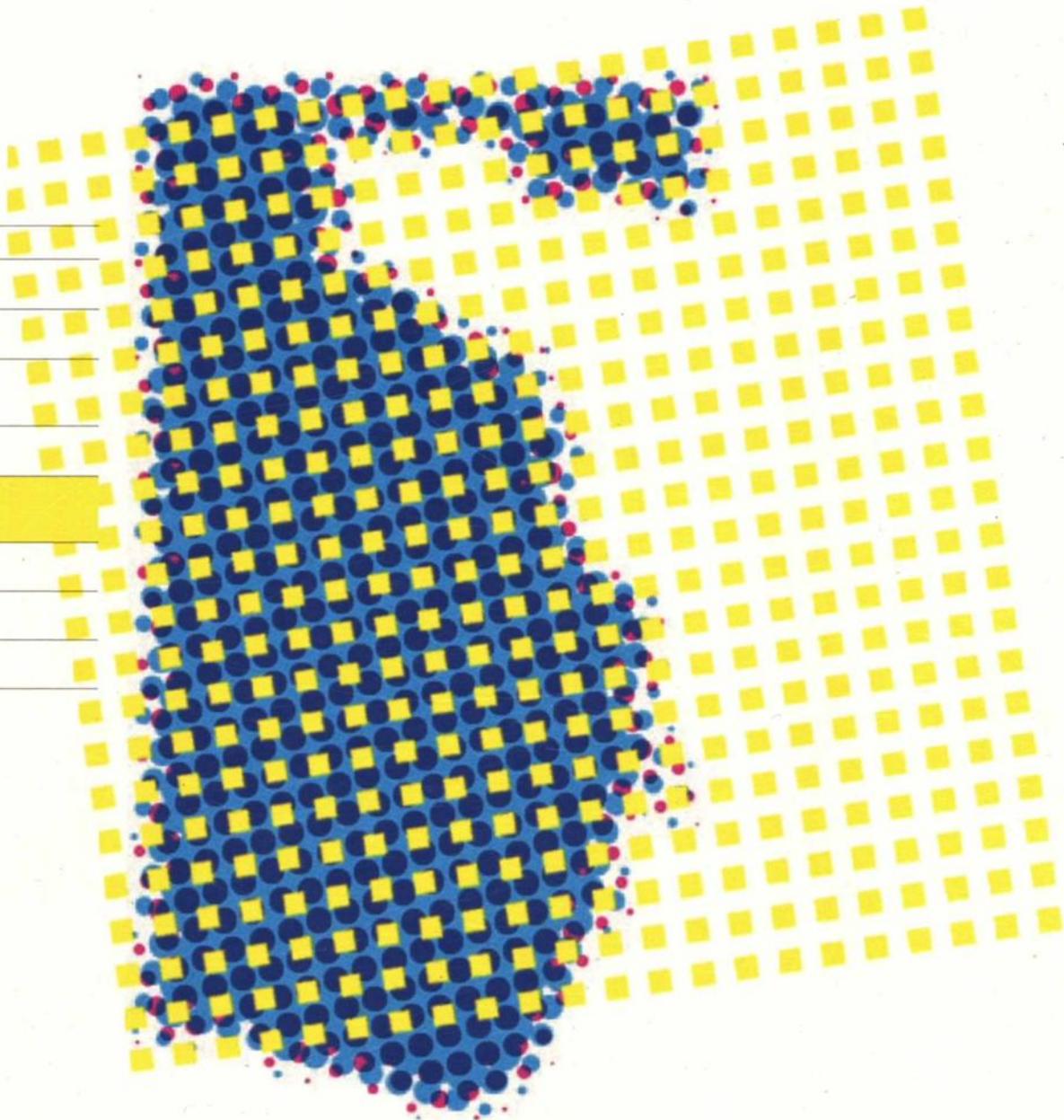


# État de l'environnement sur la façade atlantique

Coordinateurs  
Jean-Louis Mauvais  
Roger Goarnisson

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



bilans & prospectives



Ifremer



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

Coordinateurs :  
Jean-Louis Mauvais, Roger Goarnisson

Ce rapport est le résultat d'un travail collectif réalisé dans le cadre du « groupe de prospective maritime et littorale de la façade atlantique », sous-groupe 7 « milieux maritimes-usages et qualités des eaux et des fonds ».

Les animateurs étaient Jean-Louis Mauvais et Roger Goarnisson.

Le document date de 1996-1997.

Le résumé ainsi que la synthèse, *Quel avenir pour la façade atlantique - Juin 1997*, ont été réalisés à partir des travaux des sous-groupes. Ce travail n'a pas été validé par quelque instance que ce soit. Il n'engage donc que les membres du groupe.

