

DOUARD Anne-Sophie
MST IMACOF

ETUDE DES PARAMETRES INFLUENCANT LA DIVERSITE PISCICOLE DANS LES ESTUAIRES



Estuaire de la Rance (Source : rennaisairclub.free.fr/)

Tuteur : Mr LOBRY Jérémy

Mai 2003

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Messieurs Eric ROCHARD et Pierre ELIE du Cémagref de Bordeaux et plus particulièrement Monsieur Jérémy LOBRY de l'unité des Ressources Aquatiques Continentales, pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Je remercie également Madame Jeanine PERSON-LE RUYET de l'Ifremer de Brest pour son apport d'informations.

Sommaire

Résumés	3
Introduction	4
1] Les espèces piscicoles rencontrées	4
1.1. Les types d'écologie	4
1.2. Proportion des différentes écologies dans différents estuaires	9
2] Les paramètres physiques influençant la diversité piscicole	9
2.1. Forme et surface	9
2.2. La température	13
2.3. La turbidité	16
2.4. La profondeur	19
2.5. Les habitats	20
3] Les paramètres chimiques influençant la diversité piscicole	23
3.1. L'oxygène dissous	23
3.2. La salinité	24
4] Ecotoxicologie	29
4.1. Le cycle des polluants	30
4.2. La bioaccumulation	30
4.3. La réaction de l'organisme aux polluants	32
4.4. Les métaux lourds	32
4.5. Les contaminants organiques	34
5] Discussions	37
Conclusion	38

Introduction

Fairbridge définissait l'estuaire en 1980 comme étant un bras de mer pénétrant une vallée fluviale jusqu'à la limite amont de propagation de la marée. Habituellement, il est divisible en trois secteurs : un bas estuaire ou estuaire marin, un estuaire moyen sujet à d'importants mélanges entre eaux douces et eaux salées, et enfin, un haut estuaire ou estuaire fluvial, caractérisé par de l'eau douce mais des actions quotidiennes de la marée. Les limites entre ces trois secteurs sont variables et sujettes aux variations du débit fluvial et de l'amplitude des marées. Le bas estuaire et l'estuaire médian sont fréquemment regroupés sous le terme d'estuaire « proprement dit ». Dans ce contexte de bouleversement naturel permanent et de forte pression anthropique, les organismes subissent de nombreux stress (BURGEOT, 1999). Pourtant de nombreuses espèces de poissons transitent ou vivent dans les estuaires. Mais seules les espèces capables de s'adapter aux changements physico-chimiques permanents survivent. Donc, plus le stress subi par les organismes sera fort, moins la diversité piscicole sera élevée.

1] Les espèces piscicoles rencontrées

Les estuaires regorgent d'une grande diversité piscicole, mais celle-ci leur est spécifique. Dans l'exposé, on prendra comme exemple quelques estuaires du monde, tout en sachant que cela n'est pas forcément extrapolable aux autres.

1.1. Les types d'écologie (GASCUEL, 1987, MAGNAN, 1999, LOBRY, MOURAND, ROCHARD et al, sous presse)

On retrouve toujours trois grands types d'écologies, mais comme d'un estuaire à l'autre les espèces varient, pour les illustrer nos propos, nous prendrons comme exemples, les poissons les plus représentés dans l'estuaire de la Gironde.

1.1.1. Les espèces endémiques

Les espèces endémiques sont des espèces pouvant accomplir la totalité de leur cycle en estuaire. C'est le cas du gobie (*Pomatoschistus minutus*) et du flet (*Platichthys flesus*). En réalité, le flet est un poisson qui se reproduit en mer et qui réalise sa croissance en eau douce, mais il est de plus en plus constaté que certaines populations résident dans les estuaires.

Tableau 1 : Carte d'identité du gobie

Carte d'identité du gobie	
Nom latin	<i>Pomatoschistus minutus</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Toute l'année
Intérêt de l'estuaire	Nourriture-Reproduction-Habitat
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat sableux
Distribution verticale	Benthique
Régime alimentaire en estuaire	Invertébrés
Reproduction	Oeufs benthiques en estuaire
Taille adulte	11 cm max



Photo 1 : Le gobie (Source : AGBAYNANI, ?)

Tableau 2 : Carte d'identité du flet

Carte d'identité du flet	
Nom latin	<i>Platichthys flesus</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Toute l'année
Intérêt de l'estuaire	Nourriture-Reproduction-Habitat
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat meuble
Distribution verticale	Benthique
Régime alimentaire en estuaire	Invertébrés et poissons
Reproduction	Oeufs pélagiques en mer
Taille et poids adulte	60 cm et 1,4 kg max



Photo 2 : Le flet (Source : AGBAYNANI, ?)

1.1.2. Les espèces amphihalines

Les espèces amphihalines sont des espèces migrant deux fois au cours de leur cycle biologique entre la mer et l'eau douce. De part leur migration obligatoire, ces espèces sont plus sensibles aux aménagements anthropiques des cours d'eau.

Il y a deux types de migrateurs, les thalassotoques qui sont des poissons se reproduisant en mer et vivant en rivière. Ils passent donc dans les estuaires de façon relativement brève. Les anguilles (*Anguilla anguilla*) en font partie.

Note : Certaines espèces ne retournent pas en rivière et restent en estuaire.

Tableau 3 : Carte d'identité de l'anguille

Carte d'identité de l'anguille	
Nom latin	<i>Anguilla anguilla</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Lors de sa migration ; Montaison: Septembre à Mai, Avalaison: Novembre à Janvier
Intérêt de l'estuaire	Zone de transit
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat meuble
Distribution verticale	Benthique
Régime alimentaire en estuaire	Carnivore
Reproduction	Oeufs benthiques en mer
Taille et poids adulte	2,20 met 2,5 kg max



Photo 3 : L'anguille (Source : AGBAYNANI, ?)

Les potamotoques sont des migrateurs également, mais qui se reproduisent en rivière puis viennent vivre en mer. Dans ce cas, nous prendrons comme exemple l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*).

Tableau 4 : Carte d'identité de l'esturgeon européen

Carte d'identité de l'esturgeon européen	
Nom latin	<i>Acipenser sturio</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Lors de sa migration ; Avalaison: Hiver, Montaison: Mars-Juin
Intérêt de l'estuaire	Zone de transit
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat vaseux
Distribution verticale	Démersal
Régime alimentaire en estuaire	Invertébrés et poissons
Reproduction	Oeufs benthiques en rivière
Taille et poids adulte	3,5 m et 150 kg max



Photo 4 : L'esturgeon européen
(Source : AGBAYNANI, ?)

1.1.3. Les espèces euryhalines

1.1.3.1. Les espèces d'origine marine

Les espèces euryhalines d'origine marine pénètrent dans l'estuaire durant certaines

écophases de leur cycle biologique et de façon plus ou moins importante selon les espèces. Le bar (*Dicentrarchus labrax*), par exemple, vient effectuer sa croissance en estuaire. Durant sa vie d'adulte, il peut arriver que certains individus reviennent en quête de nourriture.

Tableau 5 : Carte d'identité du bar commun

Carte d'identité du bar commun	
Nom latin	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Lors de sa migration juvénile
Intérêt de l'estuaire	Recherche de nourriture et protection
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat varié
Distribution verticale	Demersal
Régime alimentaire en estuaire	Invertébrés et poissons
Reproduction	Oeufs pelagiques en mer
Taille et poids adulte	1 m et 10 kg max



Photo 5 : Le bar commun (Source : AGBAYNANI, ?)

Le mulot (*Chelon labrosus*), vient dans l'estuaire tous les ans à la même saison, c'est un migrateur saisonnier.

Tableau 6 : Carte d'identité du mulot lippu

Carte d'identité du mulot lippu	
Nom latin	<i>Chelon labrosus</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Lors de leur migration saisonnière (Printemps-été)
Intérêt de l'estuaire	Recherche de Nourriture
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat dur végétalisé
Distribution verticale	Demersal
Régime alimentaire en estuaire	Carnivore
Reproduction	Oeufs pelagiques en mer
Taille et poids adulte	60 cm et 2 kg max



Photo 6 : Le mulot lippu (Source : AGBAYNANI, ?)

Enfin, il y a les poissons marins qui s'aventurent dans les estuaires de façon ponctuelle, pour rechercher de la nourriture et même parfois pour s'y reproduire. C'est le cas du maigre (*Argyrosomus regius*).

Tableau 7 : Carte d'identité du maigre

Carte d'identité du maigre

Nom latin	<i>Argyrosomus regius</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Ponctuellement
Intérêt de l'estuaire	Trophique
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat dur
Distribution verticale	Pélagique
Régime alimentaire en estuaire	Invertébrés et poissons
Reproduction	Oeufs pelagiques en mer
Taille et poids adulte	1,82 m et 10,3 kg max

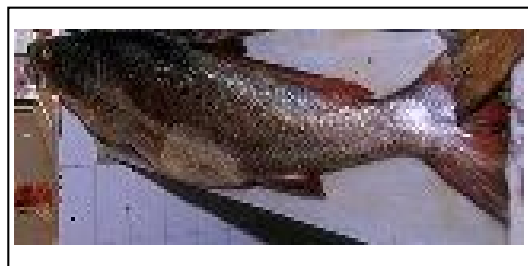


Photo 7 : Le maigre (Source : AGBAYNANI, ?)

1.1.3.2. Les espèces d'origine fluviale

Enfin, il y a des espèces euryhalines d'origine fluviale, représentant réciproquement la composante dulçaquicole de la faune estuarienne. Pour certaines, leur présence est due à un entraînement par le courant, pour d'autres c'est la recherche de meilleures conditions qui les guident (fort problème d'étiage dans leur cours d'eau, réchauffement de l'eau ou encore un manque de nourriture). C'est le cas du barbeau (*Barbus barbus*).

Tableau 8 : Carte d'identité du barbeau

Carte d'identité du barbeau

Nom latin	<i>Barbus barbus</i>
Date de rencontre dans l'estuaire	Ponctuellement surtout en été
Intérêt de l'estuaire	Lors de gros problèmes d'étiages, de température ou de nourriture
Habitat utilisé lors du passage dans l'estuaire	Substrat sableux et graviers fins
Distribution verticale	Démersal
Régime alimentaire en estuaire	Carnivore
Reproduction	Oeufs benthiques dans les rivières
Taille et poids adulte	1,2 m et 12 kg max



Photo 8 : Le barbeau (Source : AGBAYNANI)

1.2. Proportion des différentes écologies dans différents estuaires

Les estuaires sud-africains (Annexe 1) sont caractérisés par un grand nombre de poissons juvéniles marins qui entre dans ces zones quand ils mesurent 1 à 5 cm. Après une période de résidence allant de 1 à 3 ans, ils retournent à la mer (WHITFIELD, 1983). Pourtant, comme on peut le voir dans le tableau 9, les poissons juvéniles marins ne sont pas la composante principale des estuaires européens. De plus, même entre les estuaires européens et l'estuaire de la Gironde, on observe de fortes différences. Les trois grands types d'écologies sont donc bien représentés mais différemment d'un estuaire à l'autre.

Tableau 9 : Répartition des différentes écologies en Europe et en Gironde(Annexe 2), (Source :ELLIOTT, DEWAILLY, 1995 et LOBRY, MOURAND, ROCHARD et al, sous presse).

			Estuaires européens	Estuaire de la Gironde
Les espèces endémiques			14,75%	8%
Les espèces amphihalines	Thalassotoque		1,1%	2,66%
	Potamotoque		5,46%	12%
Les espèces euryhalines	Origine marine	Migration juvénile	11,48%	22,67%
		Migration saisonnière	5,46%	10,67%
		Passage ponctuel	44,81%	24%
	Origine fluviale		16,94%	20%

2] Paramètres physiques influençant la diversité

2.1. Forme et surface

2.1.1. Evolution d'un estuaire

Tous les estuaires subissent un comblement, mais à la différence d'un delta, ils subissent l'intrusion prédominante des eaux marines sur le débit fluvial. Les différentes étapes de comblement représentent les étapes d'une évolution que l'on peut décrire comme la maturation d'un estuaire. La vitesse de remplissage de chaque vallée varie largement et dépend de ce qui est charrié par la rivière et des conditions hydrodynamiques qui transportent les sédiments jusqu'à l'embouchure de l'estuaire (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

2.1.1.1. Charriage des rivières

Cela dépend évidemment de la taille du bassin versant, de la nature du sol et du sous sol, des précipitations (qui ont un rôle sur l'érosion et le transport) et de l'emplacement

géographique (en Asie, par exemple, lors des moussons les précipitations sont très fortes).

2.1.1.2. Les conditions hydrodynamiques

Les principaux éléments contrôlant le régime hydrodynamique des côtes du sud-est australien (Annexe 1) sont les précipitations, la houle et les courants océaniques et météorologiques. En effet, lors de tempêtes, sous l'influence de la houle, les sédiments sont déposés sur la plage, l'agrandissant ainsi et diminuant la surface en eau de l'estuaire. Au contraire, durant les périodes de pluies, le fort débit continental, tend à éroder ces plages, augmentant par la même la surface en eau de l'estuaire. Le sable érodé vient alors sédimenter à l'embouchure de l'estuaire. Le résultat à long terme est que le volume des plages change ce qui affecte le régime d'ouverture de l'embouchure de l'estuaire et donc les échanges marins (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

2.1.1.3. La marée (LAROUSSE, 2003)

C'est un mouvement oscillatoire du niveau de la mer, dû à l'attraction de la lune et du soleil sur la masse d'eau des océans. La marée montante se nomme flot ou flux et la marée descendante se nomme jusant ou reflux. La période de stagnation entre les deux marées est l'étalement. Les marées peuvent être à caractère diurne (toutes les 12 h), semi diurne (toutes les 6 h) ou mixte. Les marées sont caractérisées par des coefficients relatifs à leur marnage. Les coefficients les plus forts sont atteints durant les périodes des vives eaux (pleine lune et nouvelle lune), les plus bas sont atteints durant les périodes de mortes eaux (premier et dernier quartier de lune).

