



RIJKSUNIVERSITEIT  
GENT

Academiejaar 1991 - 1992



FACULTEIT VAN DE  
LANDBOUWWETENSCHAPPEN

**LA BIOLOGIE ET LA DYNAMIQUE DE LA POPULATION  
DE LA LIMANDE (*Limanda limanda*, L.)  
DANS LA PARTIE SUD DE LA MER DU NORD**

**BIOLOGIE EN POPULATIEDYNAMICA VAN DE SCHAR  
(*Limanda limanda*, L.)  
IN DE ZUIDELIJKE NOORDZEE**

door

**OTHMAN JARBOUI**

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade  
de Docteur en Sciences Agronomiques

Proefschrift voorgedragen tot het bekomen van de graad  
van Doctor in de Landbouwkundige Wetenschappen  
op gezag van

**Rector : Prof. Dr. L. DE MEYER**

Dekaán :

**Prof. Dr. ir. L. MARTENS**

Promotor :

**Prof. Dr. ir. J. DE MAESENEER**

Co-Promotor :

**Dr. ir. R. DE CLERCK**

### AVANT-PROPOS

Maintenant que ce travail est fini, je me dois d'exprimer ma sincère reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidé et encouragé.

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide matérielle efficace qui m'a été accordée par l'Administration Générale de Coopération et du Développement. Qu'il me soit permis de la remercier en la personne de sa dynamique et gentille responsable Mme. JACQUES. Mes remerciements vont également à Mr. le Professeur Dr. ir. A. COTTENIE, coordinateur du projet INAT-Belgique.

Ma vive gratitude et mon profond respect vont à Mr. le Professeur Dr. ir. J. DE MAESENEER qui m'a aimablement guidé dans mes efforts et m'a réconforté dans les heures difficiles. En mettant à ma disposition sa vaste connaissance et en me soutenant de son exemple et de ses conseils, il a contribué à renforcer mon orientation vers la dynamique de population des poissons. Il a été le premier à lire mon manuscrit et je le remercie vivement d'avoir eu l'obligeance de le critiquer puis de le juger. A Mr. le Professeur J. DE MAESENEER, qui a accepté de prendre cette thèse sous sa responsabilité, je ne saurai dire toute l'étendue de ma reconnaissance.

Je dois une reconnaissance particulière à Mr. Dr.ir. R. DE CLERCK. Il a suivi de très près mes travaux, me faisant profiter de son expérience en biologie et en dynamique des populations de poissons. Avec tant de gentillesse et de constance il m'a continuellement conseillé et supporté pour mener à bien ce travail. Je lui témoigne ma respectueuse gratitude pour son aide et d'avoir accepté de relire ma thèse et d'être membre du jury.

Je ne saurais commencé à rédiger cette thèse avant de remercier vivement Mr. le Professeur Dr.ir. L. MARTENS, doyen de la Faculté Agronomique de Gand. C'est un devoir pour moi de lui exprimer mes profonds sentiments de respect et de gratitude. Je lui

suis reconnaissant d'avoir obligeamment accepté la présidence du jury.

Mes remerciements les plus distingués vont aussi à Mr. le Professeur Dr. R. LEMEUR d'avoir bien voulu être membre du jury.

J'exprime mon affectueuse reconnaissance à Mr. le Professeur Dr. ir. C. PELERENTS qui a bien voulu m'accepter dans son département. Son accueil bien veillant et son concours appréciable apporté pour l'exécution de mon programme de travail m'ont été très bénéfiques.

Que Mr. P. HOVART, directeur de la Station des Pêches Maritimes d'Ostende, trouve ici le témoignage de ma grande reconnaissance pour m'avoir chaleureusement accueilli dans le laboratoire de biologie. Je suis particulièrement honoré de sa présence parmi les membres du jury.

Je me fais le grand plaisir de remercier chaleureusement Mr. le Professeur Dr. F. OLLIVIER, il a eu l'obligeance de lire et de corriger mon manuscrit et de faire partie du jury, j'en suis particulièrement reconnaissant.

J'exprime l'hommage de ma profonde gratitude à Mr. le Professeur Dr. P. SORGELOOS et à Mr. le professeur Dr. ir. D. DEGHEELE. Je leur suis reconnaissant d'avoir accepté d'être membres de jury.

Je me souviendrai toujours avec gratitude et affection de l'aide sans réserve que m'a fourni Mr. R. MOERMANS chef de travaux au Centre de Recherche Agronomique de l'Etat (C.L.O), dans les analyses statistiques de cette étude. Je lui témoigne mon affectueuse reconnaissance et mon fidèle attachement.

Je remercie vivement Mr. le Professeur A. AZOUZ de l'Institut National Agronomique de Tunis de ses conseils judicieux, de son aide et d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements les plus cordiaux vont aussi à tous mes enseignants de l'Institut National Agronomique de Tunisie. je cite en particulier Mme F. CHAKROUN KTARI, Mme. J. ZAOUALI, Mr. M. ROMDHANE et Mr. H. MISSAOUI. Je tiens à les remercier vivement pour les critiques et les conseils utiles dont ils m'ont fait part.

Mes remerciements vont aussi à tout le personnel de la Station des Pêches Maritimes d'Ostende, en particulier à l'équipe biologique qui m'a aidé matériellement pour la réalisation de ce travail.

C'est un plaisir pour moi de remercier les capitaines et les équipages des deux bateaux de recherche (Belgica et O<sub>29</sub>) de leur patience et de leur aide pour la collecte des données.

Je remercie chaleureusement mes collègues doctorants de l'Institut National Agronomique de Tunisie et plus particulièrement R. M'RABET, H. HABEIB, B.HADDAD, M. ROMDHANE et M. MASMOUDI pour leur soutien continu et leur bonne compagnie.

Enfin, devant les efforts et les sacrifices consentis par ma famille, je ne saurai exprimer l'étendue de mon attachement. Qu'il me soit permis également de remercier tout particulièrement ma femme dont la présence et les encouragements ont été plus qu'un réconfort et à laquelle je dédie cette thèse.

Mes excuses et mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont aidé et qui, par oubli, n'ont pas été cités.



TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS

<u>INTRODUCTION</u> .....	1
---------------------------	---

Première Partie

PROBLEMATIQUE

<u>INTRODUCTION</u> .....	4
---------------------------	---

Chapitre 1: CROISSANCE

1. Introduction .....	6
2. Description du modèle de VON BERTALANFFY .....	8
3. Les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY...	10
3.1. Les paramètres Loo et K .....	11
3.2. Le paramètre t0 .....	13
3.3. Calcul des paramètres .....	14
3.3.1. Méthode de FORD-WALFORD .....	14
3.3.2. Méthodes des accroissements instantanés .....	15
4. Détermination de l'âge .....	16
4.1. Généralités sur l'otolithe "Sagitta" .....	17
4.2. Description de l'otolithe de la limande .....	19
4.3. Méthode de PETERSEN .....	19

Chapitre 2: MORTALITE

1. Introduction .....	22
2. Estimation de la mortalité totale à partir des poissons les plus âgés dans les captures .....	24
3. Estimation de la mortalité totale à partir de la taille moyenne dans les captures .....	25
4. Estimation de la mortalité totale à partir d'un graphique cumulatif .....	26
5. Estimation de la mortalité totale à partir de la "courbe des prises" .....	27
6. Estimation du coefficient de mortalité naturelle (M) et celui de la mortalité par pêche (F) à partir du coefficient de mortalité totale (Z) .....	29

**Chapitre 3: BIOMASSE**

1. Introduction.....	31
2. Méthode de marquage.....	32
3. Méthode de LESLIE.....	33
4. Méthode basée sur la capture et la mortalité par pêche.....	34
5. Méthode de l'aire balayée.....	34
5.1. Choix de la valeur de X1 pour la limande.....	35
5.2. Calcul de la surface balayée.....	37
5.3. Précision de l'estimation de la biomasse.....	38

**Deuxième Partie****ETUDE EXPERIMENTALE****I. PRESENTATION DE L'ESPECE ET DE LA ZONE D'ETUDE****Chapitre 1: ESPECE ETUDIEE**

1. Systématique.....	39
2. Caractères morphologiques et biologiques.....	39
2.1. Caractères morphologiques.....	39
2.2. Caractères biologiques.....	40
3. Distribution géographique.....	42

**Chapitre 2: DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE**

1. Délimitation de la zone.....	44
2. Bathymétrie et nature du fond.....	44
2.1. Bathymétrie.....	44
2.2. Nature du fond.....	44
3. Hydrologie.....	47
3.1. Température et salinité du fond.....	47
3.2. Courants résiduels et marées.....	51
4. Biocénose.....	53

## II. ANALYSE DES CAPTURES COMMERCIALES BELGES DE LIMANDE

### Chapitre 1: GENERALITES SUR LA FLOTILLE ET LA PRODUCTION

1. Flotille.....	54
1.1. Introduction.....	54
1.2. Importance numérique.....	55
1.3. Caractéristiques.....	57
1.3.1. Tonnage brut.....	57
1.3.2. Puissance motrice.....	60
1.3.3. Age.....	62
1.4. Activités et résultats actuels de la flotille...	63
2. Production.....	65
2.1. Espèces pêchées.....	65
2.2. Valeurs des apports.....	67
2.3. Evolution des apports.....	69
2.4. Production de la limande.....	69
2.4.1. Importance.....	69
2.4.2. Evolution.....	71
2.4.2.1. Evolution selon les pays riverains de la Mer du Nord.....	71
2.4.2.2. Evolution selon les zones de pêche.....	74
2.4.2.3. Evolution annuelle de la production nationale belge.....	74

### Chapitre 2: MATERIELS ET METHODES

1. Procédure d'échantillonnage.....	78
1.1. Choix du port.....	78
1.2. Présentation des captures au port.....	80
1.3. Opération et temps d'échantillonnage.....	80
2. Fiabilité de l'échantillonnage au port.....	81
2.1. Notion d'intervalle de confiance.....	81
2.2. Enoncée du problème.....	82
2.3. Choix de la valeur de (d).....	82
3. Traitement des échantillons au laboratoire.....	83
4. Méthode de la détermination de la composition en taille des captures.....	87
5. Méthode de la détermination de la composition en âge des captures.....	90

6. Méthode de la détermination de la période de  
pont de l'espèce..... 92

## Chapitre 3: RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Composition en taille des captures.....	96
2. Composition en âge des captures.....	99
3. Sex-ratio.....	103
4. Période de ponte.....	105
5. Conclusion.....	109

### III. ANALYSE DES CAPTURES EFFECTUEES A BORD DES BATEAUX DE RECHERCHE

## Chapitre 1: MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

1. Introduction.....	113
2. Echantillonnage .....	114
2.1. Campagne août.....	114
2.1.1. Lieu de la pêche.....	115
2.1.2. Technique de la pêche.....	115
2.1.2.1. Description du bateau.....	115
2.1.2.2. Opération de la pêche.....	117
2.1.3. Méthode d'investigation des captures.....	117
2.1.4. Etablissement des fiches des données.....	120
2.2. Campagnes de septembre et d'avril.....	122
2.2.1. Lieu de la pêche.....	123
2.2.2. Technique de la pêche.....	123
2.2.2.1. Caractéristiques du bateau.....	123
2.2.2.2. Opération de la pêche.....	123
2.2.3. Prélèvement des échantillons.....	123
3. Méthodes d'étude.....	126
3.1. Méthode de l'estimation de l'erreur d'échantillonnage.....	126
3.2. Méthode de la détermination de la taille à la première maturité sexuelle.....	128
3.3. Choix du modèle de la croissance.....	131
3.4. Méthode de l'estimation de la répartition et de	

l'abondance moyenne de la limande.....	133
3.4.1. Abondance totale.....	133
3.4.2. Abondance par classe de longueur.....	133
3.4.3. Abondance par classe d'âge.....	134
3.4.4. Représentation cartographique.....	134
3.5. Estimation de la mortalité totale.....	136
3.5.1. Délimitation des zones.....	136
3.5.2. Méthode de calcul de la mortalité par zone....	138
3.6. Estimation de la biomasse.....	139

## **Chapitre 2: RESULTATS ET DISCUSSIONS**

1. Erreur de l'échantillonnage.....	141
2. Taille à la première maturité sexuelle.....	142
3. Croissance.....	144
3.1. Clé taille-âge.....	144
3.2. Clé taille-sexe.....	147
3.3. Croissance linéaire.....	149
3.3.1. Courbes de croissance.....	149
3.3.2. Comparaisons avec d'autres résultats.....	154
3.4. Croissance pondérale.....	155
4. Répartition et abondance moyennes.....	159
4.1. Répartition et abondance totales moyennes.....	159
4.2. Répartition et abondance par sexe et suivant la maturité sexuelle.....	161
4.2.1. Femelles non mûres.....	161
4.2.2. Mâles non mûres.....	161
4.2.3. Femelles mûres.....	162
4.2.4. Mâles mûres.....	163
4.3. Répartition et abondance par âge.....	163
4.3.1. Classes d'âge 0 et 1.....	163
4.3.2. Classes d'âge 2 et 3.....	164
4.3.3. Classes d'âge 4 et 5.....	165
4.3.4. Classes d'âge 6'.....	165
4.4. Variation de l'abondance avec la profondeur.....	166
4.5. Habitudes alimentaires de la limande.....	169
5. Coefficient de mortalité totale (Z).....	169
5.1. Zone $I_a$ .....	170
5.2. Zone $I_b$ .....	170
5.3. Zone II.....	171