*Membres du sous-groupe 7 : M. Brillet (Diren Bretagne), M. Casanova (port autonome Nantes), M. Dehillerin (agence de l'Eau Adour-Garonne), M. Fayol (Direc Pays de Loire), M. Goarnisson (DDE Côtes-d'Armor), M<sup>me</sup> Marchand (université Nantes), M. Marzin (Ddass Vendée), M. Mauvais (Ifremer Brest), M. Piriou (agence de l'Eau Loire-Bretagne).*

# Sommaire

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

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

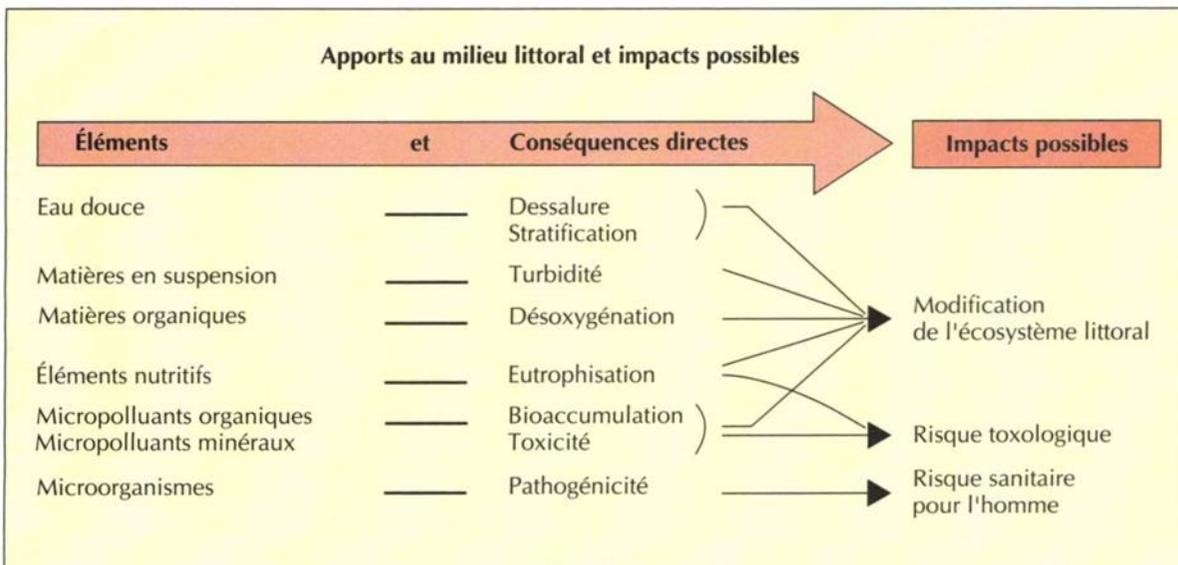
### Éléments nutritifs

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 égale-

ment 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 Douarnez, 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 particulaire 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 fatalement 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 conchylicoles 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 toxique.

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-

persive. 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.