2.1.1.4. Le régime d'ouverture d'un estuaire (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001)

Cette subdivision est basée sur le régime d'ouverture des estuaires, ce qui détermine les échanges d'eau entre l'eau douce et la mer. Ce régime dépend de l'exposition à la houle et au vent, de la charge charriée par les rivières et des fluctuations climatiques.

Groupe 1 : Les baies

Ce groupe comprend les baies semi-fermées qui sont caractérisées par une majorité d'eau marine et une minorité d'eau douce. C'est plus une transition entre les « vrais estuaires » (groupes 2 à 5) et la côte océanique.

Groupe 2 : Les estuaires à dominante marine

Ils ont une large embouchure qui permet une influence de la marée similaire à celle d'une baie. Ils ont une forme canalisée au niveau de l'estuaire macrotidal. Cependant, cette catégorie inclue également les estuaires avec des zones microtidales où le débit fluvial est localement plus important que la marée. Les courants de marée qui régissent la circulation des eaux estuariennes constituent le principal agent de la mobilité des sédiments.

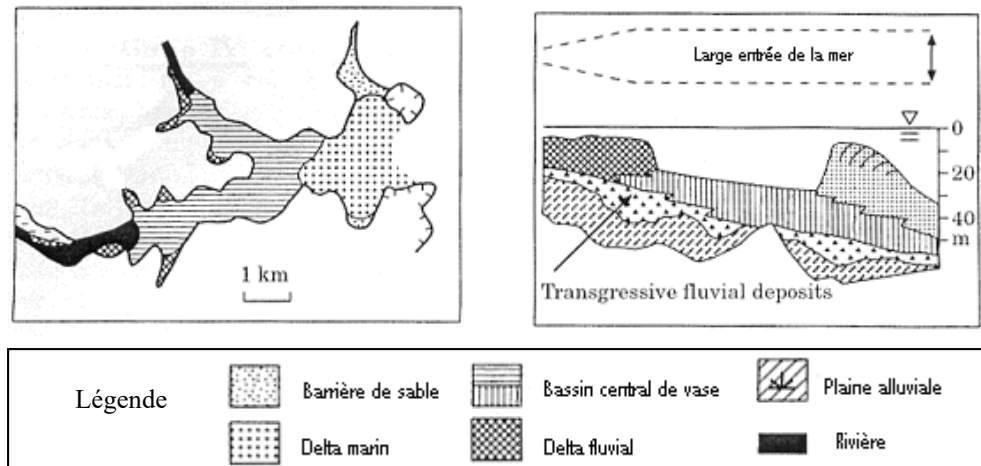


Figure 1 : Estuaire à dominante marine (Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

Groupe 3 : Les estuaires à dominante fluviale

L'entrée de la marée dans ce type d'estuaire est diminuée par le fait qu'au niveau de l'embouchure de l'estuaire, se trouve une barrière de sable sédimenté, lors d'évènements

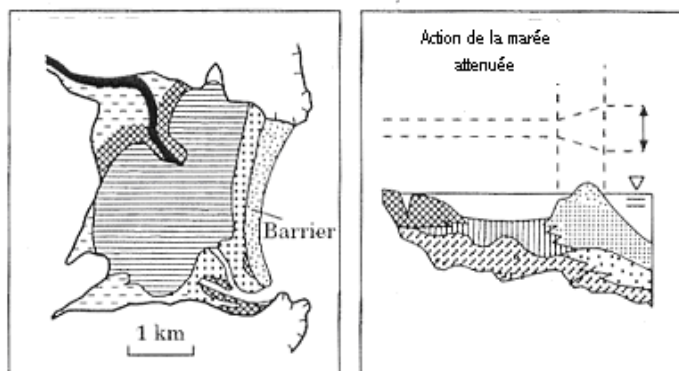


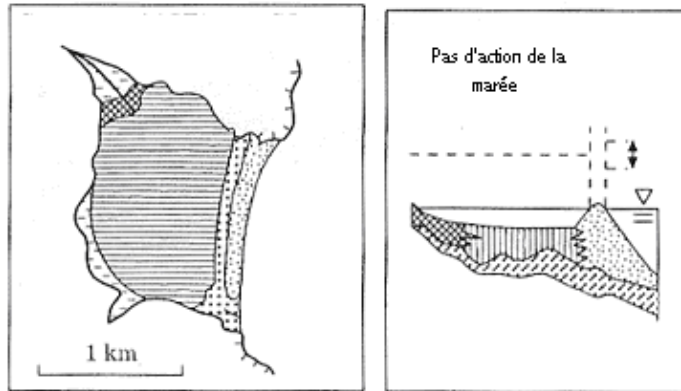
Figure 2 : Estuaire à dominante fluviale
(Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

pluvieux, par le fort débit de la rivière. De ce fait, la portée de la marée dans ce type d'estuaire est considérée comme inférieure au deux groupes précédents et les courants marins y sont négligeables. Les vagues induites par le vent dans ce type d'estuaire sont le principal mécanisme

de transport sédimentaire. Ces estuaires sont souvent associés à de larges rivières qui avec leur charge, tendent à contrebalancer le départ de sable de la plage vers l'embouchure ; ainsi la rivière avance dans l'estuaire. Ce type d'estuaire est souvent associé à des reliefs bas.

Groupe 4 : Les estuaires intermittents

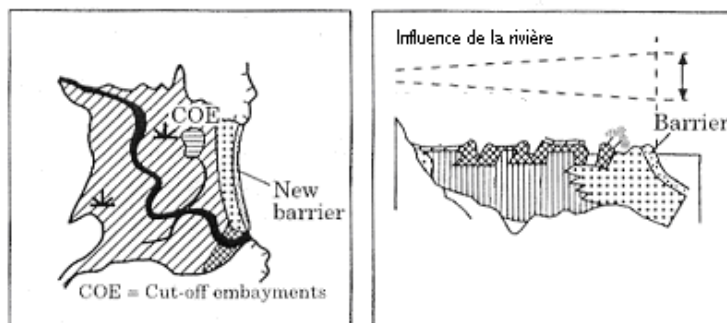
A cause de facteurs climatiques entre autres, ces estuaires se retrouvent isolés de la mer durant une période assez longue. Ils sont souvent la résultante de l'association d'un petit bassin versant et d'une rivière charriant peu de matériaux. En été, lorsque le niveau de la barrière de sable située à l'embouchure est supérieur au niveau de la mer, l'estuaire ne subit alors plus



l'action des marées. Après de fortes pluies, le niveau de l'eau dans l'estuaire remonte, permettant une recommunication eau de mer/eau douce. Ces estuaires ont généralement une superficie inférieure à 10 km².

Figure 3 : Estuaire intermittent
(Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

Groupe 5 : Les estuaires fermés



Ces estuaires sont petits et pratiquement toujours fermés, mais, il peut leur arriver d'avoir un lien occasionnel avec la mer.

Figure 4 : Estuaire fermé
(Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

Beaucoup de petits estuaires ont une faible diversité piscicole, cela est probablement lié au fait qu'ils soient fermés une partie de l'année. En effet, cette fermeture estivale, empêche le recrutement de certains juvéniles (WHITFIELD, 1983) et la venue des migrateurs dans l'estuaire.

2.1.1.5. Maturation d'un estuaire

Il existe quatre phases de maturité d'un estuaire, c'est-à-dire de comblement. Cela joue essentiellement sur la proportion des différents sédiments et donc la proportion des différents

habitats. Ces quatre phases sont dans l'ordre croissant de comblement ; les phases dites « jeune, intermédiaire, semi mature et mature » (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

On peut tout de même supposer que tous les estuaires ne subiront pas cette évolution à cause de conditions hydrodynamiques défavorables. C'est le cas des estuaires bretons (Annexe 1), par exemple, qui naturellement n'auront probablement jamais cette évolution. En effet, se sont des estuaires dits « à dominante marine », de plus, les marées ont un marnage important et le débit des cours d'eau est faible. A l'inverse, des estuaires dits « à dominante fluviale », avec un marnage faible et un fort débit suivront probablement cette évolution.

On peut noter également qu'en Europe, les estuaires sont régulièrement curés pour maintenir l'activité portuaire, ce qui empêche tout comblement.

Un maximum de richesse spécifique a été noté durant la phase semi mature d'un estuaire, ceci est à mettre en parallèle avec le fait que c'est à cette phase qu'il y a le plus grand nombre d'habitats (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

2.1.1.6. La taille de l'estuaire

Plus on avancera dans les niveaux de comblement de l'estuaire, plus sa surface en eau diminuera.

Or la taille, elle-même, semble jouer un rôle au niveau de la diversité, puisque en Afrique du sud (Annexe 1), par exemple, le large estuaire Knysna supporte 74 espèces alors que le petit estuaire Swartkops en supporte 42. Pour une bonne comparaison, ces deux estuaires ont été choisis car ils sont à la même latitude, ont la même diversité d'habitats et ils subissent l'influence de la mer toute l'année (ils ne sont jamais fermés) (WHITFIELD, 1983).

On peut donc supposer qu'en augmentant la taille d'un estuaire, il y a un plus grand nombre de micro habitats (zone de repos) et de domaines d'activités (zone d'alimentation et de protection), ce qui favorise la venue de nouvelles espèces. Dans ce cadre, il serait intéressant de comparer l'abondance de ces deux estuaires.

Il semble que les grands estuaires permettant les échanges avec la mer et de type semi mature sont ceux qui théoriquement ont la plus forte diversité piscicole.

2.2. La température

2.2.1. La position géographique de l'estuaire

2.2.1.1. La latitude

Il a été montré en Afrique du sud (Annexe 1), un déclin de la diversité de la côte est (le Natal) en passant par le Cape jusqu'à la côte ouest. Les raisons de ce déclin sont liées à l'atténuation de la distribution des espèces tropicales et subtropicales qui comprennent le plus gros volume de la faune piscicole sud-africaine. Si l'on compare la diversité d'un estuaire de la côte est (Kosi : 163 espèces) à celle d'un estuaire du Cap vert (Swartlvei : 45 espèces), l'influence de la latitude peut être clairement montrée puisque les autres paramètres sont identiques : eau claire et large variété d'habitats (WHITFIELD, 1983).

Or les espèces tropicales et sub-tropicales ne vivent que dans les eaux dites chaudes. Comme on peut le voir sur la figure 5, la répartition des températures varie du nord au sud et

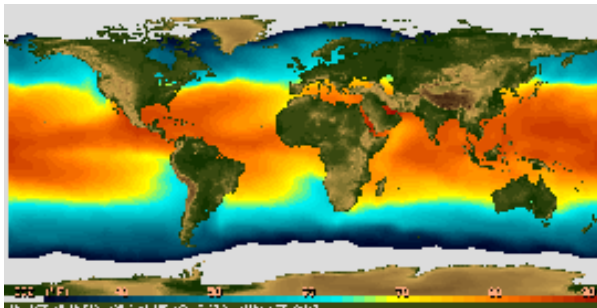


Figure 5 : Répartition des températures des océans
(Source : LE CALVE, 1999)

ce caractère zonal est du au fait que la température de surface est liée à l'ensoleillement, qui dépend fortement de la latitude (LE CALVE, 1999). Donc la principale raison qui fait que les espèces tropicales et subtropicales ne se retrouvent pas sur la côte ouest, est la température.

A plus petite échelle, en s'intéressant aux typologies de peuplement des estuaires européens (Annexe 3), on s'aperçoit que l'on peut les regrouper en trois (Méthode Bray Curtis : BC) ou quatre (Méthode Classification Ascendante Hiérarchique : CAH) grands groupes, et que dans les deux cas, ces groupes sont formés d'estuaires aux latitudes proches (LOBRY, MOURAND, ROCHARD et al, sous presse).

Pour résumer, la latitude contrôle les températures, qui contrôlent la distribution des poissons.

Par contre, la latitude ne joue pas de rôle dans la maturation des estuaires (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

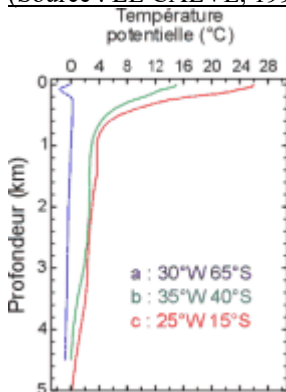
2.2.1.2. La longitude

La longitude a également un rôle dans la diversité spécifique et cela est appuyé par l'exemple suivant. Le long de la côte Atlantique, il y a moins d'espèces que le long de la côte indienne. Il y a 27 espèces occupant l'estuaire de Port St Johns (Annexe 1) comparé à seulement 12 dans un estuaire de latitude identique le long de la côte Atlantique (WHITFIELD,

1983). Cela est sûrement dû au fait que le long de certaines côtes est des océans, on peut observer localement des températures très faibles (Figure 5), dues à un phénomène de remontée d'eau froide provenant d'une profondeur de quelques centaines de mètres. Ce phénomène se nomme upwelling (LE CALVE, 1999).

