



**HAL**  
open science

## Impact du terminal méthanier de Montoir sur l'ichtyofaune estuarienne

Frédéric Lardeux

► **To cite this version:**

Frédéric Lardeux. Impact du terminal méthanier de Montoir sur l'ichtyofaune estuarienne. DERO 86.09-MR, IFREMER Institut Francais de Recherche pour l'Exploitation de la Mer. 1986, pp.1-79. hal-04700248

**HAL Id: hal-04700248**

**<https://hal.science/hal-04700248v1>**

Submitted on 17 Sep 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

*J. Jaggi* DER

**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DES RECHERCHES OCEANIQUES**

**IMPACT DU TERMINAL METHANIER DE MONTOIR  
SUR L'ICHTYOFAUNE ESTUARIEENNE**

**RAPPORT FINAL 1984 - 1986**

**Convention GDF - IFREMER**

***F. LARDEUX***



**IFREMER**

**DERO 86.09-MR**

IFREMER  
CENTRE DE NANTES  
B. P. n° 1049  
44037 NANTES CEDEX 01  
Tél. 40 74 99 81

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DES RECHERCHES OCEANIQUES  
DEPARTEMENT MILIEU ET RESSOURCES - NANTES

AUTEUR (S) : LARDEUX (F.)		CODE : N° DERO-86-09-MR
TITRE IMPACT DU TERMINAL METHANIER DE MONTOIR SUR L'ICHTYOFAUNE ESTUARIEENNE. RAPPORT FINAL 1984/1986.		date : 23.10.1986 tirage nb : Nb pages : 62 Nb figures : 32 Nb photos : 6
CONTRAT GDF/IFREMER (intitulé) Convention N° 83 - 4404		DIFFUSION libre <input type="checkbox"/> restreinte <input checked="" type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

**RÉSUMÉ** De janvier 1984 à mai 1986 des observations ont été réalisées au niveau du système de pompage et de filtration du terminal méthanier de Montoir (Loire-Atlantique) afin d'estimer l'impact de ces installations sur les juvéniles et adultes de poissons estuariens transitant dans le circuit. Il apparaît qu'une adaptation du système de nettoyage des tambours filtrants au calendrier des principales espèces concernées est souhaitable et que les larves et alevins de certaines espèces sensibles (sprat, éperlan) ne résistent pas à ce traitement.

**ABSTRACT**

In order to evaluate the effects of pumping and filtering systems of a gaseous plant upon survival of adults and larvae of estuarine fishes, observations have been realised from January 1984 to May 1986.  
First, it seems necessary to adapt washing system of filtering drums to seasonal occurrences of trapped species, and second, juvenils and larvae of weak species (sprat, smelt) don't survive after such stress.

mots-clés : Poissons estuariens, terminal méthanier, Montoir.

key words : Estuarine fishes, gaseous plant, Montoir.

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



## SOMMAIRE

### **INTRODUCTION**

#### **1 - LE MILIEU ETUDIE**

**1.1 - L'estuaire de la Loire : zone d'intérêt biologique fragile**

**1.2 - Place du terminal méthanier dans le système écologique estuarien**

**1.2.1 - Installations du terminal**

**1.2.1 - Sources de nuisance**

#### **2 - L'ETUDE D'IMPACT**

**2.1 - Programme de recherche idéal**

**2.2 - Programme de surveillance mis en place à Montoir**

**2.2.1 - Nature des impacts analysés ; contrat G.D.F. de surveillance**

**2.2.2 - Origine des impacts sur l'ichtyofaune - Paramètres étudiés**

**2.2.3 - Protocole d'étude**

**a - Lieux d'échantillonnage**

**b - Périodes et fréquence d'échantillonnage**

**2.2.4 - Méthodes d'échantillonnage**

**a - Eaux de nettoyage des tambours**

**b - Expériences de survie**

**c - Observations au niveau du dégrillage grossier**

**d - Observations au niveau des tambours filtrants**

**e - Pêches de plancton devant les prises d'eau**

**f - Compléments d'études au laboratoire**

#### **3 - RESULTATS**

**3.1 - Analyse générale**

**3.1.1 - Les espèces piégées**

**a - Captures globales**

**b - Comportement saisonnier, tidal et nyctéméral des espèces**

**3.1.2 - Analyse générale du dégrillage grossier**

**3.1.3 - Analyse générale des captures dans la goulotte**

3.1.4 - Remarques sur les échantillonnages

- a - Sites d'accès
- b - Conditions de travail
- c - Protocole

3.2 - Analyse de quelques espèces représentatives de l'écosystème

3.2.1 - Anguilles et civelles

- a - Anguilles adultes
- b - Civelles

3.2.2 - Les poissons plats

- a - Le flet
- b - La sole

3.2.3 - Le sprat

- a - Larves et alevins
- b - Juvéniles et adultes

3.2.4 - Le gobie : Pomatoschistus minutus

3.2.5 - Le gobie : Aphia minuta

3.2.6 - L'éperlan

3.2.7 - Autres espèces, d'intérêt halieutique

4 - DISCUSSION

4.1 - Impact du terminal méthanier

4.1.1 - Chocs mécaniques - Taux de mortalité

4.1.2 - Quantités piégées - Périodes sensibles

4.1.3 - Espèces sensibles - Aménagements possibles

- a - Tambours filtrants
- b - Dégrillage grossier
- c - Conclusion

4.2 - Autres impacts

4.2.1 - Rejets d'eau froide

4.2.2 - Rejets d'eau chlorée

4.3 - Comparaison entre G.D.F. Montoir et d'autres industries

CONCLUSION

## INTRODUCTION

A la demande de GAZ de FRANCE, l'IFREMER (\*) a procédé de janvier à décembre 1984 à une surveillance biologique des ouvrages de prise d'eau du terminal méthanier de Montoir. Après un arrêt de la surveillance entre janvier et avril 1985, celle-ci a repris en mai 1985 avec un protocole allégé par rapport aux observations effectuées en 1984. Elle s'est achevée en mai 1986. Deux années d'observations ont donc été couvertes.

Si l'étude des répercussions éventuelles du gazéifieur sur l'écosystème estuarien de la Loire (et en particulier sur les ressources vivantes) est difficile à apprécier, il n'en demeure pas moins que celle-ci passe par la connaissance de l'impact direct des causes de mortalité sur les principales espèces halieutiques. En particulier, le système de prise d'eau et dans une moindre mesure l'impact thermique du rejet en Loire d'eaux plus froides (ainsi que d'eaux chlorées en été) sont susceptibles d'influer sur la faune estuarienne.

Relativiser l'impact de ces sources de nuisance suppose tout d'abord la connaissance de l'état initial du système mis en cause, ce qui n'est plus possible. En revanche, il est possible d'évaluer l'impact mécanique direct du circuit de pompage en quantifiant la perte faunistique.

Un programme d'observation a été proposé, consistant à évaluer la nature et l'importance de l'ichtyofaune estuarienne piégée dans le système de pompage du terminal ainsi que les possibilités d'échappement de celle-ci (retour en Loire par le système de rinçage des filtres, estimation du taux de survie des individus rejetés en Loire, etc...).

Ce rapport fait donc la synthèse des résultats obtenus à la suite des deux années de surveillance et analyse les impacts possibles du terminal méthanier sur l'écosystème estuarien.

(\*) Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

## 1 - LE MILIEU ETUDIE

### 1.1 - L'estuaire de la Loire : zone d'intérêt biologique fragile

La principale caractéristique d'un estuaire est d'être une zone de mélange d'eau douce fluviale et d'eau salée d'origine marine. L'estuaire de la Loire, comme tout estuaire, constitue un interface majeur et très complexe entre le continent et l'océan pour les cycles géochimiques et biologiques. L'hydrologie et l'hydrodynamisme y sont particuliers, les propriétés sédimentologiques et chimiques originales. Ceci confère à l'estuaire de la Loire une fonction biologique (faune et flore) se traduisant par un écosystème également particulier et original.

Cependant, l'estuaire de la Loire est depuis fort longtemps un carrefour privilégié pour les activités humaines :

- la pêche y joue encore un rôle fondamental. De nombreuses espèces de poissons séjournent pendant au moins une phase de leur développement dans l'estuaire
- les dragages y sont effectués pour améliorer la navigabilité du chenal jusqu'à Nantes
- la navigation commerciale y reste importante avec les ports de Nantes et les zones industrielles entre Nantes et St Nazaire (raffinerie de Donges, terminal méthanier et charbonnier, centrale thermique...)
- les rejets urbains et industriels y sont à la mesure de la densité des activités humaines
- l'eau y est aussi pompée pour être utilisée comme échangeur thermique (centrale E.D.F. de Cordemais, terminal méthanier de Montoir)
- enfin, des vasières naturelles, zones biologiquement très productives, sont progressivement comblées pour y installer des complexes industriels.

L'énumération non exhaustive de ces usages montre déjà qu'il peut exister une certaine compétition entre certaines activités, sans compter les déprédations qu'elles peuvent intrinsèquement infliger à l'environnement estuarien et qui se répercutent jusqu'au fonctionnement des écosystèmes.

La Loire est donc une voie de pénétration batelière de première importance, aménagée pour favoriser l'implantation de complexes industriels et la remontée de bateaux de fort tonnage jusqu'à Nantes. Malheureusement l'ensemble de ces aménagements n'a jamais fait l'objet d'aucune étude concernant l'impact sur le milieu environnant.

Les perturbations artificielles (par action anthropique) d'un milieu naturel sont le plus souvent de type rapide, plus ou moins réversibles. Ceci se traduit par un effet de choc sur les espèces vivantes et par une modification durable de leurs conditions écologiques ne permettant pas toujours une recolonisation.

L'ensemble des aménagements dans l'estuaire de la Loire se traduisent par :

- une augmentation du volume d'eau emmagasiné à chaque marée, créant ainsi un accroissement important de la vitesse des courants de flot et de jusant
- l'effondrement des berges par augmentation des courants et abaissement du niveau moyen se traduisant par l'exhaussement de certaines vasières et l'assèchement des roselières
- un refoulement plus important des eaux douces vers l'amont
- la remontée de la marée dynamique et saline vers l'amont
- une remise en suspension importante d'éléments minéraux et organiques (bouchon vaseux et crème de vase)
- un assèchement progressif des vasières latérales (dont le rôle de nourricerie pour l'ichtyofaune est très important (MARCHAND, 1980))
- une orientation préférentielle des courants de marée dans l'estuaire interne et une augmentation de l'intensité de ceux-ci, pouvant par endroit chasser les poissons
- une rectification quasi-générale du cours principal du fleuve et des différents étiers se jetant dans celui-ci
- une suppression des échanges entre le fleuve et les marais riverains
- un envasement des zones de calme et une reprise de l'érosion.

A ces aménagements, il faut ajouter l'action d'origine anthropique liée aux perturbations polluantes bactériennes ou chimiques.

OTTOMAN (1979) fait une vue critique des conséquences des aménagements sur le milieu estuarien et propose des solutions à l'endommagement des sites naturels et de la qualité écologique et biologique de l'estuaire.

L'exploitation industrielle de l'estuaire de la Loire est donc en conflit avec les activités dépendantes du bon fonctionnement de l'écosystème. La pêche et dans une moindre mesure le tourisme sont plus particulièrement menacés.

Même si la pêche est strictement réglementée dans l'estuaire de la Loire (voir certaines pratiques interdites), l'écosystème estuarien n'en joue pas moins un rôle très important dans la production halieutique, ceci pour plusieurs raisons :

- tout d'abord, l'estuaire peut représenter le support vital de tout le cycle biologique de certaines espèces. C'est le cas des espèces endémiques comme le gobie (Pomatoschistus minutus), petit poisson dont l'importance halieutique est indirecte : il est l'espèce fourrage de nombreux autres poissons d'intérêt commercial plus important

- ensuite l'estuaire est le lieu de passage obligatoire pour les migrations (trophique, colonisatrice, génésique, etc...) de montaison ou d'avalaison (civelle d'anguille, anguille (Anguilla anguilla), lamproie marine (Petromyzon marinus), alose vraie (Alosa alosa) et alose feinte (Alosa fallax), saumon (Salmo salar), éperlan (Osmerus eperlanus), mullet (Liza ramada), flet (Platichthys flesus)

- pour ces espèces amphibiotiques, l'estuaire peut être encore un lieu de sédentarisation de certaines fractions de la population et un lieu d'alimentation durant des écophases particulières (flet, éperlan...)

- pour les espèces euryhalines d'origine marine, l'estuaire de la Loire est un site privilégié servant de support trophique aux fractions juvéniles des populations : sole (Solea solea), crevette grise (Crangon crangon), Sprat (Sprattus sprattus), bar (Dicentrarchus labrax), anchois (Engraulis encrasicolus). Ce rôle de nourricerie permet à l'estuaire d'être considéré comme le réservoir de recrutement de ces espèces dont les zones de pêche dépassent très largement les limites géographiques estuariennes.

L'estuaire conditionne donc en partie la production halieutique de nombreuses espèces.

Comme le souligne MARCHAND et al. (1983) le maintien de la productivité d'un milieu tel que l'estuaire de la Loire, basant la vie de multiples espèces, passe par l'intégrité des facteurs suivants :

- flux énergétique de sels minéraux et des matières organiques fluviales et marines

- qualité du support hydrologique : absence de pollution chimique

- qualité du support sédimentaire permettant l'installation de communautés benthiques productives. La richesse des sédiments en fraction fine est indispensable au maintien des peuplements animaux et végétaux, d'où l'importance des vasières latérales

- extension des aires intertidales productives et leur stabilité hydrodynamique.

Ces auteurs concluent leur étude en signalant que le secteur polyhalin de l'estuaire (c'est à dire situé entre St Nazaire et Paimboeuf, donc la zone du terminal méthanier de Montoir) est le secteur fondamental de l'estuaire de la Loire et sa contribution à la richesse du système en ressources benthodémersales est primordiale. De plus, les zones préférentielles de fréquentation et de regroupement des espèces ichtyologiques dans le secteur polyhalin sont les milieux naturels et anciens qui n'ont pas subi directement les aménagements. Ceci est aussi vrai pour le macrozoobenthos dont les principales réserves sont situées dans ces zones. On conçoit donc l'intérêt qu'il y a à préserver les derniers milieux naturels de ce secteur qui constitue encore, par son niveau actuel de richesse, le "poumon" de l'estuaire.

De façon directe, la pêche joue encore un rôle économique important dans l'estuaire.

Les principales espèces pêchées sont :

- la crevette grise, dans l'estuaire externe (au large de St Nazaire) (DURAND, 1983)

- le flet, la sole, l'anguille d'avalaison, les lamproies, le saumon, le mullet et surtout la civelle. Le tableau 1 donne le calendrier des principales pêches d'après les débarquements observés à Paimboeuf.

En tonnage, les anguilles représentent les plus fortes quantités, suivies de civelles. Viennent ensuite les crevettes grises, les flets, les mullets, les aloses et les lamproies.

Dans un rapport récent (ANON, 1985), la civelle d'anguille est présentée comme l'espèce primordiale pour les pêcheurs côtiers et fluviaux de la façade atlantique. Elle procure 40 à 60 pour cent et sans doute plus du revenu annuel des pêcheurs professionnels qui exploitent cette ressource, de décembre à avril. Les estuaires de la Loire et de la Vilaine fournissent 70 à 80 pour cent de la production enregistrée sur l'ensemble du littoral atlantique.

L'estuaire de la Loire a donc une place privilégiée dans cette économie halieutique. La production de civelles est fluctuante et les tonnages débarqués (d'après les Affaires Maritimes des secteurs Loire) ont été entre 1980 et 1984 de 509, 288, 266, 239 et 168 t respectivement. En 1983/84, 439 navires ont participé à cette pêche (246 navires de professionnels inscrits maritimes, 48 navires de professionnels fluviaux et 145 navires d'amateurs fluviaux). L'activité civelière est donc importante en Loire, même si l'abondance des dernières montées n'est plus que de 30 pour cent du maximum observé en 1977-78.

L'estuaire de la Loire est donc une zone d'intérêt biologique fragile, que l'aménagement industriel risque de déstabiliser, entraînant une modification profonde de l'écosystème. Ceci risque de se répercuter au niveau d'activités économiques dont la pêche représente le maillon central.

Il est donc important d'essayer de conserver un niveau élevé de productivité biologique dans l'estuaire et de surveiller l'impact des modifications anthropiques du milieu sur l'écosystème estuarien.

## 1.2 - Place du terminal méthanier dans le système écologique estuarien

### 1.2.1 - Installations du terminal

Le terminal méthanier de Montoir a été construit sur une vasière remblayée de la rive droite de l'estuaire de la Loire, un peu en amont de St Nazaire et en aval des raffineries de Pétrole de Donges (fig. 1).

Le terminal se situe donc au niveau du secteur polyhalin de l'estuaire, zone considérée comme essentielle dans le fonctionnement de l'écosystème estuarien.

Avant expédition et transport par gazoduc, depuis le terminal, le méthane liquide apporté par voie fluviale doit être transformé en gaz sur le site. Pour ce faire, il est réchauffé dans un échangeur thermique dont la

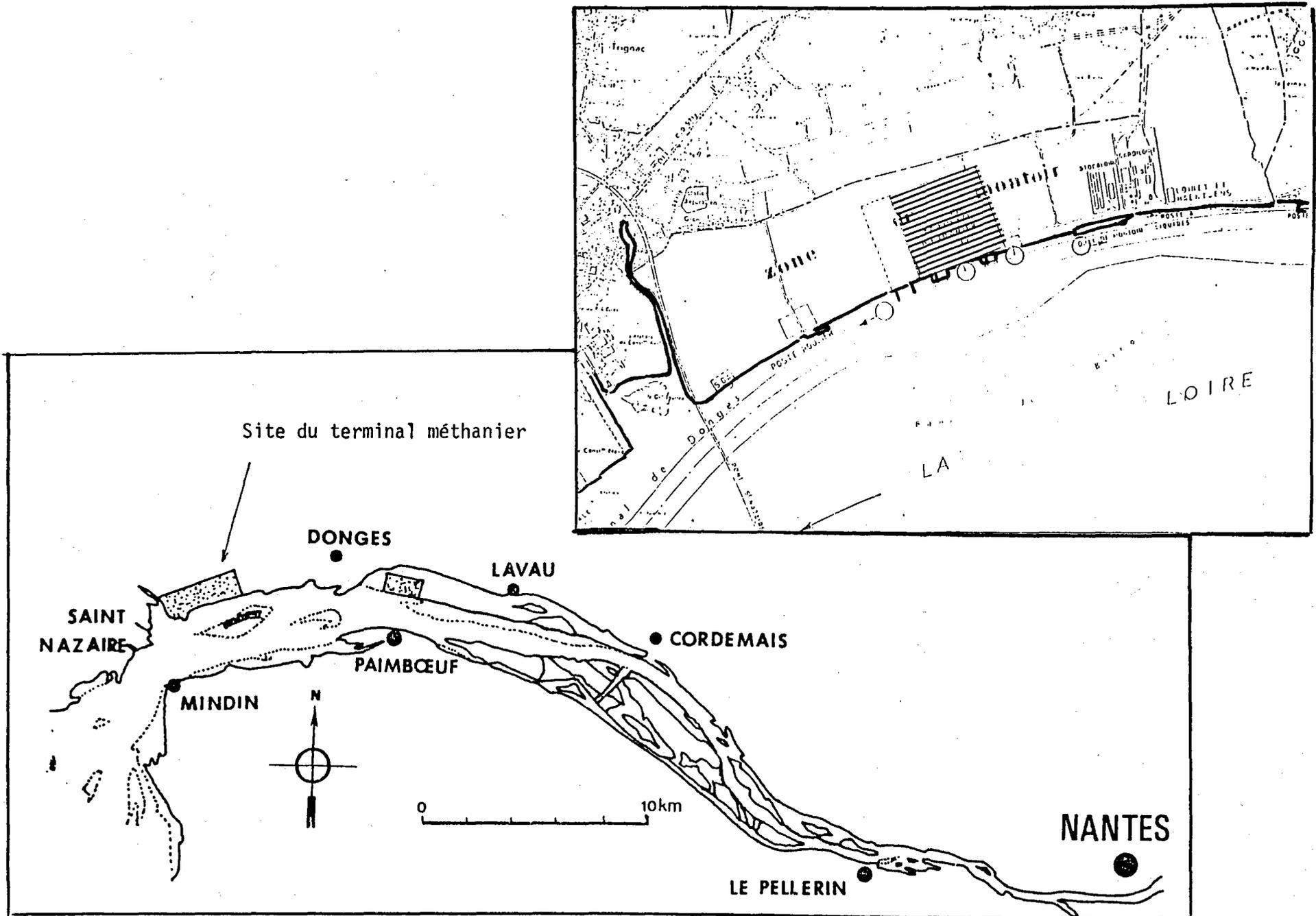


Figure 1 : Situation du terminal méthanier de Montoir sur l'estuaire de la Loire.

source chaude est constituée par l'eau de Loire. Celle-ci est pompée en grande quantité (de 500 000 à plus de 1 000 000 m<sup>3</sup>/jour), filtrée puis envoyée dans le système de réchauffement et rejetée en Loire.

L'ensemble du système de pompage est représenté à la photographie 1. Il comporte (dans le sens d'arrivée de l'eau) :

- 4 prises d'eau flottantes situées à une vingtaine de mètres de la berge (photo 2)

- un système de dégrillage grossier (photo 3), de maille 4 cm destiné à récupérer dans des bennes latérales tous les organismes ou déchets de grande taille. Un "rateau" mécanique récupère automatiquement tout ce qui est plaqué sur la grille et l'envoie dans les bennes latérales

- 2 filtres rotatifs (photo 4) d'environ 15 m de diamètre de 6 m de large (tambour de Beaudrey), recouverts d'un tamis métallique de maille carrée (1,5 mm) et garnis de godets, empêchent les particules et organismes de diamètre supérieur de transiter dans le système de réchauffement du gaz. Les civelles et la plupart des alevins sont retenus par ces filtres. Ce maillage induit donc un comportement différent des espèces par rapport aux tambours de filtration (3 mm de maille) utilisés à la centrale thermique de Cordemais (LASSUS et al., 1982).

Les tambours sont situés dans une cuve d'amenée des eaux où ils sont partiellement immergés. Lors du pompage de l'eau de Loire, les organismes et détritiques qui arrivent dans cette cuve se plaquent sur la partie immergée du filtre, par l'action des courants d'aspiration.

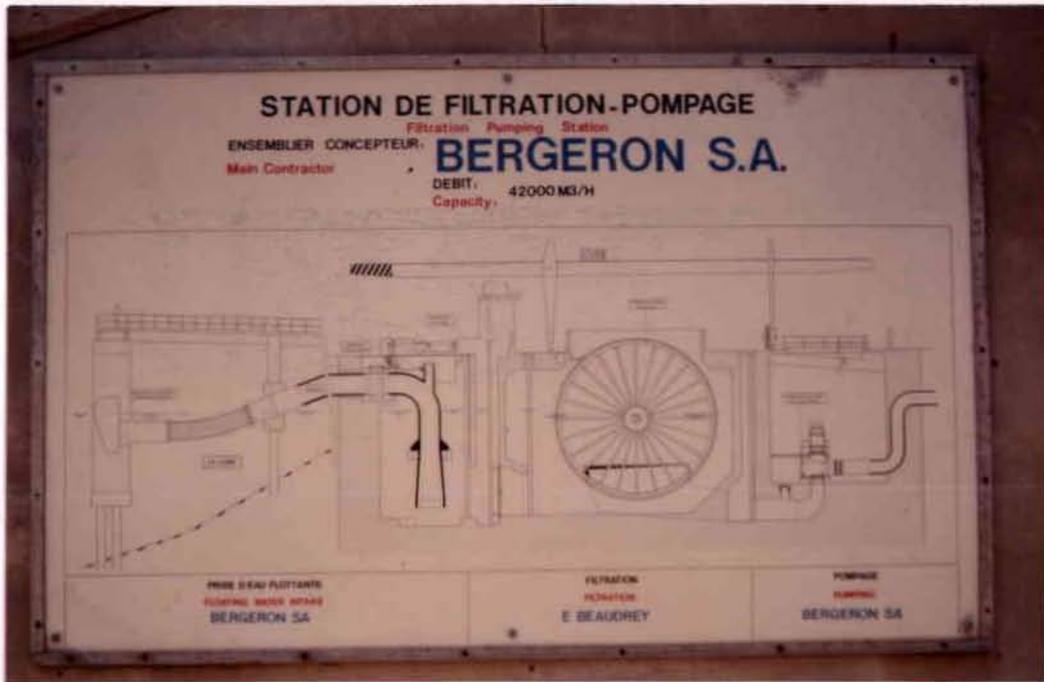
Les tambours ne tournent automatiquement que lorsque leur colmatage dans la cuve d'amenée des eaux est suffisant pour entraîner une perte de charge importante au pompage. La mise en route des filtres permet à une rampe de nettoyage, dirigée de l'intérieur vers l'extérieur du tambour de décolmater par un jet de lavage à haute pression, les organismes et détritiques plaqués sur le tambour (photo 5). Les eaux de lavage, organismes et détritiques sont évacués par un ensemble de caniveaux (goulotte) qui rejoignent les eaux de la Loire.

#### 1.2.2 - Sources de nuisance

Le terminal méthanier de Montoir, de par son mode de fonctionnement est donc en liaison avec l'écosystème estuarien. L'impact de ce système industriel sur le système biologique de l'estuaire peut se situer à plusieurs niveaux :

- tout d'abord, le système de pompage, qui, tout en prenant de l'eau, aspire une certaine fraction de la faune estuarienne

- ensuite le rejet des eaux froides évacuées en Loire à la fin du processus de réchauffement du gaz



1

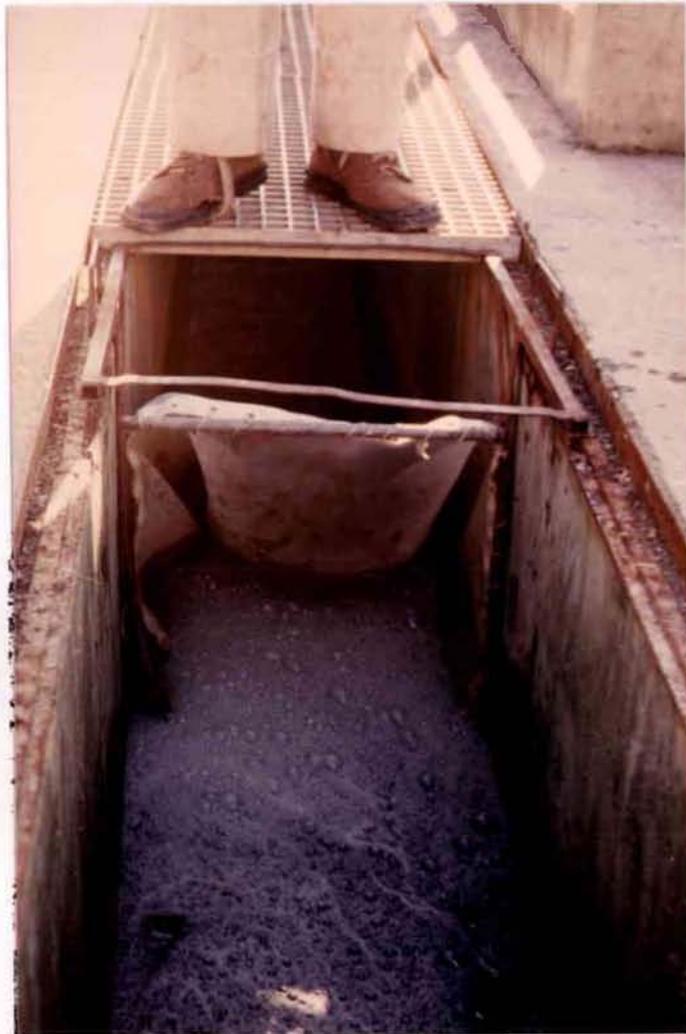


2

**3****4**



5



6

- puis, de façon saisonnière (en été), le rejet d'eaux chlorées destinées au nettoyage du circuit des eaux de refroidissement (évitant ainsi la fixation de salissures dans les tuyauteries)

- enfin, il faut rappeler que la déprédation la plus grave a été le comblement de la vasière pour la construction du site.

ANON (1977) signale d'ailleurs qu'une vasière nue est souvent plus productive qu'une forêt ou une prairie et qu'elle peut produire jusqu'à 30 tonnes de matière sèche à l'hectare et par an !

Parallèlement, le terminal participe avec les autres industries de l'estuaire au creusement du chenal de navigation.

Il convient donc d'essayer de quantifier l'impact de ces diverses sources de nuisance, tant au niveau écologique qu'économique (action sur la pêche par exemple ?) et de le replacer dans l'ensemble des effets liés aux activités industrielles et urbaines et subits par l'écosystème estuarien.

## 2 - L'ETUDE D'IMPACT

### 2.1 - Programme de recherche idéal

La surveillance du milieu estuarien, et plus particulièrement la relativisation de l'impact du terminal méthanier de Montoir, doit comporter au minimum deux volets :

- un suivi sur le site permettant de quantifier les destructions brutes exercées sur la faune par le système de réchauffement du gaz

- un suivi sur l'estuaire, dont le protocole doit permettre de déceler toute altération significative de l'équilibre du milieu estuarien.

La mise en oeuvre d'un protocole permettant d'estimer le premier point est tout à fait réalisable. Le second point est quant à lui problématique, comme le soulignent BOIGONTIER et MOUNIE (1984) qui n'ont pu qu'établir une corrélation significative entre la biomasse détruite par la centrale du Blayais et des chalutages expérimentaux effectués simultanément devant le site. Toutefois, ils n'ont pas pu relativiser, avec leur protocole, l'impact de la centrale sur le niveau des captures chalutées en Gironde. TURNPENNY (1983) arrive à des conclusions similaires, ne pouvant que prévoir, par un modèle mathématique, les quantités capturées par le système de pompage des centrales, sans réussir à en relativiser l'impact sur les espèces étudiées. Quoiqu'il en soit, l'étude de l'évolution de paramètres écologiques suppose la connaissance d'un état de référence (état "zéro"), caractérisant le bilan des connaissances acquises avant la modification du milieu. Dans le cas du terminal méthanier de Montoir, cet état fait défaut. Ainsi, l'impact du comblement de la vasière pour l'installation du terminal ne peut pas être estimé.