5.4. Zone III.....	171
5.5. Calcul d'une mortalité totale globale.....	173
5.5.1. Calcul d'une mortalité totale moyenne.....	173
5.5.2. Courbe des prises.....	174
5.5.3. Dimunition des effectifs.....	174
5.6. Mortalité naturelle (M).....	176
5.7. Mortalité par pêche (F).....	177
6. Biomasse.....	178
6.1. Calcul du poids moyen.....	179
6.2. Choix de l'année de référence.....	183
6.3. Composition.....	183
6.4. Comparaison.....	186
6.5. Evolution.....	190
7. Conclusion.....	193
 <u>RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES</u> .....	197
<u>SAMENVATTING EN ALGEMEEN BESLUIT</u> .....	207
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u> .....	216
<u>ANNEXE I</u> : Distribution en classe de taille et en classe d'âge d'âge des captures commerciales de de la limande dans la Mer du Nord.....	232
<u>ANNEXE II</u> : Cartes de distribution de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord.....	254
<u>ANNEXE III</u> : Tableaux des calculs de la biomasse.....	292

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Critères d'identification de la limande ( <u>Limanda</u> <u>limanda</u> ).....	43
<u>Figure 2</u> : Distribution géographique de la limande (d'après DENIEL, 1981).....	43
<u>Figure 3</u> : Situation géographique de la zone d'étude.....	45
<u>Figure 4</u> : Carte bathymétrique de la Mer du Nord.....	46
<u>Figure 5</u> : Nature du fond de la Mer du Nord.....	48
<u>Figure 6</u> : Température du fond de la Mer du Nord.....	49
<u>Figure 7</u> : Salinité du fond de la Mer du Nord.....	50
<u>Figure 8</u> : Courants résiduels de surface en août (d'après BOHNECTE, 1922).....	52
<u>Figure 9</u> : Importance numérique de la flotille de pêche belge (période 1960 - 1988).....	58
<u>Figure 10</u> : Evolution du tonnage total brut de la flotille de pêche belge (période 1960 - 1988).....	58
<u>Figure 11</u> : Evolution de la puissance totale de propulsion de la flotille belge (période 1960 - 1988).....	61
<u>Figure 12</u> : Evolution de la production nationale totale belge (période 1970 - 1988).....	70
<u>Figure 13</u> : Evolution des captures de la limande par zone de pêche (période 1948 - 1983).....	75
<u>Figure 14</u> : Evolution de la production nationale belge de limande (période 1946 - 1988).....	76
<u>Figure 15</u> : Situation géographique des deux zones d'étude de la période de ponte de la limande ( $A_1$ et $A_2$ ).....	79
<u>Figure 16</u> : Aspect schématique de l'otolithe de la limande en lumière réfléchie selon l'âge de l'individu et sa date de capture.....	86
<u>Figure 17</u> : Evolution mensuelle du R.G.S moyen des limandes femelles capturées au niveau des deux zones $A_1$ et $A_2$ .....	106
<u>Figure 18</u> : Variation mensuelle du R.G.S moyen des limandes femelles en fonction de l'âge.....	108
<u>Figure 19</u> : Situation géographique des stations d'échantillonnage à bord du Belgica (août 1987 et 1988).....	116
<u>Figure 20</u> : Plan du chalut d'échantillonnage utilisé à bord du Belgica (août 1987 et 1988).....	118

<u>Figure 21</u> : Situation géographique des stations d'échantillonnage à bord de l'O <sub>29</sub> (septembre 1987, avril 1988 et mars 1989).....	124
<u>Figure 22</u> : Plan du chalut d'échantillonnage utilisé à bord de l'O <sub>29</sub> (septembre 1987, avril 1988 et mars 1989)....	125
<u>Figure 23</u> : Zones de calcul du coefficient de mortalité totale (Z).....	137
<u>Figure 24</u> : Ogive de maturité des limandes femelles.....	143
<u>Figure 25</u> : Composition en longueur des juvéniles pris à bord de l'O <sub>29</sub> (campagne septembre 1987).....	145
<u>Figure 26</u> : Variation du sex-ratio en fonction de la taille (campagne août 1987 et 1988).....	148
<u>Figure 27</u> : Croissance en longueur (modèle de VON BERTALANFFY) des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1987).....	152
<u>Figure 28</u> : Croissance en longueur (modèle de VON BERTALANFFY) des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1988).....	152
<u>Figure 29</u> : Relation taille - poids des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1987).....	157
<u>Figure 30</u> : Relation taille - poids des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1988).....	157
<u>Figure 31</u> : Evolution du poids moyen des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1987).....	160
<u>Figure 32</u> : Evolution du poids moyen des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1988).....	160
<u>Figure 33</u> : Diagrammes représentatifs des captures des limandes (en fréquence par heure de pêche) à différentes profondeurs (campagnes août 1987 et 1988).....	167
<u>Figure 34</u> : Zone de la détermination de la biomasse des limandes en août 1987 (74 rectangles statistiques).....	184



LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Période de ponte de la limande dans certaines régions de son aire de répartition.....	42
<u>Tableau 2</u> : Comparaison de l'importance numérique de la flotille belge de 1987 avec celle de 1988.....	55
<u>Tableau 3</u> : Répartition du nombre de navires d'après la lettre initiale du port d'attache (situation du 31.12.1988).....	56
<u>Tableau 4</u> : Récapitulation de l'importance numérique de la flotille belge pour la période (1960 - 1988).....	59
<u>Tableau 5</u> : Répartition du tonnage (nombre de G.T.) d'après les ports d'attache (situation du 31.12.1988).....	60
<u>Tableau 6</u> : Les résultats de la flotille de pêche au chalut à gaules, scindés d'après la catégorie de puissance motrice (année 1988).....	64
<u>Tableau 7</u> : Production par espèce durant l'année 1988.....	66
<u>Tableau 8</u> : Evolution, par pays, des captures de la limande dans la Mer du Nord.....	72
<u>Tableau 9</u> : Récapitulation des indications importantes de l'échantillonnage des captures commerciales belges.....	85
<u>Tableau 10</u> : Prises en nombre des limandes par classe d'âge et de taille pendant la période (mai 1987 - avril 1988) dans les débarquements de la flotille belge en Mer du Nord.....	98
<u>Tableau 11</u> : Composition en âge des captures commerciales mensuelles belges.....	101
<u>Tableau 12</u> : Estimation en nombre et en poids des captures totales belges de limandes.....	101
<u>Tableau 13</u> : Distribution du sex-ratio dans les échantillons des captures commerciales.....	104
<u>Tableau 14</u> : Variation du sex-ratio en fonction de la taille, calculé pendant l'échantillonnage des captures commerciales.....	105