2.2.2. La profondeur

Graphique 1 : Température en fonction de la profondeur
(Source : LE CALVE, 1999)



Comme nous le montre le graphique 1, la température diminue avec la profondeur. Cela s'explique par le fait que l'eau de surface est réchauffée par l'air plus chaud (en été du moins). Mais dans les estuaires, cela n'est pas toujours vrai. En effet, les eaux marines, plus chaudes que les eaux continentales en hiver et plus dense se retrouvent au fond, ainsi on peut supposer que la température de l'eau de l'estuaire est plus élevée au fond en hiver et vis versa l'été. Par exemple, le flet, en hiver, bien que toujours présent dans l'embouchure des fleuves, gagne les fonds marins d'une vingtaine de mètres de profondeur où les eaux sont plus chaudes que dans les fleuves (BURGEOT, 1999).

2.2.3. Conséquences d'une variation de température du milieu sur les poissons

2.2.3.1. Conséquences d'un réchauffement

Les éperlans (*Osmerus eperlanus*), qui sont des poissons d'eau froide, ont comme limite inférieure de répartition, l'estuaire de la Gironde. Or depuis 1979, une étude est menée sur les fluctuations de température de cet estuaire. Une augmentation de + 2°C a été remarquée certaines années et de façon concomitante avec cette hausse des températures, on note une diminution de la population d'éperlans, notamment adultes.

Ce réchauffement de l'eau agit sur les populations de deux façons. La première, c'est de façon directe ; la hausse de la température augmente la mortalité des éperlans entre le stade juvénile et adulte et provoque également un non-retour des géniteurs dans l'estuaire. La seconde, est indirecte, puisque cette hausse provoque un ralentissement de la croissance des juvéniles, donc un recul de l'âge de la première maturité sexuelle et au final, une diminution du nombre de géniteurs.

Ces problèmes sont d'autant plus visibles qu'il s'agit de populations vivant dans la zone de tolérance supérieure de leur niche thermique, où toute variation est d'autant plus fragilisante (PRONIER, ROCHARD, 1998).

2.2.3.2. Conséquences d'un refroidissement

Les poissons sont des animaux à température variable qui subissent immédiatement les effets du froid. Leur température interne, qui est déterminée par celle de l'eau, n'est plus suffisante si celle-ci est très froide ; elle ne leur permet plus, alors, une combustion interne. De plus, le temps nécessaire à un poisson pour digérer dépend de la température et de la nature de la nourriture (PREVOST, 2001). Ces problèmes physiologiques peuvent entraîner des décès dans les populations piscicoles ou la fuite vers des conditions plus favorables, ce qui diminue l'abondance et la diversité d'un estuaire.

Donc la température joue un rôle primordial sur la physiologie des poissons. On définit théoriquement une zone optimum, encadrée par deux zones de tolérance, le tout borné par deux zones létales (PRONIER, ROCHARD, 1998). Il existe donc des préférendums de températures liés à leur physiologie. L'existence ou non de ce préférendum dans l'estuaire détermine donc leur présence.

2.3. La turbidité

2.3.1. La provenance des matières en suspension

La turbidité est largement influencée par les apports du bassin versant que la rivière charrie jusqu'à l'estuaire. Ces apports sont liés aux pratiques agricoles, à la couverture végétale des sols et aux aménagements hydrauliques. La variabilité de ces apports d'une année sur l'autre, a des conséquences importantes sur les équilibres sédimentaires dans l'estuaire et sur l'écosystème estuarien (MAUVAIS, GUILLAUD, 1994).

2.3.2. Les variations de la turbidité en fonction du climat

Les faibles vitesses de courant constatées en période sèche, favorisent la précipitation des matériaux lors de l'étalement de marée. Cela se traduit par une faible turbidité dans l'estuaire. Les grandes vitesses de courant lors des saisons des pluies, conditionnent une forte érosion, un plus fort charriage et une plus grande mobilité des matériaux. Cela se traduit par une forte

turbidité. De tous les paramètres, la vitesse de ces courants est celle qui permet d'établir la meilleure corrélation avec la turbidité (CISSE, 1999).

Certains estuaires ayant d'habitude une eau claire, lorsque celle-ci se met à devenir turbide pendant la période des pluies, ne voit pas leur diversité piscicole diminuer. Cela est dû au fait que ces événements pluvieux sont courts. Dans les estuaires où il y a des précipitations durant une longue période sur le bassin versant et donc où la rivière charrie de grosses charges de MES, il y a un fort impact sur les populations piscicoles (WHITFIELD, 1983).

2.3.3. Le bouchon vaseux

2.3.3.1. Sa formation

Le bouchon vaseux résulte de la remise en suspension des particules argileuses par les courants de marées descendantes. Il est particulièrement important lors des marées de vives

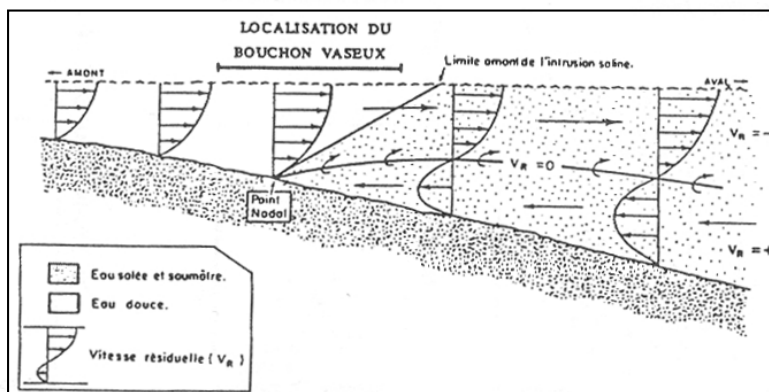
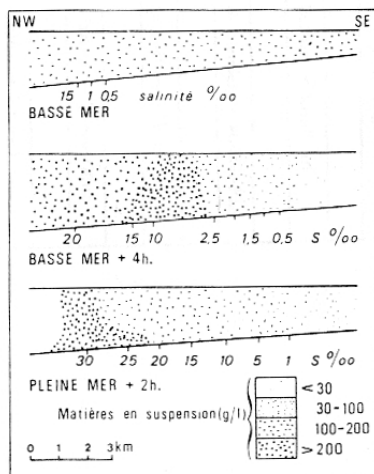


Figure 6 : Schéma interprétatif de la circulation résiduelle conduisant au développement du bouchon vaseux (Source : CHAMLEY, 1987)

eaux. Cela s'explique par le fait que comme l'eau marine est plus dense que l'eau douce (à cause de sa forte concentration en sel), au niveau de l'estuaire, cette eau marine aura tendance à plonger sous l'eau douce, raclant les matières fines sédimentées au fond.

2.3.3.2. Déplacement amont/aval du bouchon vaseux



Le bouchon vaseux, qui migre vers l'amont de l'estuaire au moment des pleines mers et vers l'aval lors du jusant, peut être expulsé à la faveur des marées de vives eaux et des crues fluviales, et nourrir ainsi la sédimentation marine (CHAMLEY, 1987).

Figure 7 : Déplacement des suspensions au cours d'un cycle de marée de vives eaux (Source : CHAMLEY, 1987).

2.3.4. Les inconvénients de la turbidité sur les poissons

Les estuaires ayant une turbidité relativement basse ont souvent une plus forte diversité spécifique que les estuaires turbides. Si l'on prend l'exemple de l'estuaire de Mngazana (Annexe 1) qui a une eau relativement claire, il possède 62 espèces alors que l'estuaire turbide de Bashee en possède moins de 10. Par contre si l'on regarde la diversité piscicole de l'estuaire de St Lucie, qui est un estuaire turbide, on dénombre 108 espèces mais cela s'explique par le fait que les conditions environnementales sont stables, proches de celles d'un lac (WHITFIELD, 1983).

Certains auteurs pensent que les eaux turbides d'un estuaire servent de protection aux juvéniles notamment contre les prédateurs à vue (MAES, 2000). Cela pourrait expliquer le fait que l'estuaire de la Gironde, qui est un estuaire turbide, est peuplé par 22,66 % de migrants juvéniles marins (Cf 1.2.).

2.3.4.1. Le colmatage du fond

Le piégeage des sédiments en suspension et leur précipitation apportent des modifications aux différents biotopes du site (CISSE, 1999). La turbidité des eaux, surtout à proximité du fond, provoque un colmatage des organes de la nutrition et de la respiration des macroinvertébrés benthiques, ce qui est la cause probable de leur quasi absence dans les estuaires turbides (MAUVAIS, GUILLAUD, 1994). Cette absence prive alors de nourriture les poissons consommateurs d'invertébrés benthiques, les forçant à chercher de meilleures conditions ailleurs. Mais ce n'est pas tout, le colmatage du fond diminue le nombre d'habitats d'un estuaire en rendant le fond entièrement vaseux. De plus, le colmatage prive d'oxygène les œufs des poissons benthiques qui pondent dans l'estuaire, provoquant de ce fait leur mort.

2.3.4.2. Diminution de la pénétration de la lumière

Certains estuaires n'ont pas de plantes submergées car la turbidité de l'eau empêche une bonne pénétration de la lumière et donc la photosynthèse (WHITFIELD, 1983). Il en est de même pour la production primaire qui est également limitée par la turbidité de l'eau (MAUVAIS, GUILLAUD, 1994). On peut donc supposer que ces estuaires auront une petite diversité spécifique au niveau des poissons se nourrissant de phytoplancton.

2.3.4.3. Repérer la nourriture dans une eau turbide

Pour détecter leur nourriture dans une eau turbide, certains poissons ont de longs barbillons autour de la bouche. Les autres utilisent l'odeur et leur ligne latérale pour détecter leurs proies.

La turbidité semble être un paramètre plutôt contraignant pour les poissons notamment pour la diminution de la réserve en nourriture et la difficulté de la localiser mais également pour la survie des oeufs. Pourtant elle semble jouer un rôle important dans la protection des juvéniles marins contre les prédateurs.

2.4. La profondeur

Les estuaires n'ont pas tous la même profondeur et même au sein d'un estuaire, il y a des alternances, zone profonde/zone peu profonde.

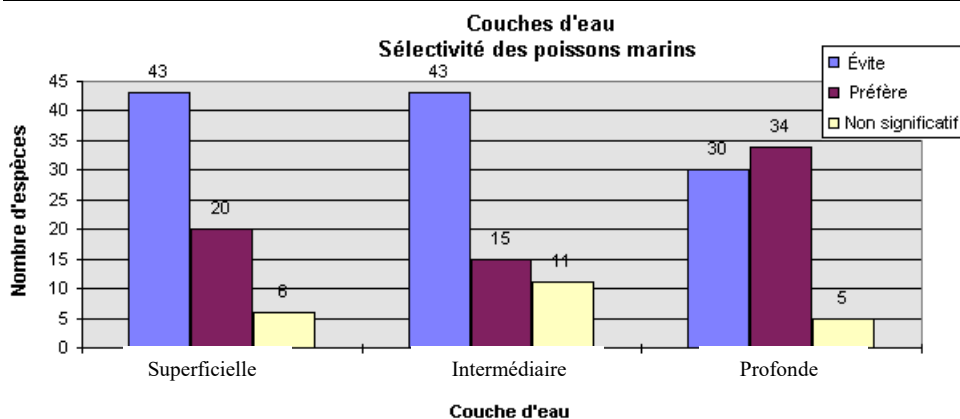
2.4.1. L'influence de la profondeur sur la température

Moins une couche d'eau est profonde, plus elle aura tendance à se réchauffer. C'est le cas des estuaires matures par exemple. Or les augmentations de température provoquent en estuaire un accroissement du métabolisme des organismes vivant dans le milieu et par là-même accélèrent certains processus consommateurs d'oxygène (photosynthèse, nitrification, dégradation de la matière organique, respiration) ; les élévations de température risquent donc d'accroître les déficits en oxygène dissous (MAUVAIS, GUILLAUD, 1994).

2.4.2. Répartition des poissons selon la profondeur

Comme on peut le remarquer sur le graphique 2, les poissons marins ont une forte préférence pour les couches profondes des estuaires et évitent largement les deux autres couches.

Graphique 2 : Répartition des poissons selon la couche d'eau (Source : LECLERC, CUSSON, ?)



Cela peut s'expliquer par le fait que comme l'eau marine plonge dans le fond de l'estuaire (Cf 2.3.3.1.), c'est à cet endroit qu'ils retrouvent la salinité la plus élevée et des températures proches de leur milieu naturel. On devrait alors retrouver une forte proportion de poissons benthiques marins.

Tableau 10 : Proportion des poissons benthiques chez les espèces euryhalines marines (Annexe 2)
 (Source : ELLIOTT, DEWAILLY, 1995 et LOBRY, MOURAND, ROCHARD et al, sous presse).

		Estuaires européens	Estuaire de la Gironde
Espèces euryhalines marines	Migration juvénile	41,47%	11,78%
	Migration saisonnière	40%	25%
	Passage anecdotique	28,57%	55,56%
TOTAL		38,90%	32,50%

La moyenne des poissons benthiques marins se situe donc autour de 35 %, les poissons pélagiques et démersaux se partageant le reste ; il n'y a pas de domination des espèces benthiques dans les estuaires.