De plus, des points essentiels sont encore inconnus dans la biologie et l'écologie de certaines espèces (rôle dans les réseaux trophiques, mortalité naturelle, estimation des densités transitant devant le terminal...). La relativisation de l'impact reste donc actuellement hors de portée.

Cependant, la formulation d'un diagnostic sur l'évolution des ressources ichthyologiques de l'estuaire peut passer par l'analyse de séries temporelles. Il faudrait ainsi établir la collecte de données de façon pluriannuelle. Un protocole de chalutages expérimentaux du type de celui effectué par MARCHAND et al. (1983) pourrait être proposé, moyennant quelques modifications.

Une telle analyse repose donc sur un travail pluridisciplinaire (ichtyoplancton, plancton, benthos) et sur le suivi de plusieurs sites industriels afin d'estimer la part relative prise par chacun d'eux lors de l'étude de tel ou tel phénomène (destruction brute de la faune ou influence de rejets thermiques ou influence de rejets chimiques...).

Par ailleurs, le rôle biologique de l'estuaire dépassant largement son cadre géographique (les jeunes poissons quittent l'estuaire et rejoignent d'autres lieux de pêche), il faudrait aussi enquêter auprès des professionnels (enquête en criée, carnets de pêche...) afin de connaître la dynamique des espèces commerciales dépendant de l'estuaire (crevette grise, sole, flet, etc...).

Si dans un premier temps on ne s'intéresse qu'aux destructions brutes exercées sur la faune par le terminal, le protocole de surveillance pourrait être amélioré par une stratification de l'échantillonnage afin de tenir compte des conditions hydrologiques fluctuantes de l'estuaire. En effet, le niveau des observations sur le site diffère :

- selon la saison,
- selon le débit fluvial,
- selon le coefficient de marée.

De plus le site de Montoir étant soumis fortement à l'influence de la marée, l'idéal serait de faire des observations au cours d'un cycle tidal et si possible de le poursuivre sur 24 heures afin de quantifier les différences nycthémérales.

A ceci doit pouvoir s'ajouter des études planctonologiques et l'analyse des mortalités occasionnées par le système de pompage. Ces mortalités sont peut être différentes des quantités piégées par le système, si l'on considère qu'un retour en Loire des poissons est possible lorsque les tambours sont nettoyés, à condition que les chocs subis par la faune transitant dans ce circuit n'induisent pas de mortalité supplémentaire (d'où l'étude de la mortalité immédiate et différée des diverses espèces ayant subi ce transit).

Les observations sur le site pourraient être complétées par des séries de prélèvements simultanés au regard du terminal. Il serait alors possible de comparer la part relative de la faune (structure des peuplements) passant effectivement sur les filtres de Montoir et celle existant réellement dans l'estuaire au même moment. Ce type d'analyse permet en effet de savoir si ce système de pompage est sélectif, ne prenant qu'une fraction déterminée des populations.

Le suivi sur le site même du terminal ne permet donc que de connaître le niveau brut des destructions, ce qui, en soit, est déjà un renseignement précieux pour les dynamismes des populations qui peuvent injecter ce résultat dans le vecteur des diverses sources de mortalité existant dans l'estuaire.

Il est donc possible de chiffrer ce type d'impact mais très difficile de le relativiser, ni par rapport aux diverses espèces considérées (maintien du potentiel génésique), ni par rapport aux autres impacts. C'est vraisemblablement pour cette raison que la plupart des études d'impact similaires à celle du terminal méthanier de Montoir sont, dans un premier temps, le moyen d'obtenir et de compléter les données nécessaires à la connaissance de la dynamique de la macrofaune estuarienne (BOIGONTIER et MOUNIE, 1984 ; LASSUS et al., 1982 ; CTGREF, 1978 ; VAN DEN BROEK, 1979, 1980).

Ces données sont nécessaires si l'on désire, par exemple, conseiller des aménagements des installations moins meurtriers pour la faune, au vu de ces résultats : saisons critiques pour certaines espèces, voies de migrations dans l'estuaire (en surface, près des berges, à marée haute...) etc..., et donc de prendre toutes les précautions utiles si le cas de figure est défavorable aux installations.

Sur un milieu aussi riche et complexe que l'estuaire de la Loire, la conception d'un protocole de surveillance du milieu n'est pas simple. Ce problème a pour origine un essai tardif de définition du milieu (MARCHAND et al., 1983) après la mise en place des installations industrielles. Aussi, la relativisation de l'impact peut rester longtemps dans le domaine de l'abstrait, jusqu'au moment où l'activité économique de la pêche s'en ressentira de manière irréversible. Si la nécessité de la mise en place d'un protocole de surveillance n'est plus à prouver, il faudrait que celui-ci soit suffisamment performant pour permettre une approche la moins biaisée possible, des effets des perturbations industrielles sur l'écosystème.

## 2.2 - Programme de surveillance mis en place à Montoir

### 2.2.1 - Nature des impacts analysés ; contrat G.D.F. de surveillance

Le contrat G.D.F.-IFREMER de surveillance ne prévoit que le suivi sur le site de l'ichtyofaune piégée par le système de pompage et le contrôle de la température de l'eau de Loire (prise d'eau et rejet en Loire).

Ce programme ne répond donc pas aux critères d'optimalité définis précédemment, d'une part en raison de sa monospécificité (seule l'ichtyofaune a été étudiée) et d'autre part en raison du protocole adopté (seul un suivi sur le site a été effectué). Aucune comparaison entre la faune piégée dans le système de pompage et celle réellement présente au même moment dans l'estuaire n'a pu être faite.

Cependant, ce programme peut être considéré comme une première approche des problèmes d'impact puisqu'il a permis d'en dégager les traits principaux.

### 2.2.2 - Origine des impacts sur l'ichtyofaune - Paramètres étudiés

Les causes de mortalité de l'ichtyofaune dans les ouvrages de prise d'eau sont multiples et il est vraisemblable que certaines agissent en synergie. Les contraintes successives auxquelles sont soumis les organismes aspirés sont :

- l'entraînement dans la tête de prise d'eau et les galeries d'aménée où la vitesse du courant est d'environ 2 m/s. Autrement dit, la plupart des poissons et en particulier la majorité des juvéniles

et alevins ainsi que les civelles d'anguille ne peuvent pas lutter contre le courant entrant. On rappelle, pour mémoire, que la vitesse maximale du courant contre lequel peut lutter une civelle est de 30 cm/s

- un séjour prolongé dans le bassin d'amenée des eaux (où sont situés les tambours filtrants), entraînant la mort des organismes si ceux-ci ne sont pas évacués suffisamment tôt

- le placage sur les filtres rotatifs où sont associées plusieurs contraintes :

- \* nage forcée devant le tambour pour les organismes bons nageurs (épuisement des animaux)

- \* placage sur la maille filtrante en partie immergée (risque d'asphyxie par blocage des branchies)

- le décolmatage par les jets haute pression de lavage des filtres. Les organismes subissent (après un séjour à l'air libre) des traumatismes importants dus à la puissance des jets et à la violence des chocs contre les parois de la goulotte de récupération

- le rejet en Loire, au cours duquel les organismes subissent un transit de plusieurs dizaines de mètres dans des caniveaux bétonnés, avec des chocs éventuels le long des parois.

Les paramètres étudiés ont donc été :

- les quantités d'organismes pompés en Loire, estimées par le biais de pêches au niveau du canal d'évacuation des eaux de rinçage (goulotte) et des bennes latérales (dégrillage grossier)

- les chances de survie de ces organismes lorsque ceux-ci ont été évacués suffisamment tôt dans la goulotte, avant leur mort quasi-certaine en cas de séjour prolongé dans le bassin d'amenée.

### 2.2.3 - Protocole d'étude

#### a - Lieux d'échantillonnage

Les échantillonnages ont lieu sur le site du terminal, d'une part au niveau du dégrillage grossier et d'autre part au niveau des tambours filtrants (observations visuelles) et des goulottes d'évacuation des eaux de rinçage.

#### b - Périodes et fréquence d'échantillonnage

Le rythme des observations sur le site a été fixé à deux par mois (environ une par quinzaine) durant l'année 1984 (de janvier à décembre). Après une rupture de contrat de surveillance de 5 mois (de janvier 1985 à mai 1985) et à la suite des résultats obtenus pour l'année 1984, il a été décidé d'alléger le protocole en ramenant le nombre d'interventions à une par mois. La période ainsi couverte s'étend de fin mai 1985 à mai 1986.

Les observations sont effectuées au moment des coefficients de marée les plus forts. La durée de chaque intervention était de quatre heures, centrée sur la pleine mer.

Le tableau 2 donne le calendrier des sorties et les heures d'interventions sur le site. Au total, 35 interventions ont eu lieu durant les deux années de surveillance, représentant 140 heures d'observations sur le site et plus de 8 heures de pêche dans la goulotte.

#### 2.2.4 - Méthodes d'échantillonnage

##### a - Eaux de nettoyage des tambours

Les observations sont effectuées le plus souvent possible (en général toutes les 15 ou 20 minutes), dans la goulotte d'évacuation des eaux de rinçage des tambours, à l'aide d'un filet de maille carrée de 2 mm de côté qui épouse exactement la forme de la goulotte (fig. 2 et photo 6). Le colmatage par les détritiques comme par la matière vivante est assez rapide, et ceci durant presque toute l'année, ce qui limite évidemment la durée de chaque pêche. Celle-ci dure en moyenne entre 30 s et 1 mn (parfois plusieurs minutes lorsque cela est possible). Ces pêches permettent d'estimer la quantité de poissons évacuables qui passe sur un filtre en rotation durant ce même laps de temps. La puissance relative du jet de rinçage ne permet pas à certains poissons (généralement la fraction adulte de la plupart des espèces recensées) d'être évacués dans la goulotte. Ce type de pêche sous-estime donc les quantités de poissons pénétrant dans la cuve d'amenée des eaux en ne tenant compte que des individus les plus petits.

##### b - Expériences de survie (effets des chocs mécaniques dus aux installations)

L'estimation des taux de mortalités immédiats (ou légèrement différés) se fait par capture dans la goulotte de poissons vivants que l'on place dans des seaux contenant de l'eau de Loire bien oxygénée. Après une heure de séjour dans les seaux, les poissons des différentes espèces sont dénombrés et classés en morts ou vivants. Le taux de survie des poissons qui retournent en Loire est alors estimé en calculant le pourcentage de survivants à la fin des expériences.

##### c - Observations au niveau du dégrillage grossier

Toutes les demi-heures, les grilles sont nettoyées et les poissons capturés dans les bennes de récupération sont dénombrés, pesés et mesurés.

##### d - Observations au niveau des tambours filtrants

Certains poissons, assez gros, qui passent le filtre du dégrillage grossier, restent piégés dans la cuve d'amenée des eaux et ne peuvent pas être évacués par le jet de nettoyage des tambours trop faible pour leur poids. Des observations visuelles sur les tambours en rotation permettent d'obtenir une idée qualitative de ces individus. Un comptage précis n'est cependant pas possible en raison de la vitesse de rotation des filtres trop élevée.

##### e - Pêches de plancton devant les prises d'eau

Quelques pêches de plancton ont été effectuées au filet devant les prises d'eau en Loire.

La mise en oeuvre des prélèvements a cependant été délicate en raison de la mauvaise accessibilité à cet endroit et la présence de courants changeants rendant les pêches difficiles et quantitativement non

Date	Coef. marée	Heures d'observation	Date	Coef. marée	Heures d'observation
24.01.84	70	19 h 00 - 23 h 00	10.10.84	88	15 h 00 - 19 h 00
6.02.84	73	17 h 00 - 21 h 00	26.10.84	107	15 h 30 - 19 h 30
21.02.84	89	18 h 00 - 22 h 00	7.11.84	81	14 h 00 - 18 h 00
6.03.84	81	17 h 00 - 21 h 00	21.11.84	97	13 h 30 - 17 h 30
22.03.84	71	18 h 00 - 22 h 00	10.12.84	80	15 h 30 - 19 h 30
2.04.84	89	17 h 30 - 21 h 30	21.05.85	78	16 h 00 - 20 h 00
16.04.84	113	17 h 30 - 21 h 30	4.05.85	96	14 h 30 - 18 h 30
4.05.84	78	17 h 00 - 21 h 00	2.07.85	85	13 h 30 - 17 h 30
18.05.84	77	17 h 00 - 21 h 00	19.08.85	99	18 h 00 - 22 h 00
31.05.84	84	15 h 30 - 19 h 30	19.09.85	83	17 h 00 - 21 h 00
14.06.84	84	16 h 00 - 20 h 00	15.10.85	115	16 h 00 - 20 h 00
29.06.84	83	16 h 00 - 20 h 00	13.11.85	108	15 h 00 - 19 h 00
12.07.84	75	15 h 30 - 19 h 30	12.12.85	97	14 h 30 - 18 h 30
31.07.84	87	18 h 00 - 22 h 00	9.01.86	82	14 h 00 - 18 h 00
13.08.84	81	17 h 00 - 21 h 00	14.03.86	82	17 h 00 - 21 h 00
29.08.84	109	17 h 30 - 21 h 30	27.03.86	110	15 h 00 - 19 h 00
17.09.84	48	19 h 00 - 22 h 45	9.04.86	92	16 h 00 - 20 h 00
			22.05.86	93	14 h 30 - 18 h 30

Tableau 2 : Calendrier des observations effectuées à Montoir.

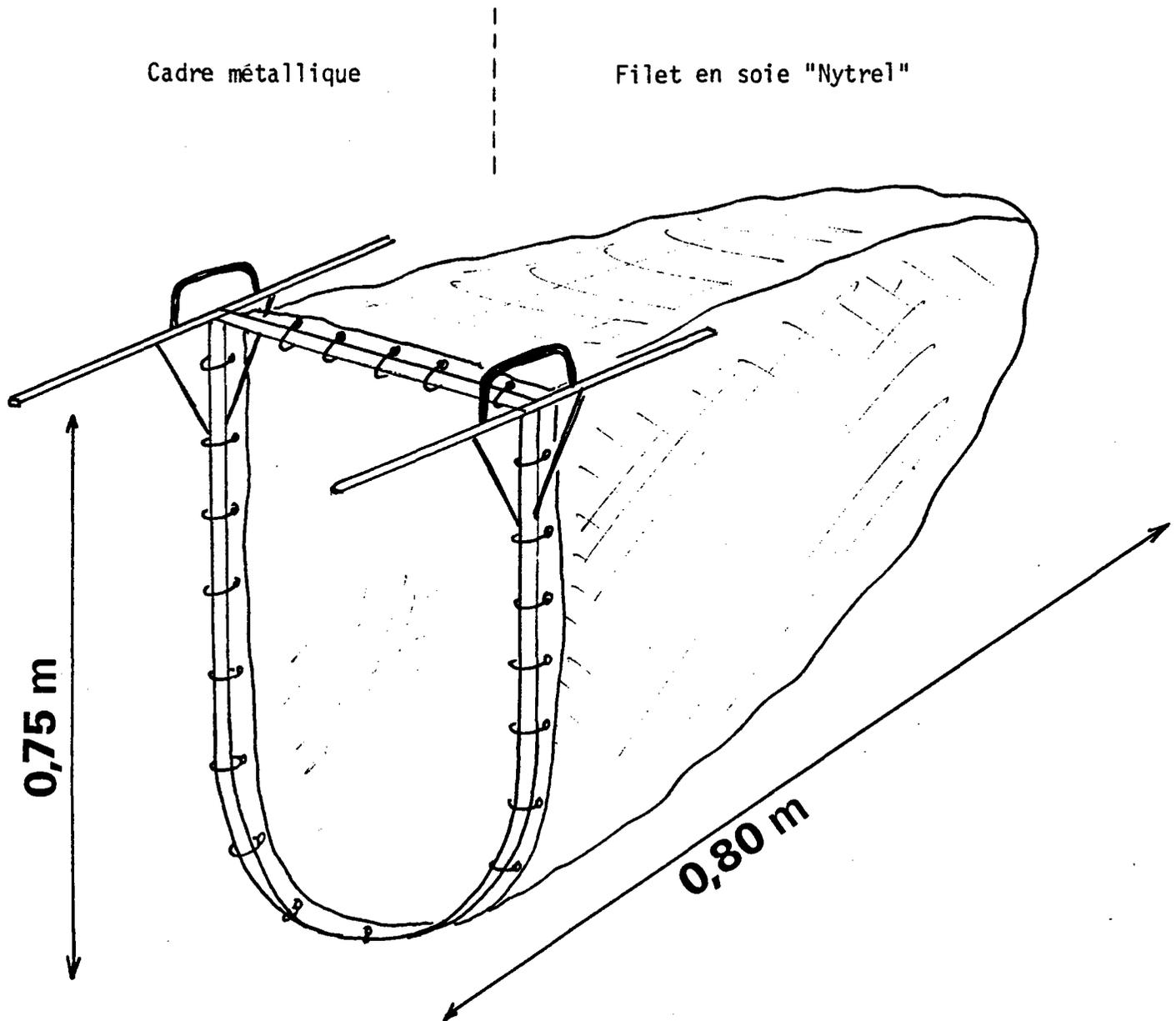


Figure 2 : Echantillonneur utilisé pour les eaux de rinçage des tambours de filtration (maillage 2 mm)

représentatives. Pour ces raisons, ce type de pêche a été abandonné. Qualitativement cependant, on a pu constater que les mêmes espèces ont été trouvées sur les tambours filtrants et dans les pêches de plancton.

#### f - Compléments d'études au laboratoire

L'ensemble des poissons prélevés sur le site est en général ramené au laboratoire où ils sont pesés et mesurés. Les espèces non identifiées sur le terrain sont alors déterminées et les comptages fastidieux (en général les larves et alevins) sont achevés.

### 3 - RESULTATS

#### 3.1 - Analyse générale

##### 3.1.1 - Les espèces piégées

##### a - Captures globales

La plupart des espèces courantes signalées dans l'estuaire de la Loire ont été observées sur les tambours ou dans la goulotte. Le tableau 3, adapté de MARCHAND et al. (1983), présente la fréquence de capture des espèces benthodémersales de l'estuaire (calculée sur des chalutages expérimentaux mensuels pendant une période de deux ans). On peut le comparer au tableau 4, qui donne, pour la période d'étude du terminal méthanier, la liste des espèces capturées, leur présence et une indication de leur abondance. Ce tableau peut d'ailleurs être complété par la figure 3 donnant un classement des espèces selon leur taux de présence au cours de la période d'étude.

On constate ainsi que les gobies sont présents toute l'année et ont toujours été observés (100 pour cent de taux de présence). Les sprats sont ensuite bien représentés avec 90 pour cent de taux de présence. Ensuite, des poissons comme l'éperlan, l'anguille ou la civelle sont régulièrement observés (70 pour cent environ) mais, au moins pour l'éperlan et la civelle, ces deux taxons sont surtout saisonniers. Aphia minuta est aussi régulièrement capturé. Les autres espèces sont plus accidentelles, soit qu'elles n'apparaissent que saisonnièrement durant un laps de temps court (juvéniles de flets ou de soles, lamproies... par exemple), soit qu'elles ne soient réellement qu'occasionnelles (épinochettes, merlan, anchois, perche...). La figure 4 permet d'ailleurs d'appréhender ce phénomène puisqu'elle présente le nombre d'individus capturés au cours de la période d'étude pour chaque espèce.

On peut constater que les gobies et sprats sont numériquement les plus nombreux et les plus constants (cf. fig. 3). Ensuite, le classement des espèces diffère légèrement de celui de la figure 3. Ainsi, si Aphia minuta n'a qu'un taux de présence de 50 pour cent environ (6ème espèce de la figure 3) le nombre d'individus capturés est élevé (4ème espèce de la figure 4) indiquant que lorsque ce poisson est présent, il l'est en quantité. Ce phénomène est d'ailleurs plus accentué pour les juvéniles de flet et de sole, saisonnièrement capturés, mais en grande quantité (6ème et 7ème espèce, en nombre).

Les poissons de fin de liste sont sensiblement les mêmes espèces dans les deux figures, indiquant qu'ils ne sont qu'occasionnels et peu nombreux dans les captures.

I C H T H Y O F A U N E	
ESPECES CONSTANTES	<i>Platichthys flesus</i> (Flet) : 75,5 % (A) <i>Osmerus eperlanus</i> (Eperlan) : 69 % (A) <i>Pomatoschistus minutus</i> (Gobie) : 51 %*(E)
ESPECES COMMUNES	<i>Solea solea</i> (Sole) : 44 % (EM) <i>Sprattus sprattus</i> (Sprat) : 40 % (EM) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Bar) : 29 % (EM)
ESPECES OCCASIONNELLES	<i>Liza ramada</i> (Mulet) <i>Crenimugil labrosus</i> (Mulet) : 24 % (A) <i>Trisopterus luscus</i> (Tacaud) : 23 % (M) <i>Merlangius merlangius</i> (Merlan) : 23 % (M) <i>Abramis brama</i> (Brême) : 13 % (EF)
ESPECES ACCIDENTELLES	
<i>Callionymus lyra</i> (Dragonnet) : 12 % (M) <i>Anguilla anguilla</i> (Anguille) : 11 % (A) <i>Ciliata mustela</i> (Motelle) : 10 % (M) <i>Engraulis encrasicolus</i> (Anchois) : 6 % (M) <i>Pleuronectes platessa</i> (Plie) : 4 % (M)  <i>Conger conger</i> (Congre) : 0,5 % (M) <i>Pagellus centrodontus</i> (Dorade) : 0,5 % (M) <i>Runiceps raninus</i> (Trident) : 0,5 % (M) <i>Clupea harengus</i> (Hareng) : 0,5 % (M) <i>Scophthalmus maximus</i> (Turbot) : 0,5 % (M) <i>Alburnus alburnus</i> (Ablette) : 0,5 % (F) <i>Limanda limanda</i> (Limande) : 0,5 % (M)	<i>Trachurus trachurus</i> (Chinchard) : 4 % (M) <i>Stizostedion lucioperca</i> (Sandre) : 3 % (F) <i>Hyperoplus lanceolatus</i> (Lançon) : 3 % (M) <i>Merluccius merluccius</i> (Merlu) : 3 % (M) <i>Syngnathus rostellatus</i> (Syngnathe) : 3 % (EM) <i>Atherina presbyter</i> (Prêtre) : 2,5 % (M) <i>Lampetra fluviatilis</i> (Lamproie) : 1,5 % (A) <i>Trachinus draco</i> (Grande Vive) : 1,5 % (M) <i>Pollachius pollachius</i> (Lieu jaune) : 1,5 % (M) <i>Mullus surmuletus</i> (Rouget) : 1,0 % (M) <i>Gasterosteus aculeatus</i> (Epinoche) : 1 % (F) <i>Ameiurus nebulosus</i> (Poissons Chat) : 1,0 % (F) <i>Alosa sp.</i> (Alose) : 1,0 % (A) <i>Chondrostoma nasus</i> (Hotu) : 0,5 % (F)
AUTRES RESSOURCES	CRUSTACES
MOLLUSQUES CEPHALOPODES	<i>Crangon crangon</i> (Crevette grise) : 74 % (EM) <i>Palaemon longirostris</i> (Crevette blanche) : 10 % (EF) <i>Palaemon serratus</i> (Crevette rose) : 3 % (EM)  <i>Carcinus moenas</i> (Crabe vert) : 38 % (M) <i>Portunus holsatus</i> : 1,5 % (M)
<i>Sepiolo atlantica</i> (Sépiole) : 0,5 % (M) <i>Loligo vulgaris</i> (Calmar) : 1,5 % (M) <i>Alloteuthis subulata</i> (Petit encornet) : 1 % (M)	

**Tableau 3** : Principales espèces benthodémersales rencontrées dans l'ensemble de l'estuaire de la Loire : fréquence d'apparition (en pourcentage) dans 249 traits de chaluts effectués entre avril 1981 et octobre 1982.

Caractéristiques des espèces : E = endémique  
 A = amphibiotique ; M = marine ; F = fluviale ; EM = euryhaline à tendance marine ; EF = euryhaline à tendance fluviale.



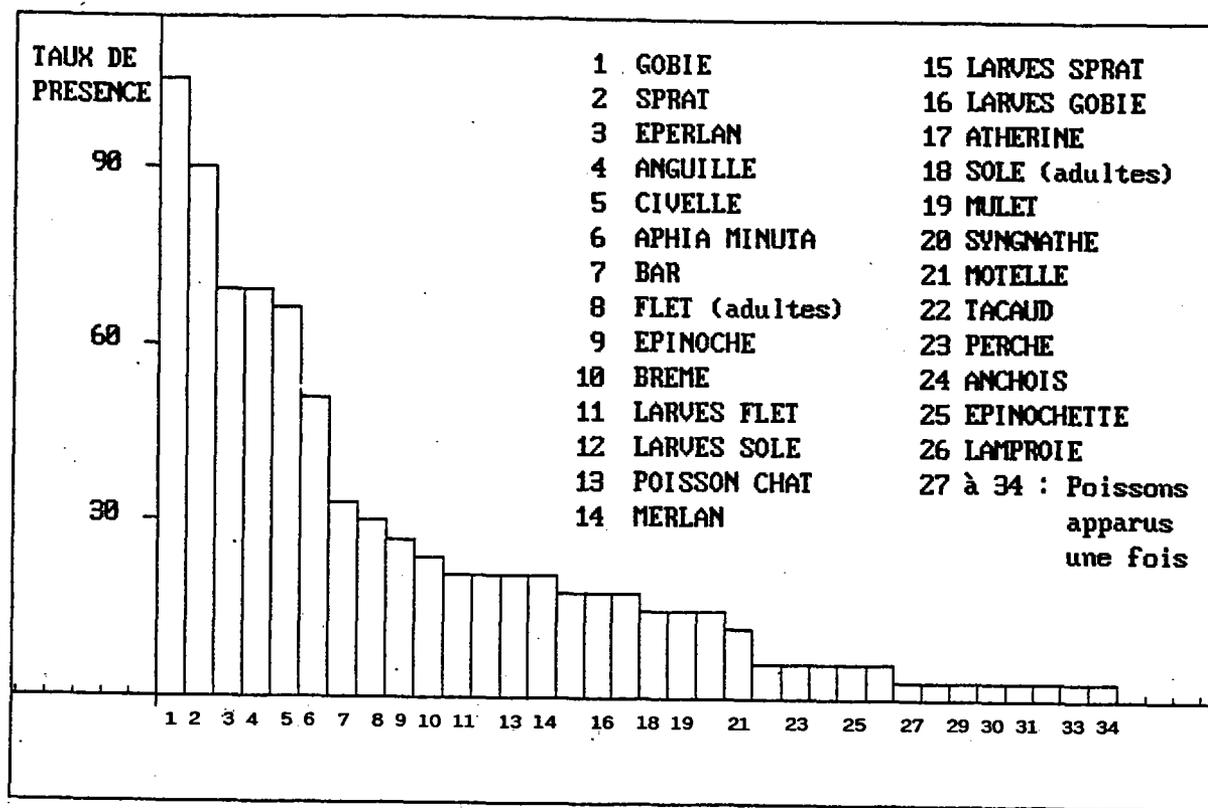


Figure 3 : Taux de présence sur l'ensemble des interventions des principales espèces capturées au terminal méthanier de Montoir.

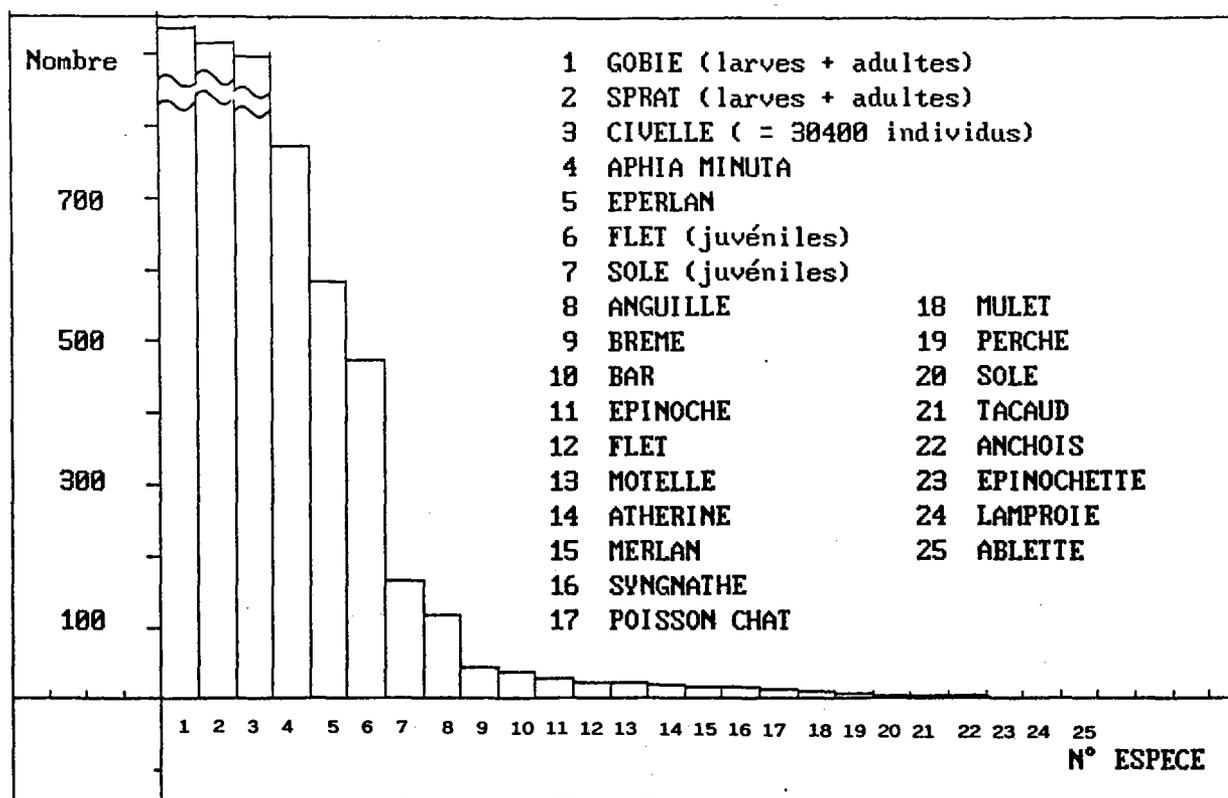


Figure 4 : Nombre total d'individus par espèce, capturés sur l'ensemble des interventions au terminal méthanier de Montoir (pêches dans la goulotte).