<u>Tableau 15</u> :	Fréquence de taille des limandes capturées au niveau de la station 40 (août 1987).....	121
<u>Tableau 16</u> :	Détermination de la longueur, du poids, de l'âge et du sexe des individus capturés au niveau de la station 40 (août 1987).....	122
<u>Tableau 17</u> :	Illustration de la méthode de calcul de la composition des captures suivant le sexe et la maturité sexuelle.....	135
<u>Tableau 18</u> :	Résultats de l'estimation de l'erreur de l'échantillonnage.....	141
<u>Tableau 19</u> :	Clé taille-âge établie par la combinaison des données des deux campagnes.....	146
<u>Tableau 20</u> :	Tableau de correspondance taille moyenne - âge - poids élaboré pour les limandes capturées lors de la campagne d'août 1987 à bord du Belgica.....	150
<u>Tableau 21</u> :	Tableau de correspondance taille moyenne - âge - poids élaboré pour les limandes capturées lors de la campagne d'août 1988 à bord du Belgica.....	150
<u>Tableau 22</u> :	Equations de croissance linéaire (modèle de VON BERTALANFFY) et les intervalles des valeurs observées chez les limandes capturées lors de la campagne d'août 1987 à bord du Belgica.....	151
<u>Tableau 23</u> :	Equations de croissance linéaire (modèle de VON BERTALANFFY) et les intervalles des valeurs observées chez les limandes capturées lors de la campagne d'août 1988 à bord du Belgica.....	151
<u>Tableau 24</u> :	Résultats de la croissance linéaire de la limande (modèle de VON BERTALANFFY) trouvés par DENIEL et TASSEL (1985).....	156
<u>Tableau 25</u> :	Les valeurs des coefficients a et b de la relation taille - poids obtenues pendant les deux périodes d'étude (août 1987 et août 1988).....	158
<u>Tableau 26</u> :	Résultats des calculs du coefficient de mortalité totale (Z) au niveau des quatre zones d'étude pour trois périodes (1985/1986, 1986/1987 et 1987/1988).....	170

<u>Tableau 27</u> : Calcul d'une mortalité totale moyenne pour différentes paires d'années et de groupes d'âge...	174
<u>Tableau 28</u> : Composition (nombre et poids) en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord.....	185
<u>Tableau 29</u> : Composition (en nombre) en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (60 rectangles en commun) en août 1985, 1986 et 1987.....	192
<u>Tableau 30</u> : Composition (en poids) en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (60 rectangles en commun) en août 1985, 1986 et 1987.....	192
<u>Tableau 31</u> : Vérification du calcul du coefficient de mortalité totale (Z) du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (60 rectangles en commun) en août 1985, 1986 et 1987.....	193

## INTRODUCTION

L'abondance des espèces commerciales de poissons a un intérêt vital pour le pêcheur: avec des données sur l'abondance et la croissance d'une espèce de poisson quelconque, le biologiste peut donner une estimation de la biomasse. En effet, afin de gérer scientifiquement la production de poissons et d'organiser rationnellement le plan de développement de la pêche, il faut être en mesure d'évaluer le stock de ces poissons. Cependant, les caractères propres à chaque espèce ou à chaque population et les particularités de chaque pêcherie exigent l'emploi des méthodes variées. Mais, malgré cette diversité, toutes ces méthodes doivent s'appuyer sur des lois biologiques générales.

La réalisation de ce travail s'inscrit dans le cadre général de l'étude de la dynamique et de la biologie des populations de poissons plats en Mer du Nord, en particulier la limande (Limanda limanda) (Linnée, 1758). La partie pratique a été réalisée dans la Station des Pêches Maritimes d'Ostende, alors que l'analyse et le traitement des données ont été faits à la Faculté Agronomique de Gand.

La limande est en tonnage et en nombre l'espèce de poissons plats la moins abondante dans les débarquements de la flotille belge. La production annuelle en 1990 a été évaluée à 432 tonnes, soit 3% des captures totales de poissons plats. En effet, la pêcherie est orientée uniquement vers l'exploitation du stock de sole et de plie et les apports de limande ne sont qu'accessoires. Il semble également que cette espèce soit mal commercialisée et peu intégrée dans les habitudes alimentaires des belges. Une demande plus soutenue du marché induirait une augmentation des captures à condition que le ou les stocks puissent l'alimenter. De plus, à part quelques études comme celle de HANSJURGEN (1957), celle de CHRISTOPHER (1972) et celle de HTUN-HAN (1978), les recherches et les investigations pour l'étude biologique et dynamique de cette espèce en Mer du Nord restent rares. Il est à signaler l'existence d'autres travaux qui présentent, en général, l'intérêt pour une

étude comparative d'être disséminés sur l'essentiel de l'aire de répartition géographique de l'espèce: le long des côtes danoises (POULSEN, 1933); dans les eaux de l'Ile de Man (ORTEGAS-SALAS, 1980) et de l'Islande (JONSSON, 1966). On essaiera, par conséquent, par le présent travail d'apporter plus au stock de limande en Mer du Nord.

Après une analyse bibliographique du sujet au cours de laquelle on a présenté une étude théorique des principaux paramètres discutés ainsi que les modèles mathématiques utilisés pour les évaluer, l'étude expérimentale de ce travail comporte trois parties différentes:

- Une première partie en deux chapitres introduisant l'espèce étudiée (systématique, caractères morphologiques et biologiques et distribution géographique) et décrivant la zone d'étude (situation géographique, bathymétrie, nature du fond et hydrologie).

- Une seconde partie comprenant trois chapitres, on se propose dans cette partie d'introduire la flotille et la production belge de poissons, de suivre leur évolution avec le temps et d'analyser les captures commerciales de limande. En effet, un programme d'échantillonnage des débarquements a été mis au point durant une année (mai 1987 - avril 1988) dont le but essentiel est la détermination de la période de ponte de l'espèce et sa variation avec l'âge dans deux zones de pêche différentes ainsi que la détermination de la composition en taille et en âge des débarquements belges de limande.

