise de risque est importante au moment de la décision. Ce pari semble aujourd'hui gagné.

Références bibliographiques

- Andral B., 1996. Données sur le comportement et les effets des produits phytosanitaires dans l'environnement. Rapport interne Ifremer.
- Anonyme, 1995. Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Loire, 45 p.
- Anonyme, 1996. Cahier géographique littoral et espaces côtiers. Comité de bassin Adour-Garonne, 120 p.
- Agence de l'eau Adour-Garonne-Ifremer, 1994. Livre blanc estuaire de la Gironde, 115 p.
- Belin C., Raffin B., à paraître. Réphy, le réseau de surveillance du phytoplancton et des phyco-toxines. Les espèces phytoplanktoniques toxiques et nuisibles sur le littoral français de 1984 à 1995.
- Belsher T., Cabioch J., L'Hardy-Halos M.-T., Castic-Fey A., Le Roux A., 1996. Effets des introductions d'espèces : les algues macrophytes. In: Biocénoses marines et littorales des côtes françaises. Ed. MNHN, Paris : sous presse.
- Burgeot T. et al., 1994. Induction of Erod activity in red mullet (*Mullus barbatus*) along the French Mediterranean coasts. The Science of the Total Environment, 142, 213-220.
- Cadour G., 1995. Contrat de baie rade de Brest : synthèse bibliographique concernant 28 pesticides.
- CEE, Ifremer, Région Bretagne, 1993. Cartographie des zones sensibles à l'eutrophisation. Cas des côtes bretonnes.
- Ceva, 1993. Marées vertes : les traitements curatifs.
- Comité de bassin Adour-Garonne, 1996. Cahier géographique, littoral et espaces côtiers.
- Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, 1994. Les zones humides. Rapport d'évaluation.
- Conseil international pour l'exploration de la mer, 1993. Draft report of the working group on ecosystem effects of fishing activities.
- Conseil scientifique régional de l'environnement. Région Bretagne, 1995. Pour une meilleure efficacité des études d'impact en Bretagne : un cahier de recommandations en 16 propositions.
- Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, 1994. Les ateliers du Conservatoire du littoral, paysage littoral, développer, révéler, fixer.
- Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, 1995. Atlas des espaces naturels du littoral.
- Datar, 1993. L'aménagement du littoral. La documentation française.
- Direction régionale de l'environnement - Pays de Loire, 1995. Projet : Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Loire.
- Galgani F. et al., 1995. Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the Bay of Biscay and in Seine Bay. Marine Pollution Bulletin, 30 (1), 58-62.
- Garreau P., 1993. Conditions hydrodynamiques sur la côte Nord-Bretagne. Rapport Ifremer.
- Guillaud J.-F., Romaña A., 1992. Les rejets urbains en mer. Analysis Magazine, 20 (6), 34-37.
- Ifen - Les données de l'environnement.
- Ifremer, 1980. Les gisements de maërl en Bretagne.
- Ifremer, 1990. « Équinoxe » environnement littoral 1.
- Ifremer, 1993. Qualité du milieu marin littoral.
- Ifremer, 1994. « Équinoxe » environnement littoral 2.
- Informations techniques des services vétérinaires, 1985. Qualité de l'environnement et productions animales n°s 108 - 111.
- Lassus P., 1988. Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes. Publication Ifremer, 97 p.
- Loubersac L., 1982. Pollution du littoral français par les macrodéchets. vol. 1 : Méthodologie - État de référence, 95 p. Cnexo/ELGMM & Min. Environnement.
- LCHF, 1987. Catalogue sédimentologique des côtes françaises : côtes de la Manche et de l'Atlantique de la baie du Mont-Saint-Michel à la frontière espagnole.
- Manaud et al., 1993. Aquaculture en marais et lagunes. « Équinoxe » n° 42.

- Marchand J., Goinard M., Sauriau P.G., 1995. Rapport de synthèse de l'Apeel - 1984-1996, vol. 3, Ressources vivantes, 67 p.
- Mauvais J.-L., 1991. Les ports de plaisance - Impacts sur le littoral, 165 p.
- Mauvais J.-L., 1993. Connaissance et maîtrise des pollutions en zone littorale. Communication présentée à l'Anel, 27 mai 1993.
- Menesguen A., Salomon J.-C., 1988. Eutrophication modelling as a tool for fighting against *Ulva* coastal blooms. In Computer Modelling. In: Ocean Engineering, Schrefler and Zienkiewicz (eds.) Balkema.
- Merceron M., 1987. Mortalités de poissons en baie de Vilaine (juillet 1982). Rapport Ifremer-Dero-87-14.E.L., 100 p.
- Ministère de l'Environnement - Ifremer, 1991. RNO - Surveillance du milieu marin.
- Ministère de l'Environnement - Ifremer, 1994. RNO - Surveillance du milieu marin.
- Ministère de l'Environnement - Ifremer, 1995. RNO - Surveillance du milieu marin.
- Ministère de l'Environnement, 1995. Atlas de l'environnement de la France.
- Paskoff R., 1995. Les littoraux - Impact des aménagements sur leur évolution. Masson (éd.).
- Piriou J.-Y., Menesguen A., 1991. Marées vertes sur le littoral breton et critères d'évaluation de zones sensibles à l'eutrophisation. Colloque « Agronomie et environnement en Grand Ouest », Rennes, 14-17 novembre.
- Piriou J.-Y., Menesguen A., Salomon J.-C., 1989. Les marées vertes à ulves : conditions nécessaires, évolution et comparaison des sites. Symposium Esca, 19, Caen, septembre « Milieux estuariens et littoraux ».
- Préfecture de la région Aquitaine - Direction régionale de l'environnement, 1995. Plan de gestion des poissons migrateurs : bassin de Garonne/Dordogne - Charentes/Seudre - Bassin Adour : tomes 1, 2.

Réalisation, mise en page : XLC (02 98 30 50 07)

Achevé d'imprimer sur les presses de Cloître Imprimeurs

ISSN 1279-8339

ISBN 2-905434-98-8 / Dépôt légal 1^{er} trimestre 1999

© 1999, Ifremer. Tous droits de reproduction, même partielle, par quelque procédé que ce soit, sont réservés pour tous pays.