Parmi ces espèces occasionnelles, certaines sont effectivement peu nombreuses dans l'estuaire, ce qui justifie le faible effectif capturé. Pour d'autre, la position des prises d'eau flottante en bordure du chenal de navigation semble être un point positif. En effet, la vasière, réduite à cet endroit, ne permet qu'à un faible nombre de poissons d'y séjourner, d'autant plus que le chenal, en raison des violents courants qui y règnent, constitue un obstacle à la nage des poissons (fig. 5). Les poissons démersaux stricts, comme les adultes de flet ou de sole, ne constitueront donc pas une part importante des captures.

Les poissons pélagiques sont plus vulnérables et en particulier certains migrateurs qui longent les berges de l'estuaire. C'est le cas par exemple des civelles et dans une moindre mesure des larves et juvéniles de flet et sole.

Ainsi, les espèces capturées en grande quantité sont les gobies, les sprats, les anguilles durant la plus grande partie de l'année et, de façon saisonnière, les larves et juvéniles de certaines espèces, dont les captures sont toujours très importantes en raison de leur arrivée massive sur le site, on retiendra essentiellement les civelles (décembre à avril), les poissons plats (flet et sole en mai-juin), les larves de clupéidé (essentiellement de sprat et de gobie).

#### b - Comportement saisonnier, tidal et nycthéral des espèces

Globalement, on observe sur le site de Montoir les mêmes variations saisonnières que celles décrites par MARCHAND (1980) ou MARCHAND et al. (1983) qui ont effectué des chalutages expérimentaux sur les vasières du banc de Bilho (situé en face du terminal méthanier). Bien que ces données ne soient pas synchrones avec celles obtenues sur le site de Montoir, on constate (fig. 6) que les espèces rares ou accidentelles sont sensiblement les mêmes dans les deux types d'étude. Seuls, les flets et éperlans sont chalutés en proportions plus importantes relativement à l'ensemble de l'ichtyofaune, par rapport à ce qui est observé à Montoir. Ceci est dû, dans les études de MARCHAND, à la nature même du site de Bilho qui est une vasière au support trophique important (concentration des espèces) et à l'engin de capture (chalut) qui n'a pas du tout la même action sur la faune que les prises d'eau flottantes du terminal méthanier.

Par ailleurs, au cours d'une même sortie, on observe une évolution qualitative et quantitative de la faune en fonction de l'évolution de la marée dans l'estuaire. Ainsi certaines espèces dites "d'eau douce", comme les brèmes, les poissons chat, les perches... se rencontrent essentiellement au jusant, lorsque l'influence fluviale est plus marquée. La présence de telles espèces est d'autant plus fréquente que le débit du fleuve est important. A l'inverse, des espèces marines sont plutôt observées au moment de la pleine mer (merlan, tacaud...).

L'influence nycthérale est marquée chez certaines espèces, notamment pour les civelles dont les captures nocturnes sont toujours plus abondantes.

Ces comportements sont analysés plus en détail pour certaines espèces caractéristiques dans un paragraphe ultérieur. On peut cependant souligner que l'observation de tels comportements rend difficilement généralisable sur 24 heures les résultats obtenus sur les 4 heures de prélèvement.

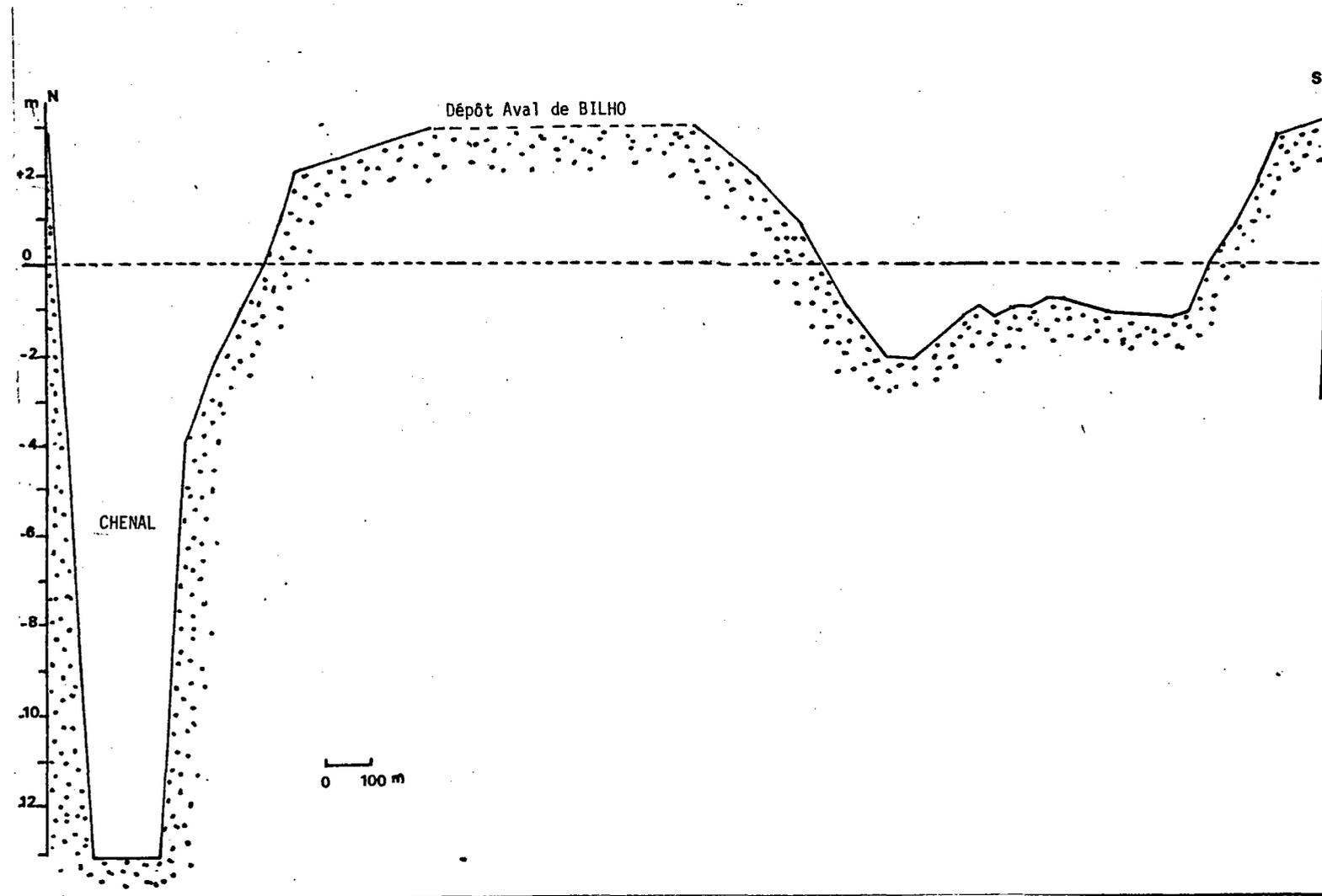


Figure 5 : Coupe transversale de l'estuaire au niveau du terminal méthanier de Montoir.

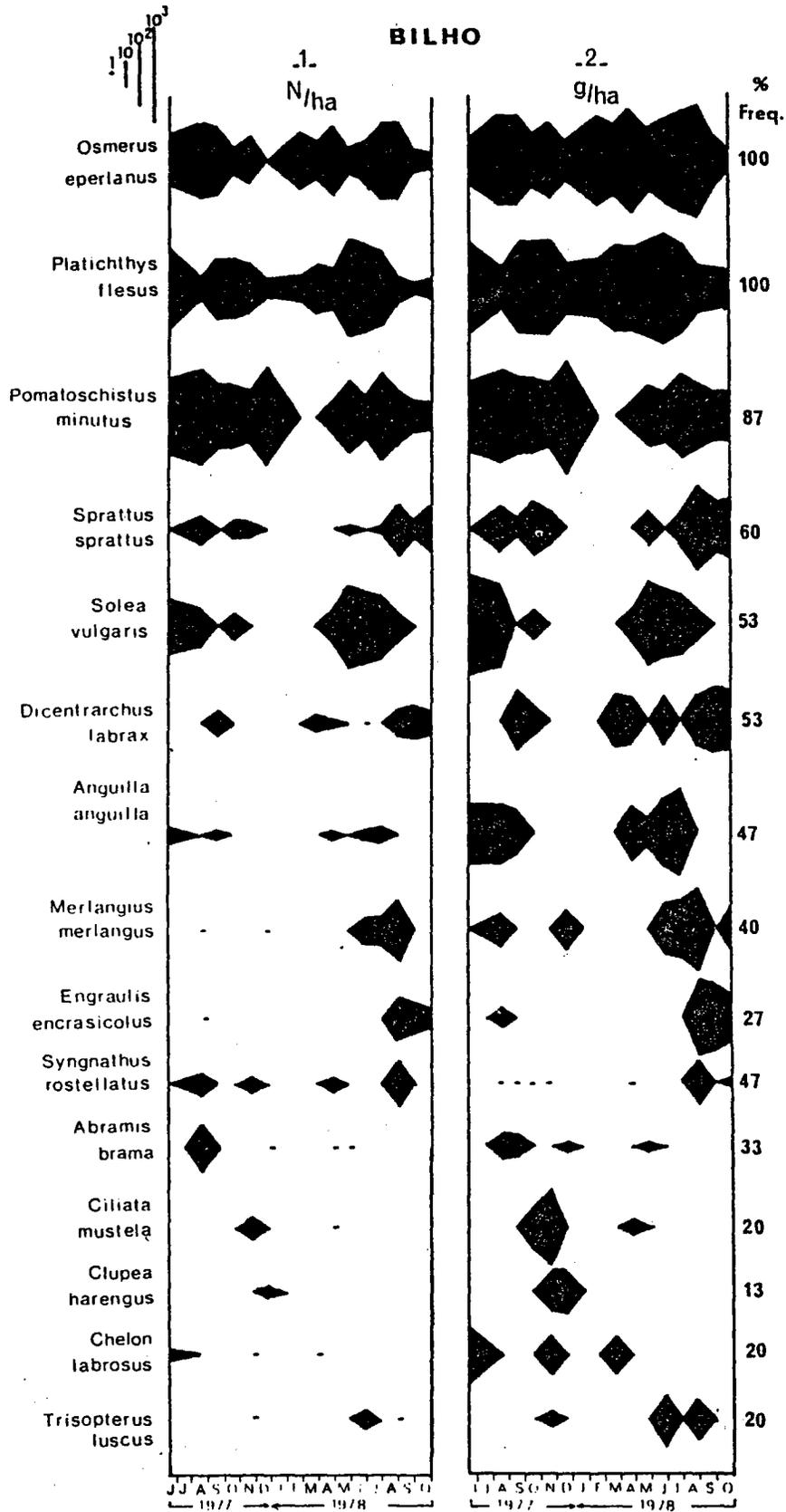


FIG. 6 — Variations saisonnières de la densité et de la biomasse (poids frais) des populations de poissons du banc de Bilho avec leurs indices de fréquence.

(MARCHAND, 1980).

### 3.1.2 - Analyse générale du dégrillage grossier

Le tableau 5 donne l'ensemble des résultats obtenus au niveau du dégrillage grossier. Seul le total des captures par campagne est indiqué. Entre parenthèses ont été données, à titre indicatif, les longueurs des poissons (en mm) récupérés dans les bennes.

De même que pour le canal de rinçage des tambours, les captures du dégrillage fluctuent qualitativement et quantitativement en fonction des saisons et des rythmes tidaux et nyctéméraux. On peut cependant différencier, comme précédemment des espèces "constantes", (ex : anguilles...), "saisonnnières" (ex : flet, merlan...) ainsi que des espèces abondantes (anguilles, sprats, merlans...) ou peu abondantes (flet, sole...).

Si le dégrillage grossier semble efficace pour les poissons de grande taille de certaines espèces (mulet, poisson chat, brème...) il l'est beaucoup moins pour des poissons comme les anguilles (ou même les flets, soles, merlans, tacauds, lamproies...) qui franchissent ce barrage et se retrouvent entraînés au niveau des tambours filtrants. On a ainsi pu observer sur les filtres, des flets, soles, merlans, tacauds, etc... de taille relativement importante (supérieur à 20 cm) ainsi que les anguilles de grande taille et des lamproies marines (parfois plus d'une dizaine d'individus par sortie durant la saison hivernale).

Ces poissons sont condamnés puisque d'une part aucun retour en Loire n'est possible (ni par le canal d'amenée des eaux où le courant est trop fort, ni à partir des bennes de récupération) et que d'autre part le jet de rinçage des tambours (lorsque ces poissons ont réussi à gagner la cuve d'amenée des eaux) n'est pas suffisamment puissant pour les évacuer dans le canal de retour des eaux en Loire.

### 3.1.3 - Analyse générale des captures dans la goulotte

Le tableau 6 donne les quantités pêchées par espèce et par sortie au niveau des eaux de rinçage d'un des deux tambours. En annexe sont donnés les détails des comptages de chaque pêche (de 8 à 16 pêches par sortie de 4 heures) pour l'ensemble des 35 interventions sur le site.

On constate que globalement, les mois d'été sont les moins productifs, seules les espèces endémiques (gobies) ainsi que les juvéniles de certaines espèces (gobies, sprat, éperlan, sole, flet) sont pêchés en quantité. La fraction adulte de ces espèces ainsi que les autres taxons ont tendance, à cette époque, à gagner les eaux plus froides de l'estuaire externe. Le rôle de nourricerie (et de nurserie) de l'estuaire apparaît donc bien à ce moment.

Comme précédemment, la saisonnalité de certaines espèces apparaît : civelles de décembre à avril, éperlan (groupe 0) en juin-juillet, larves et juvéniles de poissons plats (sole, flet) d'avril à juin, Aphia minuta au printemps...

Les espèces moins fréquentes dans le milieu et plus difficilement capturables par le système des prises d'eaux (donc mal échantillonnées d'un point de vue biologique) apparaissent parfois certaines saisons : c'est le cas des lamproies fluviatiles (mars 84) en migration de reproduction ou des motelles (mois d'hiver) ou des très jeunes mulets.

Date	Mulet	Anguille	P.chat	Sprat	Flet	Merlan	Sole	Brême	Eperlan	Bar	Syngnathe	Tacaud	Anchois	Achérine	Lançon	Motelle	Sandre	Saumon Truite	
24.01.84		1 (340)	1 (180)	9 (140-130)	1														
6.02.84		1 (334)	1 (220)																
21.02.84	Aucune capture																		
6.03.84				1										3					
22.03.84		1 (185)		8 (80-130)															
2.04.84	1 (250)	6		27 (97-172)								1 (190)		1 (63)	1 (56)				
16.04.84		8 (173-300)		5 (71-94)	2		1 (160)												
4.05.84	1 (605)	27		4	3	2													
18.05.84	1 (585)	2		7 (46-72)		1 (150)													
31.05.84	3 (600)	41 (150-320)			1 (284)	7 (100)													
14.06.84	1 (400)	22 (132-347)	1 (195)	2 (113)	1 (240)			1 (415)											
29.06.84		91 (200-321)		1 (86)	3 (60-70)	5 (104-137)													
12.07.86		47 (140-307)		1 (47)		1		7 (100)				1 (134)							
31.07.86		45 (150-360)			2	1		3 (100)	1 (100)										
13.08.86	3 (390-490)	47 (140-305)		1		4													
29.08.86		83 (150-310)		4			1 (108)												
17.09.86	Pas de dégrillage grossier : travaux de maintenance																		
10.10.84				183 (150)	1	15 (120)		5 (60)				2	1				1 (150)		
26.10.84		11		14	1 (225)	22 (100-210)													
7.11.84		1			1	4 (100)													
21.11.84		2		1														1 (420)	
10.12.84		1		2															
21.05.85		22 (170-430)	2 (220)		1 (150)		1 (125)	1 (90)											
4.06.85		41 (150-400)																	
2.07.85	Pas de dégrillage grossier																		
19.08.85		7 (210-360)				6	1 (190)												
19.09.85		4 (150-250)		n ( $< 100$ )		1 (100)		n ( $< 100$ )				1 (100)							
15.10.85	Aucune capture																		
13.11.85	2 (300)	2 (200)		2 (70)					2 (70)										
12.12.85				5					1			1 (230)				2		1 (350)	
9.01.86	1 (150)		1 (200)	8 (100)															
14.03.86	Aucune capture																		
27.03.86	Aucune capture																		
9.04.86	1 (320)	3 (230)	1 (200)						1 (200)										
22.05.86		5 (200-300)	5 (230)															1 (150)	

Tableau 5 : Résultats globaux en nombre des captures au niveau du dégrillage grossier durant la période d'étude (entre parenthèses, indication de la gamme des longueurs en mm).

Date	Durée totale prélèvement	Civelle	Gobie	Alevin Gobie	Sprat	Alevin Sprat	Larve Flet	Flet	Larve Sole	Sole	Eperlan	Brème	Aphis	Athérine	Anguille	Poisson chat	Syngnathe	Mulet	Tacaud	Lamproie fluviatile	Epinoche	Merlan	Bar	Morelle	Perche	Epinochette	Turbot (larve)	Anchois	Ablette	
24.01.84	20	8 052	29		8						5				2	1		4							2					
6.02.84	33	6 011	50		7						4				1	5		1							2					
21.02.84	19	2 498	25		7						1	4	3				1													
6.03.84	11	2 557	495		5						1			13					1	1										
22.03.84	18	3 628	88		22		2				1	2	259	1	1				2		1	1								
2.04.84	10	1 041	11	> 100	6	> 100					3	2	41				2													
16.04.84	10.5	151	50			97	2	3			3	4	6																	
18.05.84	5	19	40	787	10	481	15	8							3							2								
31.05.84	4	1	> 50	> 1000	24	> 1000	5	7														2	2			1				
14.06.84	7	1	> 100	> 1000	> 50	> 500	92	23			1																			
29.06.84	7		531		57		1			1	1				3												1			
12.07.84	10		458		98		1				26																			
31.07.84	17.7	1	102		81										12								2							
13.08.84	19		121		22	4									1							1								
29.08.84	17		180		6										15								1							
17.09.84	15		1		22																									
10.10.84	15		209		28						1	13	10		1			1					2							
26.10.84	15	1	239		33		1					16	1	1									5	1						
7.11.84	14		65	618			1						50				2						1							
21.11.84	12	5	42	549	2										1	1	6						2	1	4	3				
10.12.84	13	302	354		12		1						32										8	9	15					
21.05.85	10	8	> 1000		101		169	29				1	9															2		
4.06.85	3.5		448		105		125	38			293		18		8															
2.07.85	12	1	749		245			2			166												1	3						
19.08.85	15.5		542		2					1	9				7									5						
19.09.85	19		121		31					1	41				5									4						
15.10.85	11.5		28		11						2		3		14								1	3						
13.11.85	20.5		55		22		4			1	2			1	23				1					4				1		
12.12.85	14	56	32		13		7				8				7				2					7						
9.01.86	25	1 258	269		24		2				12				2	3								5		1	1			
14.03.86	10	1 280	20								1		29	2	4	2														
27.03.86			39		1		1				1			2	6	2													1	
9.04.86	11.5	250	108		> 1000						1		193		1	1	4													
22.05.86	11	18	> 1000		663		65		56			3	14		1									6						

Tableau 6 : Résultats globaux, en nombre, des captures au niveau de la goulotte durant la période d'étude.

### 3.1.4 - Remarques sur les échantillonnages

#### a - Sites d'accès

Sur le site, les accès pour l'échantillonnage sont réduits : bennes de dégrillage grossier et canal d'évacuation des eaux de rinçage des tambours.

Le problème est donc de savoir si l'échantillonnage de ces deux points donne une image non biaisée (qualitative et quantitative) de la faune piégée par le système de pompage.

Des observations visuelles effectuées sur les tambours en rotation montrent qu'en fait, il existe une fraction de la faune qui réussit à passer le dégrillage grossier mais pas à être évacuée par la goulotte de rinçage. L'exemple le plus frappant est celui des anguilles qui ne sont évacuées dans la goulotte que lorsque leur taille est inférieure à 200 mm. Les individus plus gros (en moyenne de 200 à plus de 400 mm) sont parfois arrêtés par le dégrillage grossier mais, le plus souvent, passent dans la cuve d'amenée des eaux et ne sont plus que visuellement observables puisque le jet de rinçage ne peut pas les décolmater du tambour.

Ce type de phénomène se produit avec d'autres espèces, dont les plus touchées sont : les merlans, les tacauds, les flets, les soles, les bars, les éperlans, etc... et donc certains individus, bien que de taille dépassant 200 mm passent le dégrillage grossier mais ne peuvent pas être évacués par la suite. Seuls les poissons de taille inférieure à 100-120 mm sont susceptibles d'être rejetés dans le canal de rinçage des tambours.

Ainsi, la fraction de population de la plupart des poissons, comprise entre 100 et 120 mm de longueur totale n'est pas échantillonnée sur le site. Un remède à ce problème serait de pouvoir effectuer des comptages visuels sur les tambours en rotation. Malheureusement, la vitesse de rotation des filtres est, à Montoir, trop élevée pour effectuer ce genre d'étude.

L'échantillonnage, tel qu'il a été pratiqué à Montoir, sous-estime donc les quantités piégées puisqu'il ne tient pas compte d'une partie des populations, souvent importante en estuaire (jeunes poissons en fin de période de grossissement estuarien).

Ainsi, nombre de poissons qui pourraient retourner en Loire se trouvent condamnés dans les cuves d'amenée des eaux.

#### b - Conditions de travail

L'échantillonnage a parfois été difficile en raison de la présence d'eaux turbides (bouchon vaseux et crème de vase) qui colmatent rapidement le filet de pêche. Ce phénomène est plus ou moins présent à chaque sortie et est plus ou moins actif selon la saison, le coefficient et l'heure de la marée.

Au début de chaque intervention, l'échantillonnage a été gêné par la présence de nombreux poissons morts provenant d'un séjour prolongé dans les cuves et encrassant les tambours filtrants.

Le non-nettoyage des filtres avant les observations rend délicat les comptages des quantités exactes de poissons transitant dans le système de pompage car il est souvent difficile de distinguer dans le filet les poissons

morts depuis quelques heures, des vivants venant juste d'être aspirés. Pour cette raison, les tris ont dû être effectués sur le site où la distinction morts-vivants est plus aisée qu'au laboratoire où l'ensemble des poissons est trié mort.

L'idéal aurait été de pouvoir travailler sur des eaux de rinçage des tambours propres, c'est à dire ayant tourné pendant 1 à 2 heures avant le début des prélèvements.

### c - Protocole

Le protocole suivi (4 heures d'observations centrées sur la pleine mer) ne permet qu'une approche grossière des quantités piégées dans le système de pompage. En effet, vu les rythmes tidaux et nycthémeraux des espèces, il est vraisemblable que la période d'observation ne donne qu'une image biaisée des phénomènes observables sur 24 heures.

A ceci s'ajoute les problèmes liés au milieu estuarien, fluctuant. Ainsi, l'extrapolation des résultats au mois d'échantillonnage doit pouvoir tenir compte de l'action conjuguée du débit fluvial et du coefficient de marée. Or, peu d'observations ont été effectuées durant des coefficients de mortes eaux.

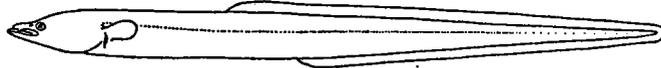
Pour ces raisons, on se gardera de donner des chiffres exacts de calculs globaux des quantités piégées par le terminal : la variance serait trop importante pour en faire des données réellement exploitables. On ne donne donc que des chiffres bruts, caractéristiques de la période étudiée (c'est à dire en conditions tidales et temporelles bien précises).

## 3.2. - Analyse de quelques espèces représentatives de l'écosystème

### 3.2.1 - Anguilles et civelles

#### a - Anguilles adultes

*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)



Les anguilles sont capturées toute l'année. Malgré les imperfections de l'échantillonnage concernant ce taxon, on peut cependant remarquer que les captures sont globalement plus importantes durant la période estivale (fig. 7).

La gamme de taille des poissons retenus par le système de pompage est étendue puisqu'elle s'étend de moins de 100 mm à plus de 400 mm, et ceci, quel que soit le jour d'échantillonnage (fig. 8).

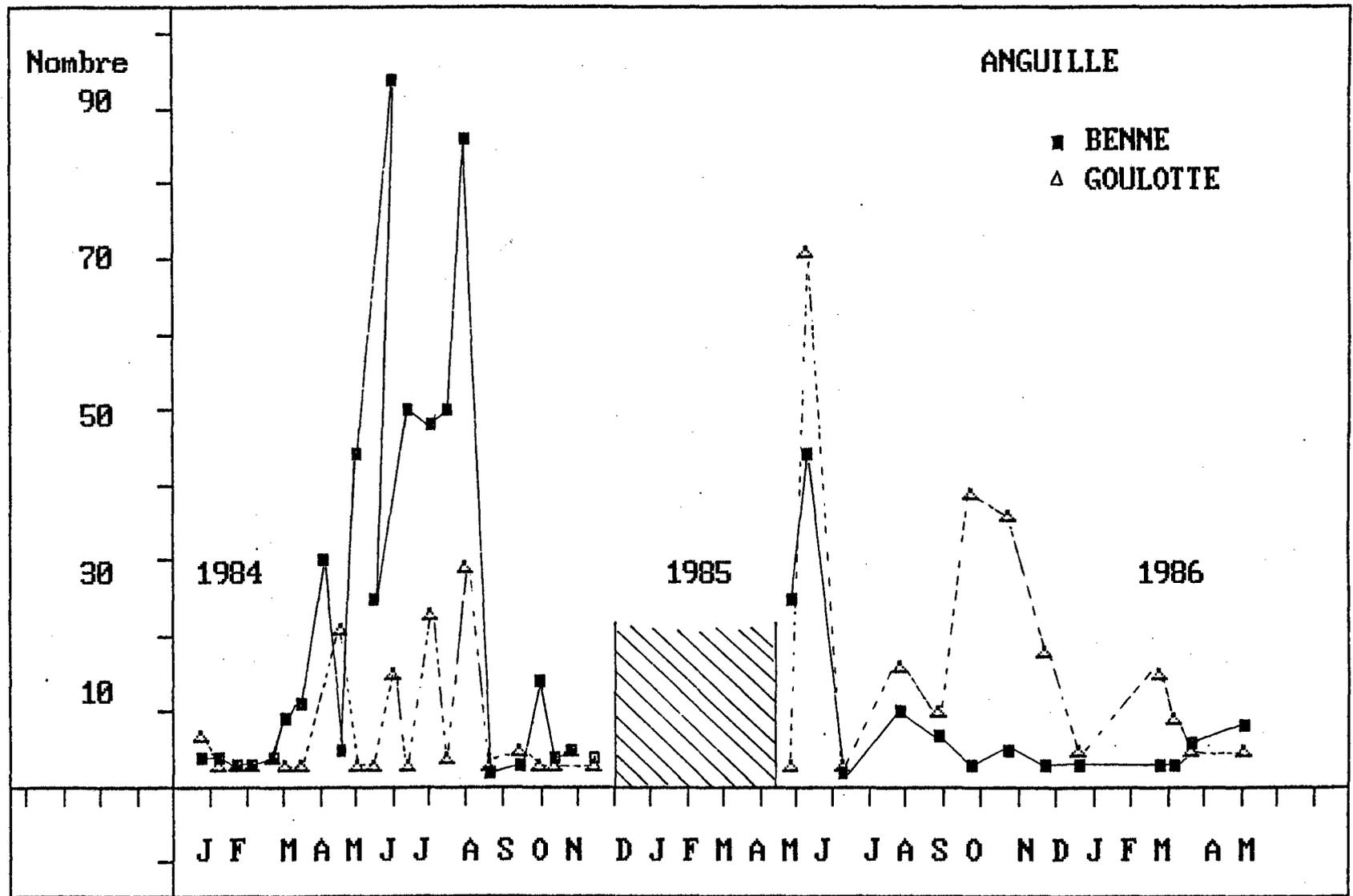


Figure 7 : Evolution saisonnière pendant la période d'étude des captures d'anguilles adultes retenues dans les bennes et à la goulotte (pour 30 mn de pêche).