- Une troisième et dernière partie constituée de deux chapitres et qui est concernée par l'analyse des captures des bateaux de recherche. Elle comporte, cependant, deux types d'analyses: une première analyse des captures de l'O<sub>29</sub> (bateau de recherche belge), qui effectue chaque année en avril et en septembre une campagne de chalutage expérimental sur les côtes belges, permet la détermination de l'âge des petits individus par la méthode de PETERSEN (1892) ainsi que l'estimation de la taille et l'âge de la première maturité sexuelle des limandes femelles.

seconde analyse des captures des bateaux de recherche (Belgica et bateau hollandais); cette analyse traite les données des campagnes d'août effectuées au large de la Mer du Nord et qui s'étalent sur quatre années successives (1985, 1986, 1987 et 1988). En effet, on se propose de délimiter les zones de concentration de l'espèce, de déterminer les paramètres de la croissance, d'estimer le coefficient de mortalité totale (Z) et ses deux composantes (M) et (F) ainsi que d'évaluer la biomasse du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord.

**MOTS-CLES:** *abondance, bateaux de recherche, bateaux commerciaux, biomasse, chalut, campagnes de recherche, captures, croissance, distribution, échantillonnage, estimation, limande, Mer du Nord, mortalité, période de ponte, sex-ratio.*

**Première Partie**  
**PROBLEMATIQUE**

## Première Partie : PROBLEMATIQUE

### I. INTRODUCTION

La dynamique de populations est une branche de la biologie où les modèles mathématiques ont été utilisés depuis longtemps. Plusieurs auteurs ont développé certains principes dont dépendent ces modèles et ils ont également démontré que la majorité des processus biologiques sont des systèmes "ouverts". En effet, il y a un flux continu d'énergie à l'intérieur et à l'extérieur du système et l'une de ses caractéristiques fondamentales c'est qu'il tend toujours vers un équilibre dynamique ou une situation stable. Une population de poissons exploitée peut donc être considérée comme un système ouvert. Globalement, le recrutement annuel et la croissance en poids des adultes représentent ensemble l'entrée de l'énergie alors que la sortie de l'énergie prend la forme de la mortalité totale que se soit la mortalité naturelle ou celle causée par la pêche.

D'une façon générale, la dynamique de populations de poissons peut être actuellement définie comme une étude quantitative de quatre facteurs primaires : la taille (en nombre ou en poids), la croissance, la mortalité et le recrutement. Presque toute la littérature de base est consacrée à l'observation, à la détermination quantitative et à l'analyse de ces facteurs d'après la théorie des pêches et les méthodes d'évaluation des populations de poissons.

Suite à un manque de données précises sur le recrutement de l'espèce et la difficulté d'en obtenir (campagnes de recherche spéciales et parfois coûteuses avec un maillage très faible au niveau presque de toutes les côtes de la zone d'étude et à divers périodes de l'année ainsi qu'une étude de sélectivité des engins de pêche utilisés...), on n'a pas pu examiner, dans cette étude, le facteur recrutement. Par contre, la croissance, la mortalité et la biomasse feront l'objet d'une analyse approfondie.



La croissance et la mortalité sont, en effet, deux facteurs d'importance considérable pour l'étude d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Ainsi, les problèmes d'évaluation reviennent essentiellement à comparer les gains en poids dûs à la croissance et aux pertes causées par la mortalité. De plus, l'objectif de nombreuses recherches a été de trouver des expressions mathématiques, pratiques et sans simplifications excessives, qui permettent soit une estimation de la biomasse, soit une gestion rationnelle du stock considéré.

Cette partie décrit donc brièvement certains paramètres de l'espèce tels que la croissance, la mortalité et la biomasse. Elle s'attarde également sur le développement de quelques modèles mathématiques concernant la détermination de tels paramètres. Cependant, deux points importants conditionneront la méthodologie à envisager dans cette étude : d'une part, la nature des données et leur structure et d'autre part, le souci d'obtenir des résultats à intérêt pratique. Ainsi, cette étude comportera une analyse bibliographique afin de passer en revue les travaux touchant au sujet et choisir les méthodes appropriées aux données disponibles. Les résultats concernant les paramètres de l'espèce, ultérieurement trouvés, seront discutés au fur et à mesure de l'interprétation de ceux obtenus dans notre étude.

## Chapitre 1: CROISSANCE

### 1. INTRODUCTION

Généralement, la croissance des poissons en longueur ou en poids, différemment des animaux terrestres ou de ceux suivis au laboratoire, est rarement observée directement. Donc, en matière d'analyse des populations, il est bon de pouvoir exprimer par une formule mathématique, la croissance des animaux aquatiques. Il faut essentiellement une formule raisonnablement facile à incorporer dans les équations de rendement, conforme aux données d'observation sur la taille à divers âges et donnant la taille à tel ou tel âge. Il existe plusieurs équations susceptibles de décrire la croissance des animaux en fonction du temps.

Deux ensembles de modèles sont souvent utilisés pour décrire l'évolution de la croissance avec le temps. Le premier est constitué des fonctions asymptotiques qui reflètent les lois biologiques de la croissance (point d'inflexion et évolution vers un point asymptotique qui correspond au poids adulte). Le second ensemble, composé des polynômes et des modèles multidimensionnels associés, est plutôt utilisé dans un but descriptif où la perfection de l'ajustement est la caractéristique la plus recherchée. C'est parmi le premier ensemble que nous allons effectuer le choix de la fonction à ajuster. Cet ensemble est constitué, en général, de trois fonctions : logistique, Bertalanffy et Gompertz.

Dans l'étude de la croissance, les critères du choix d'un modèle mathématique sont différents selon que l'étude concerne une partie ou l'ensemble de la courbe. En croissance animale, l'étude d'une partie de la courbe est souvent descriptive, ainsi l'ajustement d'un polynôme améliore la précision des performances pondérales étudiées. Pour l'ajustement de la courbe de croissance totale, les fonctions asymptotiques sont toujours largement utilisées. "Il est facile de démontrer que la fonction qui s'ajuste le mieux est celle qui approche le plus le point d'inflexion"

(RICHARDS, 1959). En effet, après que BRODY (1945) a estimé le point d'inflexion à environ le tiers du poids adulte, l'utilisation de la fonction GOMPERTZ (LAIRD et al., 1965; LAIRD et HOWARD, 1967) ou BERTALANFFY (FABENS, 1965; TIMON, 1968; GALL et KILE, 1968) s'est trouvée justifiable.