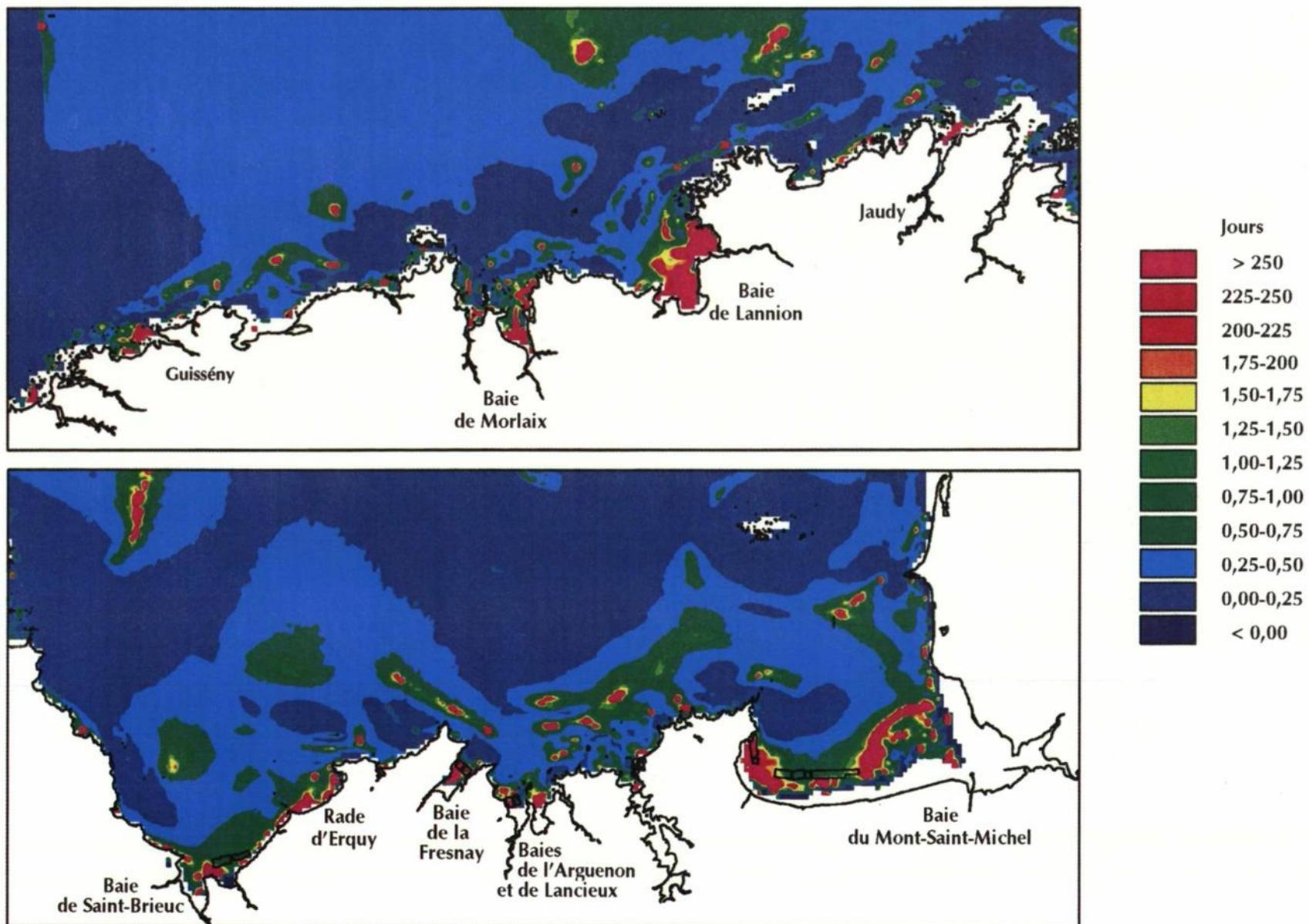
La nature géologique du bassin versant a également son importance : des flux importants de nitrates en fin d'automne-début d'hiver n'auront pas de répercussion sensible sur le milieu marin dans le cas de bassins versants imperméables. Par contre, sur les bassins versants perméables, les flux seront restitués 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).

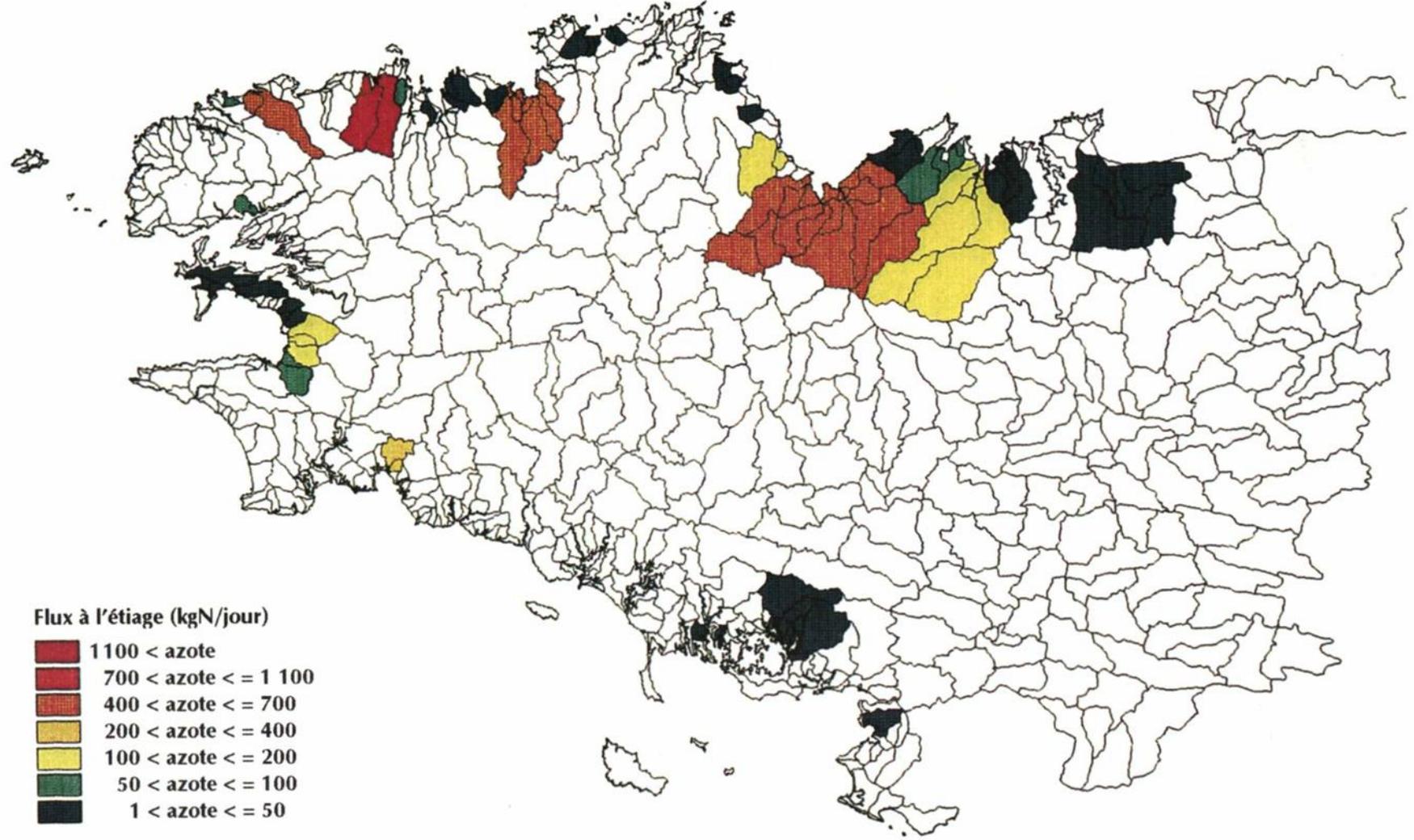
C'est la raison essentielle pour laquelle les normes de milieu sont très difficiles à élaborer pour la mer. Il faut aussi tenir compte du « territoire concerné », en d'autres termes, de l'échelle à laquelle il faut agir pour améliorer la situation d'un paramètre donné dans une zone côtière.