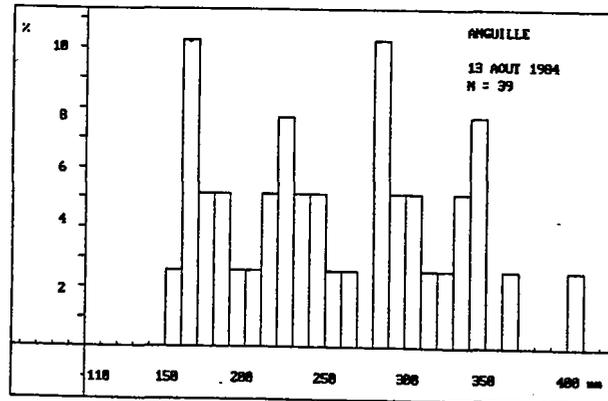
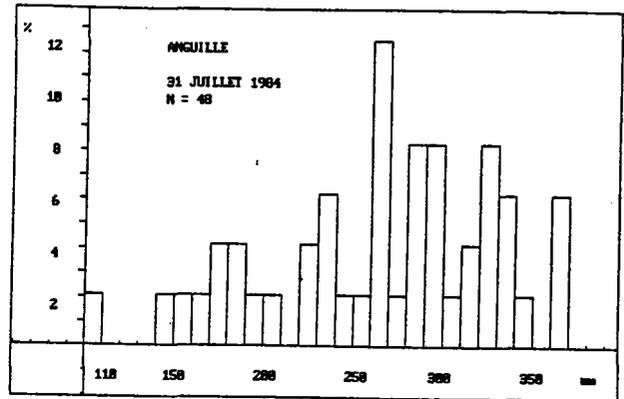
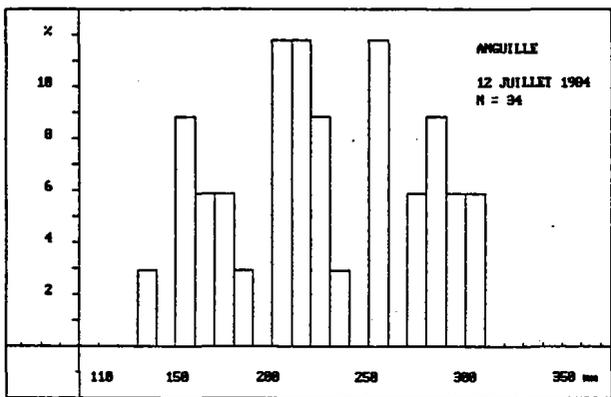
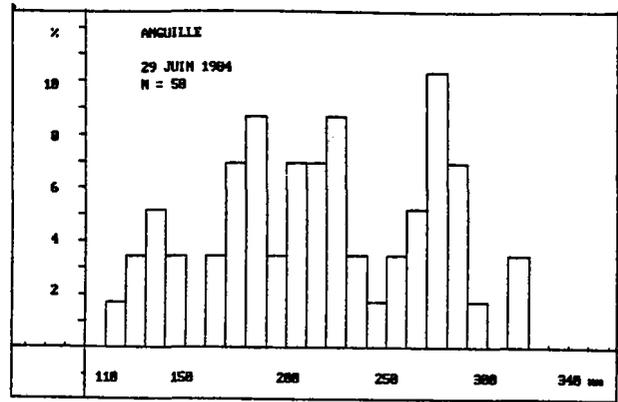
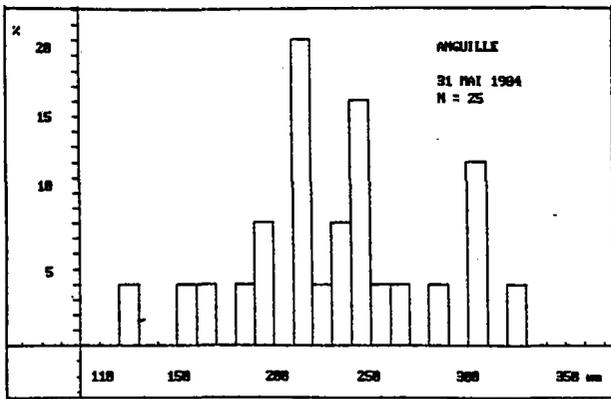


Figure 8 : Quelques histogrammes de taille obtenus par journée d'échantillonnage, pour les anguilles adultes.

On a déjà signalé que la majeure partie des anguilles adultes piégées par le système de pompage est condamnée : les anguilles stoppées par le système de dégrillage grossier sont déversées dans les bennes à ordures où aucun retour en Loire n'est possible. Tous ces individus, pour la majorité en bon état physiologique, sont donc destinés à une mort certaine. Les anguilles qui franchissent le dégrillage sont définitivement piégées dans les cuves d'aménée des eaux où seuls quelques jeunes individus (de taille inférieure à 150 mm) sont susceptibles d'être évacués par la goulotte. Le restant, séjourne donc longtemps au niveau des tambours où elles subissent souvent d'importants chocs mécaniques (dont les traces sont visibles), avant de mourrir.

Il faut noter que le même problème se pose pour toutes les lamproies (marines et fluviales) piégées par le système de pompage.

Le taux de survie pour ces individus est donc de 0 pour cent et, en considérant le nombre des captures, l'impact du terminal nous paraît important sur les anguilles adultes.

#### b - Les civelles

Les civelles apparaissent de façon saisonnière : de novembre à avril-mai (fig. 9). Les pêches de 1984 ont été les plus productives, avec un pic de capture en janvier. En 1984-85, les premières civelles sont apparues fin novembre mais il n'a pas été possible de suivre leur évolution en raison de l'arrêt de la surveillance de janvier à mai 1985. En 1985-86, la saison civelière a pu être suivie dans son ensemble. Les captures, moins abondantes qu'en 1983-84, montrent cependant la même saisonnalité, avec un pic apparaissant en janvier-février.

Le comportement tidal et nyctéméral de la civelle est aussi très caractéristique. En conditions nocturnes, la civelle apparaît en forte densité au moment de la pleine mer. Cette densité peut être d'ailleurs plus de 10 fois supérieure à celle observée 2 heures avant ou après la pleine mer. Il existe donc un véritable pic tidal (fig. 10).

Lorsque la pleine mer se situe en conditions diurnes, peu avant la tombée de la nuit, on constate que le maximum des captures de civelle a lieu lorsque les conditions nocturnes sont établies (indépendamment de la marée) (fig. 11). La civelle est donc un poisson à rythme nyctéméral et tidal prononcé. Il acquiert, durant ce rythme, un comportement pélagique qui le rend vulnérable au système de pompage du terminal.

On conçoit donc, dans ces conditions, qu'il paraît dangereux d'extrapoler à un cycle de 24 heures le nombre des captures obtenues sur 4 heures d'observations centrées sur la pleine mer.

L'ensemble des civelles piégées par le terminal se retrouve sur les tambours filtrants. La maille du filtre est suffisamment petite pour éviter aux civelles de passer dans le circuit de réchauffement du gaz (à l'inverse de ce qui est observé à la centrale E.D.F. de Cordemais (LASSUS et al., 1982)). Les civelles sont, de plus, facilement évacuées pendant la rotation des tambours par les jets de nettoyage, en raison du faible poids individuel de ces larves. Les individus résistent bien à la pression et aux chocs mécaniques qui en découlent, et sont évacués vivants dans la goulotte de rejet en Loire. Le taux de survie immédiat est de 100 pour cent et le taux de survie différée (une heure après le prélèvement) est également très proche de ce chiffre.

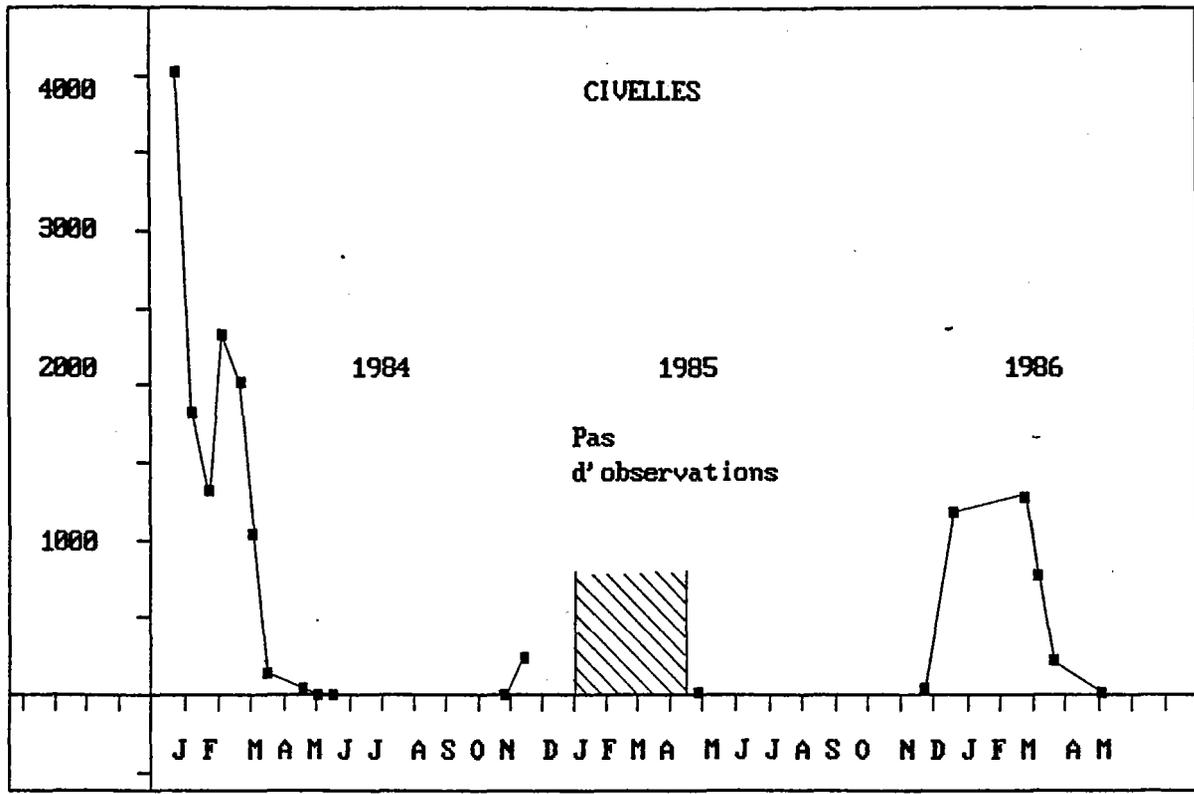


Figure 9 : Evolution saisonnière, pendant la période d'étude, des captures de civelles (nombre pêché dans la goulotte pour un rendement horaire de 10 mn).

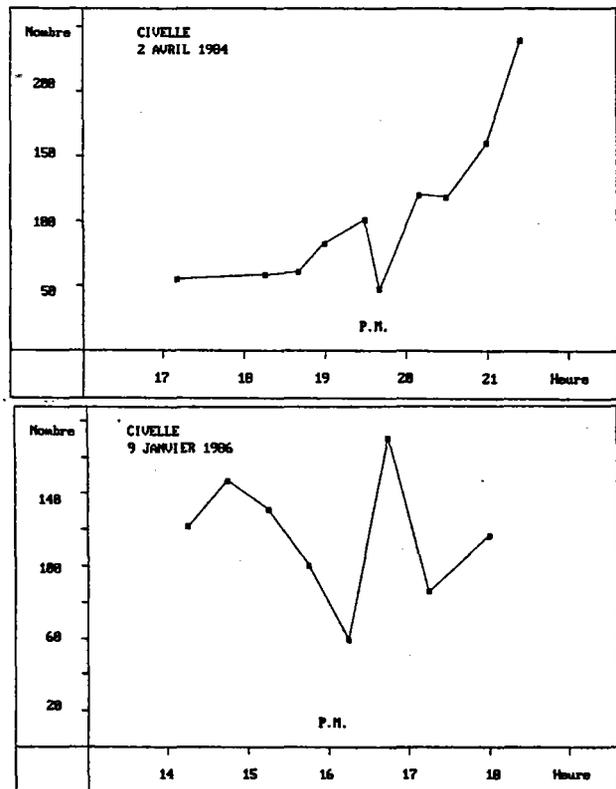
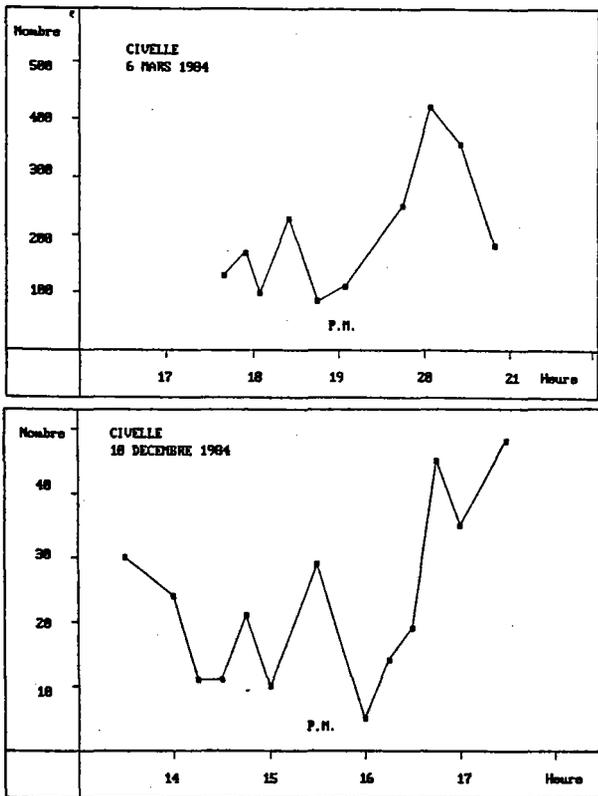


Figure 10 : Variations tidales des captures de civelles (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement), au cours d'un cycle nocturne.

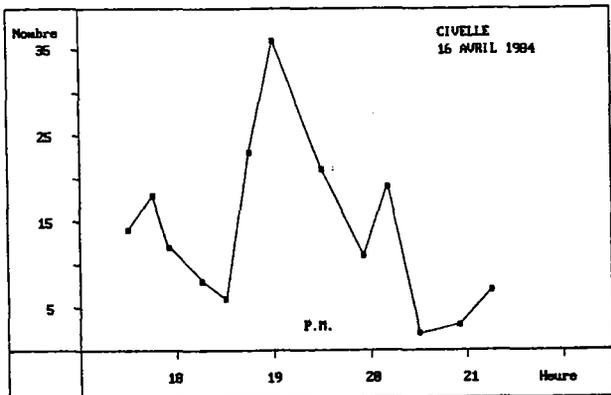
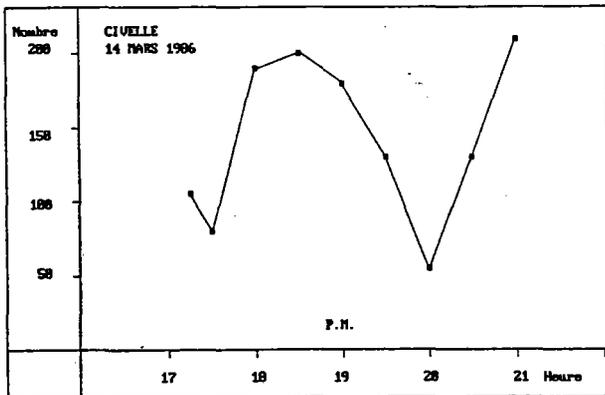
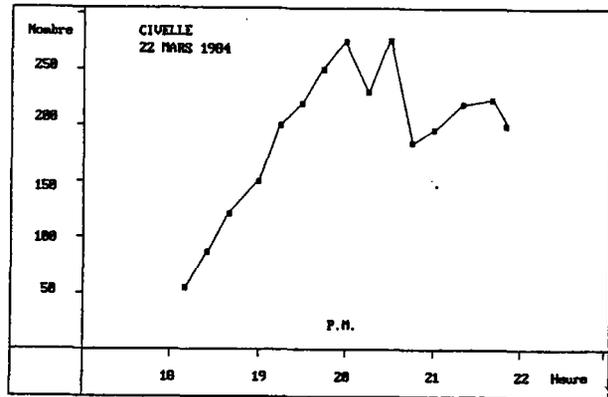
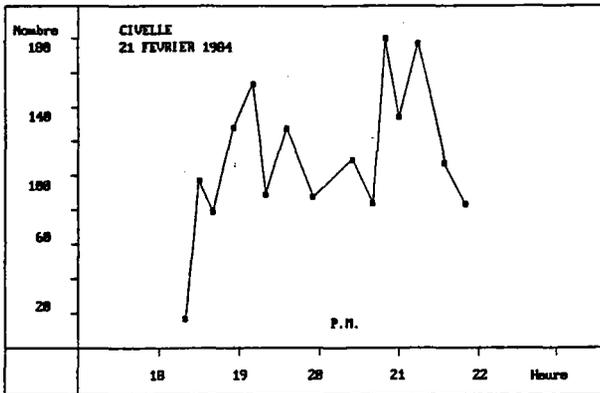
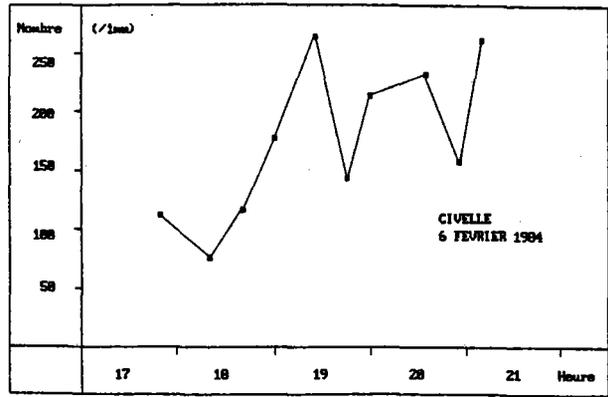
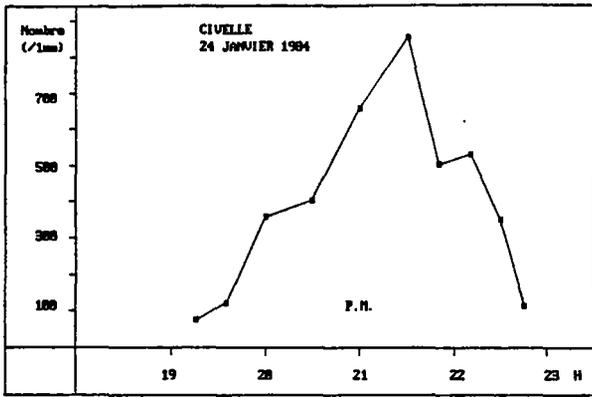


Figure 11 : Variations nycthémerales des captures de civelles (nombre pêché dans la goulotte pour 1 m par prélèvement), au cours d'une surveillance débutant en conditions diurnes.

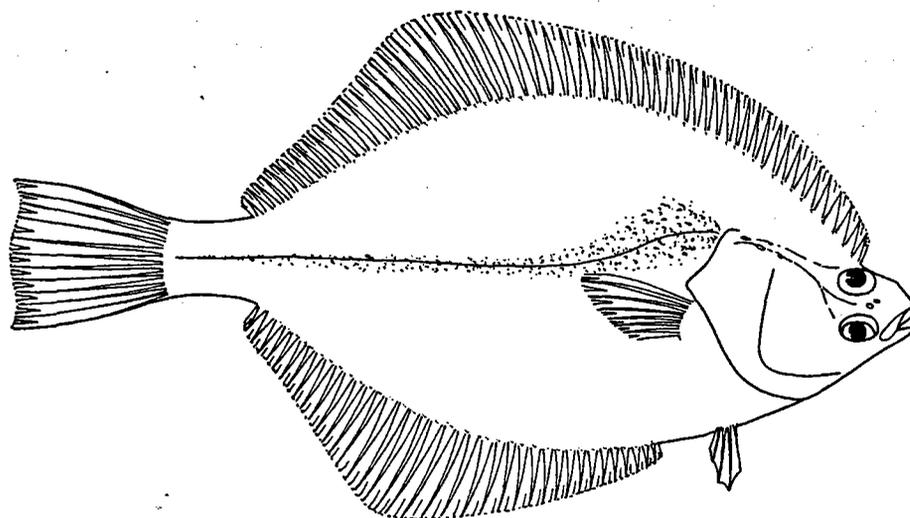
Toutefois, il faut signaler la présence de nombreuses civelles mortes en début des interventions sur le site, indiquant que celles-ci ont séjourné de façon trop prolongée dans les cuves d'amenée des eaux. Ceci est dû à la fréquence de rotation des tambours qui est beaucoup trop faible.

L'impact du terminal pourrait donc être réduit en augmentant la fréquence de nettoyage des tambours.

### 3.2.2 - Les poissons plats

#### a - Le flet

*Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)



On a déjà souligné que peu de poissons plats adultes étaient capturés dans le système de pompage du terminal en raison de la position des prises d'eau flottantes en bordure du chenal de navigation.

Il n'en est pas de même des larves et juvéniles de ces espèces qui ont un comportement plus pélagique que les adultes.

Par exemple, le flet n'est capturé sur le site que de façon très saisonnière : en mai et juin pour l'ensemble 1984-85-86. En 1984, les observations de larves et juvéniles de flet ont débuté dès avril, avec un pic de présence en juin.

Ce pic a aussi été observé en juin 85 et les dernières observations d'avril-mai 1986 ont mis en évidence la présence de larves et juvéniles de cette espèce (fig. 12).

Les histogrammes des longueurs, établis à chaque intervention montrent bien qu'il s'agit de larves et juvéniles dont les longueurs varient entre 10 et 60 mm (fig. 13). L'histogramme de décembre 1985 montre la croissance de ces poissons puisque les tailles sont alors comprises entre 60 et 140 mm, par rapport à juin où seuls les individus de moins de 60 mm ont été capturés.

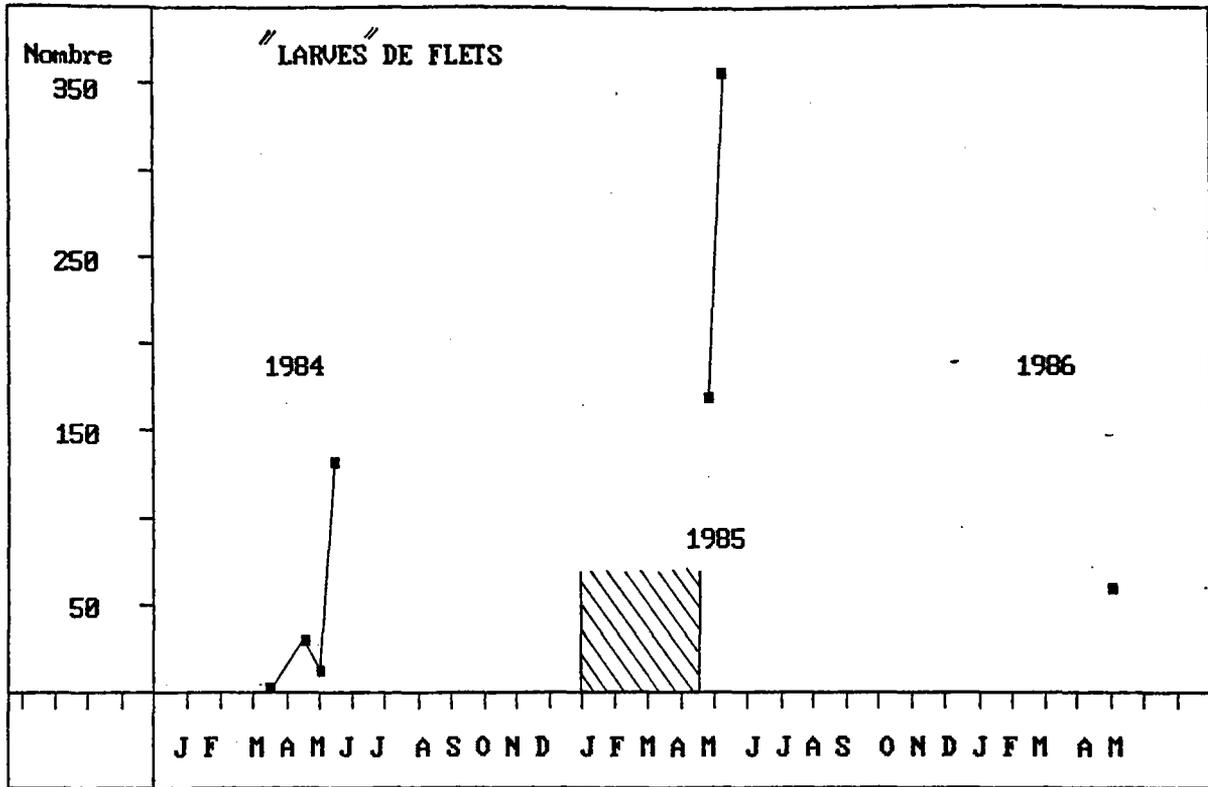


Figure 12 : Evolution saisonnière, pendant la période d'étude, des captures de larves et juvéniles de flet (nombre pêché dans la goulotte pour un rendement horaire de 10 mn).

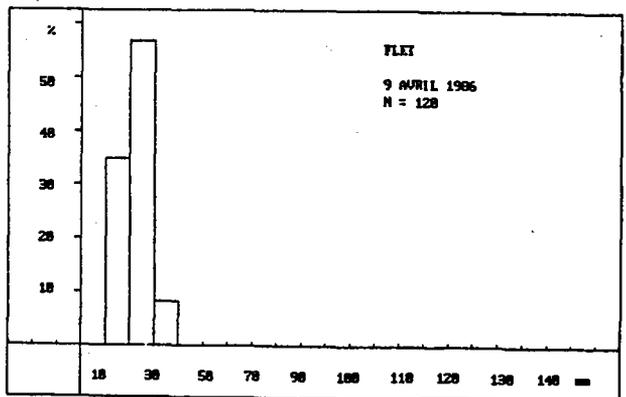
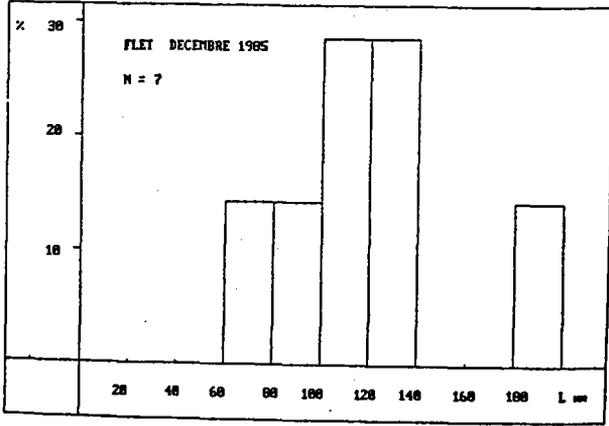
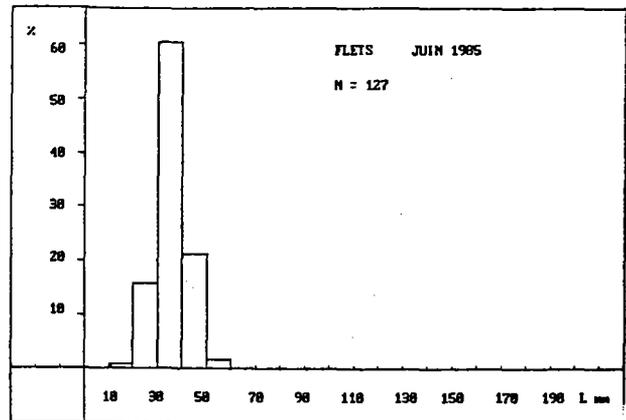
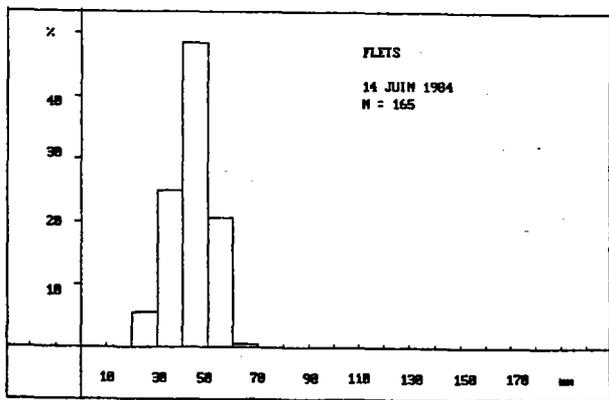


Figure 13 : Histogrammes des longueurs des flets capturés à Montoir.

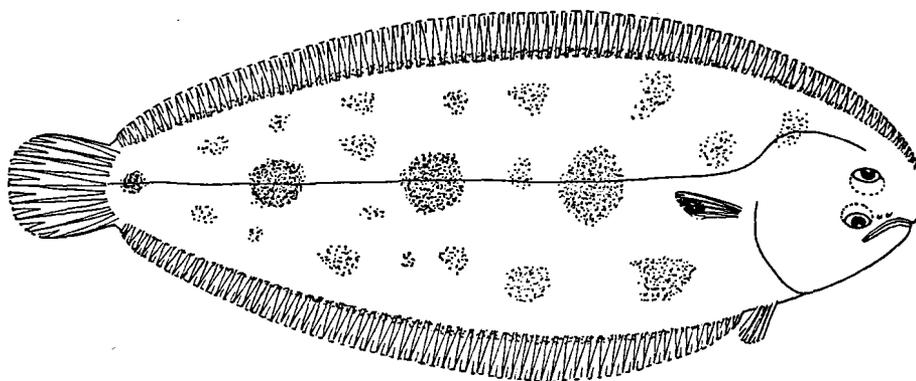
Le rythme tidal des larves et juvéniles de flet est très marqué puisque cette espèce apparaît essentiellement au flot, avec en général un pic de présence au moment de la pleine mer (fig. 14).

Là encore, la généralisation des observations à un cycle de 24 heures risque de biaiser fortement les résultats.

De même que pour les civelles, les larves et juvéniles de flet sont tous retenus au niveau des tambours filtrants. Leur résistance aux chocs mécaniques est grande puisque leur taux de survie différé est de 95 pour cent. Toutefois, la même remarque que pour les civelles s'impose : une rotation plus fréquente des tambours, diminuant le temps de séjour dans les bassins d'amenée des eaux, réduirait la fraction de juvéniles morts à la suite d'un séjour prolongé dans ces cuves.

b - La sole

*Solea solea* (Linnaeus, 1758) [*Solea vulgaris*]



Comme le flet, la sole est surtout capturée à Montoir au moment de sa migration en estuaire : les larves et juvéniles viennent du large dans l'estuaire et y séjournent quelques mois pendant lesquels l'estuaire constitue une véritable aire de nourricerie pour ces poissons plats.

Flet et sole sont d'ailleurs des variations saisonnières quasi-identiques : les larves et juvéniles de sole apparaissent à Montoir en mai-juin (fig. 15), avec cependant un léger retard par rapport aux flets qui peuvent être plus précoces.

Le pic d'abondance se situe généralement en juin et l'espèce disparaît rapidement des captures dès juillet, comme le flet.

Les histogrammes des longueurs montrent que ces larves et juvéniles de sole sont comprises entre 12 et 50 mm (fig. 16).

Le rythme tidal de ces juvéniles est moins marqué que pour le flet. Cependant, on constate que le maximum des captures se situe autour de la pleine mer (fig. 17).