Les poissons préfèrent, pour la plupart, la couche d'eau profonde des estuaires.

2.5. Les habitats

Les estuaires ayant de nombreux types de substrats et de plantes littorales ont une plus forte diversité que les estuaires ayant un substrat uniforme. 20 % des espèces de poissons de l'estuaire Kosi (Annexe 1) sont inféodées aux affleurements rocheux proches de l'embouchure et 60 % des espèces de l'estuaire Mngazana sont inféodées au herbiers de Zoosters (WHITFIELD, 1983). Cela prouve que certaines espèces ne peuvent vivre que sur un substrat et donc s'il n'est pas présent dans l'estuaire, l'espèce ne sera pas présente ; donc chaque substrat est important. Or tous les estuaires qui subissent le comblement de la zone en eau par les sédiments, voient leur profondeur et leur taille diminuer. En fait, leurs caractéristiques hydrologiques changent, ce qui a pour résultat de modifier les communautés biologiques (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

2.5.1. Les différentes zones d'un estuaire (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

Tous les estuaires possèdent quatre zones principales de dépôts sédimentaires dont la nature et le développement dépend de la taille, du type et de la maturité de l'estuaire. Dans certains estuaires, certaines zones peuvent être très réduites, voire absentes. Ces zones sont caractérisées par un substrat particulier, une région hydrologique et un cycle de nutriment propre ; ce qui constitue des habitats biologiques. Ces zones contrôlent la distribution des espèces, puisque associé à chacun de ces habitats, il y a un assemblage spécifique d'espèces.

Tableau 11 : Description des différentes zones estuariennes (Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001)

Principales zones de dépôts	Action dominante de la :	Substrats types	Salinité moyenne annuelle	Température moyenne annuelle (°C)
Delta marin	Mer	Sable, vase sableuse, rocher (végétalisés ou non)	30-35	5
Bassin central de vase	Marée	Vase, sable vaseux, vase sableuse et rocher végétalisé	20-30	7
Delta fluvial	Marée et rivière	Sable vaseux, vase sableuse et sable (végétalisés ou non)	20-10	10
Chenal	Rivière	Sable, gravier sableux et vase sableuse (tous non végétalisés)	< 10	10-15

Ces habitats sont vulnérables par rapports aux interventions humaines qui peuvent affecter la qualité de l'eau et des sédiments et causer des impacts sur l'écologie.

2.5.2. La proportion de ces zones selon la maturité de l'estuaire

Comme on peut le voir sur la figure 8, plus on avance dans la maturité de l'estuaire et plus les zones delta marin, chenal et bassin central régressent. Le bassin central de vase n'est même plus présent dans le stade mature de l'estuaire.

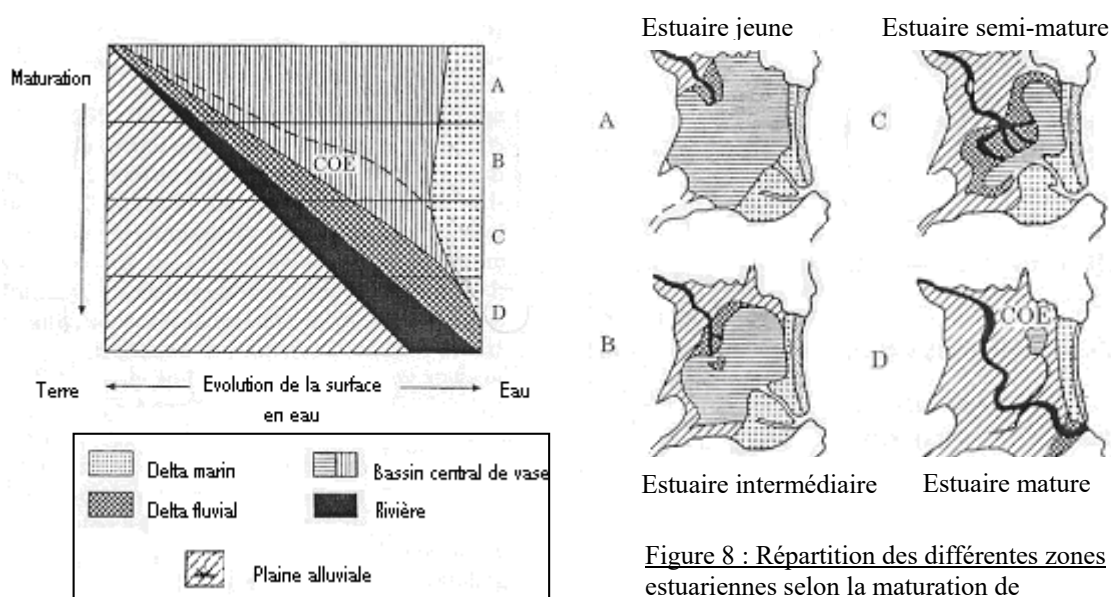
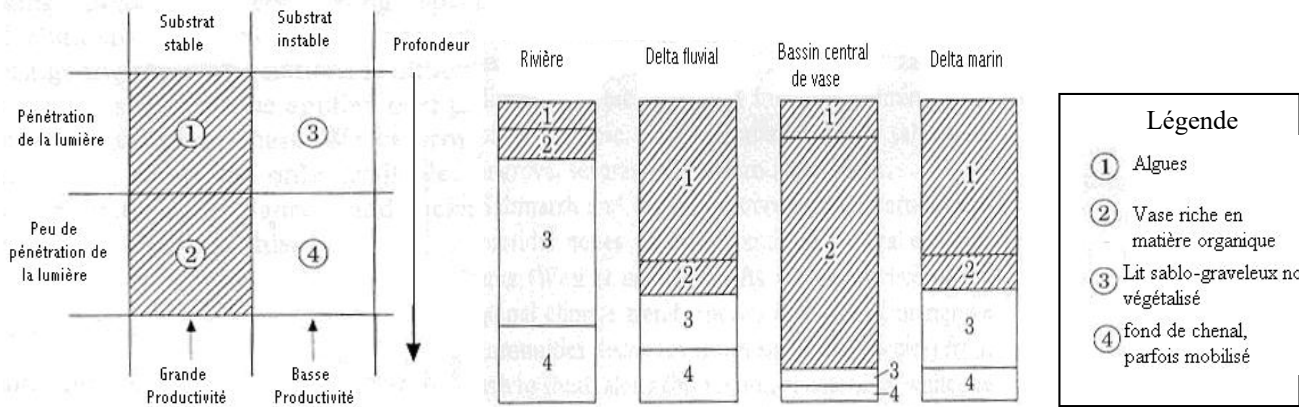


Figure 8 : Répartition des différentes zones estuariennes selon la maturation de l'estuaire (Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001)

2.5.3. La production primaire par zones

La production primaire, c'est-à-dire la production de cellules végétales est la base de la chaîne alimentaire. Ce qui signifie qu'un estuaire productif aura une forte potentialité en réserve de nourriture ; la nourriture étant un paramètre important dans la recherche d'un habitat.



Comme on peut l'observer sur la figure 9, la zone ayant la production primaire la plus élevée est le bassin central de vase, or c'est dû en grande partie à sa large zone de vase riche en matière organique. Donc, il semblerait que les trois autres zones, étant plutôt constituées par du sable et des graviers ont une potentialité de production inférieure. La zone la moins productive étant la rivière. La partie « algues » est également un siège important de la production. On peut donc penser que plus un estuaire est mature et que donc sa zone de bassin central de vase régresse, et moins il y aura de production primaire. Mais en fait, comme le delta marin, qui a une potentialité également élevée, augmente avec la maturation, on peut penser qu'il y a une compensation.

Le bassin central de vase qui est formé presque uniquement d'éléments fins (substrat 2), possède une faible diversité spécifique. A la différence, le delta fluvial et le delta marin, qui ont les quatre substrats représentés plus homogènement, ont une diversité plus importante (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

On peut donc supposer une répartition des poissons dans les différentes zones selon leur domaine d'activités (zone de repos et d'alimentation).

Les quatre substrats sont bien représentés dans les zones de delta fluvial et delta marin, ce qui favorise la diversité piscicole.

3 | Paramètres chimiques influençant la diversité

3.1. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous constitue l'un des paramètres les plus importants dans le diagnostic de la qualité d'une eau estuarienne car il conditionne la survie de bon nombre d'organismes. Or, comme il est dissous dans l'eau, celle-ci doit être continuellement renouvelée pour assurer un apport permanent, c'est notamment le cas lors des marées.

3.1.1. La DBO5

C'est l'unité de mesure de la pollution de l'eau définie par la quantité d'oxygène (mg/L) utilisée dans l'oxydation biochimique de la matière organique (végétale et animale) et de la matière inorganique (sulfures, sels ferreux, ...) durant 5 jours à 20°C dans un échantillon (Anonyme 1, 2002).

3.1.2. L'influence de la température sur l'oxygène dissous

La quantité en oxygène s'accroît quand la température baisse et diminue considérablement quand il fait très chaud (PREVOST, 2001).

3.1.3. L'influence de la salinité sur l'oxygène dissous

Les gaz dissous sont constitués à 64 % d'azote et 34 % d'oxygène. Ces concentrations diminuent lorsque la salinité augmente (LE CALVE, 1999).

3.1.4. L'influence de la turbidité sur l'oxygène dissous

Les rejets de matières fécales et urinaires (humains et animaux), de matières organiques (industries agroalimentaires) ou minérales réduites (autres industries) sont à l'origine des pollutions qui entraînent une réduction des teneurs en oxygène dissous. En effet, parvenus dans les réseaux hydrographiques de surface, ces rejets sont oxydés biologiquement et chimiquement, oxydation qui réclame de l'oxygène (COULAIS, ?).

3.1.4.1. Le bouchon vaseux

En estuaire macrotidal, les teneurs en oxygène dissous sont régies en grande partie par

la dynamique du système bouchon vaseux/crème de vase qui est en zone préférentielle d'accumulation et de dégradation de la matière organique particulaire (MAUVAIS, GUILLAUD, 1994). En se nourrissant des matières en suspension, les bactéries, notamment, consomment une grande partie de l'oxygène disponible dans l'eau.

La concentration en MES dans le bouchon vaseux est tellement dense que cette zone est rendue anoxique, empêchant ainsi toute vie piscicole. Cela est encore plus vrai durant l'été où les températures sont élevées. Mais les marées montantes, remettent en mouvement la masse d'eau, permettant une réoxygénation du milieu.

3.1.4.2. La sécheresse

Dans l'estuaire de la Gironde, on peut remarquer que les plus faibles valeurs en taux d'oxygène par rapport à la saturation sont atteintes durant les étiages. Cela est encore plus notable durant les années sèches où l'enrichissement en matière biodégradable est encore plus important (cela est dû à la diminution de l'apport en eau)

Ces consommations d'oxygène l'emportent souvent en été sur les sources d'oxygène (réaération, photosynthèse, apports par les eaux douces et marines) (MAUVAIS, GUILLAUD, 1994). Cela crée une raréfaction de l'oxygène dans les estuaires, ce qui entraîne des difficultés au niveau de la respiration des êtres vivants aquatiques (COULAIS, ?) et donc une fuite de l'estuaire ou des décès au niveau des populations.

Le teneur en oxygène dissous, qui est un paramètre indispensable à la survie des êtres vivants, diminue donc, lorsque la température, la salinité et la charge en MES augmentent.

3.2. La salinité

L'océan contient en moyenne 35 grammes de sel par kilogramme d'eau de mer, elle s'exprime sans unité (LE CALVE, 1999).

3.2.1. L'osmorégulation (GILLES, 2002)

Les problèmes générés par l'existence de gradients osmotiques et ioniques entre l'eau et le corps des poissons concernent essentiellement la régulation de pertes ou de gains d'eau et de pertes ou de gains de Na^+ et Cl^- . Les organes principaux d'osmorégulation sont les branchies chez les poissons téléostéens.

Les problèmes osmotiques et donc d'osmorégulation peuvent devenir plus complexes chez les espèces aquatiques amphihalines et euryhalines, qui peuvent soit changer de milieu comme certains poissons (les anguilles), soit supporter des modifications de la salinité de leur milieu extérieur (les gobies). Chez ces espèces, l'osmolarité du milieu extérieur peut varier très largement (entre l'eau douce et l'eau de mer et parfois l'eau de mer très concentrée par évaporation).

Le mélange des eaux marines et des eaux douces peut perturber le phénomène d'osmorégulation (BURGEOT, 1999).

3.2.1.1. Les espèces hypo-osmotiques

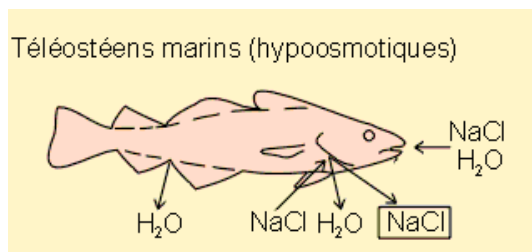


Figure 10 : Représentation des phénomènes liés à l'osmorégulation chez les téléostéens marins (Source : GILLES, 2002)

L'osmorégularité du sang de ces animaux, est largement inférieure à celle du milieu extérieur. L'eau allant naturellement vers le plus concentré, il faudra donc combattre une tendance permanente à la déshydratation. Certaines espèces boivent donc beaucoup; c'est le cas des téléostéens. Chez ces espèces, le sang est maintenu à une osmolarité inférieure à

celle du milieu extérieur lorsque cette dernière est élevée. Les urines sont peu abondantes pour ne pas aggraver la perte d'eau. Pour ne pas augmenter leur concentration en Na Cl lorsqu'ils boivent, il y aura une excrétion active (consommant de l'énergie) au niveau des branchies. Cela se nomme également régulation hypotonique.