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  $\Delta x = 500$  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 Dire 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 accidentelles 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	<b>151</b>	56	28	<b>84</b>
Aquitaine	109	44	<b>153</b>	69	28	<b>97</b>
Auvergne	32	57	<b>88</b>	20	30	<b>49</b>
Bourgogne	58	33	<b>91</b>	27	17	<b>45</b>
Bretagne	90	160	<b>250</b>	35	125	<b>160</b>
Centre	108	20	<b>128</b>	45	13	<b>58</b>
Champagne-Ardenne	126	23	<b>148</b>	59	12	<b>71</b>
Corse	24	98	<b>122</b>	6	54	<b>60</b>
Franche-Comté	46	48	<b>94</b>	28	24	<b>53</b>
Île-de-France	139	7	<b>145</b>	61	5	<b>66</b>
Languedoc-Roussillon	50	20	<b>70</b>	46	11	<b>58</b>
Limousin	20	66	<b>86</b>	18	35	<b>53</b>
Lorraine	103	44	<b>148</b>	41	23	<b>64</b>
Midi-Pyrénées	64	45	<b>109</b>	38	27	<b>64</b>
Nord - Pas-de-Calais	106	55	<b>161</b>	42	33	<b>74</b>
Basse-Normandie	59	69	<b>128</b>	25	36	<b>61</b>
Haute-Normandie	83	50	<b>132</b>	51	28	<b>78</b>
Pays de la Loire	73	76	<b>150</b>	28	48	<b>76</b>
Picardie	134	27	<b>161</b>	52	16	<b>68</b>
Poitou-Charentes	100	39	<b>139</b>	50	25	<b>76</b>
Provence - Alpes - Côte d'Azur	48	27	<b>75</b>	37	17	<b>54</b>
Rhône-Alpes	55	62	<b>118</b>	31	44	<b>75</b>

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 industrialo-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<sup>2</sup>), celui de la Gironde (Garonne et Dordogne) 81 000 km<sup>2</sup>.

Leurs débits moyens sont proches : 974 m<sup>3</sup>/s pour la Garonne et la Dordogne et 890 m<sup>3</sup>/s pour la Loire. Les débits de crue peuvent atteindre 6 000 m<sup>3</sup>/s en Loire, 5 000 à 7 200 m<sup>3</sup>/s en Garonne et 2 720 m<sup>3</sup>/s en Dordogne. Les débits d'étiage les plus sévères ne sont pas inférieurs à 180 m<sup>3</sup>/s en Garonne et Dordogne et à 100 m<sup>3</sup>/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 : 4-5 m en Gironde et 6 m en Loire jusqu'à Nantes, ce qui permet la remontée de navires avec des tirants d'eau de 10-11 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<sup>2</sup> pour la Gironde (le plus vaste estuaire d'Europe) et 140 km<sup>2</sup> 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 estuarien 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.