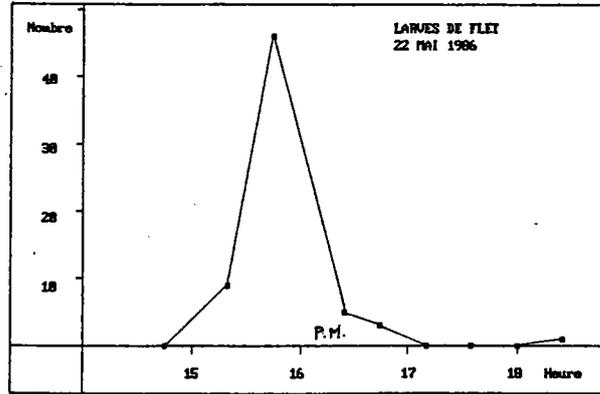
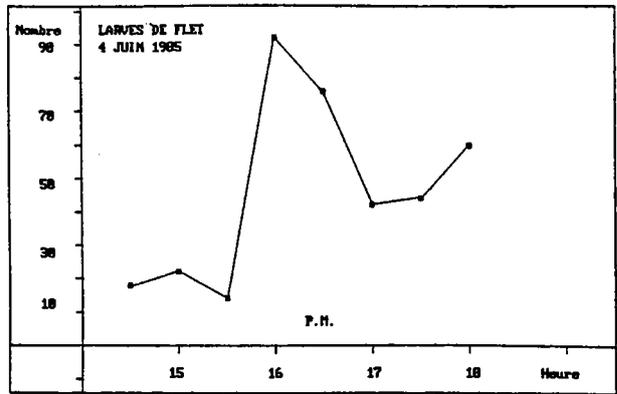
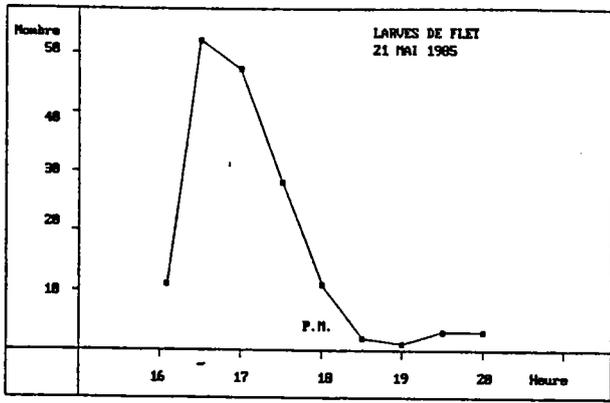


Figure 14 : Variations tidales des captures de larves et juvéniles de flet (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement).

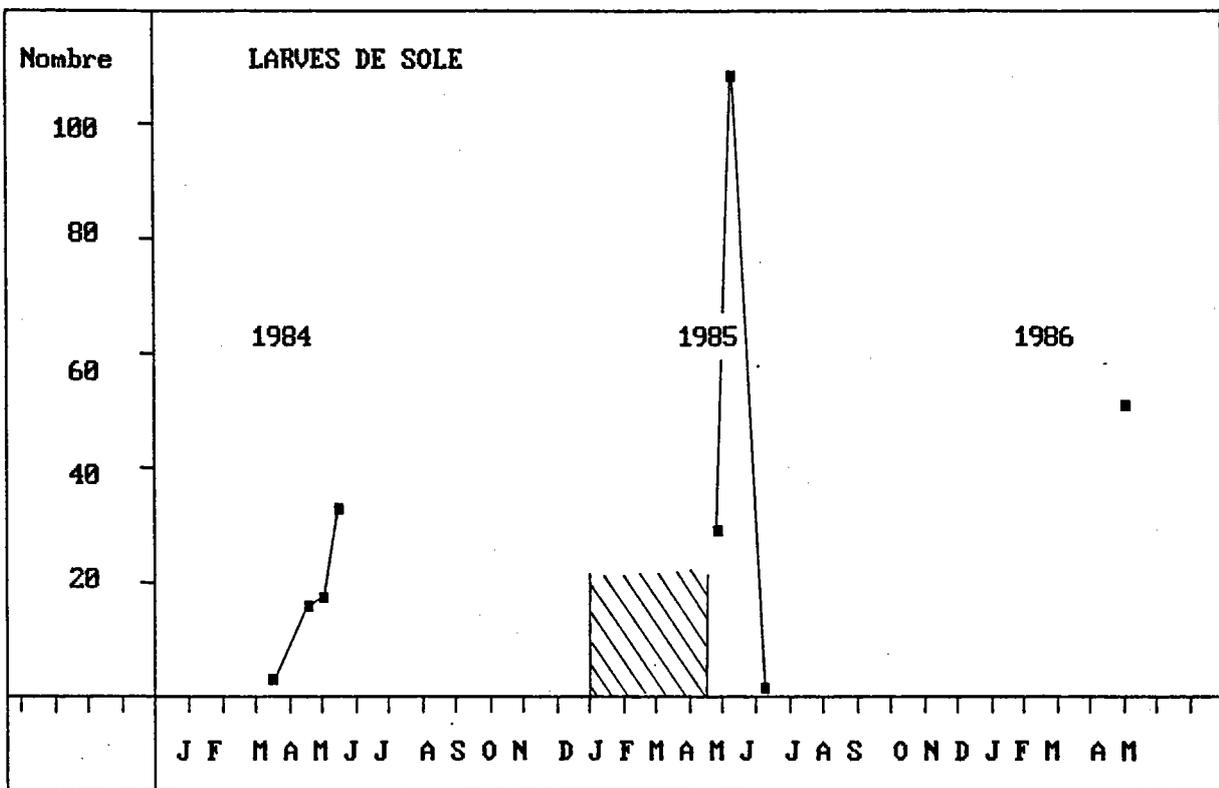


Figure 15 : Evolution saisonnière, pendant la période d'étude, des captures de larves et juvéniles de sole (nombre pêché dans la goulotte pour un rendement horaire de 10 mn).

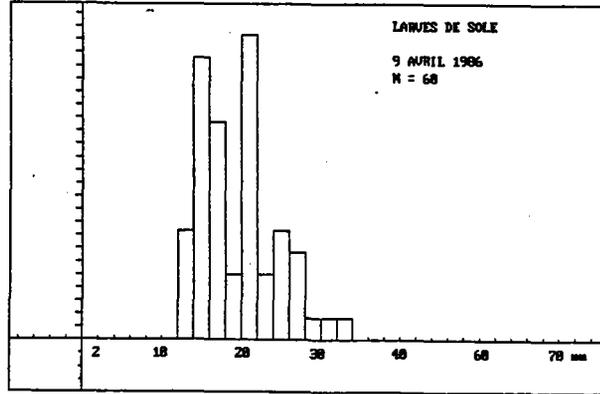
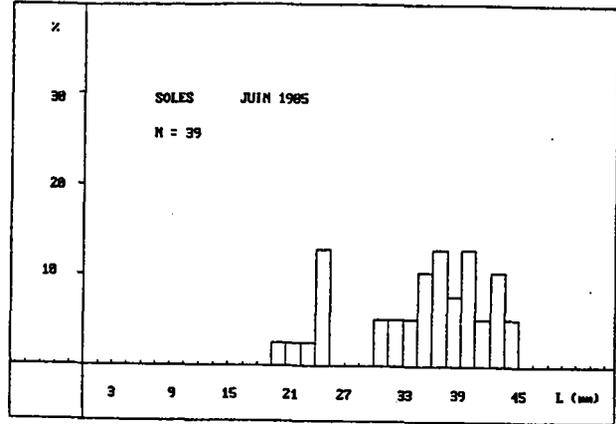
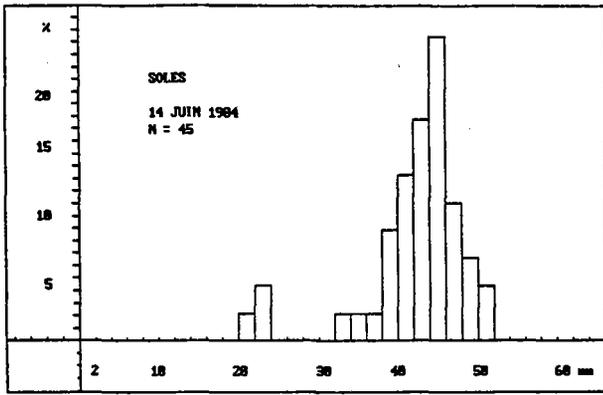


Figure 16 : Histogrammes des longueurs des larves et juvéniles de sole capturés à Montoir.

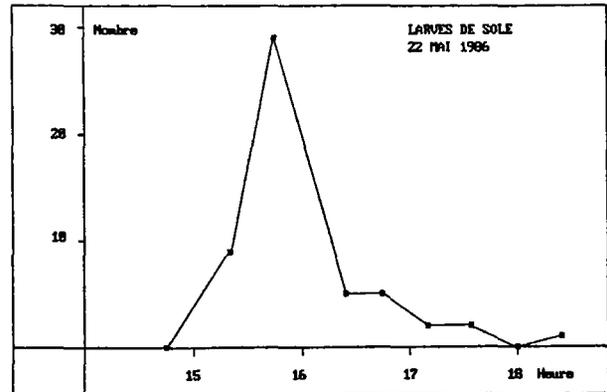
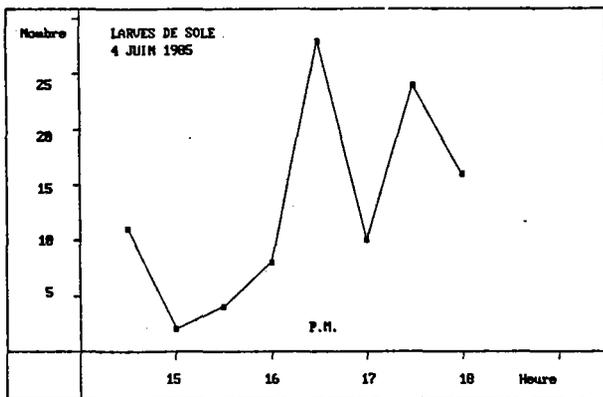


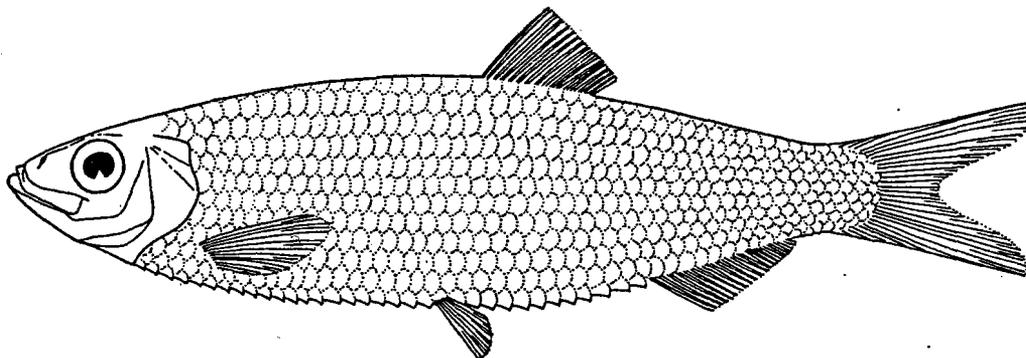
Figure 17 : Variations tidales des captures de larves et juvéniles de sole (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement).

La résistance aux chocs mécaniques des soles est plus faible que pour les flets puisque le taux de survie différée de ces juvéniles n'atteint que 80-90 pour cent.

Les mêmes remarques que pour le flet sont valables en ce qui concerne les installations de pompage du terminal.

### 3.2.3 - Le sprat

*Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758)



Le sprat est une espèce "constante" capturée à Montoir toute l'année.

En effet, cette espèce, de par son comportement pélagique, est vraisemblablement facilement capturable par les prises d'eau flottantes du terminal méthanier.

Son évolution saisonnière montre cependant qu'il est plus abondant aux mois d'avril, mai et juin (fig. 18). En avril particulièrement, les effectifs sont très élevés en raison de l'arrivée dans l'estuaire des larves de ce poisson qui sont aspirées en grand nombre par le système de pompage.

#### a - Les larves et alevins

Dès avril donc, les larves et alevins de sprat sont piégés en grand nombre par le terminal. Tous ces poissons se retrouvent sur les tambours d'où ils sont facilement évacués par les jets de nettoyage. Ces larves et alevins sont cependant très sensibles aux chocs mécaniques et les expériences de survie différée montrent que le taux de survie est toujours nul. Au regard du nombre des captures et du très faible taux de survie, il apparaît que l'impact du terminal sur les larves et alevins de sprat est important.

L'évolution tidale des captures montre que les larves et alevins de sprat apparaissent en grand nombre après la pleine mer, au jusant (fig. 19).

#### b - Juvéniles et adultes

Le terminal piège tout au long de l'année des juvéniles et adultes de sprat.

Dans les captures, 30 pour cent des individus proviennent des bennes de dégrillage grossier et 70 pour cent sont pêchés dans la goulotte de nettoyage des tambours. Il ne faut pas oublier qu'une partie de la population

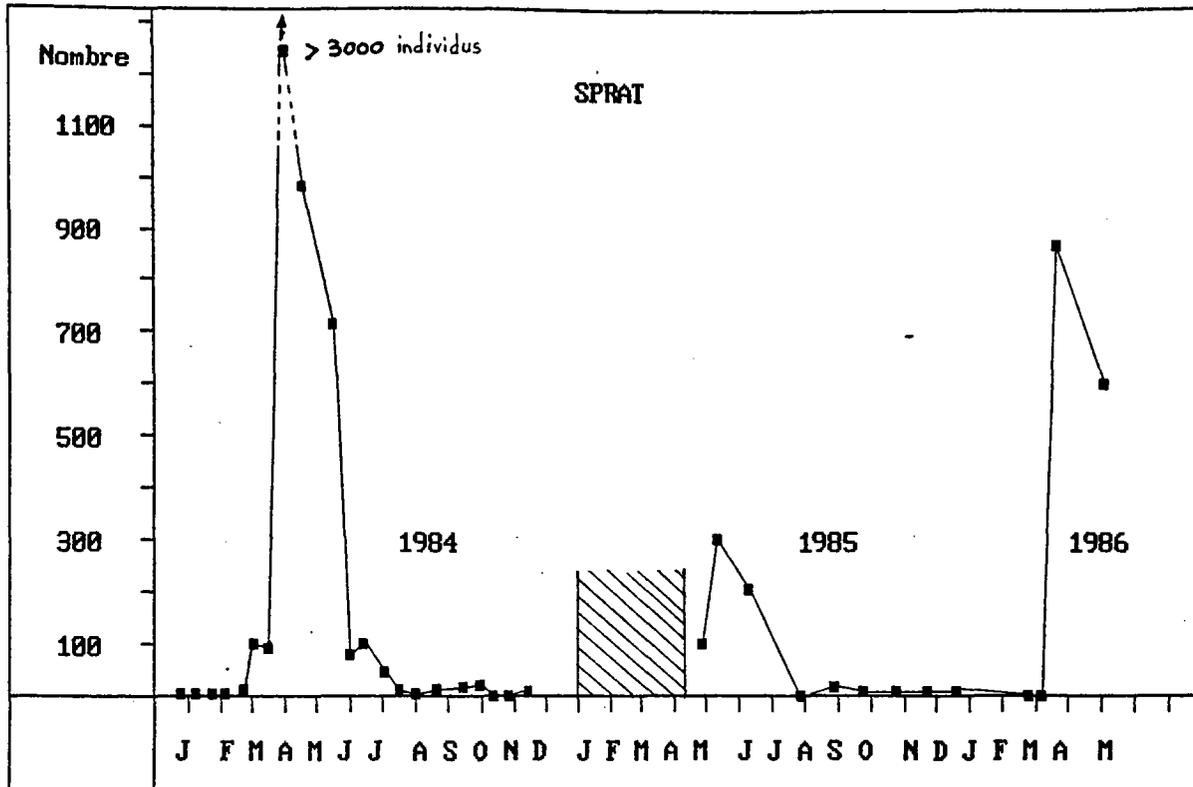


Figure 18 : Evolution saisonnière, pendant la période d'étude, des captures de sprat (nombre pêché dans la goulotte pour un rendement horaire de 10 mn).

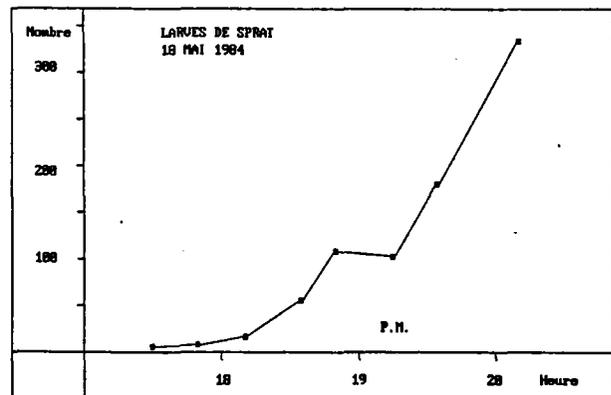
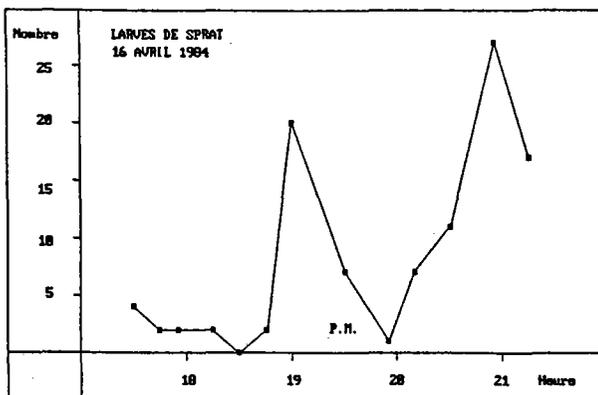


Figure 19 : Variations tidales des captures de larves de sprat (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement).

reste cependant piégée sur les tambours filtrants (les individus adultes d'environ 10 cm qui passent le dégrillage grossier ne peuvent pas être évacués par les jets de rinçage du tambour).

Les histogrammes de longueurs (fig. 20) montrent bien la fraction juvénile de l'espèce qui est capturée en majeure partie dans la goulotte alors que la fraction issue du dégrillage grossier (représentée en hachures) appartient aux classes de taille plus importantes, bien que ces mêmes classes soient observées simultanément sur le tambour.

De plus, la présence parfois d'un hiatus entre les classes de taille (alors que normalement celui-ci n'existe pas pour le sprat) montre qu'une partie de la population n'est pas échantillonnée : ce sont les poissons trop petits pour être arrêtés par le grillage grossier et trop gros pour être évacués dans la goulotte.

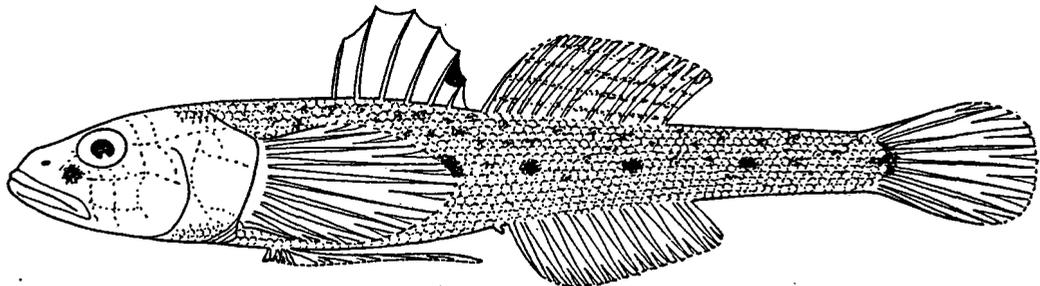
Le rythme tidal de cette espèce est relativement bien marqué : les captures les plus abondantes ont lieu après la pleine mer (fig. 21) généralement en fin du cycle d'observation. Le manque de données concernant ce rythme en dehors des 4 heures (centrés sur la pleine mer) de prélèvement ne permet pas de conclure avec certitude à quel moment exact après la pleine mer cette espèce est la plus abondante à Montoir.

Quoiqu'il en soit, l'état physiologique des poissons évacués dans la goulotte est bon, les sprats adultes résistant hier à la pression des jets de rinçage et aux chocs mécaniques qui en découlent. Le taux de survie est d'environ 65 pour cent pour cette fraction de la population.

Toutefois, comme pour les espèces précédentes, on retrouve de nombreux sprats morts (depuis longtemps) sur les tambours filtrants indiquant que la fréquence de rotation de ceux-ci est trop faible.

### 3.2.4 - Le gobie : Pomatoschistus minutus

*Pomatoschistus (Pomatoschistus) minutus* (Pallas, 1770) [*Gobius minutus*]



Les adultes comme les larves et juvéniles sont piégés en grande quantité sur les tambours filtrants. L'espèce est en effet la plus fréquente dans les captures et numériquement la plus abondante.

Ses pics d'abondance sont estivaux (mai à juillet) correspondant à l'apparition des larves et juvéniles au niveau de Montoir (fig. 22).

Les histogrammes de longueur (fig. 23) donnés pour quelques mois représentatifs des captures montrent que ce poisson ne dépasse guère les 90 mm de longueur totale.

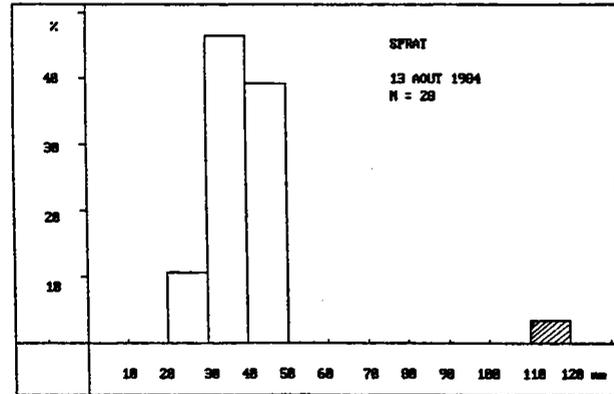
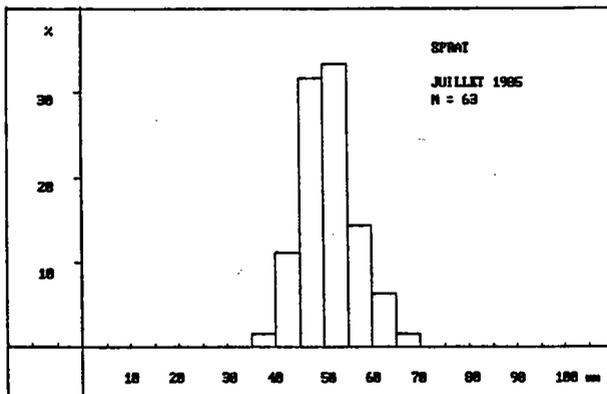
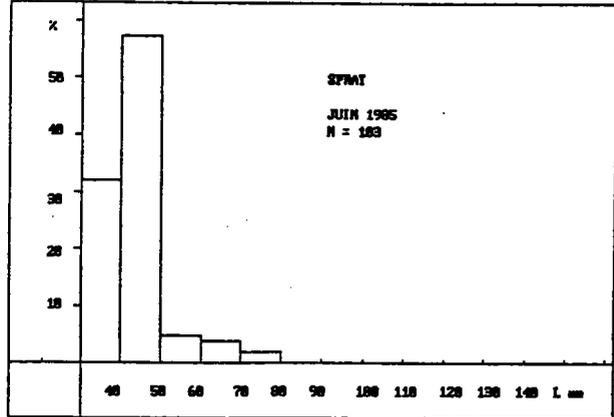
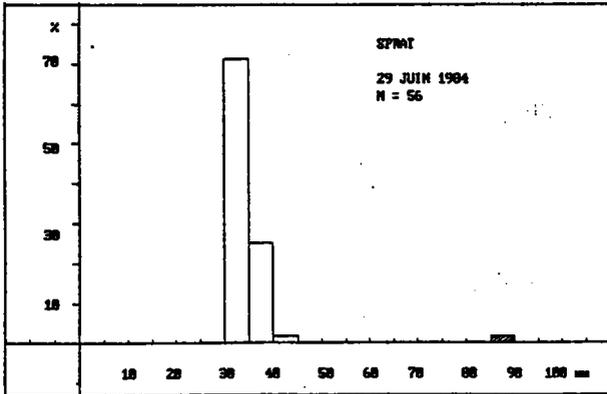
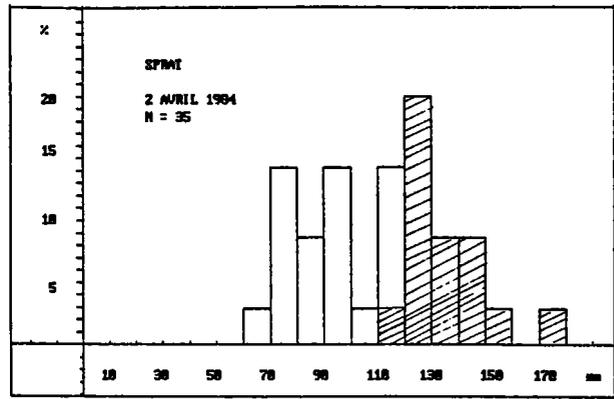
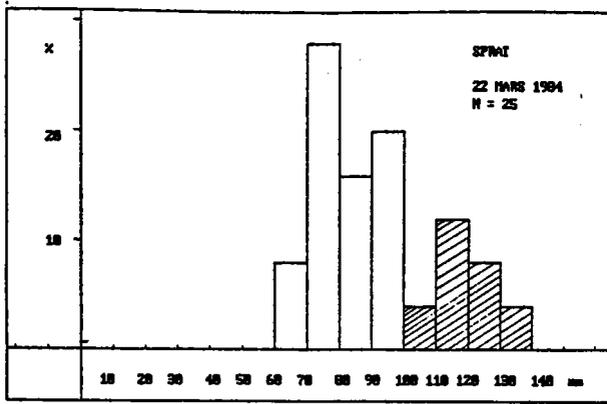


Figure 20 : Histogrammes des longueurs de sprats juvéniles et adultes capturés à Montoir (en hachures : sprats recueillis dans les bennes du dégrillage grossier).