Certaines de ces équations peuvent donc seulement donner un ajustement empirique des données disponibles, comme dans le cas des expressions exponentielles ou polynomiales. Ainsi, la croissance exponentielle a été utilisée par THOMPSON et BELL (1934) et RICKER (1944), dans laquelle, la croissance est considérée être proportionnelle à la taille atteinte; mais comme a été démontré par BEVERTON et HOLT (1957), l'utilisation de cette équation dans les calculs de production peut donner des résultats inacceptables pour des taux faibles de mortalité. L'équation polynomiale présente beaucoup de flexibilité dans l'ajustement de certaines séries de données, comme a été discuté par BEVERTON et HOLT (1957). Cette équation a encore un désavantage quand elle est utilisée en étude analytique de la croissance où les expressions mathématiques qui tiennent compte des caractéristiques physiologiques sont préférées. L'une de ces caractéristiques est que la courbe de croissance est asymétrique et en forme de S "S-shaped" ou sigmoïde. La courbe sigmoïde peut être obtenue par l'équation de GOMPERTZ (1825) ou logistique. La dernière est devenue très connue par ces applications et elle a eu du succès seulement à partir des années quarante. L'équation logistique a été développée par ROBERTSON (1923), elle combine les deux processus d'accélération et d'inhibition de la croissance, comme a été proposé par BRODY (1945). Cette fonction a été rarement utilisée pour décrire la croissance individuelle des poissons durant leur vie entière, mais MIURA et al. (1976) décrivaient avec succès la croissance saisonnière du Oncorhynchus hordurus, L. (espèce de saumon). La fonction de GOMPERTZ a été utilisée par WEYMOUTH et al. (1931) pour décrire la croissance de certaines espèces démersales. L'équation assume que le taux de croissance varie linéairement avec le temps. BEVERTON et HOLT jugent cette expression principalement empirique. Ils ont aussi indiqué une formule alternative de croissance qui

peut être directement intégrée dans leur modèle de rendement, c'est l'équation de VON BERTALANFFY (1938). Malgré certaines critiques, comme celle de KNIGHT (1968) ou plus récemment celle de ROFF (1980), la majorité des biologistes, depuis la publication de BEVERTON et HOLT (1957), ont préféré la fonction de VON BERTALANFFY pour exprimer la croissance des poissons. C'est ainsi que GASCHUTZ, PAULY et DAVID (1980), ont développé deux versions du modèle de VON BERTALANFFY. La première version correspond à la forme générale de l'équation et la seconde correspond à la croissance saisonnière des poissons.

Pour la limande, la formule de VON BERTALANFFY a été utilisée par BOHL (1957), par CHRISTOPHER (1972) et par DENIEL et TASSEL (1985). Elle sera de nouveau examinée, pour cette espèce, dans la présente étude.

## 2. DESCRIPTION DU MODELE DE VON BERTALANFFY

VON BERTALANFFY a défini la croissance comme étant un changement au cours du temps du poids corporel du poisson, qui est le résultat net de deux processus de tendances opposées, un construisant les substances du corps (anabolisme) et l'autre détruisant ces substances (catabolisme). Cette interprétation de la croissance par l'action métabolique a été tentée une première fois par PUTTER (1920), mais VON BERTALANFFY en a repris l'essentiel pour formuler l'action de l'anabolisme et du catabolisme en termes mathématiques biologiquement compréhensibles d'où l'expression:

$$dW/dt = HW^d - KW^m \quad (1)$$

où  $dW/dt$  est le taux de croissance (changement du poids par unité du temps),  $H$  est le coefficient d'anabolisme,  $K$  est le coefficient de catabolisme. Le processus d'anabolisme est supposé proportionnel avec une certaine puissance ( $d$ ) (généralement égale à  $2/3$ ) au poids du poisson ( $W$ ); alors que le catabolisme est proportionnel au poids avec une puissance ( $m$ ) ( $m$  est généralement égale à  $1$ ). Les détails

de l'intégration de l'équation (1) pour obtenir la formule finale de la croissance ont été représentés dans les études de TAYLOR (1962) et celles de PAULY (1978, 1979a, 1981 et 1984).

Généralement, si on porte sur un graphique la longueur d'un poisson en fonction de son âge, on obtient une courbe dont la pente décroît continuellement quand l'âge augmente tout en s'approchant d'une certaine asymptote parallèle à l'axe des temps. D'autre part, si on inscrit la vitesse de la croissance en fonction de la longueur, on obtient fréquemment une droite coupant l'axe des longueurs en un point  $L_{00}$  au delà du quel les individus ne grandissent plus et correspond à l'asymptote de la courbe (longueur - âge). Supposant maintenant qu'il existe une relation linéaire entre le taux de croissance en longueur ( $dL/dt$ ) et la longueur ( $L$ ), cela signifie en termes mathématiques:

$$dL/dt = K(L_{00} - L) \quad \text{ou} \quad dL/dt = KL_{00} - KL \quad (2)$$

où  $K$  = la vitesse de croissance de l'espèce concernée

$L_{00}$  = la longueur correspondante à un taux de croissance nul

On a donc une fonction linéaire de la forme ( $Y = AX + B$ ). L'équation (2) peut être écrite sous la forme de:

$$dL/(L_{00} - L_t) = K \cdot dt \quad (3)$$

L'intégration de cette équation se traduit par:

$$-\log(L_{00} - L_t) = Kt + Cte \quad \text{ou bien encore:}$$

$$L_{00} - L_t = e^{-Kt} * Cte \quad (4)$$

Si  $t_0$  est l'âge théorique au quel la longueur ( $L$ ) est nulle, la valeur de la constante sera donnée par l'équation:

$0 = L_{00} - e^{-Kt_0} * Cte$  d'où  $Cte = L_{00} \cdot e^{Kt_0}$ , l'équation définitive sera donc:

$$L_t = L_{00}(1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (5)$$

D'une façon générale, la croissance peut être donc décrite par des changements de longueur ou de poids. Depuis les premières études de HADERSTROM (1759) et de PETERSEN (1892), plusieurs méthodes utilisées pour obtenir des données de la longueur par âge ont été développées. Il a été montré possible d'âger les poissons en se basant sur la lecture de leurs pièces squelettiques (écailles ou otolithes) (PANELLA, (1971); BROTHERS, (1980) et BROTHERS et al. (1976)).

Par ailleurs, VON BERTALANFFY a exprimé donc, par une formule mathématique, la variation de la longueur en fonction de l'âge. Il a pu, de ce fait, associer à chaque âge une longueur correspondante ou vice-versa. C'est, en effet, presque la seule formule qui peut satisfaire aux deux critères suivants:

- Adaptation à la plupart des données de croissance observées.
- Facilité d'incorporation dans les modèles d'évaluation des stocks.