3.2.1.2. Les espèces hyperosmotiques

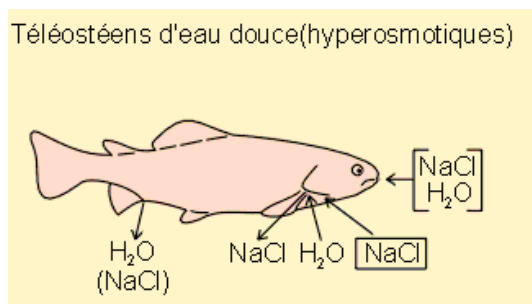


Figure 11 : Représentation des phénomènes liés à l'osmorégulation chez les téléostéens d'eau douce (Source : GILLES, 2002)

Les hyperosmorégulateurs comprennent toutes les espèces d'eau douce ainsi que la plupart des animaux euryhalins lorsqu'ils sont en milieu dilué. Chez eux, le sang peut être maintenu à une valeur supérieure à celle du milieu extérieur lorsque est cette dernière est basse. Les hyperosmotiques auront à faire à des gains d'eau et des pertes de NaCl. Pour équilibrer

leurs concentrations en Na Cl, les poissons vont devoir « pomper » activement des ions Na Cl grâce à leurs branchies.

3.2.1.3. Les espèces hyper-hypo-osmotiques

Ces espèces ont les problèmes des hyperosmorégulateurs en eau douce et ceux des hypoosmorégulateurs en eau de mer. Les solutions apportées sont celles déjà décrites, ainsi une anguille boira nettement moins en eau douce qu'en eau de mer. Elle produira par contre une urine plus abondante en milieu dilué qu'en milieu concentré. Les branchies seront impliquées soit dans une expulsion de Na Cl en eau de mer soit dans un pompage de Na Cl en eau douce.

3.2.2. La stratification amont-aval

Le maximum de salinité est atteint lors de l'étale de la marée haute ; il est d'autant plus élevé qu'on se situe à l'aval de l'estuaire. La transition entre les eaux marines (salinité de 35) et les eaux douces (salinité de 0) s'effectue graduellement sur une distance de plusieurs kilomètres. Il existe quatre zones de salinité croissante allant de l'amont de l'estuaire à l'aval. Tout d'abord, il y a la zone limnique où la salinité est comprise entre 0 et 0,5, puis la zone oligohaline avec une salinité comprise entre 0,5 et 5, la zone mésohaline (où la salinité oscille entre 6 et 18) et enfin la zone polyhaline (entre 19 et 30) (GASCUEL, 1987). En Gironde, ce gradient est longitudinal, car l'estuaire est de forme allongée, mais ce n'est pas toujours le cas.

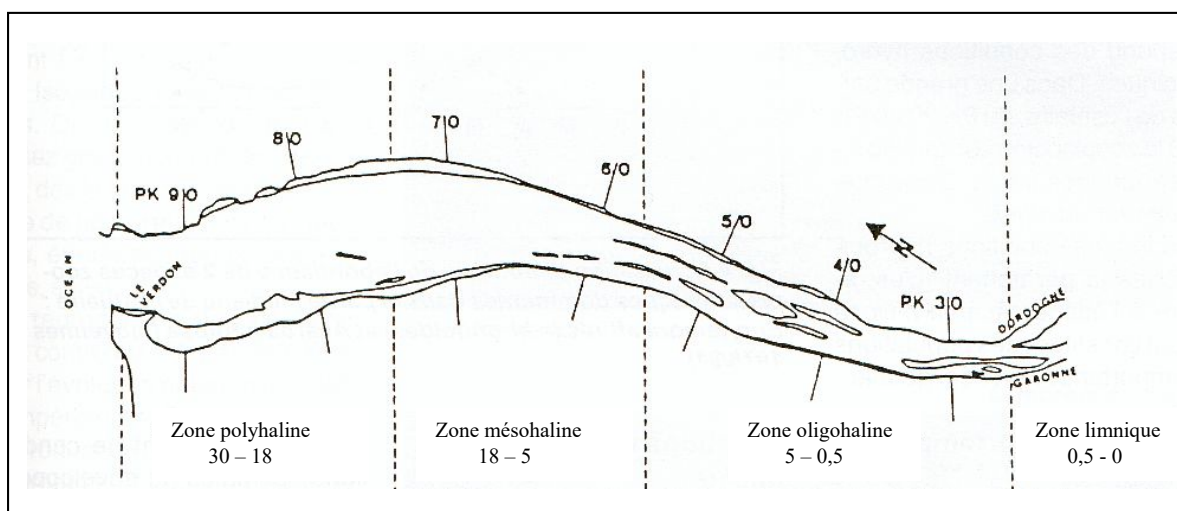
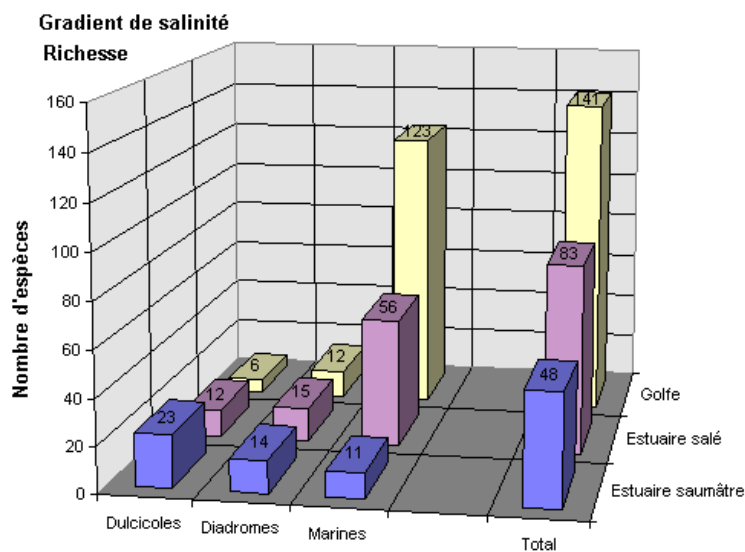


Figure 12 : Représentation des quatre zones salines de l'estuaire de la Gironde
(Source : MAUVAIS, GUILLAUD, 1994)

En comparant l'ichtyofaune de l'estuaire du Saint Laurent (Annexe 1), il est possible d'observer une augmentation de la richesse qui passe de 48 espèces dans l'estuaire saumâtre à

environ 83 espèces dans l'estuaire salé et jusqu'à 141 espèces dans le golfe. L'estuaire saumâtre est dominé par des espèces dulcicoles ou diadromes. Le nombre d'espèces dulcicoles diminue ensuite dans l'estuaire salé et dans le golfe, alors que le nombre d'espèces diadromes reste à peu près constant. Le nombre d'espèces marines augmente considérablement de l'estuaire saumâtre vers le golfe. A une échelle encore plus fine, dans l'estuaire saumâtre, l'augmentation de la salinité de surface s'accompagne d'une diminution de la composante dulcicole. La majorité des espèces dulcicoles ne se rencontre pas au-delà d'une salinité de 5.

Graphique 3 : Répartition des poissons selon leur écologie et la salinité (Source : LECLERC, CUSSON, ?)



Le nombre d'espèces diadromes est relativement constant dans le gradient de salinité. Enfin, seulement 14 espèces marines fréquentent régulièrement les eaux d'une salinité de 5 à 25, elles se retrouvent plutôt dans les eaux de salinité 15 à 25 (LECLERC, CUSSON, ?).

Dans les estuaires australiens, on retrouve également un maximum de diversité au niveau de l'embouchure où les salinités sont supérieures à 30 et un minimum au niveau des salinités comprises entre 5 et 8 (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

3.2.3. La stratification verticale

Lorsque les débits fluviaux sont faibles (printemps/été), il y a un front de salure bien marqué allant de pair avec une stratification verticale alors que lorsque les débits fluviaux sont importants (automne/hiver), la zone de mélange est alors étendue, il n'y pas vraiment de front de salure. (GASCUEL, 1987).

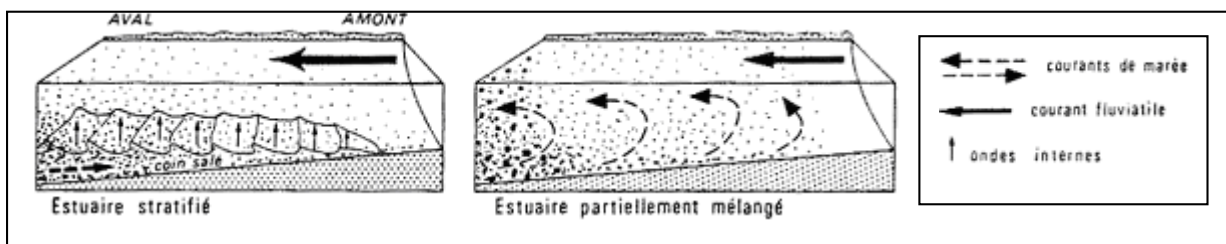


Figure 13 : Représentation de la stratification saline de l'estuaire (Source : CHAMLEY, 1987)

Dans le chapitre 2.4.2., nous n'avons pas réellement réussi à mettre en avant que les poissons marins étaient surtout benthiques mais nous n'avons pas pris en compte les saisons et au vue de cette figure, il serait intéressant de le faire.

3.2.4. L'action du climat et de la marée sur la salinité

Le premier facteur qui détermine la salinité est le bilan évaporation/précipitation qui est moins zonal que l'ensoleillement (forte influence des climats continentaux). Ainsi, les effets de la très forte évaporation au niveau des anticyclones subtropicaux (comme l'anticyclone des Açores) apparaissent nettement dans la distribution de salinité de surface ; qui sera alors plus élevée. Inversement, les précipitations abondantes de la région équatoriale font que la salinité est plus faible au voisinage de l'équateur. D'autres phénomènes ont des effets visibles sur la diminution de la salinité en estuaire, comme l'apport des grands fleuves, en particulier dans l'océan Atlantique, qui reçoit les eaux des plus grands fleuves de la planète (Amazone, Niger, Congo) (LE CALVE, 1999).

Le second facteur qui détermine la salinité est l'avancée de la marée. On peut donc supposer que plus la marée aura un marnage important et plus le front de salinité s'avancera dans l'estuaire.

Donc l'estuaire devrait avoir la salinité la plus élevée lors de marée à fort coefficient, avec une évaporation importante et peu de précipitations.

3.2.5. La variation de salinité selon le type d'estuaire (Cf 2.1.1.4.) (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

Suivant son régime d'ouverture, un estuaire n'aura pas la même salinité. Les estuaires dits « baies » et « à dominante marine » auront une salinité graduelle. Les estuaires « à dominante fluviale » auront probablement une salinité maximale moins importante que les deux groupes précédents. Les estuaires « intermittents » auront une salinité hautement variable suivant la saison. De plus, comme la salinité y est homogène, les espèces autres que euryhalines qui habituellement se répartissent selon un gradient de salinité, ne supportent pas la concentration unique de l'estuaire. Enfin, les estuaires « fermés », seront légèrement saumâtres, notamment lors de fermeture estivale où la forte évaporation aura pour effet d'augmenter la concentration saline.

Les estuaires « à dominante marine » ont les plus fortes abondances et diversités car ils possèdent de larges zones avec une salinité élevée. Cela est dû principalement à la présence des

migrateurs en transit et au recrutement des juvéniles marins. Cette diversité et cette abondance diminuent plus on va vers un estuaire dit « fermé ».

3.2.6. La variation de la salinité selon la zone estuarienne (ROY, WILLIAMS, JONES, 2001).

La diversité spécifique dans le chenal de la rivière est basse à cause de la basse salinité. Au contraire, le delta marin avec sa salinité élevée, ses complexes microtopographiques et sa végétation, a une forte diversité.

Toutes les espèces piscicoles ont donc un préférendum de salinité, y compris les migrateurs durant chaque étape de leur cycle. Si elles se retrouvent brutalement en dehors de ce préférendum, il n'y a plus d'osmorégulation possible et elles meurent. Les estuaires notamment « à dominante marine et les baies » dans leur zone de delta marin, ont une salinité fluctuante d'amont en aval et verticalement suivant le climat et la marée ; donc les espèces doivent se déplacer dans l'estuaire au gré des fluctuations, pour retrouver leur préférendum.

Plus un estuaire possède de grandes zones ayant une salinité élevée et plus la diversité piscicole sera élevée.

4] Ecotoxicologie

La présence de polluants dans le milieu externe représente pour les poissons une source de stress. Ces situations de stress peuvent provoquer à long terme des altérations pour la santé des organismes exposés (BURGEOT, 1999).