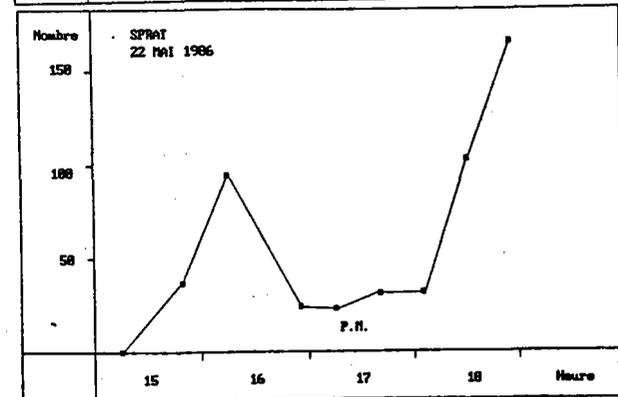
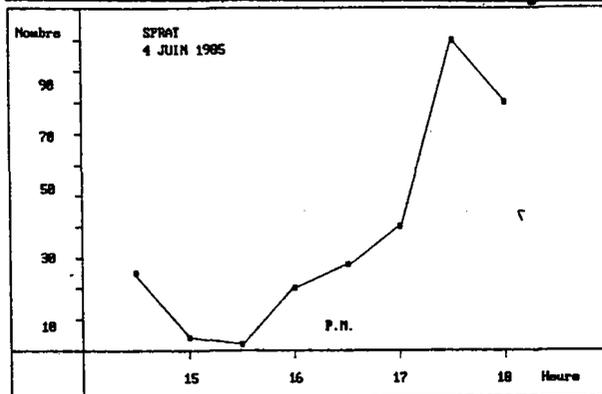
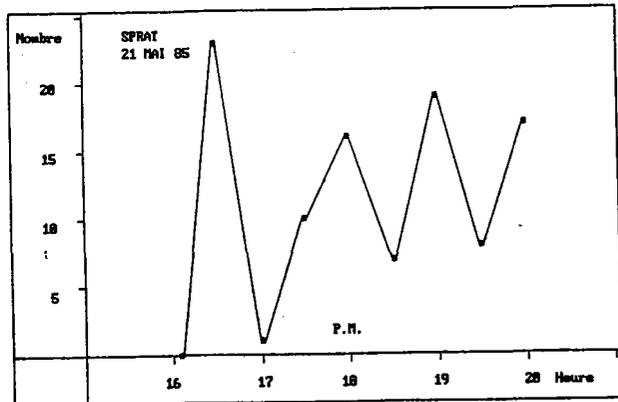
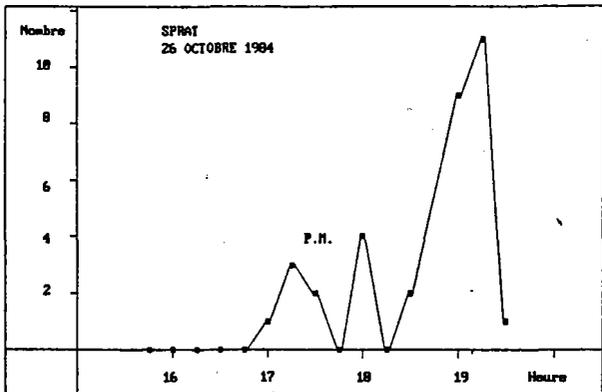
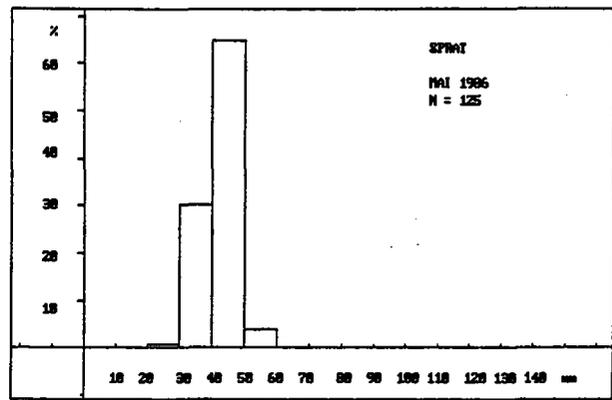
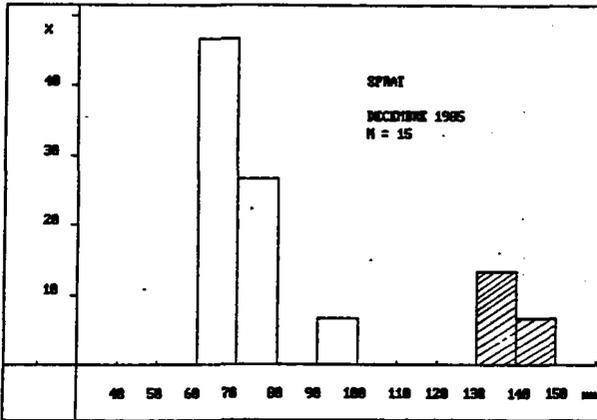
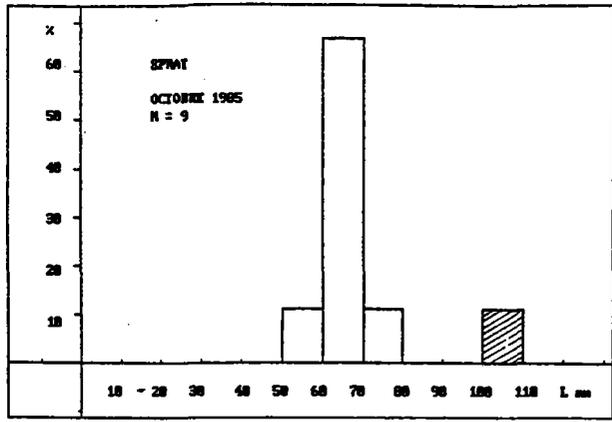
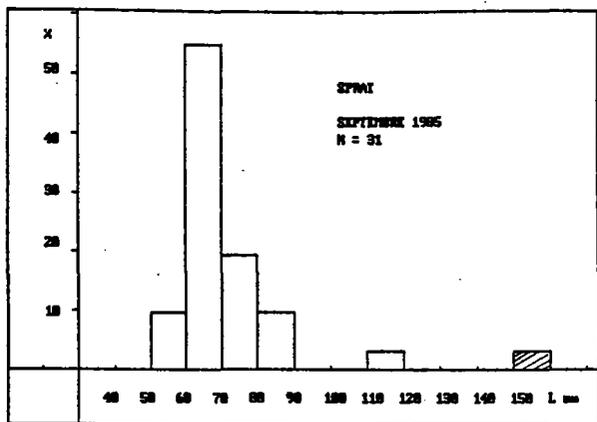
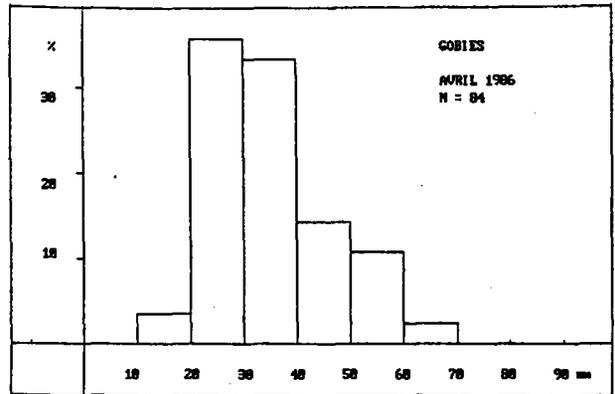
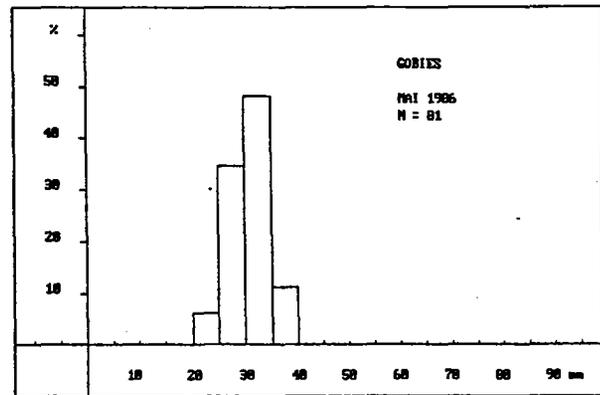
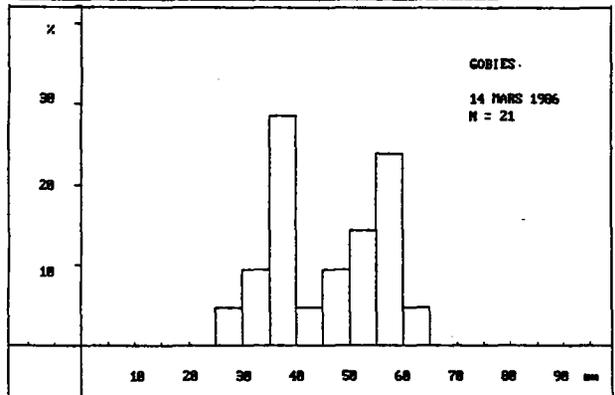
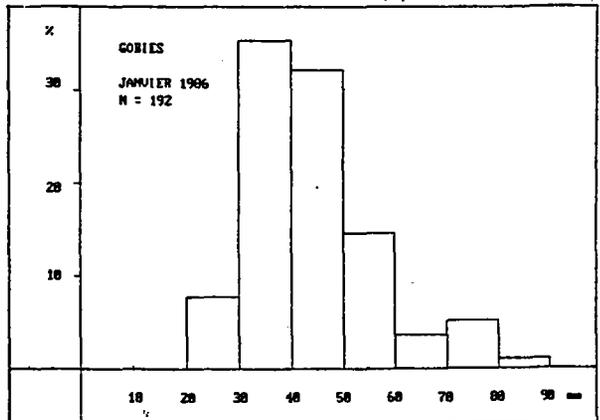
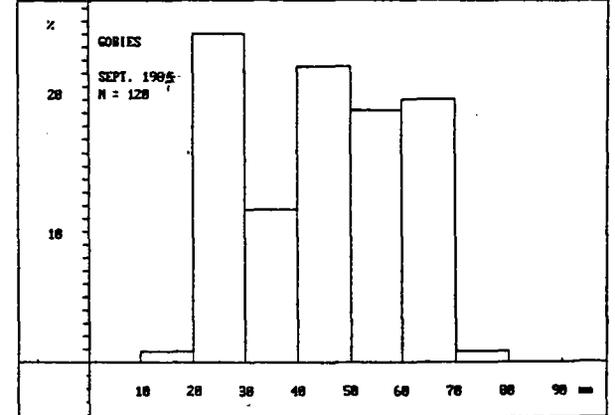
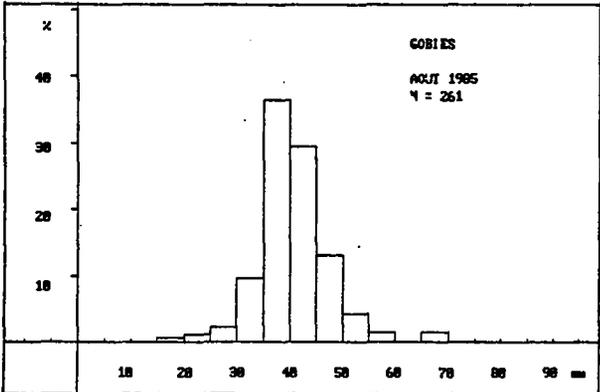
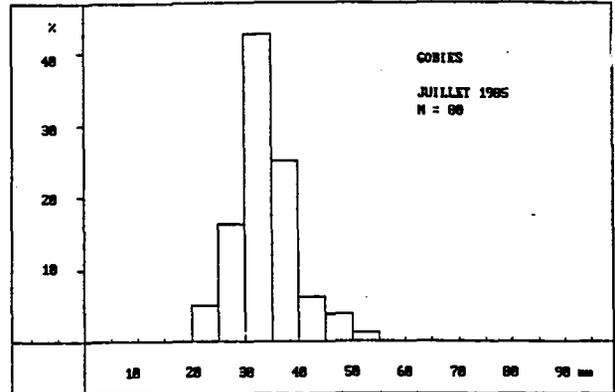
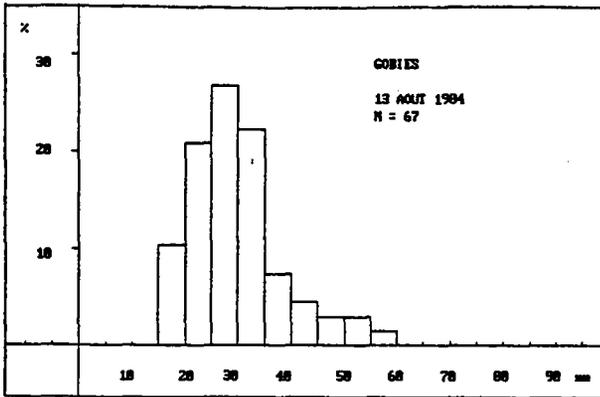


Figure 21 : Variations tidales des captures d'adultes et juvéniles de sprats (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement).





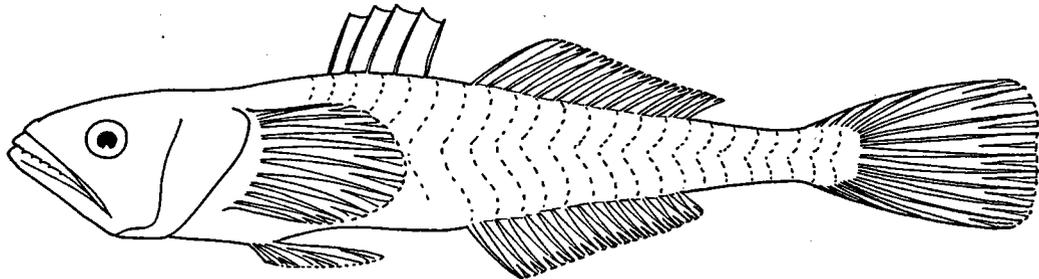
Le comportement tidal de l'espèce est moins marqué que pour les espèces précédentes. Les larves et alevins (notés "larves" sur le graphique) semblent cependant apparaître autour de la pleine mer (fig. 24).

Le comportement de cette espèce dans la pomperie est relativement bon puisque leur taux de survie différée avoisine les 100 pour cent pour les adultes comme pour les alevins.

Bien que cette espèce ne soit pas d'intérêt commercial, son rôle est capital dans l'écologie estuarienne car elle intervient de façon primordiale dans les divers réseaux trophiques.

### 2.3.5 - Le gobie : *Aphia minuta*

*Aphia minuta* (Risso, 1810) [*Aphya minuta*]



*Aphia minuta* montre une évolution saisonnière marquée à Montoir. Cette espèce est caractéristique des périodes printanières et automnales (fig. 25). Son abondance maximale est observée en mars-avril en 1984 et 86 ainsi qu'en novembre 1984. L'arrêt de la surveillance au printemps 85 et la fin de celle-ci en mai 86 n'a pas permis d'observer pour ces années l'abondance printanière et automnale respectivement.

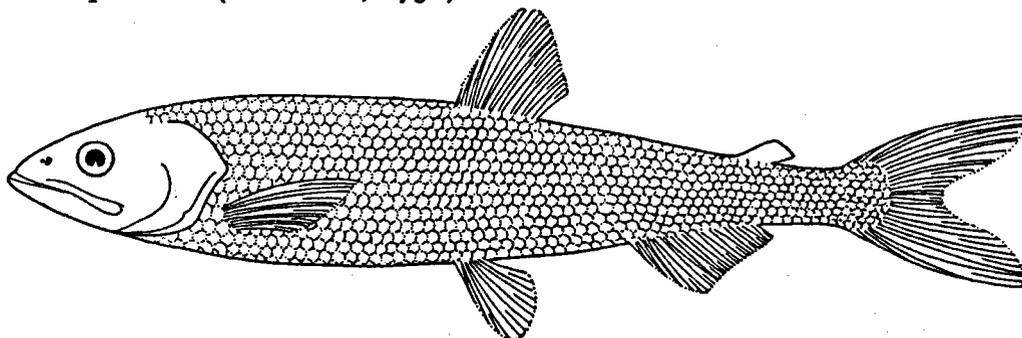
*Aphia minuta* est un petit gobie que l'on pêche à Montoir entre 10 et 70 mm de longueur (fig. 26).

L'espèce présente un cycle tidal : sa présence est effective soit au moment de la pleine mer, soit après celle-ci (fig. 27). Cette espèce est donc caractéristique du jusant.

Le comportement de cette espèce dans le système de pompage est identique à celui du gobie précédent. Le taux de survie de l'espèce avoisine les 100 pour cent et, comme pour *Pomatochistus minutus*, la faible taille de ce poisson lui permet d'être facilement évacué lorsque le système de nettoyage des tambours fonctionne.

### 3.2.6 - L'éperlan

*Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758)



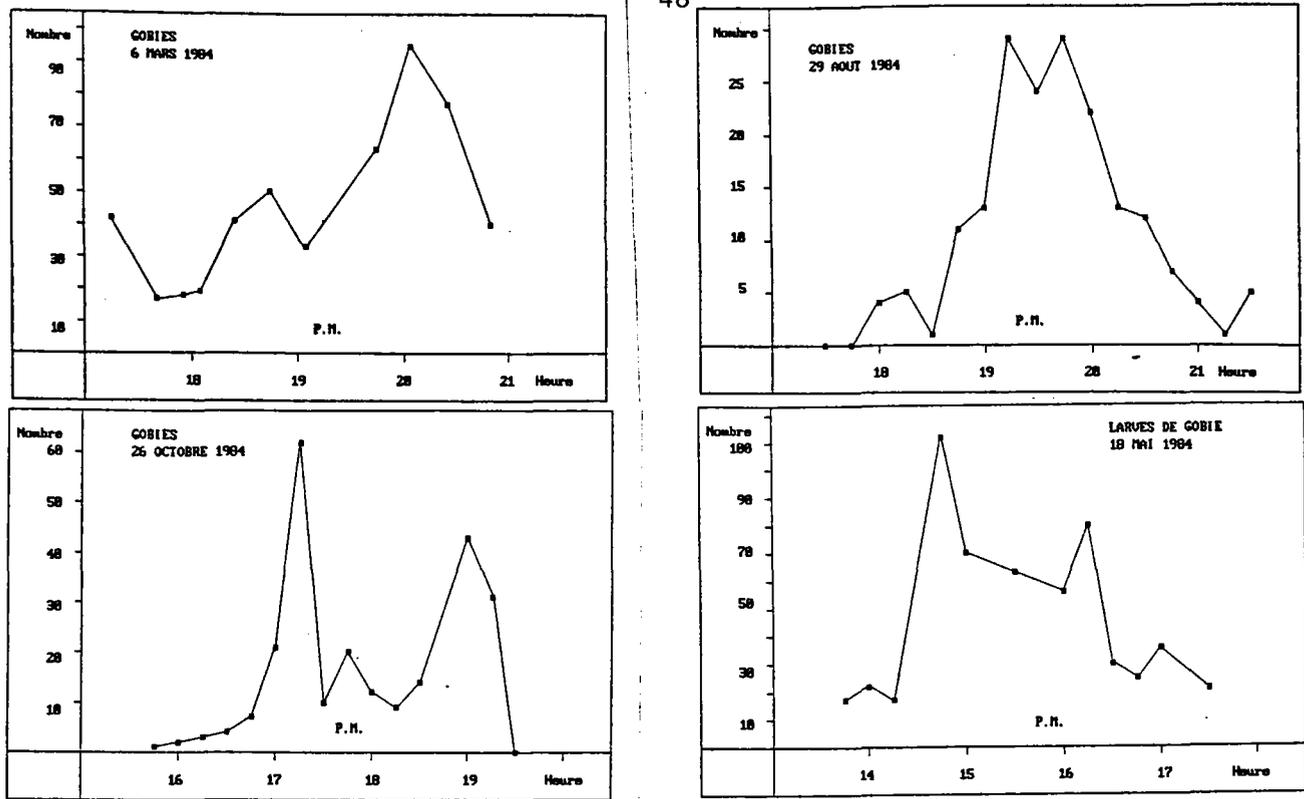


Figure 24 : Variations tidales des captures de gobie (Pomatoschistus minutus) (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement).

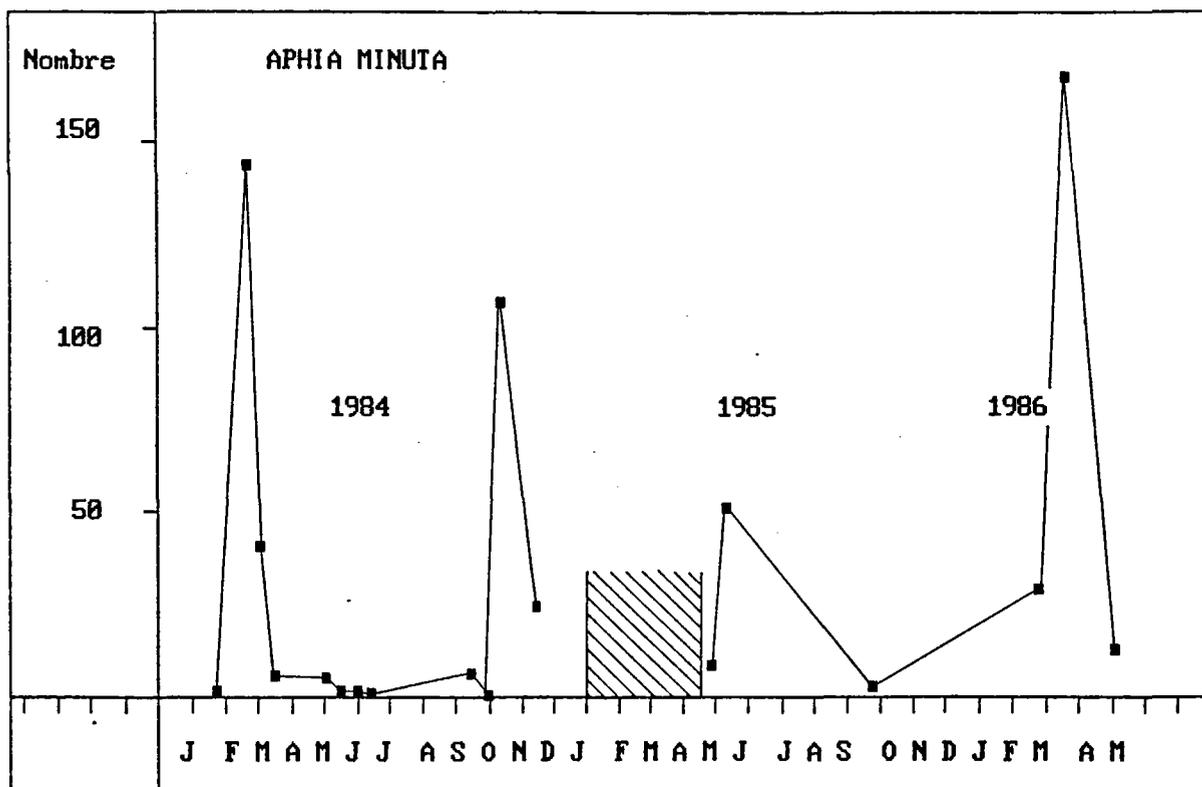


Figure 25 : Evolution saisonnière, pendant la période étude, des captures de gobie (Aphia minuta) (nombre pêché dans la goulotte pour un rendement horaire de 10 mn).

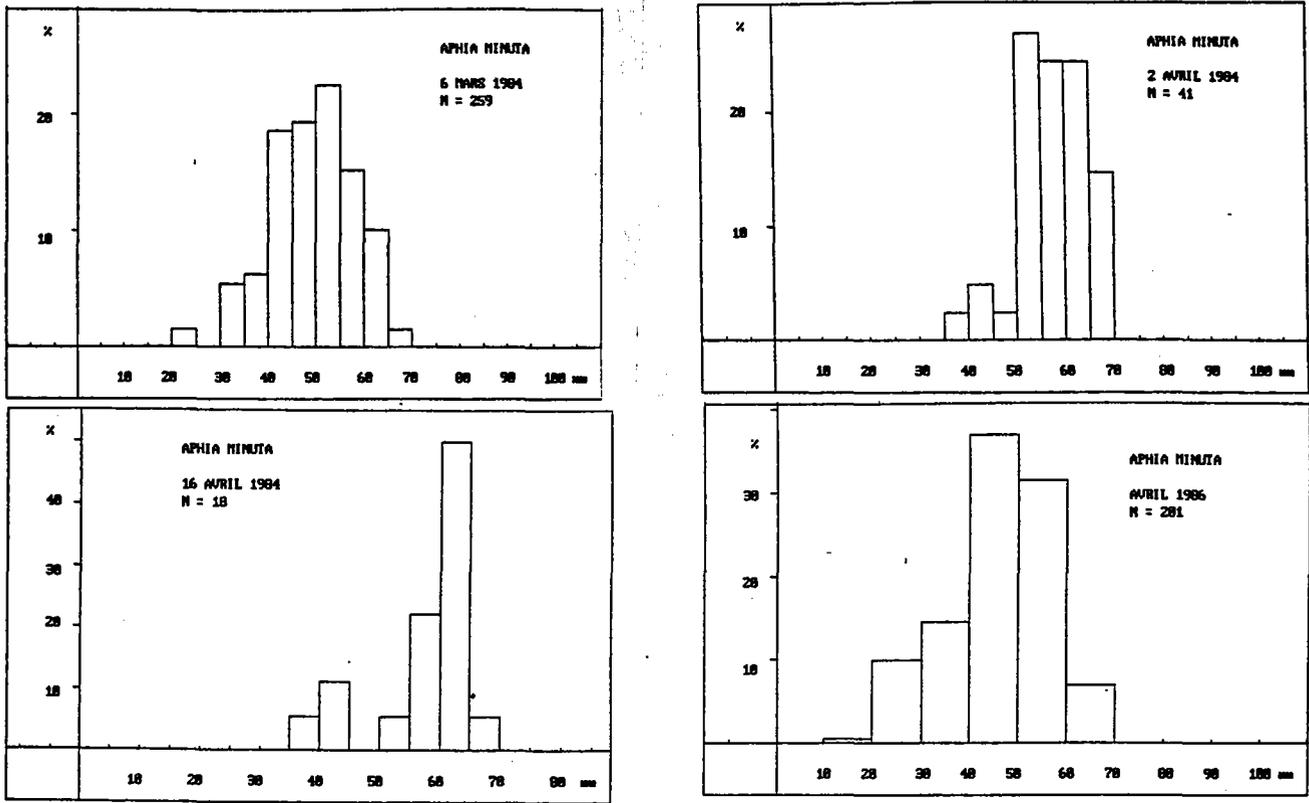


Figure 26 : Histogrammes des longueurs de gobie (*Aphia minuta*) capturés à Montoir.

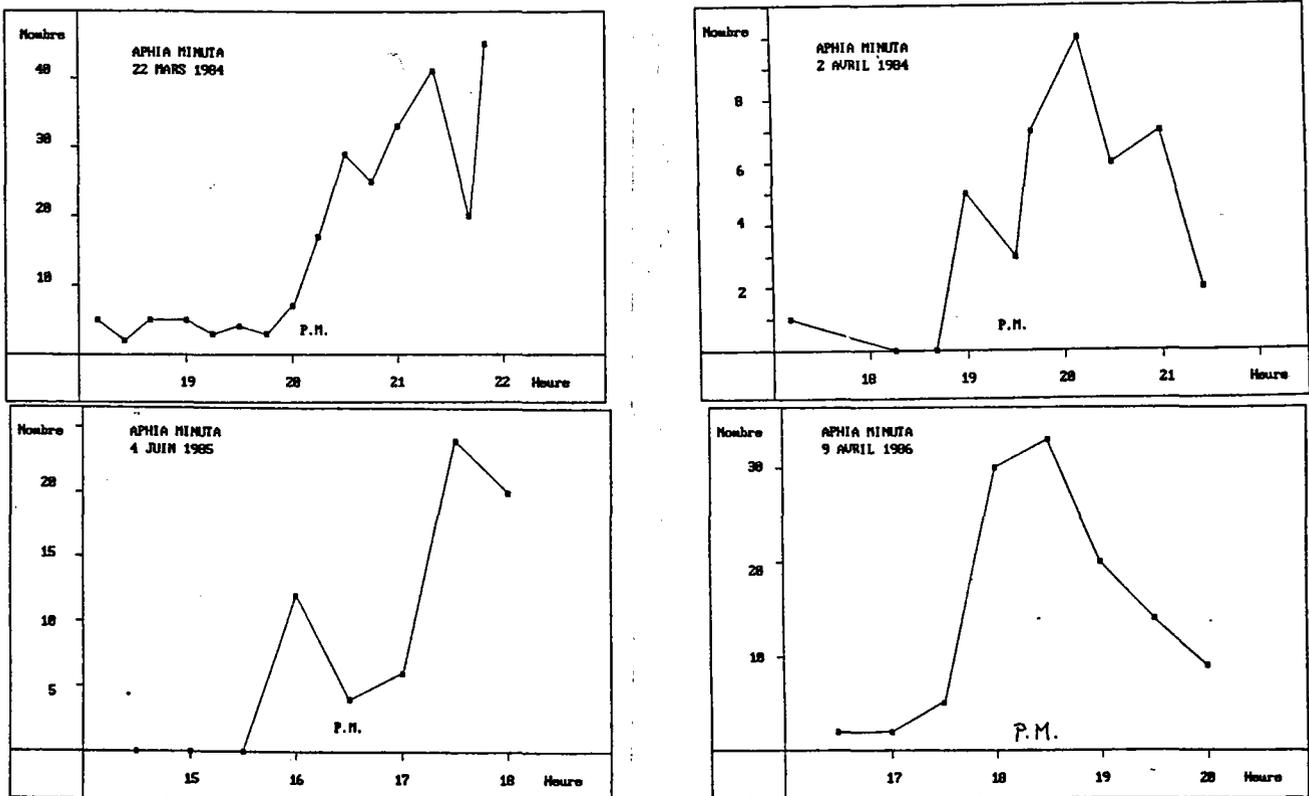


Figure 27 : Variations tidales des captures de gobie (*Aphia minuta*) (nombre pêché dans la goulotte pour 1 m de prélèvement).

L'éperlan est un petit poisson caractéristique de l'écosystème estuarien (LARDEUX, 1986).

A Montoir, ce poisson a été observé régulièrement durant la période d'étude. Les captures sont généralement celles du groupe 0 (poissons de l'année) et les maximas observés le sont en juin-juillet lorsque les juvéniles descendent l'estuaire depuis les frayères (situées en amont de Nantes) jusqu'au secteur polyhalin et marin de l'estuaire (fig. 28). C'est à ce moment qu'ils sont les plus vulnérables par le système de pompage car ces juvéniles ont un comportement plus pélagique que les adultes qui eux fréquentent les vasières. On retrouve donc le même problème que pour les flets et les soles.

Les histogrammes de longueur de ce poisson montrent bien le caractère juvénile de la population piégée à Montoir (fig. 29) : les longueurs sont en effet comprises entre 30 et 80 cm en été (juin-juillet) et légèrement plus importantes en hiver (cf. décembre 85).

Le rythme tidal de l'espèce est marquée et elle n'apparaît en grande quantité qu'au moment de la pleine mer (fig. 30).

La résistance aux chocs mécaniques des éperlans est faible. Ce poisson supporte mal l'exondation et les chocs subits par les jets de lavage des tambours : le taux de survie différée n'est que de 44 pour cent. Contrairement aux poissons résistants (gobie, civelle, sprat...) dont la mortalité est surtout induite par un temps de séjour prolongé dans les cuves d'amenée des eaux, l'impact du terminal sur cette espèce ne peut pas être diminué par une fréquence plus élevée de nettoyage des tambours.

### 3.2.7 - Autres espèces, d'intérêt halieutique

D'autres espèces, dont l'intérêt halieutique est évident, sont parfois piégées par le système de pompage du terminal. Le bar, le merlan, l'athérine et le tacaud sont les plus fréquents (fig. 31).

Ces espèces présentent le même type de comportement dans la pomperie du terminal méthanier. Les quantités piégées sont difficiles à estimer en raison de la fraction des populations qui passent le dégrillage grossier mais ne peuvent pas être évacuées dans la goulotte.

Les juvéniles de ces espèces qui peuvent être évacués en Loire présentent un taux de survie de plus de 90 pour cent, en raison de leur bonne résistance aux chocs mécaniques.

Quoiqu'il en soit, les observations visuelles sur les tambours montrent que ces espèces ne sont piégées qu'en faible quantité. Au regard de ce résultat, l'impact du terminal ne nous paraît pas inquiétant pour ces espèces.

Des espèces plus rares sont parfois piégées par le terminal : saumons, truites ou lamproies. Ces dernières très mal échantillonnées par le protocole adopté, ont cependant pu être observées sur les tambours filtrants où, durant la migration de reproduction (février) on a pu compter quelques dizaines d'individus. Ce fait mérite d'être souligné.