De plus, le modèle de VON BERTALANFFY présente l'avantage d'être simple et très répandu dans le règne animal. Si  $L_t$  est la longueur à l'instant (t), la fonction décrite par VON BERTALANFFY est :

$$L_t = L_{00}(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

$L_{00}$  = longueur asymptotique correspondant à un taux de croissance nul.

$K$  = constante de vitesse de la croissance de l'espèce.

$t_0$  = âge théorique auquel la longueur est nulle.

### 3. PARAMETRES DE L'EQUATION DE VON BERTALANFFY

L'utilisation du modèle de VON BERTALANFFY a bien soulevé des controverses. Celles-ci ont notamment porté sur la justification théorique avancée par VON BERTALANFFY reposant sur des considérations métaboliques et sur l'interprétation des paramètres

$L_{00}$ ,  $K$  et  $t_0$ . En effet, la signification biologique de ces paramètres a été le sujet d'une discussion permanente. Certains auteurs appuient cette signification biologique des paramètres (KRUGER, 1969).

Comme le notent JOSSE et al. (1979), s'il est l'usage relativement courant d'assimiler  $L_{00}$  à la taille maximum des organismes, il serait abusif de procéder ainsi systématiquement. On touche là au danger de l'extrapolation d'une courbe ajustée, en général, pour une gamme d'âge limitée. D'autres auteurs (LE GUEN, 1971 et RICKER, 1969) ont supposé que  $L_{00}$  n'est que l'asymptote de la courbe dans l'intervalle des tailles observées. Il se peut que cette valeur ne soit jamais atteinte (le poisson ne vit pas assez longtemps pour atteindre  $L_{00}$  et l'on dit qu'il croît toute sa vie), ou, au contraire que l'on a des valeurs supérieures à  $L_{00}$  en raison des fluctuations aléatoires parce que l'équation de croissance n'est plus valable au delà d'une certaine limite de taille.

Il ne faut jamais perdre de vue que les trois paramètres  $L_{00}$ ,  $K$  et  $t_0$  ne sont que de simples supports mathématiques auxquels il ne faut pas donner, à priori, des significations biologiques. Ces paramètres sont extrêmement sensibles aux limites inférieures et supérieures des intervalles d'observation et aux traitements mathématiques utilisés pour les obtenir (LAUREC et LE GUEN, 1979).

### 3.1. Paramètres $L_{00}$ et $K$

Le paramètre  $L_{00}$  a été défini par RICKER (1975) comme étant la taille que le poisson atteint quand il croît indéfiniment. KNIGHT (1968) se contente du fait que pour les poissons, la taille asymptotique est une fiction mathématique. Autres chercheurs maintiennent que la croissance asymptotique est réelle, mais l'estimation de la valeur de  $L_{00}$  dépend essentiellement de l'ajustement des courbes. Ceci est réellement un problème si l'on considère l'influence de ces variations sur la production par recrue utilisant le modèle de BEVERTON et HOLT (GULLAND, 1983).

Une concordance raisonnable entre la valeur de la longueur maximale observée ( $L_{\max}$ ) et  $L_{\infty}$  a été démontré pour les poissons en dessous de 50 cm (BEVERTON, 1963 et TAYLOR, 1962). Ces auteurs ont proposé l'égalité suivante:  $L_{\max} = 0,95L_{\infty}$ .

Le paramètre K est le plus difficile à visualiser; il se réfère d'abord au taux de dégradation des substances du corps, spécialement les protéines. Cependant, cette dégradation doit être continuellement compensée par la synthèse de nouvelles protéines (JACQUES, 1987). RUMOHER (1975) a supposé qu'il n'y a pas de croissance enchainée au facteur d'oxygène mais seulement à des facteurs qui affaiblissent la croissance. Plusieurs auteurs ont essayé de comparer la performance de la croissance des poissons en se référant aux valeurs de  $L_{\infty}$  et K elles-mêmes (ALLEN, 1976 et MIRSA, 1980). En effet, à partir de la définition de K, on peut dériver que la croissance des poissons est rapide si K est grand. Cependant, la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) est inversement proportionnelle au paramètre K; c'est-à-dire, à l'intérieur de la même espèce, si K est petit pour l'un ou pour l'autre des sexes, les individus du sexe correspondant s'approchent lentement de leur longueur asymptotique et inversement.

Par ailleurs, GALLUCCI et QUININ (1979) ont démontré la nécessité de la dépendance entre l'estimation de K et de  $L_{\infty}$  pour améliorer la flexibilité de la fonction de VON BERTALANFFY. Il ont suggéré un nouveau paramètre  $\omega$ , avec  $\omega = KL_{\infty}$ . Ils ont démontré également que  $\omega$  est un paramètre stable plus normalement distribué que  $L_{\infty}$  et K séparément. Comme l'a suggéré GULLAND (1983), ce paramètre  $\omega$  ne peut être utilisable pour la comparaison de la croissance que si les valeurs de  $t_0$  sont similaires et que si la longévité des deux espèces ou des deux sexes est également la même. D'autre part, TAYLOR (1962) a considéré K comme un indice de la longévité des espèces. Supposant que  $t_0 = 0$  et  $L_{\max} = 0,95L_{\infty}$ , la fonction de VON BERTALANFFY peut être écrite:



$$0.95L_{00} = L_{00}(1 - e^{-Kt_{\max}}) \quad \text{ou encore}$$

$$0.05 = e^{-Kt_{\max}} \quad \text{d'où} \quad t_{\max} = 3/K$$

C'est à dire que pour une population, la valeur de K peut être déterminée à partir de  $(L_{\max})$  avec un échantillonnage correct des poissons âgés.

### 3.2. Paramètre $t_0$

Le paramètre  $t_0$  est défini comme étant l'âge théorique que le poisson atteint à  $L = 0$ . Il n'est pas un paramètre biologique mais uniquement utilisé pour mieux ajuster la courbe de croissance de façon meilleure. Pour plusieurs applications, la valeur exacte de  $t_0$  n'est pas utile (l'utilisation des courbes de capture pour évaluer la mortalité totale, l'analyse des cohortes basée sur la fréquence de taille, etc...). Certaines méthodes comme celle de GULLAND (1977) et (1983) et celle de MUNRO (1982) estiment K et  $L_{00}$  à partir des données de marquage mais elles n'accordent pas un âge quelconque pour une certaine longueur.