4.1. Le cycle des polluants dans le milieu aquatique

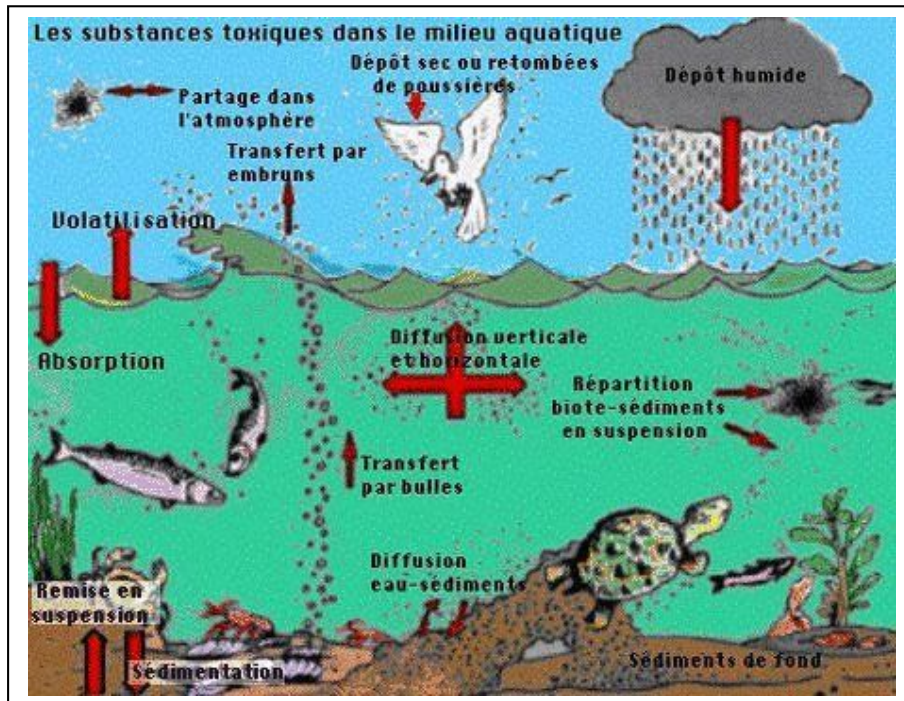


Figure 12 : Les substances toxiques dans le milieu aquatique (Source : Anonyme 2, ?)

Les polluants peuvent se retrouver aussi bien dissous dans l'eau que adsorbés à des particules fines (MES) (Figure 12). De ce fait, la connaissance du mécanisme de transport des matières en suspension s'applique aussi aux polluants (Cf 2.3.) (CISSE, 1999). En effet, en déterminant les zones de dépôts de particules fines, on détermine à la fois, les zones de l'estuaire ou le substrat sera le plus pollué.

Ce qui signifie que les poissons benthiques, vivant sur un habitat composé de vase, seront plus susceptibles d'ingérer des polluants (par l'intermédiaire de la filtration de l'eau ou par fouissage) que les autres. Donc pour ces espèces, la charge de polluants contenu dans le sédiment influence directement le profil de contamination (BURGEOT, 1999).

4.2. La bioaccumulation (MIQUEL, 2001)

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration de substances toxiques dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps:

1. L'assimilation
2. La bioaccumulation par l'individu (bioconcentration)
3. La bioaccumulation entre individus (bioamplification)

4.2.1. L'assimilation

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe (par l'eau) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface), et la voie interne par assimilation ou absorption (branchies, tractus digestif).

4.2.2. La bioconcentration

Ce processus d'accumulation s'exprime par le ratio entre la concentration du composé étudié dans le milieu et la concentration de celui-ci dans l'organisme. Ce ratio porte le nom de facteur de bioconcentration : BCF. Les plantes aquatiques ont très peu de capacités de bioconcentration, alors que les invertébrés type vers, mollusques et crustacés en ont une très forte.

4.2.3. La bioamplification

Il peut arriver, pour certains prédateurs et certains polluants, que les concentrations augmentent au fur et à mesure que l'on progresse dans la chaîne trophique, ce phénomène se nomme la bioamplification.

4.2.4. Bioaccumulation variable selon les espèces

On pourrait penser que le poisson situé en haut de la chaîne alimentaire sera le plus contaminé. Malheureusement cela n'est pas aussi simple et certaines espèces comme le mulot qui ne mange que du périphyton sont fortement touchées. De même, le gobie est bien touché par certains polluants dans certains organes alors qu'il est à la base de la chaîne alimentaire (MAURY-BRACHET, DURRIEU, BOUDOU, 2002). Chez le flet, en observant les quatre métaux lourds (Cadmium, Cuivre, Plomb et Zinc), on observe une diminution des concentrations du périphyton au flet, pourtant c'est un prédateur (BURGEOT, 1999). Par contre, la théorie fonctionne pour les anguilles puisqu'elles sont très polluées et sont au sommet de la chaîne alimentaire (MAURY-BRACHET, DURRIEU, BOUDOU, 2002).

De plus certaines espèces n'ayant pas le même régime alimentaire ni le même habitat durant toute leur vie, ont un niveau de contamination qui varie, c'est le cas du flet.

En fait, la contamination des organismes, vivant dans un même habitat mais situés à différents niveaux du réseau trophique, est liée à la fois aux propriétés chimiques des molécules, à leur biodisponibilité mais également aux capacités d'absorption et de biotransformation des

organismes, c'est-à-dire que les espèces ayant des capacités de métabolisation différentes, on des teneurs en contaminants différentes. (BURGEOT, 1999).

4.3. La réaction de l'organisme aux polluants

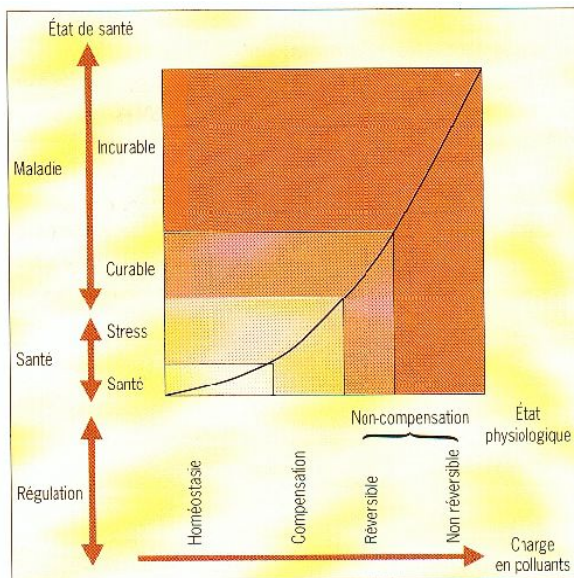


Figure 15 : Représentation des niveaux de l'état de santé d'un organisme en fonction de la charge de polluants (Source : BURGEOT, 1999)

La représentation des effets des polluants sur une courbe de santé permet d'illustrer différents niveaux de stress. Ce stress est lui-même caractérisé par différents niveaux physiologiques qui évoluent en fonction de la charge en polluants (Figure 15). Quand la charge en polluants est modérée, l'exposition entraîne un réajustement biologique suivi d'un retour à la normale lorsque le stress disparaît. Si la charge est plus importante, des mécanismes physiologiques ou biochimiques interviennent pour une détoxification ou une excrétion des polluants ; c'est la compensation.

Lorsque la charge en polluants dépasse les capacités de résistance de l'organisme, c'est la phase de non compensation. Dans ce cas, des pathologies ainsi que des décès dans les populations peuvent apparaître (BURGEOT, 1999).

4.4. Les métaux lourds

Toute absorption d'un polluant n'est pas nécessairement dangereuse. D'une part, tout dépend de la concentration du polluant. D'autre part, il faut s'intéresser à la seule fraction soluble, biodisponible à 95 % du métal ; l'autre fraction, insoluble, peu disponible, étant éliminée par différentes voies : voie solide (féces), voie liquide (urine), voie cutanée (sueur). La partie biodisponible, assimilable, se concentre dans certains organes. C'est ce qu'on appelle l'organotropisme. Cette réceptivité est due, soit à une fonction particulière (le foie : siège de la métabolisation, le rein : siège de l'excrétion), soit à la composition physicochimique de l'organe, favorisant le stockage du contaminant ou permettant les accumulations (ex : les

organes riches en lipides accumuleront fortement les polluants organiques). La bioaccumulation concerne tous les métaux lourds en général (MIQUEL, 2001).

4.4.1. L'arsenic (As)

Les rejets d'arsenic sont imputables, d'une part, à la présence de traces de ce métal dans les combustibles minéraux solides ainsi que dans le fioul lourd, et d'autre part, dans certaines matières premières utilisées notamment dans des procédés comme la production de verre, de métaux non-ferreux ou la métallurgie des ferreux (MIQUEL, 2001).

4.4.2. Le cadmium (Cd)

Les concentrations de cadmium chez les poissons sont deux à dix fois inférieures à celles des mollusques et crustacés. Le cadmium se concentre presque exclusivement dans le tube digestif, le foie et les reins (MIQUEL, 2001).

4.4.3. Le cuivre (Cu)

Lors de précipitations sur des pôles urbains comme Paris, l'eau entraîne dans son ruissellement des particules de cuivres provenant des toitures. Cette pollution arrive ensuite au réseau de surface.

4.4.4. Le mercure (Hg)

Le mercure est un métal toxique qui se retrouve naturellement dans l'environnement sous forme de sulfure. Au contact des bactéries présentes dans le fond des rivières et des estuaires, il peut subir une méthylation et se transformer en une substance appelée méthylmercure qui est facilement assimilable par les organismes aquatiques (Anonyme 1, 2002). C'est pourquoi, la bioaccumulation concerne particulièrement le mercure lorsqu'il est sous cette forme. La méthylation est favorisée dans certains milieux aquatiques par la réunion de plusieurs facteurs : un sédiment riche en mercure, une faible oxygénation, une faible hydraulité et la présence de matières organiques en décomposition.

Le mercure s'accumule à chaque étape et se retrouve concentré en bout de chaîne alimentaire, notamment dans les gros poissons piscivores dits « gras ». Dans les poissons, la concentration du mercure peut être plusieurs milliers de fois supérieure à celle du mercure dans l'eau. Le mercure, dans sa forme organique, diffuse dans le système nerveux (MIQUEL, 2001).

4.4.5. Le plomb (Pb)

Les concentrations de plomb chez les poissons sont elles aussi deux à dix fois inférieures à celles des mollusques et crustacés. Le plomb diffuse dans le tube digestif, le foie, les reins, la peau, les muscles et la colonne vertébrale. Le plomb est bioamplifiable. (MIQUEL, 2001).

4.4.6. Le Zinc (Zn)

Issues de la combustion du charbon et du fioul lourd, les émissions de zinc sont également dues à des procédés industriels appartenant à la métallurgie des ferreux et des non-ferreux, ainsi qu'à l'incinération des déchets (MIQUEL, 2001).

Les conséquences des métaux lourds sur la santé des poissons sont encore mal connues, à la différence de celles des contaminants organiques. En réalité les recherches s'effectuent principalement sur les conséquences pour la santé humaine lors d'ingestion de nourriture contaminée (notamment suite au drame de Minamata au Japon)

4.4.7. Variation de la sensibilité aux polluants avec la salinité (BURGEOT, 1999).

Il existe une action synergique de la salinité et de certains contaminants chimiques qui pourrait expliquer certaines variations entre eau douce et eau salée. Des travaux récents réalisés chez le flet ont montré par exemple une plus grande sensibilité des flets exposés au cadmium en eau douce.

4.5. Les contaminants organiques (BURGEOT, 1999)

4.5.1. Les Polychlorobiphényles (PCB)

Se sont des composés persistants, toxiques et omniprésents dans l'environnement. A ces caractéristiques, s'ajoute celle d'une très grande liposolubilité, qui explique leur tendance à s'accumuler dans les tissus lipidiques des organismes vivants. D'une manière générale, les niveaux de contamination augmentent le long de la chaîne trophique.

4.5.2. Les Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

C'est une classe de composés chimiques libérés dans l'environnement principalement à la suite de la combustion incomplète de carburants organiques (combustible fossile, bois,...). Les HAP entrent également dans la composition du pétrole et de ses produits dérivés.

Les HAP les plus préoccupants sont ceux de masse moléculaire élevée. Ceux-ci sont persistants, peu soluble dans l'eau et tendent, dans l'air et l'eau, à se lier à des particules. Ils peuvent se concentrer dans les poissons (Anonyme 1, 2002).

En concentration importante dans le sédiment, les HAP sont rapidement biotransformés par les organismes après assimilation. Comme les PCB, ils prennent une part importante dans l'intoxication des organismes par voie alimentaire.

D'une manière générale, on observe une diminution brutale des HAP le long de la chaîne trophique, ce qui signifie un caractère moins bioaccumulable que les PCB.

D'un point de vue qualitatif, contrairement aux PCB, les profils de contamination par les HAP varient de façon importante d'une espèce à l'autre. Les poissons sont plutôt caractérisés par la prédominance des composés légers comme les tri-aromatiques et les tétra-aromatiques.

Il existe des différences de distributions qui peuvent s'expliquer par une biodisponibilité différente. En effet, les composés à hauts poids moléculaire auront tendance à s'adsorber préférentiellement aux matières en suspension et donc à être moins biodisponibles dans l'eau du fait de leur faible solubilité.