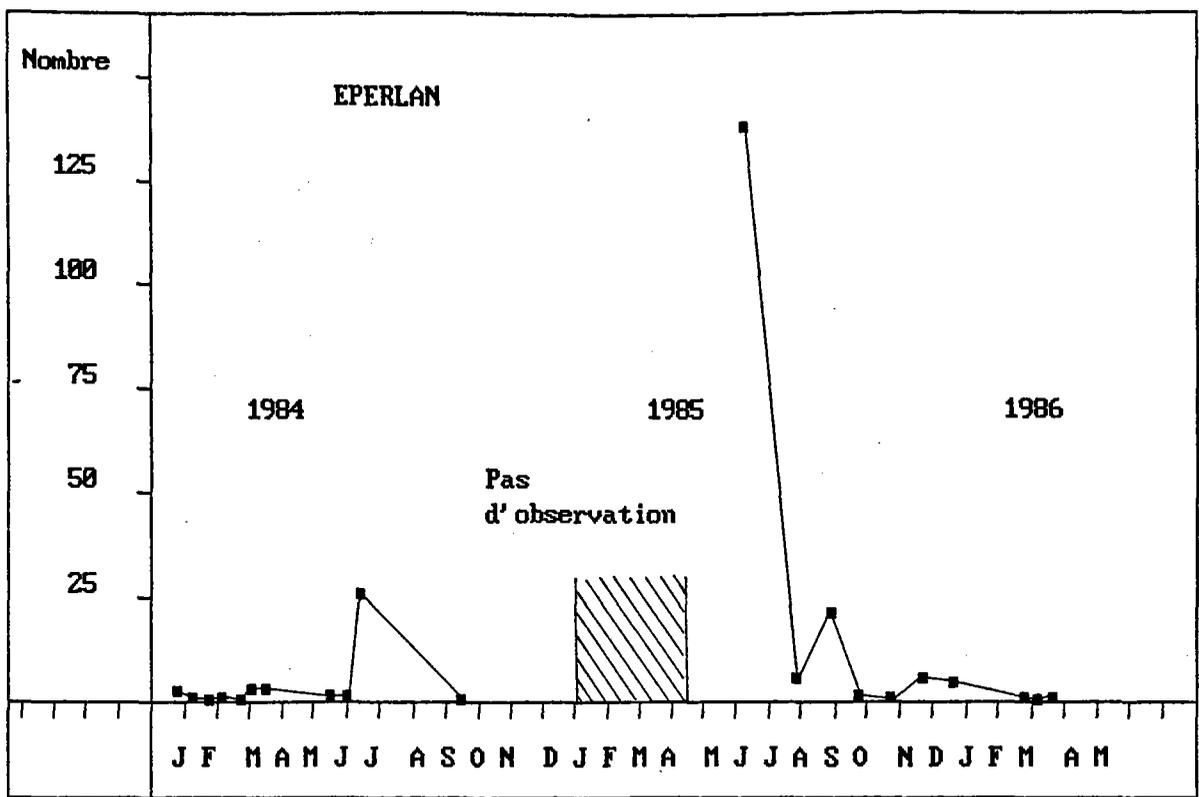


Figure 28 : Evolution saisonnière, pendant la période d'étude, des captures d'éperlans (nombre pêché dans la goulotte pour un rendement horaire de 10 mn).

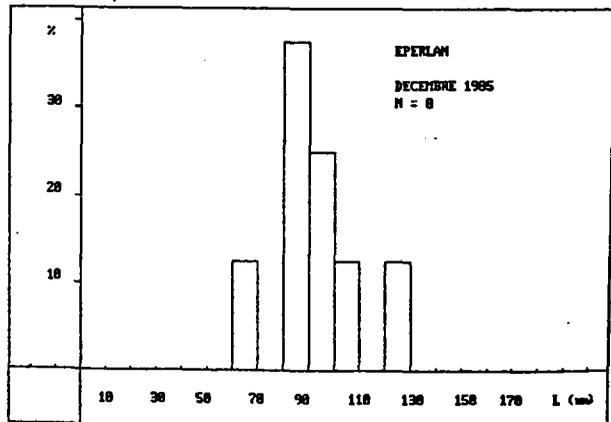
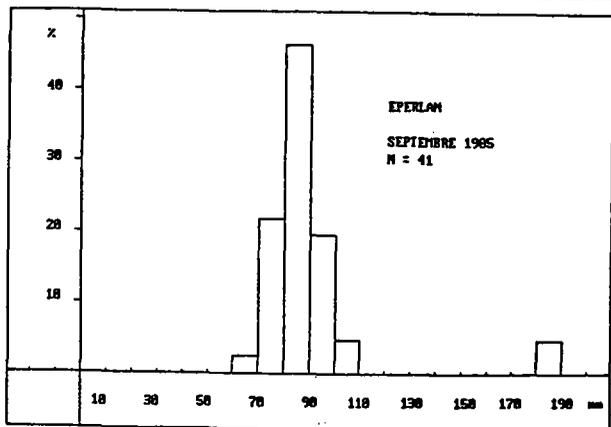
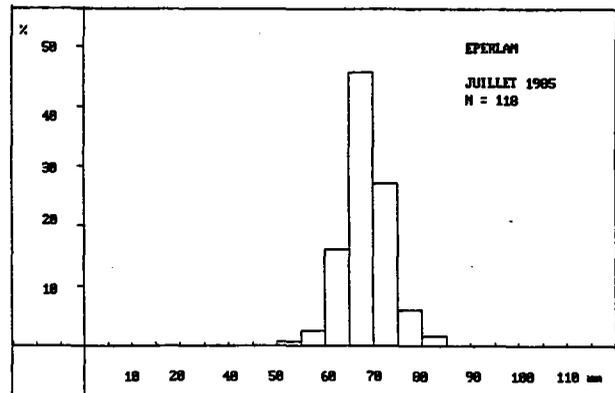
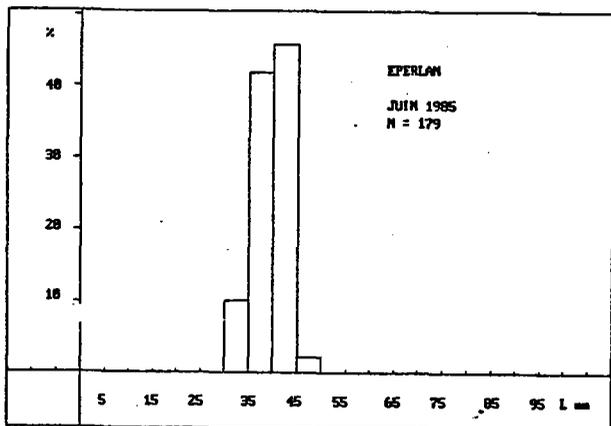


Figure 29 : Histogrammes des longueurs d'éperlans capturés à Montoir.

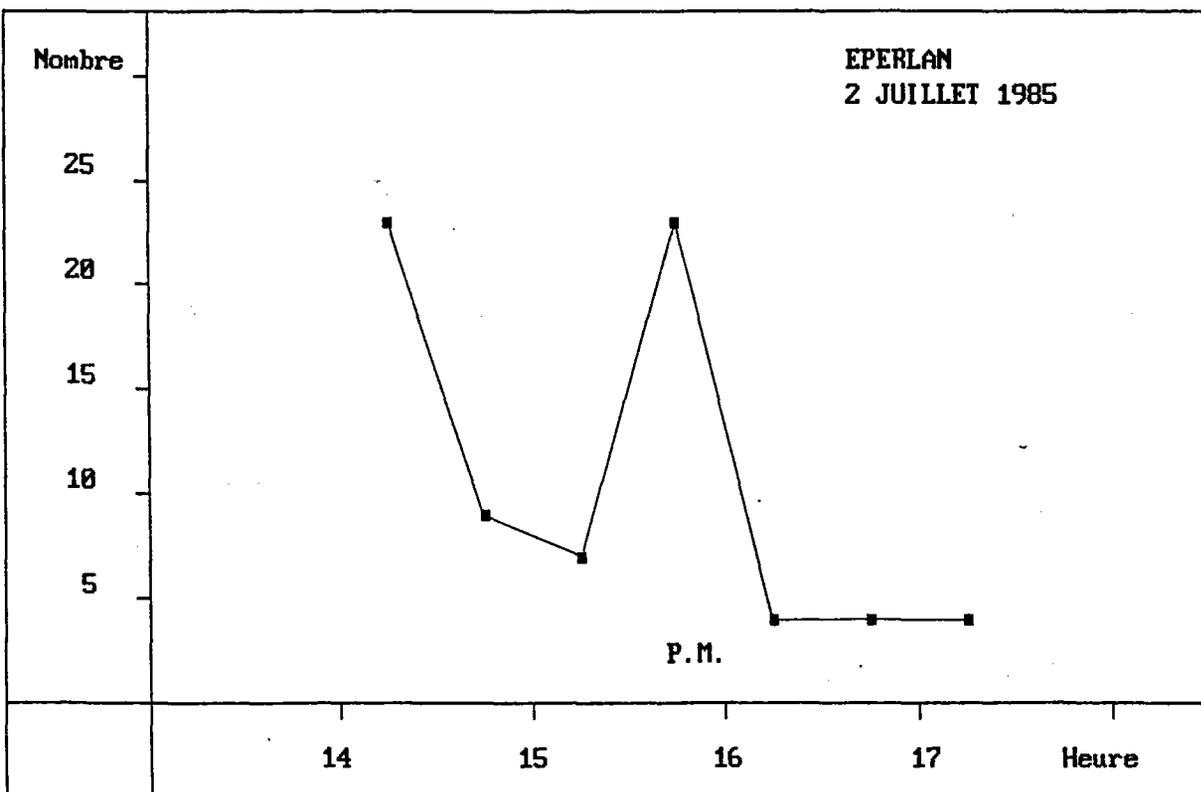
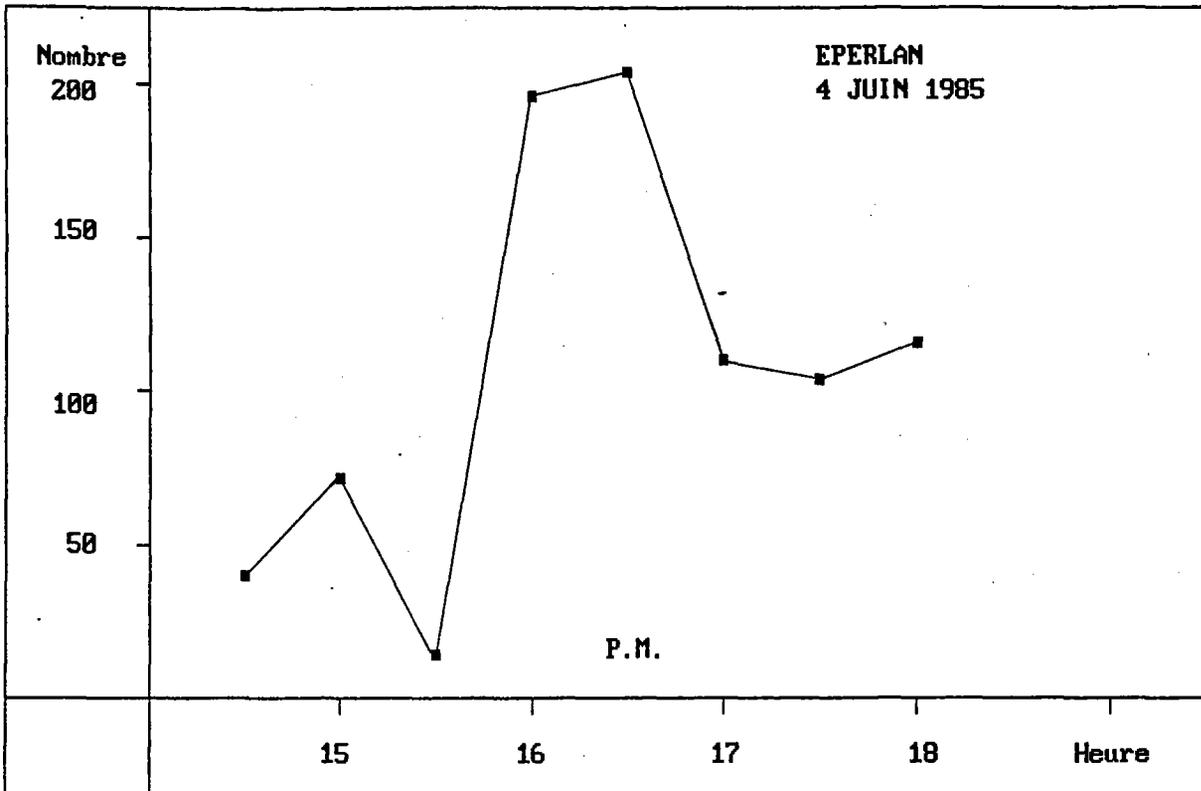
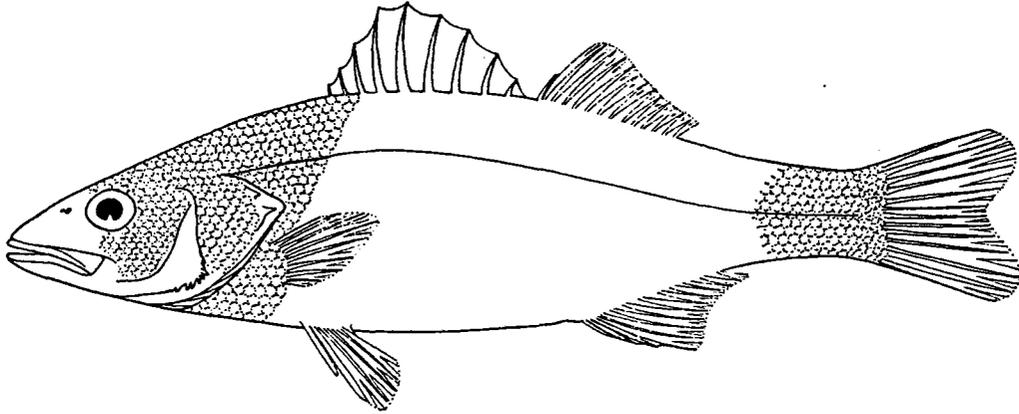
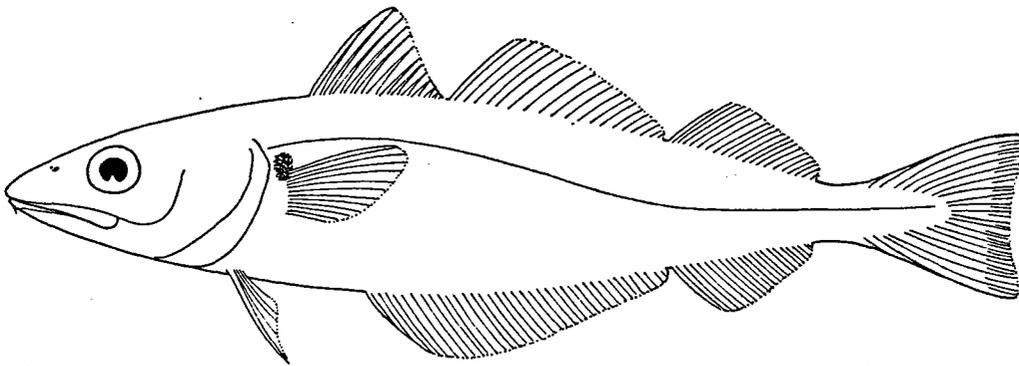


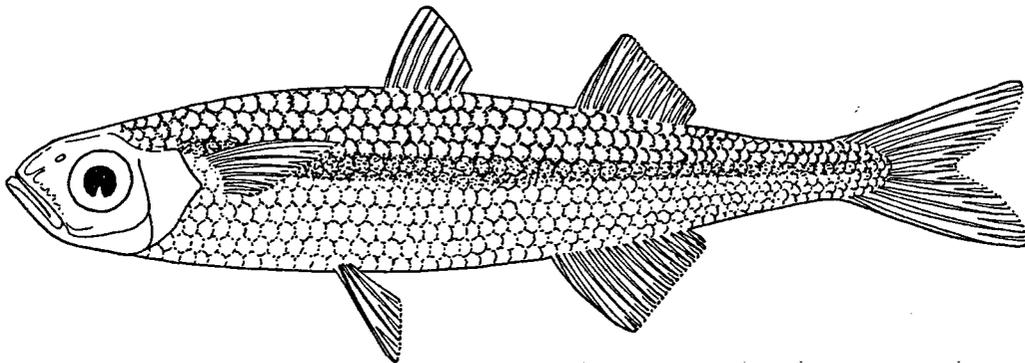
Figure 30 : Variations tidales des captures d'éperlans (nombre pêché dans la goulotte pour 1 mn par prélèvement).



*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758) [*Gadus merlangus*]



*Atherina presbyter* Valenciennes, 1835



*Trisopterus luscus* (Linnaeus, 1758) [*Gadus luscus*]

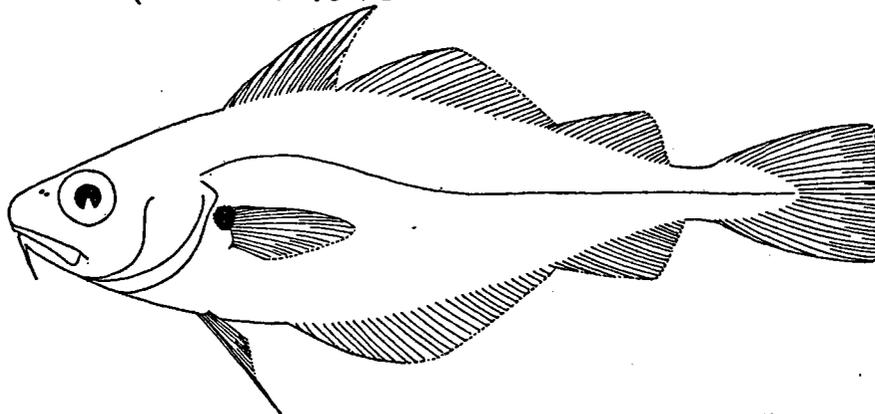


Figure 31 : Dessins simplifiés du merlan, du bar, de l'athérine et du tacaud.

## 4 - DISCUSSION

### 4.1 - Impact du terminal méthanier

#### 4.1.1 - Chocs mécaniques : taux de mortalité

L'impact mécanique des installations de pompage sur l'ichtyofaune a été estimé par le calcul du taux de survie différée pour les différentes espèces transitant dans le système. Ce taux de survie peut permettre le calcul d'un taux de mortalité dans le cas des espèces dont toute la population aspirée par les pompes peut être évacuée par la goulotte des tambours (ou tout au moins d'une fréquence de rotation suffisante pour éviter la mort des poissons par un séjour prolongé dans la cuve d'amenée des eaux). Le tableau 7 résume ces calculs.

Les espèces sensibles aux chocs mécaniques sont donc : les éperlans, les sprats et les juvéniles de poissons plats (flet, sole).

#### 4.1.2 - Quantités piégées - Périodes sensibles

On a vu que les espèces piégées à Montoir avaient parfois un cycle saisonnier marqué et, à l'intérieur de ce cycle, un cycle tidal et/ou nyctéméral. On peut donc dresser un tableau donnant pour chaque espèce principale, les périodes critiques (c'est à dire les mois où ces espèces sont piégées en quantité importante) ainsi que les heures (par rapport à un cycle tidal et nyctéméral) de plus grande sensibilité.

Le tableau 8 résume ces résultats. On constate que la période estivale et de fin de printemps (à partir d'avril) est caractérisée par l'arrivée massive des larves et juvéniles de la plupart des espèces. Cette période et les mois de janvier et février (pour la civelle) sont donc plus particulièrement à surveiller pour l'impact du système de pompage sur l'ichtyofaune.

#### 4.1.3 - Espèces sensibles - Aménagements possibles

Les espèces sensibles sont celles piégées en quantité, dont le taux de survie est faible (combinaison des deux paragraphes précédents). A celles-ci peuvent être rajoutées les espèces migratrices comme la civelle ainsi que les lamproies (mal échantillonnées).

##### a - Tambours filtrants

En ce qui concerne la civelle (et les espèces comme les lamproies) dont les périodes critiques sont hivernales, il faudrait augmenter la fréquence de rotation des tambours à cette période (notamment la nuit et à pleine mer pour la civelle : cf. heures sensibles) pour éviter un séjour prolongé des individus au niveau des cuves. Comme les civelles sont résistantes aux chocs mécaniques, il pourrait être envisageable d'augmenter ponctuellement les poissons plus lourds (lamproies...).

En été par contre, période critique pour la majorité des larves et juvéniles, une augmentation de pression des jets de nettoyage des tambours risque d'être préjudiciable à ces fractions de la population, qui à l'exception des alevins de sprat, sont actuellement évacuées vivantes dans la goulotte de rejet en Loire. Par contre, l'augmentation de la fréquence de nettoyage réduirait l'impact du terminal puisqu'un séjour prolongé dans les cuves d'amenée des eaux est fatal à la survie des espèces.

Espèce	Fraction de population	Taux de survie (en %) 1 heure après prélèvement dans la goulotte
Anguille	Anguillettes	100
	Civelles	100
Flet	Juvéniles	95
Sole	Juvéniles	90
Sprat	Larves et alevins	0
	Juvéniles et adultes	65
Eperlan	Juvéniles	44
Gobie P. minutus	Juvéniles	100
	Adultes	100
Gobie A. minuta		100
Merlan	Juvéniles	100
Bar	Juvéniles	100

Tableau 7 : Suivies différées pour différentes espèces prélevées dans la goulotte les 14 juin, 12 et 31 juillet, 16 et 26 octobre 84, juillet, septembre 85 et avril 86.

Espèce	Saison critique	Période tidale et/ou nyctémérale critique
Anguille adulte	Eté	
Civelle	Novembre à mai et surtout janvier-février	La nuit A pleine mer
Flet (larves et juvéniles)	Avril à juin (pic en juin)	A pleine mer
Sole (larves et juvéniles)	Mai à juin (pic en juin)	A pleine mer
Sprat (larves et juvéniles)	Avril	Après la pleine mer (jusant)
Sprat (adulte)	Toute l'année	Après la pleine mer
Gobie P. minutus (larves)	Mai à juillet	Vers la pleine mer
Aphia minuta	Printemps et automne	A la pleine mer ou après
Eperlan	Juin-juillet	A la pleine mer

Tableau 8 : Saisons et périodes critiques des principales espèces piégées au niveau du système de pompage du terminal méthanier.

Par ailleurs, il serait souhaitable de nettoyer régulièrement les bords et le fond des goulottes d'évacuation de rinçage dans la mesure ou l'accumulation de certains déchets (algues, jeunes moules détachées de leur substrat, etc...) surtout en période estivale, entrave l'efficacité d'évacuation des poissons.

#### b - Dégrillage grossier

Le maillage actuel du système de dégrillage nous paraît réduire son efficacité vis à vis de la faune. En effet, chez certaines espèces (anguille, flet, sole, merlan...) des individus de taille importante parviennent à se faufiler à travers la grille et arrivent donc sur les tambours où leur évacuation en Loire est impossible.

Le déversement des poissons par les rateaux de nettoyage dans les bennes à ordure où aucun retour en Loire n'est possible augmente l'impact du système de pompage.

Ainsi, en ce qui concerne les individus de grande taille, l'impact du terminal pourrait être réduit en essayant d'empêcher avec efficacité l'accès de ceux-ci aux pompes flottantes et aux tambours filtrants. En cas de capture et de déversement dans les bennes, une augmentation du maillage des grilles formant le fond permettrait de récupérer un grand nombre de poissons et de les diriger dans un système d'évacuation vers la Loire.

#### c - Conclusion

L'impact du terminal peut être réduit en modifiant le fonctionnement actuel du système de pompage : par l'observation des saisons et périodes critiques des espèces, il pourrait être mis en place un système de nettoyage plus performant consistant essentiellement à augmenter la fréquence de rotation des filtres et à faciliter le retour en Loire des poissons par un nettoyage des goulottes d'évacuation. En ce qui concerne les individus de grande taille, le problème est plus complexe puisqu'il nécessite la modification des installations actuelles.

### 4.2 - Autres impacts

Les autres sources de nuisance du terminal (Rejets d'eau froide et Rejets d'eau chlorée) n'ont été qu'abordées dans cette étude.

#### 4.2.1 - Rejets d'eau froide

La figure 32 représente les variations des températures mesurées à l'entrée de la prise d'eau et au rejet du terminal méthanier durant la période d'étude.

L'impact thermique du rejet en Loire d'eaux plus froides ne peut être appréhendé à long terme que par l'établissement d'un "point zéro", ce qui n'est plus possible. En dépit de la non connaissance de cet état initial, on peut cependant supposer que cet impact thermique reste faible et diffus, vu les faibles écarts thermiques enregistrés. Il faudrait cependant pouvoir connaître l'étendue du panache d'eaux froides et ses variations géographiques saisonnières et tidales afin d'appréhender son extension et ses limites d'influence.

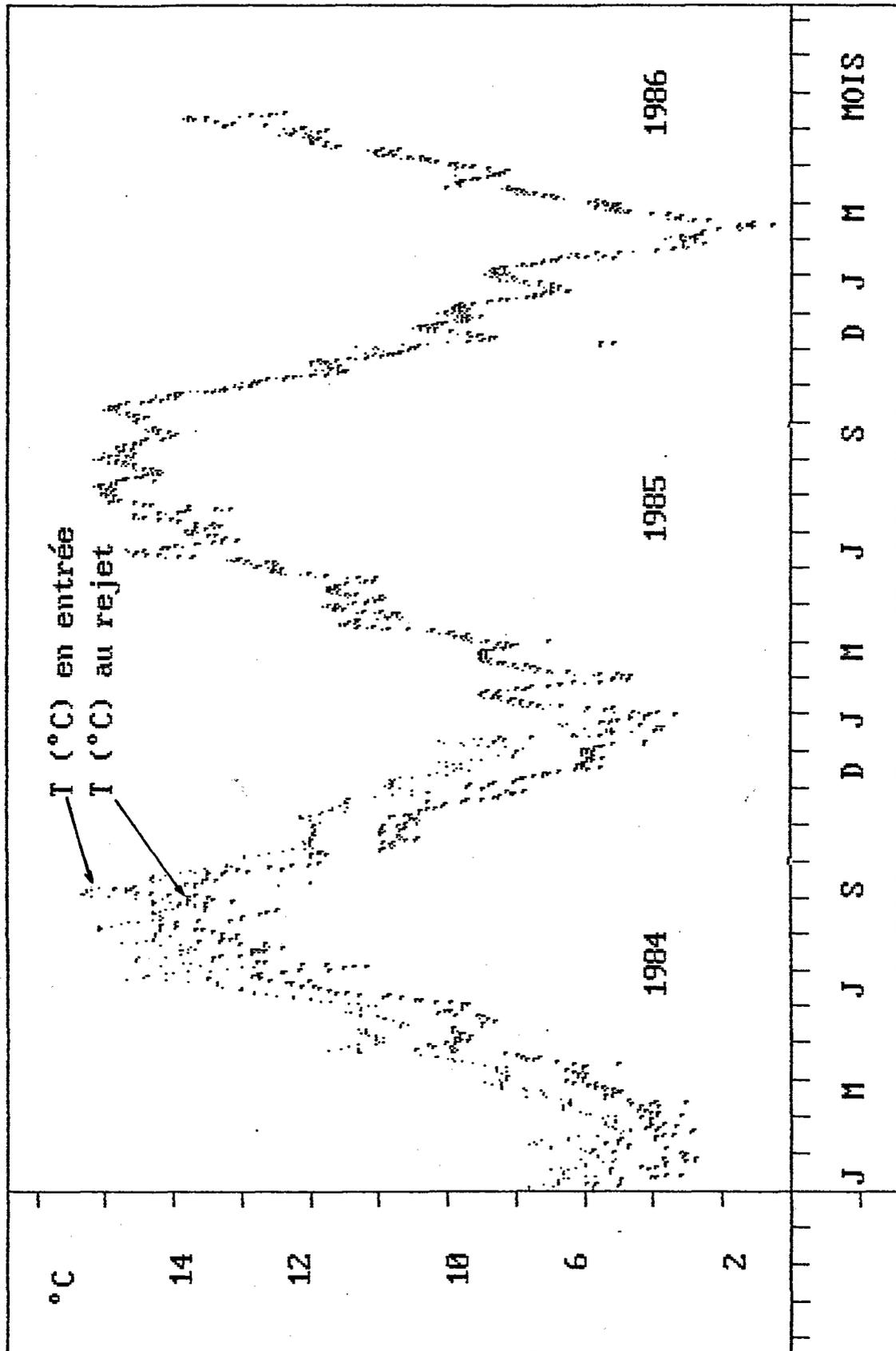


Figure 32 : Variations saisonnières durant la période d'étude des températures de surface relevées à la prise d'eau et au rejet du circuit de refroidissement du terminal méthanier de Montoir.

L'étude de l'influence des rejets d'eaux froides est cependant peu connue. BURTON et al. (1979) ont toutefois analysé ce problème, bien que dans leur cas, il ne s'agisse que de l'étude de l'impact de la vitesse de refroidissement de "champ proche" sur une espèce estuarienne.

#### 4.2.2 - Rejets d'eau chlorée

Un certain nombre de travaux font état de l'impact du chlore sur les poissons d'estuaires. Nous ne retiendrons ici que quelques résultats marquants, tout en tenant compte de la formation inévitable en rivière de chloramines et des effets toxiques qui en découlent.

Selon MERKENS (1958) et ROSENBERGER (1971) le chlore libre serait plus toxique que les chloramines sur les poissons. En revanche, HOLLAND et al. (1960) trouvent un résultat inverse pour le saumon. DOURODOFF et KATZ (1950) et BRUNGS (1973) estiment que la différence de toxicité entre les deux n'est pas assez conséquente pour interdire l'utilisation de la mesure du chlore total, pour l'évaluation de la toxicité d'une solution de chlore. TOMPKINS et TSAI (1976), utilisant Rhinichthys atratulus trouvent que le taux de chlore total influe sur la différence de toxicité entre chlore et chloramines, ces dernières devenant les plus toxiques à des seuils élevés de chlore total (5 mg/l). La survie varie de 73 à 100 % pour 0.014 à 0.062 mg/l de  $Cl_2$  chez des juvéniles de Brevoortia tyrannus et Leiostomus xanthurus (LIDEN et al., 1980), cependant que les postlarves de Morone saxatilis sont détruites à 62 % pour 2 heures d'exposition à un delta T de 2°C et une concentration de chlore résiduel total aussi faible que 0,15 mg/l (BURTON et al. 1979).

Par ailleurs des espèces comme Micropterus punctulatus et Notropis rubellus évitent des eaux contenant entre 0.017 et 0.091 mg/l de chlore résiduel libre pour des températures variant de 6 à 30°C (CHERRY et al., 1977).

En ce qui concerne les espèces plus "marines", CAPUZZO et al. (1977) ont testé Pseudopleuronectes americanus, Stenotomus versicolor et Fundulus heteroclitus au stade juvénile et constaté des mortalités quasi totales entre 0,1 et 1 mg/l de chlore résiduel.