4.5.3. Les pathologies (BURGEOT, 1999)

Après assimilation des composés organiques, ceux-ci peuvent perturber certaines fonctions vitales comme les activités enzymatiques de détoxification, la régulation de l'influx nerveux, les défenses immunitaires et provoquer des altérations de l'ADN. Des pathologies comme la promotion de tumeurs, des ulcères cutanés peuvent ensuite apparaître. Des phénomènes très importants comme la féminisation des poissons mâles ont également été observés.

4.5.3.1. Les mutations

Les polluants sont capables de provoquer des modifications de la structure de l'ADN appelées mutations. Ces mutations constituent des dommages biologiques qui fragilisent les organismes et peuvent parfois favoriser le développement de cancers.

4.5.3.2. Les tumeurs

Les tumeurs identifiées chez les poissons en milieu naturel sont essentiellement des tumeurs cutanées et des tumeurs hépatiques. Leurs fréquences varient en fonction de l'espèce et du site géographique. Les fréquences les plus fortes sont observées sur les côtes américaines et japonaises avec, par exemple, des fréquences de tumeurs cutanées chez la sole se situant entre 0,01 et 58 % sur les côtes américaines. De façon générale, les fréquences les plus fortes de tumeurs sont observées au voisinage des zones urbaines et industrialisées : des concentrations élevées en HAP et PCB dans ces systèmes aquatiques sont souvent corrélées avec l'apparition de tumeurs. Ce qui laisse supposer une origine chimique pour la plupart d'entre elles.

4.5.3.2.1. Les ulcères cutanés

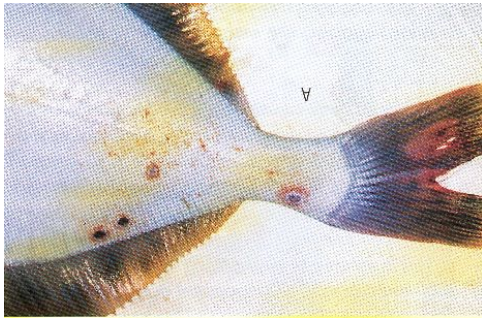


Figure 16 : Ulcères cutanés chez le flet
(Source : BURGEOT, 1999)

Se sont de lésions nécrotiques, hémorragiques et congestives qui atteignent le derme, l'épiderme et parfois les muscles. Chez le flet, cette infection affecte plus particulièrement les mâles de trois ans et plus.

4.5.3.2.2. Les lymphocystis



Figure 17 : Lymphocystis chez le flet
(Source : BURGEOT, 1999)

C'est une pathologie virale externe reconnaissable à la présence de nodules blanchâtres ou pigmentés présents sur le derme. La fréquence de flets atteints augmente de manière régulière avec l'âge et est très légèrement plus forte chez les femelles.

4.5.3.2.3. Les branchies

De part sa localisation, à l'interface entre milieu externe et milieu interne, la branchie constitue un organe très exposé à la présence de polluants dans l'eau. En présence d'une

contamination du milieu, les branchies ne jouent plus leurs rôles. Par exemple, normalement, elles sont capables de réguler leur volume après un gonflement cellulaire, avec la présence d'un détergent (nonylphenol polyéthoxylate), les branchies perdent cette capacité (Anonyme 3,?).

En fait, la toxicité d'un polluant est fonction de sa nature, de sa biodisponibilité, des biomarqueurs choisis et du régime alimentaire ainsi que du domaine d'activités du poisson ; il n'y a pas de théorie s'appliquant à tous.

5] Discussion

La diversité piscicole estuarienne est donc largement contrôlée par la physico-chimie. En général, les paramètres permettant la venue d'espèces marines et tropicales sont des paramètres favorisant la diversité. On peut alors parler des grands estuaires équatoriaux « ouverts » sur la mer c'est à dire ne possédant pas de réelle barrière à l'embouchure et subissant l'action des marées. De plus, dans ce type d'estuaires, plus les zones à salinité élevées seront nombreuses et larges, plus se sera un facteur positif.

Ensuite, les paramètres qui permettent d'avoir une haute variété et un grand nombre d'habitats, participent également à ce phénomène. Or on sait que les estuaires offrant le plus grand nombre d'habitats sont les estuaires dits « semi-matures » car c'est à ce moment que les quatre zones estuariennes ainsi que les quatre substrats organiques sont représentées le plus homogènement.

Ces conclusions permettent d'expliquer en partie que les diversités piscicoles les plus élevées soient relevées au niveau de l'équateur.

Mais on peut tout de même supposer que les impacts anthropiques ont de plus en plus un rôle dans cette disparité. En effet, même si leurs effets sont encore mal connus ou mal évalués parce qu'ils sont récents, on peut penser qu'ils interviennent dans ce phénomène ; ces facteurs étant largement plus importants en hémisphère nord.

Au niveau des polluants, des études sont en cours, mais les connaissances actuellement sur la bioaccumulation nous permettent de dire que certains d'entre eux provoquent des maladies graves et des décès dans certaines populations. Malheureusement on ne connaît pas les conséquences en cascade sur la diversité.

Il en est de même pour la surpêche des espèces notamment migratrices, qui voient leurs populations régresser mais on ne connaît pas non plus les conséquences sur les autres espèces à part pour les prises accessoires.

Le parasitisme peut également toucher des espèces, surtout celles déjà éprouvées par un stress physique ou chimique, mais là encore, très peu d'études existent à l'heure actuelle sur le sujet.

Ce travail est donc loin d'être clos, de nombreuses études sont encore à mener pour comprendre tout ce qui influence la diversité piscicole estuarienne, notamment si l'on veut essayer de retourner à un état initial des estuaires dans le cadre de la Directive Cadre Européenne.

Conclusion

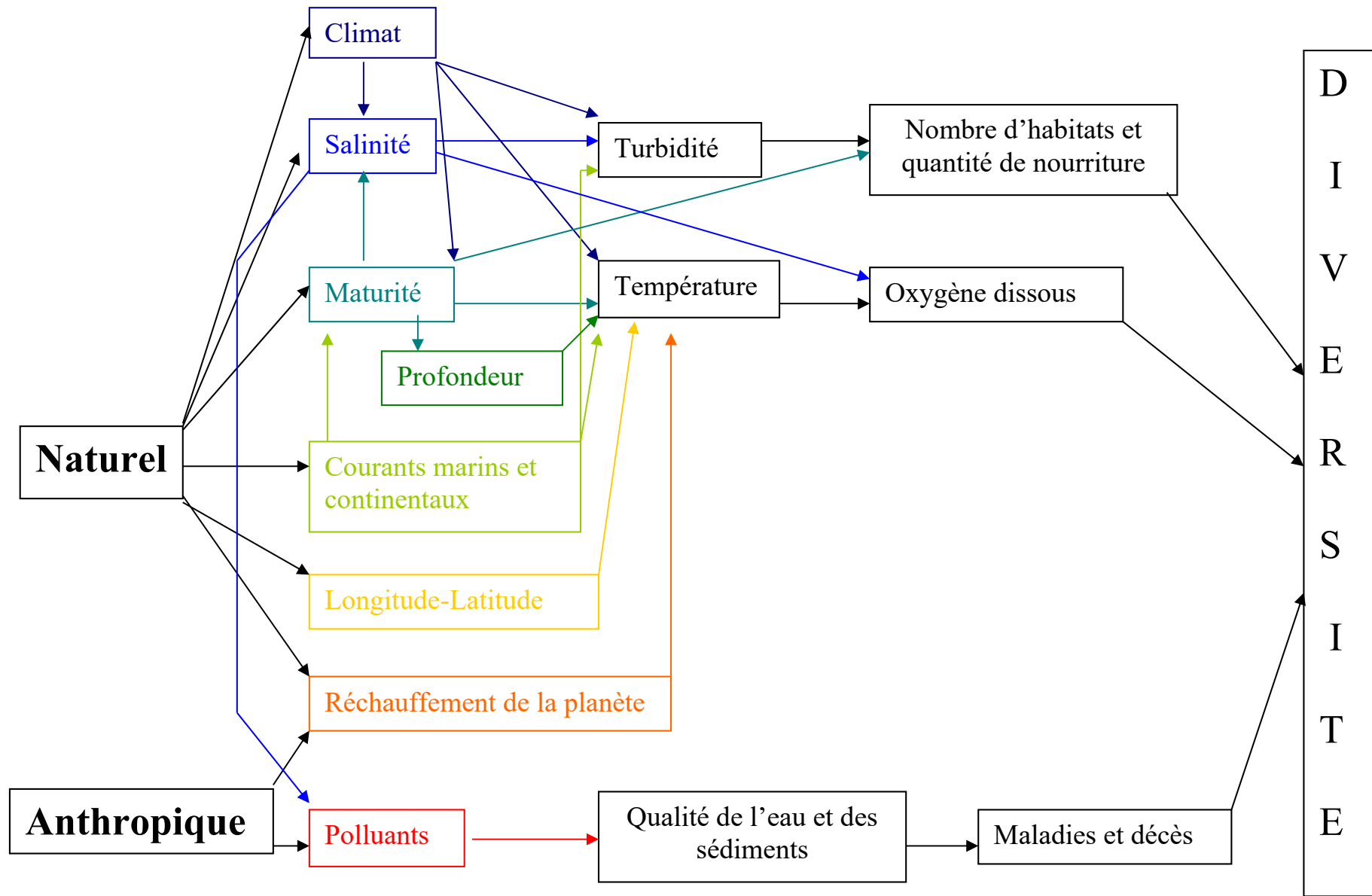
Les facteurs les plus structurants pour la diversité piscicole sont tout d'abord la salinité, car elle contrôle en grosse partie le recrutement d'espèces marines (juvéniles et migrants) et le climat car il agit de façon importante sur la température, la turbidité et la salinité.

Néanmoins, les informations récoltées sur les différents estuaires ne sont pas forcément extrapolables. Le but premier de ce travail était de réunir les facteurs connus susceptibles de jouer un rôle dans la diversité piscicole, mais vu le manque de données existantes sur le sujet, il a fallu regarder au niveau mondial. Les résultats obtenus sont donc à prendre avec beaucoup de précautions.

De plus, l'analyse du rôle exact des facteurs est dure à identifier, puisque le milieu est sujet à de continues fluctuations auxquelles s'ajoutent de plus en plus d'impacts anthropiques dont les conséquences sont encore mal connues.

On peut tout de même conclure que tous les paramètres interagissent entre eux que ce soit de façon ponctuelle ou diffuse (Figure 18) et que l'analyse de chacun d'entre eux est importante pour une bonne compréhension des phénomènes régulateurs de la diversité piscicole.

Figure 18 : Liens existants entre les différents facteurs contrôlant la diversité piscicole en estuaire



Bibliographie

AGBAYNANI, Eli. Fishbase. ?.

URL : <http://www.fishbase.net/>

Mis à jour le 21 avril 2003.

Anonyme 1. Glossaire du Ministère de l'Environnement Québécois. 2002.

URL : <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/sys-image/glossaire1.htm>

Mis à jour le 27 mai 2002.

Anonyme 2. Les substances toxiques dans le milieu aquatique. La voie verte, ?.

URL : http://www.ec.gc.ca/water/fr/manage/poll/f_pollut.htm

Mis à jour le 2 décembre 2002

Anonyme 3. Substances dangereuses. Institut national de l'environnement industriel et des risques, 2002.

URL : <http://www.ineris.fr/en/connaitre/domaines/chroniques/mercure.htm>

Référence du 4 avril 2003.

Anonyme 4. Physiologie de l'adaptation et du stress chez les poissons. INRA Rennes, ?.

URL : <http://www.rennes.inra.fr/scribe/equipes/fr/adaptation/adaptation.htm>

Mis à jour le 25 avril 2001.

BURGEOT, T (Coord). Des organismes sous stress. Ifremer, Agence de l'eau Seine-Normandie et Région Haute-Normandie, 1999. 36 p.

CHAMLEY, Hervé. Les milieux de sédimentation. Lavoisier et BRGM, 1987. p 47-64.

CISSE, Sékou. Rapport scientifique sur l'étude pluridisciplinaire de l'estuaire de la Soumba. Centre de recherche scientifique de Rogbane, 1999. 50 p.

URL : <http://www.fomar.org/Ponencia117.htm>

Référence du 2 avril 2003.

COULAIS, Jean-Marie. Cours de biochimie de l'université de Poitiers. ?.

URL : http://www.ac-poitiers.fr/svt/res_loc/hydro/para_eau/Para_O2.htm

Mis à jour le 24 mai 2000.

ELLIOTT, M, DEWAILLY, F. The structure and components of European estuarine fish assemblages. Netherlands Journal of Aquatic Ecology, 1995. 29 (3-4), p 397-417.

GASCUEL, Didier. La Civelles d'Anguille dans l'estuaire de la Sèvre niortaise : Biologie, écologie, exploitation. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes et Parc Naturel Régional du Marais Poitevin, Val de Sèvre et Vendée, 1987. 204 p.

GILLES, Raymond. Cours de physiologie animale de l'université de Liège. 2002.

URL : <http://www.ulg.ac.be/physioan/chapitre/ch1s2.htm>

Référence du 2 avril 2003

LE CALVE, Olivier. Cours d'océanographie de l'université de Toulon. 1999.

URL : <http://isitv.univ-tln.fr/~lecalve/oceano/polycop/poly.pdf>

Référence du 2 avril 2003

LECLERC, J, CUSSON, M. Portrait de la biodiversité du St Laurent. La voie verte, ?.

URL : http://www.qc.ec.gc.ca/faune/biodiv/fr/poissons/fl_richesse.html

Mis à jour le 2 décembre 2002.

Le petit larousse. Larousse, 2003. p.627

LOBRY, J, MOURAND, L, ROCHARD, E et al. Structure of Gironde estuarine fish assemblages: a comparison of European estuaries perspective. Sous presse. 9 p.

MAES, J. The structure of the fish community of the zeeschelde estuary. Thèse de doctorat, Katholieke universiteit, 2000. 143 p.

MAGNAN. Poissons d'eau douce. Rotolito Lombarda : Artemis, avril 1999, 127 p.

MAURY-BRACHET, Régine, DURRIEU, Gilles, BOUDOU, Alain et al. Etude exploratoire des niveaux de contamination de la composante « poissons » au sein des réseaux trophiques de la Gironde. Rapport final du programme Liteau, juillet 2002. p.213-244.

MAUVAIS, J.L, GUILLAUD, J.F (Coord). Livre blanc de l'estuaire de la Gironde. Ifremer, Agence de l'eau Adour-Garonne, 1994. 114 p

MIQUEL, Gérard. Rapport de métaux lourds sur l'environnement et la santé (rapport 261).Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2001. 365 p.

PREVOST, Catherine. Les effets de l'hiver sur les poissons d'eau douce.2001.

URL : http://sea-river-news.com/36_1.htm

Référence du 2 avril 2003.

ROY, P.S, WILLIAMS, R.J, JONES, A.R et al. Structure and function of south-east Australian estuaries. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2001. 53, p 351-384.

PRONIER, O, ROCHARD, E. Fonctionnement d'une population d'éperlan (*Osmerus eperlanus*, Osmériformes osmeridae) située en limite méridionale de son aire de répartition, influence de la température. Bulletin français de la pêche piscicole, 1998. 350-351, p 479-497.

WHITFIELD, A.K. Factors influencing the utilization of southern African estuaries by fishes. South African Journal of Science, septembre 1983. vol 79, p 362-365.

Résumé

L'estuaire est un écotone. C'est un milieu très fluctuant qui subit, de plus, de fortes pressions anthropiques. Ces bouleversements permanents lui permettent d'assurer de nombreuses fonctions écologiques, en particulier pour les espèces de poissons. C'est pourquoi, malgré ces conditions difficiles, on y retrouve de nombreux poissons essentiellement d'origine marine. Mais les estuaires n'ont pas tous la même diversité ni la même abondance piscicole. Cela dépend directement des conditions physico-chimiques. Physiquement, l'estuaire doit être grand, profond et posséder une large variété d'habitats afin d'avoir une diversité spécifique maximale. Il est préférable que l'eau y soit peu turbide et chaude. D'un point de vue chimique, de larges zones à salinité élevée, une eau bien oxygénée, avec le moins de polluants possibles sont également importantes pour la diversité ichthyologique.

Mots clés : estuaire, diversité piscicole, paramètres physico-chimiques.

Abstract

An estuary is an ecotone. It is a very fluctuating environment which sustains many anthropic strong pressures too. These permanent distressing permit it to provide many ecological functions, particularly fish species. That is why, in spite of these difficult conditions, we find numerous fishes with marine origin principally. Estuaries have neither the same diversity, nor the same abundance. It depends directly on physical and chemical conditions. Physically, the estuary must be big, deep and possess a large variety of habitat, for having a maximum specific diversity. Water should be not much turbid and warm. From a chemical point of view, large areas with high salinity, good oxygenated water, with the less pollutant that possible are important for ichthyologic diversity as well.

Keywords: estuary, fish diversity, physical and chemical parameter.

Table des matières

Sommaire	1
Résumés	2
Tables des figures	3
Introduction	4
 1] Les espèces piscicoles rencontrées	 4
1.1. Les types d'écologie	4
1.1.1. Les espèces endémiques	4
1.1.2. Les espèces amphihalines	5
1.1.3. Les espèces euryhalines	6
1.1.3.1. Les espèces d'origine marine	6
1.1.3.2. Les espèces d'origine fluviale	8
1.2. Proportion des différentes écologies dans différents estuaires	9
 2] Les paramètres physiques influençant la diversité piscicole	 9
2.1. Forme et surface	9
2.1.1. Evolution d'un estuaire	9
2.1.1.1. Charriage des rivières	9
2.1.1.2. Les conditions hydrodynamiques	10
2.1.1.3. La marée	10
2.1.1.4. Le régime d'ouverture d'un estuaire	10
2.1.1.5. La maturation d'un estuaire	12
2.1.1.6. La taille de l'estuaire	13
2.2. La température	13
2.2.1. La position géographique de l'estuaire	13
2.2.1.1. La latitude	14
2.2.1.2. La longitude	14
2.2.2. La profondeur	15
2.2.3. Conséquences d'une variation de température du milieu sur les poissons	15
2.2.3.1. Conséquences d'un réchauffement	15
2.2.3.2. Conséquences d'un refroidissement	16
2.3. La turbidité	16
2.3.1. La provenance des matières en suspension	16
2.3.2. Les variations de la turbidité en fonction du climat	16
2.3.3. Le bouchon vaseux	17
2.3.3.1. Sa formation	17
2.3.3.2. Déplacement amont/aval du bouchon vaseux	17
2.3.4. Les inconvénients de la turbidité sur les poissons	18
2.3.4.1. Le colmatage du fond	18
2.3.4.2. Diminution de la pénétration de la lumière	18
2.3.4.3. Repérer la nourriture dans une eau turbide	19
2.4. La profondeur	19
2.4.1. L'influence de la profondeur sur la température	19
2.4.2. Répartition des poissons selon la profondeur	19
2.5. Les habitats	20
2.5.1. Les différentes zones d'un estuaire	20
2.5.2. La proportion de ces zones selon la maturité de l'estuaire	21

2.5.3. La production primaire par zones	22
3] Les paramètres chimiques influençant la diversité piscicole	23
3.1. L'oxygène dissous	23
3.1.1. La DBO5	23
3.1.2. L'influence de la température sur l'O2 dissous	23
3.1.3. L'influence de la salinité sur l'O2 dissous	23
3.1.4. L'influence de la turbidité sur l'O2 dissous	23
3.1.4.1. Le bouchon vaseux	23
3.1.4.2. La sécheresse	24
3.2. La salinité	24
3.2.1. L'osmorégulation	24
3.2.1.1. Les espèces hypoosmotiques	25
3.2.1.2. Les espèces hyperosmotiques	25
3.2.1.3. Les espèces hyper-hypoosmotiques	26
3.2.2. La stratification amont-aval	26
3.2.3. La stratification verticale	27
3.2.4. L'action du climat et de la marée sur la salinité	28
3.2.5. La variation de la salinité selon le type d'estuaire	28
3.2.6. La variation de la salinité selon la zone estuarienne	29
4] Ecotoxicologie	29
4.1. Le cycle des polluants	30
4.2. La bioaccumulation	30
4.2.1. L'assimilation	31
4.2.2. La bioconcentration	31
4.2.3. La bioamplification	31
4.2.4. La bioaccumulation selon les espèces	31
4.3. La réaction de l'organisme aux polluants	32
4.4. Les métaux lourds	32
4.4.1. L'arsenic	33
4.4.2. Le cadmium	33
4.4.3. Le cuivre	33
4.4.4. Le mercure	33
4.4.5. Le plomb	34
4.4.6. Le zinc	34
4.4.7. La variation de la sensibilité aux polluants avec la salinité	34
4.5. Les contaminants organiques	34
4.5.1. Les PCB	34
4.5.2. Les HAP	35
4.5.3. Pathologies	35
4.5.3.1. Les mutations	35
4.5.3.2. Les tumeurs	36
4.5.3.2.1. Les ulcères cutanés	36
4.5.3.2.2. Les lymphocystis	36
4.5.3.2.3. Les branchies	36
5] Discussions	37
Conclusion	38

Table des figures

Figures :

Figure 1 : Estuaire à dominante marine	11
Figure 2 : Estuaire à dominante fluviale	11
Figure 3 : Estuaire intermittent	12
Figure 4 : Estuaire fermé	12
Figure 5 : Répartition des températures des océans	14
Figure 6 : Schéma interprétatif de la circulation résiduelle conduisant au développement du bouchon vaseux	17
Figure 7 : Déplacement des suspensions au cours d'un cycle de marée de vives eaux	17
Figure 8 : Répartition des différentes zones estuariennes selon la maturation de l'estuaire	21
Figure 9 : Production primaire selon les différentes zones estuariennes et les différents substrats	22
Figure 10 : Représentation des phénomènes liés à l'osmorégulation chez les téléostéens marins	25
Figure 11 : Représentation des phénomènes liés à l'osmorégulation chez les téléostéens d'eau douce	25
Figure 12 : Représentation des quatre zones salines de l'estuaire de la Gironde	26
Figure 13 : Représentation de la stratification saline de l'estuaire	27
Figure 14 : Les substances toxiques dans le milieu aquatique	30
Figure 15 : Représentation des niveaux de l'état de santé d'un organisme en fonction de la charge de polluants	32
Figure 16 : Ulcères cutanés chez le flet	36
Figure 17 : Lymphocystis chez le flet	36
Figure 18 : Liens existants entre les différents facteurs contrôlant la diversité piscicole en estuaire	39

Graphiques :

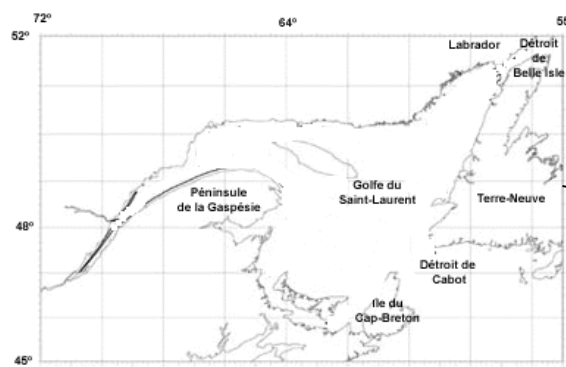
Graphique 1 : Température en fonction de la profondeur	15
Graphique 2 : Répartition des poissons selon la couche d'eau	19
Graphique 3 : Répartition des poissons selon leur écologie et la salinité	27

Photos :

Photo 1 : Le gobie	5
Photo 2 : Le flet	5
Photo 3 : L'anguille	6
Photo 4 : L'esturgeon européen	6
Photo 5 : Le bar commun	7
Photo 6 : Le mulot lippu	7
Photo 7 : Le maigre	8
Photo 8 : Le barbeau	8

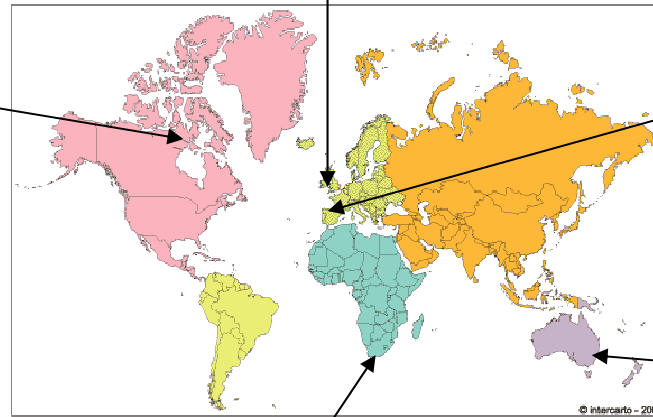
Tableaux :

Tableau 1 : Carte d'identité du gobie	5
Tableau 2 : Carte d'identité du flet	5
Tableau 3 : carte d'identité de l'anguille	6
Tableau 4 : Carte d'identité de l'esturgeon européen	6
Tableau 5 : Carte d'identité du bar commun	7
Tableau 6 : Carte d'identité du mulot lippu	7
Tableau 7 : Carte d'identité du maigre	8
Tableau 8 : Carte d'identité du barbeau	8
Tableau 9 : Répartition des différentes écologies en Europe et en Gironde	9
Tableau 10 : Proportion des poissons benthiques chez les espèces euryhalines marines	20
Tableau 11 : Description des différentes zones estuariennes	21

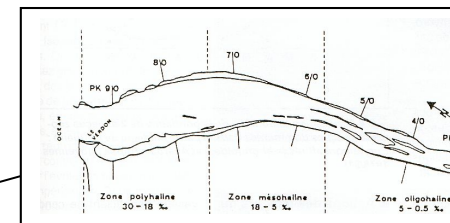


Estuaire du St Laurent
(Source : LECLERC, CUSSON, ?)

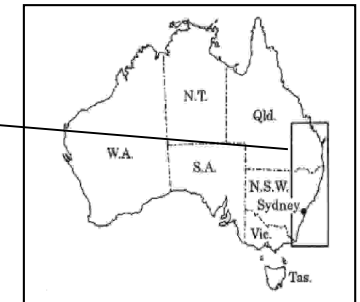
Estuaires bretons



(Disponible sur <http://paysdumonde.ueaf.net/planiere/index.html>)



Estuaire de la Gironde
(Source : MAUVAIS, GUILLAUD, 1994)



Estuaires sud-est australiens
(Source : ROY, WILLIAMS, JONES, 2001)

Estuaires sud-africains (Source : WHITFIELD, 1983)