Les oeufs et larves de Morone americana, M. saxatilis, Alosa aestivalis, et les oeufs de Menidia menidia et M. beryllina ont été exposés par MORGAN et PRINCE à différents taux de chlore résiduel. Les CL 50 sont toutes situées entre 0,2 et 0,4 ppm de chlore résiduel par les oeufs et entre 0,2 et 0,3 ppm pour les larves. Cependant, à des teneurs plus basses, on a observé des larves anormales chez A. aestivalis.

Enfin, des doses sublétales chroniques de chlore résiduel peuvent affecter la croissance des poissons, comme ce fut le cas en 1973 dans la rivière James (USA) avec des déformations de la colonne vertébrale (BELLANCA et BAILEY, 1977). En résumé, on peut retenir une sensibilité assez marquée au chlore libre des stades jeunes : CL 50 de 0,028 à 0,034 mg/l pour les larves de Pleuronectes platessa et Solea solea (ALDERSON, 1974) et 0,003 à 0,03 mg/l pour Oncorhynchus kisutch (BUCKLEY et al., 1976) en flux continu de chlore résiduel, tandis que les oeufs et les adultes peuvent paraître plus résistants à court terme.

#### 4.3 - Comparaisons entre G.D.F. Montoir et d'autres industries

Il existe de nombreuses industries utilisant un système de pompage et filtration de l'eau similaire à celui du terminal méthanier de Montoir.

Les comparaisons sont délicates, soit que l'industrie à comparer ne soit pas située en Loire (comme la centrale du Blayais par exemple, pour laquelle on dispose cependant de nombreuses données (BOIGONTIE et MOUNIE, 1983)), soit que celle-ci ne soit géographiquement pas située au même niveau dans l'estuaire de la Loire (E.D.F. Cordemais par exemple) et dans ce dernier cas, la faune piégée est légèrement différente.

Cependant quelques points de comparaison sont possibles notamment avec la centrale E.D.F. de Cordemais étudiée par LASSUS et al. (1982).

Ainsi à Montoir, les prises d'eau sont situées en surface, au bord du chenal de navigation alors qu'à Cordemais, ces prises d'eau sont situées en profondeur, au centre du lit du fleuve. L'installation de Montoir semble, pour ces raisons, pêcher moins de poissons qu'à Cordemais, sauf peut être en ce qui concerne les civelles qui longent les rives en surface au cours de leur migration. En ce qui concerne ces poissons, il faut noter que le maillage des filtres de Montoir empêche les civelles de transiter dans le circuit du terminal, contrairement à E.D.F. Cordemais.

A E.D.F. les tambours peuvent tourner en continu, ce qui ne semble pas être le cas à Montoir. On a vu cependant que ce facteur conditionne une baisse certaine de l'impact du terminal sur de nombreuses espèces.

Enfin, il n'existe pas à E.D.F. Cordemais de système de dégrillage grossier. Cette différence n'a cependant aucune incidence sur la survie des gros poissons puisqu'ils sont condamnés soit dans les bennes (Montoir), soit dans les cuves des tambours (Montoir et Cordemais).

La position géographique des prises d'eau du terminal, en bordure du chenal, semble donc être le seul point positif en ce qui concerne les quantités de poissons piégés.

#### CONCLUSION

La protection des organismes vis à vis des effets du terminal méthanier peut passer par plusieurs volets :

- tout d'abord, empêcher les poissons d'être aspirés par le système de pompage. Ceci n'est malheureusement pas envisageable dans l'état des choses

- ensuite, permettre une récupération et une évacuation de la faune la moins meurtrière possible. Ceci peut être envisagé par une adaptation du fonctionnement actuel du système de nettoyage au calendrier (saisonnier et horaire) des principales espèces concernées, tel que cela a été détaillé dans ce rapport.

Quoiqu'il en soit il ne faut pas perdre de vue que l'impact le plus important du terminal méthanier sur le milieu naturel est dû au comblement des vasières pour l'installation du site et au creusement du chenal de navigation pour permettre la venue des méthaniers. Ces dégâts sont malheureusement irréversibles.

La sauvegarde du milieu naturel que constitue l'estuaire et les activités qui y sont liées (notamment la pêche), passe par une étude sérieuse de ce milieu et une discussion concertée entre utilisateurs des ressources. La logique unilatérale des décisions d'aménagement par les pouvoirs publics viendra forcément à bout du dernier fleuve "naturel" qu'est la Loire. Et pourtant, un peu de bon sens seulement suffit, pour se rendre compte de la nécessité de garder en vie un milieu aussi fragile que l'estuaire de la Loire.

BIBLIOGRAPHIE

- ALDERSON R., 1974.- Sea-water chlorination and the survival and growth of the early developmental stages of Plaice, Pleuronectes platessa L. and Doves sole, Solea solea L., Aquaculture 4, 41-53.
- ANON, 1977.- Rapport du groupe de travail "Estuaire, deltas". Pub. CNEXO Rapp. Sci. Techn., 34 : 90 p.
- ANON, 1985.- Variation de l'abondance de la civelle (secteurs Loire et Vilaine) 1976-1984. Rapport définitif. Contrat IFREMER/Université de Nantes n° 84/3226 : 24 p.
- BELLANCA M.A., BAILEY D.S., 1977.- Effects of chlorinated effluents on aquatic ecosystems in the Lower James River Journ. W.P.C.F. : 639-645.
- BOIGONTIER B. et MOUNIE D., 1984.- Contribution à la connaissance de la dynamique de la macrofaune benthodémersale et pélagique en Gironde. Tentatives et difficultés pour relativiser l'impact mécanique d'une centrale nucléaire : Le Blayais (Gironde). Thèse 3ème cycle I.N.P. Toulouse : 491 p.
- BRUNGS W.A., 1973.- Effects of residual chlorine on aquatic life. J. Water Pollut. Control. Fed. 45 (10) : 2180-2193.
- BUCKLEY J.A., WHITMORE C.M., MATSUDA R.I., 1976.- Changes in blood chemistry and blood cell morphology in Coho Salmon (On corhynchus kitsuch) following exposure to sublethal levels of total residual chlorine in municipal waste water. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 776-782.
- BURTON D., ABELL P. et CAPIZZI T., 1979.- Cold shock : effect of rate of thermal decrease on atlantic menhaden. Mar. Poll. Bull., 10 (12) : 347-349.
- BURTON D.T., HALL L.W., MARGREY S.L., SMALL R.D., 1979.- Interactions of chlorine temperature change (DT) and exposure time on survival of striped bass (Morone saxatilis) eggs and prolarvae. J. Fish. Res. Board. Can. 36 : 1108-1113.
- CAPUZZO J.M., DAVIDSON J.A., LAWRENCE S.A., 1977.- The differential effects of free and combined chlorine on juvenile marine fish. Estuarine and Coastal Marine Science 5 : 733-741.
- C.T.G.R.E.F., 1978.- Etude des organismes macroscopiques aspirés dans le circuit de refroidissement de la centrale électrique d'Ambès (Gironde). Div. A.L.A. Bx : 81 p.
- CHERRY D.S., LARRICK S.R., DICKSON K.L., MOEHN R.C., CAIRNS J., 1977.- Significance of hypochlorous acid in free residual chlorine to the avoidance response of spotted bass (Micropterus punctulatus) and rosyface shiner (Notropis rubellus). J. Fish. Res. Board. Can. 34 : 1365-1372.
- DOUDOROFF P., KATZ M., 1950.- Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components on fish. Servage Ind. Wastes 22 (11) : 1448-1449.

- DURAND J.L., 1983.- Les ressources halieutiques exploitées par les flottilles - 2ème partie. Le chalutage des navires du port de St Nazaire dans l'estuaire de la Loire. Rapp. I.S.T.P.M. : 16 p.
- HOLLAND G.A., LASATER J.E., NEUMANN E.D., EL DRIDGE W.E., 1960.- Toxic effects of organic and inorganic pollutants on young salmon and trout. Wash. Dep. Fish. Res. Bull. 5 : 198-214.
- LARDEUX F., 1986.- Eléments de dynamique de population de l'éperlan (Osmerus eperlanus) dans l'estuaire de la Loire. J.R.O. 11 (1) : 25-29.
- LASSUS P. et al., 1982.- Résultats des observations réalisées en 1981 sur le site de la centrale thermique de Cordemais. Effets des ouvrages de prise et de rejet sur l'ichtyofaune locale. Rapport I.S.T.P.M. : 50 p
- LIDEN L.H., BURTON D.T., BONGERS L.H., HOLLAND A.F., 1980.- Effects of chlorobrominated and chlorinated cooling waters on estuarine organisms. Jour. Wat. Poll. Control. Feder. Washington D.I. 52 (1) : 173-182.
- MARCHAND J., 1980.- Distribution saisonnière, abondance et diversité de l'ichtyofaune de l'estuaire interne de la Loire 1977-1978. Annales de l'Institut Océanographique 56 (2) : 127-137.
- MARCHAND J. et al., 1983.- Contribution à l'étude des ressources benthodémersales de l'estuaire de la Loire : Biologie et écologie des principales espèces. Rapport CSEEL (tome IV) : 159 p.
- MERKENS J.C., 1958.- Studies on the toxicity of chlorine and chloramines to the rainbow trout. Water Waste treat. J. 7 : 150.
- OTTOMAN F., 1979.- Conséquences des aménagements sur le milieu estuarien. J.R.O. IV (2) : 11-25.
- ROSENBERGER D.R., 1971.- The calculation of acute toxicity of free chlorine and chloramines to Coho Salmon employing multiple regression analysis. M.S. Thesis. Mich. St. Univ. East Lansing. Michigan 60 pp.
- TOMPKINS J.A. et TASI C.F., 1976.- Survival time and lethal exposure time for the Blacknose Dace exposed to free chlorine and Chloramines. Trans. Am. Fish. Soc. 1976 2 : 313-321.
- TURNPENNY A.W.H., 1983.- Multiple régression analysis for forecasting critical fish influres at power station intakes. J. Appl. Ecol. 20 (1) : 33-42.
- Van den BROEK W.L.F., 1979.- A seasonal survey of Fish populations in the Lower Medway estuary, Kent, based on Power Station Screen Samples. Estuarine and coastal marine Science 9 : 1-15.
- Van den BROEK W.L.F., 1980.- Aspect of the Biology of estuarine fish populations samples from power station trash screens. Intern. J. Environmental Studies 15 : 203-216.

**A N N E X E S :**

**Données brutes par sortie**

DATE : 24 JANVIER 1984									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Civelle	Mulet	Perche	P. chat
19 h 15	2	2				164	1	1	
19 h 35	2	1				253	3		
20 h 00	2					730			
20 h 30	2	3		1	2	816			
21 h 00	2	5		2		1 321			
21 h 30	2	7	1			1 717			
21 h 50	2	5	1			1 019		1	
22 h 10	2	5	4			1 075			
22 h 30	2	1		1		717			1
22 h 45	2		2	1		240			
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>8 052</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

DATE : 6 FEVRIER 1984									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Civelle	Mulet	Perche	P. chat
17 h 20	3	14				337		1	2
17 h 50	3	3		1		227			
18 h 10	3	5		1		353			1
18 h 30	3	5				533			
18 h 55	3	5	1	1	1	794			
19 h 15	3	3				431			
19 h 30	3	7				640	1		
20 h 05	3	4	4	1		745		1	
20 h 25	3	1				471			2
20 h 40	3	2	1			784			
20 h 50	3	1	1			696			
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6 011</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

DATE : 21 FEVRIER 1984								
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Civelle	Brème	Syngnathe	Aphia
18 h 20	1				35			
18 h 30	1	2			115	1		
18 h 40	1	3			97			
18 h 55	1	1			146			1
19 h 10	1				171	1		
19 h 20	1				107			
19 h 35	1	1			145	1		
19 h 55	1	1			106			
20 h 25	1	1	1		127			
20 h 40	1				102			
20 h 50	1	1	1	1	198		1	
21 h 00	2	6	3		304	1		
21 h 15	2	4			391			
21 h 35	2	1	1		251			2
21 h 50	2	4	1		203			
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2 498</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

DATE : 6 MARS 1984								
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Civelle	Atherine	Tacaud	Lamproie fluviale
17 h 15	1	42	1		535			
17 h 40	1	17			128	2		
17 h 55	1	18			168			
18 h 05	1	19			98			
18 h 25	1	41			228	1		
18 h 45	1	50			85	3		
19 h 05	1	33			110			
19 h 45	1	63	1		250	4		
20 h 05	1	95	1	1	420	2	1	
20 h 25	1	77	2		355	1		1
20 h 50	1	40			180			
TOTAL	11	495	5	1	2 557	13	1	1

DATE : 22 MARS 1984												
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Civelle	Aphia	Flet	Tacaud	Athérine	Lamproie fluviatile	Epinoche
18 h 10	1		1			55	5				1	
18 h 25	1	3				86	2		2			
18 h 40	1	2	1			121	5					
19 h 00	1	3				150	5					
19 h 15	1	4				200	3					
19 h 30	2	7	2	1	1	438	9					
19 h 45	2	5	2			500	6					
20 h 00	2	8	1			550	14					
20 h 15	1	7	3			230	17			1		
20 h 30	1	6				276	29	1				
20 h 45	1	7	1			184	25					
21 h 00	1	15	4			196	33	1				1
21 h 20	1	14	5			219	41					
21 h 40	1	1	1			223	20					
21 h 50	1	6	1			200	45					
TOTAL	18	88	22	1	1	3 628	259	2	2	1	1	1

DATE : 2 AVRIL 1984									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Civelle	Aphia	Larves	Syngnathe	Brème
17 h 10	1		2	2	55	1	n		
18 h 15	1	3	2		58		n		
18 h 40	1	1	1	1	61		n		
19 h 00	1	2	1		82	5	n		
19 h 30	1	5			101	3	n		
19 h 40	1				47	7	n		
20 h 10	1				120	10	n	1	
20 h 30	1				118	6	n		
21 h 00	1				160	7	n		1
21 h 25	1				239	2	n	1	1
TOTAL	10	11	6	3	1 041	41	n	2	2

DATE : 16 AVRIL 1984									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat (larves)	Eperlan	Civelle	Flet (juvénile)	Sole (juvénile)	Aphia	Brème
17 h 30	0.5		2	1	7				
17 h 45	0.5		1		9		1		
17 h 55	0.5		1		6				1
18 h 15	0.5		1		4	2	1		
18 h 30	0.5				3				
18 h 45	1	4	2	2	23				2
19 h 00	1	16	20		36		1		1
19 h 30	1	6	7		21				
19 h 55	1	3	1		11			1	
20 h 10	1	12	7		19				
20 h 30	1	4	11		2			2	
20 h 55	1	5	27		3			2	
21 h 15	1		17		7			1	
TOTAL	10.5	50	97	3	151	2	3	6	4

DATE : 18 MAI 1984								
Heure	Durée (mn)	Gobie (larves)	Sprat (larves)	Anguille	Civelle	Flet (larves)	Sole (larves)	Merlan
17 h 30	0.5	36	3	1	1	3	1	
17 h 50	0.5	53	4		3	4		
18 h 10	0.5	171	8		4	3	1	
18 h 35	0.25	33	14		2	1	1	
18 h 50	0.5	223	54	2	3		1	
19 h 15	0.5	94	51			1	2	1
19 h 35	1	141	180		3	1	1	
20 h 10	0.5	36	167		3	2	1	1
TOTAL	4.25	787	481	3	19	15	8	2

DATE : 31 MAI 1984											
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Civelle	Flet (larves)	Sole (larves)	Sprat (larves)	Epinoche	Merlan	Aphia
16 h 00	0.5	n	3	1		1	2	28			
16 h 30	0.5	n	5	2				40			
16 h 50	0.5	n	2			1	1	42	2		
17 h 10	0.5	n	1		1	1		n			
17 h 45	0.5	n	3					27		1	
18 h 15	0.5	30	3					78			1
18 h 35	0.5	36	6	2		2	3	89	1		
19 h 10	0.5	28	1				1	59		1	1
TOTAL	4	n	24	5	1	5	7	n	2/1	2	2

DATE : 14 JUIN 1984								
Heure	Durée (mn)	Gobie (larves)	Sprat (larves)	Eperlan	Civelle	Flet (larves)	Sole (larves)	Aphia
18 h 10	1	n	n			12	4	
18 h 20	1	n	n			26	3	
18 h 45	1	n	n			19	6	
18 h 50	1	n	n	1		19	6	
19 h 20	1	n	n			14	4	
19 h 35	1	n	n			1		1
19 h 45	1	n	n		1	1		
TOTAL	7	n	n	1	1	92	23	1

DATE : 29 JUIN 1984									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Flet	Sole	Aphia	Epinoche
17 h 35	0.5	97	7		1	1	1	1	2
17 h 45	0.5	138	4						
18 h 00	0.5	78	13						
18 h 10	0.5	50	4						
18 h 30	0.5	45	10						
18 h 45	0.5	12	7						
19 h 00	1	31	2	1					
19 h 25	1	18	8						
19 h 40	1	9	1		2				
19 h 50	1	53	1						
TOTAL	7	531	57	1	3	1	1	1	2

DATE : 12 JUILLET 1984								
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Flet	Sole	Aphia	Turbot (larve)
15 h 55	1	140	20	6				
16 h 15	1	108	26	5				
16 h 35	1	79	12	1				
17 h 15	1	28	17	1				
17 h 30	1	42	5					
17 h 45	1	17	6	2				
18 h 00	1	29	6					
18 h 30	1	7	2	1	1			
18 h 40	1	7	1	7			1	
19 h 00	1	1	3	3				1
TOTAL	10	458	98	26	1		1	1

DATE : 31 JUILLET 1984						
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Anguille	Civelle	Bar
18 h 40	0.7	30	10	2		
19 h 05	0.5	14	16			
19 h 15	0.5	12	16	1		
19 h 20	0.5	7	4	1		
19 h 30	0.5	5	7		1	
19 h 40	0.5	10	4			1
19 h 50	0.5	3				
20 h 15	0.5	10	5			1
20 h 20	0.5	7	7	1		
21 h 00	1		1			
21 h 05	3	1	5	2		
21 h 25	3	1	3	2		
21 h 40	3		2	3		
21 h 45	3	2	1			
TOTAL	17.7	102	81	12	1	2

DATE : 13 AOUT 1984						
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Anguille	Sprat (larve)	Merlan
17 h 15	1	19	1			
17 h 30	1	18	1		1	
17 h 45	1	25	3			
18 h 00	1	11	2			
18 h 15	1	19	4	1	1	
18 h 30	1	15	3			1
18 h 45	1	7	2		2	
19 h 00	1	5	1			
19 h 15	1					
19 h 30	1		1			
19 h 45	1	2	2			
20 h 00	1					
20 h 15	1		1			
20 h 30	4					
20 h 45	1		1			
21 h 00	1					
TOTAL	19	121	22	1	4	1

DATE : 29 AOUT 1984					
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Anguille	Bar
17 h 30	1				
17 h 45	1				
18 h 00	1	4		1	
18 h 15	1	5		1	
18 h 30	1	1		1	1
18 h 45	1	11	1	2	
19 h 00	1	13	1		
19 h 15	1	29		1	
19 h 30	1	24	2		
19 h 45	1	29		3	
20 h 00	1	22	1		
20 h 15	1	13			
20 h 30	1	12		4	
20 h 45	1	7		1	
21 h 00	1	4			
21 h 15	1	1	1	1	
21 h 30	1	5			
TOTAL	17	180	6	15	1

DATE : 17 SEPTEMBRE 1984			
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat
19 h 00	1		1
19 h 15	1		
19 h 30	1	1	2
19 h 45	1		
20 h 00	1		
20 h 15	1		1
20 h 30	1		
20 h 45	1		1
21 h 00	1		1
21 h 30	1		3
21 h 45	1		1
22 h 00	1		4
22 h 15	1		2
22 h 30	1		6
22 h 45	1		
TOTAL	15	1	22

DATE : 10 OCTOBRE 1984									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Aphia	Merlan	Mulet (alevin)	Brème
15 h 30	1	45	4		1				2
15 h 45	1	29	1			3			
16 h 00	1	40	2	1		2	1	1	
16 h 15	1	26	1				1		3
16 h 30	1	22	2			3			
16 h 45	1	4							
17 h 00	1	4							
17 h 15	1	8	2			1			
17 h 30	1	3	3						1
17 h 45	1	14	2			1			2
18 h 00	1	3							
18 h 15	1	1	2						2
18 h 30	1	2							
18 h 45	1	5	3						2
19 h 00	1	3	6						1
TOTAL	15	209	28	1	1	10	2	1	13

DATE : 26 OCTOBRE 1984										
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Civelle	Athérine	Flet	Brème	Motelle	Merlan	Aphia
15 h 45	1	1								
16 h 00	1	2								
16 h 15	1	3								
16 h 30	1	4								
16 h 45	1	7								
17 h 00	1	21	1	1			4			
17 h 15	1	62	3		1		9			
17 h 30	1	10	2				2			
17 h 45	1	20								1
18 h 00	1	12	4						2	
18 h 15	1	9					1		1	
18 h 30	1	14	2						1	
19 h 00	1	43	9					1	1	
19 h 15	1	31	11			1				
19 h 30	1		1							
TOTAL	15	239	33	1	1	1	16	1	5	1

DATE : 7 NOVEMBRE 1984							
Heure	Durée (mn)	Gobie	Bar	Flet	Synghathe	Gobies (alevins)	Aphia
14 h 15	1	6				50	
14 h 30	1	3				80	5
14 h 45	1	1				40	4
15 h 00	1	16			1	99	21
15 h 15	1	16	1			62	19
15 h 30	1	6			1	79	16
15 h 45	1					30	9
16 h 00	1	7		1		70	32
16 h 15	1	5				51	15
16 h 30	1	2				29	8
16 h 45	1	3				12	6
17 h 00	1					5	4
17 h 30	1					6	7
17 h 45	1					5	4
TOTAL	14	65	1	1	2	618	150

DATE : 21 NOVEMBRE 1984

Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Anguille	Civelle	Bar	Syngnathe	Merlan	Gobie (alevin)	Perche	Poisson chat	Motelle
13 h 45	1	3							17			
14 h 00	1	3			1			1	22			
14 h 15	1	3	2		1				17			
14 h 45	1	14			2	1			112	1		
15 h 00	1	7		1	1		2	1	70	1	1	
15 h 30	1	2							63			3
16 h 00	1	3					1		56	1		
16 h 15	1	1							80			
16 h 30	1						1		30			
16 h 45	1	3					1		25			1
17 h 00	1	3					1		36			
17 h 30	1								21			
TOTAL	12	42	2	1	5	1	6	2	549	3	1	4

DATE : 10 DECEMBRE 1984

Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Motelle	Brème	Civelle	Bar	Flet	Epinoche
15 h 30	1	9	3	4	16	30	4	1	5
16 h 00	1	25	2		8	24	4		3
16 h 15	1	5	2	1	1	11	1		
16 h 30	1	2	1		4	11			
16 h 45	1	35				21			
17 h 00	1	62	1			10			
17 h 30	1	67			1	29			
18 h 00	1	9				5			
18 h 15	1	44	1	3	1	14			
18 h 30	1	25		1		19			
18 h 45	1	31		1		45			
19 h 00	1	16	1	2	1	35			
19 h 30	1	24	1	3		48			
TOTAL	13	354	12	15	32	302	9	1	8

DATE : 21 MAI 1985

Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Civelle	Bar	Flet	Sole	Epinoche	Brème	Aphia
16 h 05	2	n				22	12			
16 h 30	1	n	23	3		52	6	1	1	
17 h 00	1	n	1	2		47	6			
17 h 30	1	n	10			28	1			
18 h 00	1	n	16			11	3			
18 h 30	1	n	7			2	1			1
19 h 00	1		19	1		1				3
19 h 30	1		8			3		1		2
20 h 00	1		17	2		3		1		3
TOTAL	10	n	101	8		169	29	3	1	9

DATE : 4 JUIN 1985									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Flet	Sole	Anchois	Aphia
14 h 30	1	n	25	40	1	18	11		
15 h 00	0.5		2	36		11	1		
15 h 30	0.5	2	1	7	1	7	2		
16 h 00	0.25	25	5	49		23	2		3
16 h 30	0.25	60	7	51		19	7		1
17 h 00	0.5	78	20	55	4	21	5	2	3
17 h 30	0.25	158	25	26	2	11	6		6
18 h 00	0.25	125	20	29		15	4		5
TOTAL	3.5	448	105	293	8	125	38	2	18

DATE : 2 JUILLET 1985								
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Civelle	Sole	Epinoche	Merlan
14 h 00	1	58	177	75				
14 h 15	1	33	9	23				
14 h 45	1	32	11	9				
15 h 15	2	149	23	15	1	2		
15 h 45	1	102	12	23			1	
16 h 15	1	209	9	4				
16 h 45	2	94	3	8				1
17 h 15	2	72	1	9				2
TOTAL	12	749	245	166	1	2	1	3

DATE : 19 AOUT 1985							
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Bar	Sole
18 h 15	1	64			2		
18 h 30	1.5	55		2	1		
19 h 00	1	48		2		1	
19 h 30	2	70		1			
20 h 00	2	105	1	2	1	1	
20 h 30	2	61	1		1	2	
21 h 00	3	73		1			1
21 h 30	2	29			1	1	
22 h 00	1	37		1	1		
TOTAL	15.5	542	2	9	7	5	1

DATE : 19 SEPTEMBRE 1985							
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Bar	Sole
15 h 15	2	8	6	6			
15 h 30	2	10	5	8		1	1
16 h 00	2	50	13	14	5	3	
16 h 30	2	21	3	5			
17 h 00	3	21	2	6			
17 h 30	2	7	1	1			
18 h 00	2	2					
18 h 30	2	2					
19 h 00	2		1	1			
TOTAL	19	121	31	41	5	4	1

DATE : 15 OCTOBRE 1985								
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Bar	Epinoche	Aphia
16 h 30	0.5							
17 h 00	1	5	1					
18 h 00	1	9	1		3		1	1
18 h 20	1	5				1		1
18 h 30	2	6	2		2			1
19 h 00	2	1	1	1	4	2		
19 h 30	2		3		4			
20 h 00	2	2	3	1	1			
TOTAL	11.5	28	11	2	14	3	1	3

DATE : 13 NOVEMBRE 1985											
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Bar	Flet	Sole	Mulet	Anchois	Athérine
15 h 30	1.5	16	2	2	2	2			1		
16 h 00	1.5	3			1						
16 h 30	1.5	TRAIT NUL (VASE)									
17 h 00	1	TRAIT NUL (VASE)									
17 h 30	3	5	3								
18 h 00	4	15	12		4						
18 h 30	4	9	3		7	2	2			1	
19 h 00	4	7	2		9		2	1			1
TOTAL	20.5	55	22	2	23	4	4	1	1	1	1

DATE : 12 DECEMBRE 1985									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Civelle	Bar	Flet	Mulet
14 h 30	2	2				10	1		1
14 h 45	1	2				10			
15 h 00	1					1	1		
15 h 30	1	1		1					
16 h 00	1	2	3		1	3	3		1
16 h 30	1	6		1	1	1			
17 h 00	1	1	1	1			1	2	
17 h 30	2	3		2	1	7	1	1	
18 h 00	2	2	3	1	1	12		1	
18 h 30	2	13	6	2	3	12		3	
TOTAL	14	32	13	8	7	56	7	7	2

DATE : 9 JANVIER 1986												
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Civelle	Bar	Flet	Epinoche	Poisson chat	Motelle	Epinochette
14 h 15	4	14	5	3		210 g	1		2			
14 h 45	3	15	6	2		190 g				1		
15 h 15	3	31	1	1	1	170 g			1	1		
15 h 45	3	23	4	3		130 g						
16 h 15	3		1			76 g			1			
16 h 45	3	59	2			220 g		2				
17 h 15	3	59	2	1	1	112 g					1	
18 h 00	3	68	3	2		150 g			1	1		1
TOTAL	25	269	24	12	2	1 258 g		2	5	3	1	1

DATE : 14 MARS 1986								
Heure	Durée (mn)	Gobie	Athérine	Eperlan	Anguille	Civelle	Poisson chat	Aphia
17 h 15	1	1				105		2
17 h 30	1	1				80		
18 h 00	1	1				190		2
18 h 30	2	2				200		2
19 h 00	1	4			1	180	2	7
19 h 30	1	4	1	1	2	130		7
20 h 00	1	3				55		4
20 h 30	1	1	1		1	130		4
21 h 00	1	3				210		1
TOTAL	10	20	2	1	4	1 280	2	29

DATE : 27 MARS 1986									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Eperlan	Anguille	Athérine	Flet	Ablette	Poisson chat
15 h 30	1			1	1			1	1
15 h 50	1				2		1		
16 h 05	1								1
16 h 20	1	1			1				
16 h 40	3					1			
17 h 05	4		1						
17 h 33	3	8							
17 h 50	4								
18 h 15	4	9			2				
18 h 45	4	21				1			
TOTAL	26	39	1	1	6	2	1	1	2

DATE : 9 AVRIL 1986									
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat (larves)	Eperlan	Anguille	Civelle	Aphia	Syngnathe	Poisson chat
16 h 30	1	3	n				2		
17 h 00	0.5	5	n			46	1		
17 h 30	1	8	n			28	5		
18 h 00	1	34	n	1		32	30	1	
18 h 30	2	30	n			28	67	1	
19 h 00	2	9	n			25	40		
19 h 30	2	13	n		1	49	29	1	
20 h 00	2	6	n			42	19	1	1
TOTAL	11.5	108	n	1	1	250	193	4	1

DATE : 22 MAI 1986										
Heure	Durée (mn)	Gobie	Sprat	Epinoche	Anguille	Civelle	Flet (larves)	Sole (larves)	Brème	Aphia
14 h 45	2	n	120	4		1			1	1
15 h 20	1	104	37	2		3	9	9		
15 h 45	1	514	95			7	46	29	1	4
16 h 25	1	67	24			1	5	5		
16 h 45	1	73	23			1	3	5		4
17 h 10	1	78	31			2		2		
17 h 35	2	137	64			1	1	5		3
18 h 00	1	5	103		1	1				2
18 h 25	1	7	166			1	1	1	1	
TOTAL	11	n	663	6	1	18	65	56	3	14