L'estimation de  $t_0$  suggère l'établissement d'une date de naissance coïncidant avec le pic de la période de ponte (LOPEZ VEIGA, 1979). Une fois cette date est désignée, la qualité de l'estimation de  $t_0$  va sérieusement en dépendre, particulièrement la variation autour de  $t_0$ . Cette variation est assez importante principalement pour les poissons d'eaux tropicales avec une saison de naissance relativement longue (3 à 6 mois) (MOREAU, 1979). Il est donc plus facile d'estimer  $t_0$  dans les eaux tempérées où la durée de naissance est seulement de quelques semaines. Pour prouver la qualité de l'estimation de  $t_0$ , LOPEZ VEIGA (1979) a suggéré la longueur d'éclosion ( $L_b$ ) d'être la longueur à l'âge  $t = 0$ , en effet si  $L_{90}$  et K sont déjà estimés, on a :

$$t_0 = 1/K [\log(L_{00} - L_b)]$$

#### 4. CALCUL DES PARAMETRES DE VON BERTALANFFY

De nombreuses méthodes d'estimation des paramètres des fonctions non linéaires ont été mise au point. Quelques unes, parmi ces méthodes, sont spécifiques à une fonction donnée, d'autres sont plus généralisées. Pour les fonctions asymptotiques, STEVENS (1951) donne une méthode basée sur le maximum de vraisemblance. Cette méthode a été généralisée par TOMLINSON et ABRAMSON (1961) et on l'utilise pour résoudre la fonction de VON BERTALANFFY. Le calcul des paramètres peut, en effet, se faire par plusieurs méthodes, soit graphiques soit numériques. On cite, dans ce contexte, la méthode de FORD-WALFORD (1946) et celle des accroissements instantanés.

##### 4.1. Méthode de Ford-Walford

Cette méthode suppose que les tailles moyennes observées correspondent à des âges régulièrement espacés d'une année ou d'un nombre constant de mois; l'intervalle entre deux âges successifs étant pris comme unité. En effet, à un âge quelconque ( $t$ ), on a:

$$\begin{aligned}
 t & : L_t = L_{00} (1 - e^{-K(t-t_0)}) = L_{00} - L_{00} \cdot e^{-K(t-t_0)} \\
 t+1 & : L_{t+1} = L_{00} (1 - e^{-K(t+1-t_0)}) \\
 & = L_{00} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \cdot e^{-K} \\
 & = L_{00} - [L_{00} \cdot e^{-K(t-t_0)}] \cdot e^{-K} \\
 & = L_{00} - (L_{00} - L_t) \cdot e^{-K} \\
 & = L_{00} - L_{00} \cdot e^{-K} + L_t \cdot e^{-K}
 \end{aligned}$$

$L_{t+1} = A + BL_t$ , avec  $A = L_{00}(1 - e^{-K})$  et  $B = e^{-K}$ . Si l'on trace la courbe  $L_{t+1} = f(L_t)$ , on obtient une droite de pente positive ( $e^{-K}$ ). Lorsque le poisson atteint sa taille limite, il cesse de croître, ce qui entraîne  $L_t = L_{t+1}$ , l'ordonnée est égale à l'abscisse. On se retrouve par conséquent sur la première bissectrice; le point où la droite précédente ( $L_{t+1} = f(L_t)$ ) coupe la première bissectrice permet d'estimer la longueur asymptotique  $L_{00}$  qui est celle soit de son abscisse soit de son ordonnée.

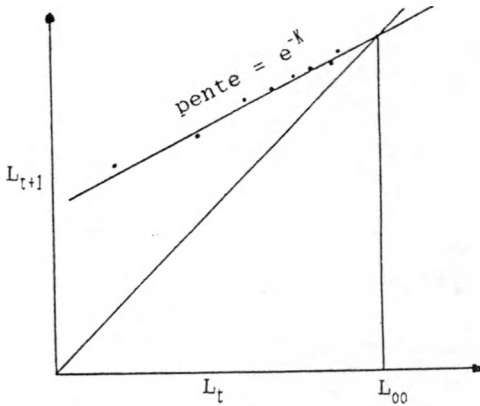


Schéma: Méthode de Ford-Walford

#### 4.2. Méthode des accroissements instantanés

Si l'on connaît les longueurs moyennes à des intervalles de temps égaux ( $T$ ), on aura:

$$\begin{aligned} L_t &= L_{00}(1 - e^{-K(t-t_0)}) \\ L_{t+T} &= L_{00}(1 - e^{-K(t+T-t_0)}) \\ L_{t+T} - L_t &= [L_{00} \cdot e^{-K(t-t_0)}] [1 - e^{-KT}] \\ &= (L_{00} - L_t)(1 - e^{-KT}) \\ &= L_{00}(1 - e^{-KT}) - L_t(1 - e^{-KT}) \end{aligned}$$

$$L_{t+T} - L_t = AL_t + B = \text{Accroissement}$$

avec  $A = -(1 - e^{-KT})$  : c'est la pente de la droite

$$B = L_{00}(1 - e^{-KT})$$

si  $T = 1$  an, on obtient une courbe de pente  $-(1 - e^{-K})$  et dont l'intersection avec l'axe des abscisses donne la valeur de  $L_{00}$ .

Si on connaît  $L_{00}$  et  $K$ ,  $t_0$  peut être calculé à partir de n'importe quel couple  $(L_t, t)$ : en effet:

$$\begin{aligned} L_t &= L_{00} - L_{00} \cdot e^{-K(t-t_0)} \quad \text{d'où} \quad e^{-K(t-t_0)} = (L_{00} - L_t)/L_{00} \\ e^{-Kt} \cdot e^{Kt_0} &= -(L_{00} - L_t)/L_{00} \\ e^{Kt_0} &= e^K \cdot [-(L_{00} - L_t)/L_{00}] \\ t_0 &= t + 1/K \log[(L_{00} - L_t)/L_{00}] \end{aligned}$$

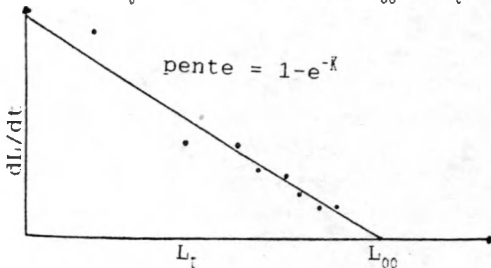


Schéma: Méthode des accroissements instantanés

La méthode de WALFORD et celle des accroissements instantanés permettent d'obtenir les paramètres de la courbe de croissance de VON BERTALANFFY ajustée à de nombreuses observations. Toutefois, la façon de procéder peut influencer les valeurs trouvées pour  $K$ ,  $L_{00}$  et  $t_0$ . D'une façon générale, on a raisonné comme si les individus d'un âge ( $t$ ) donné avaient tous la même taille ( $L_t$ ). En réalité, pour cet âge, les tailles individuelles sont dispersées autour de leur valeur moyenne ( $L_t$ ) avec une certaine variance. Pour évaluer la précision des estimations de  $K$ ,  $L_{00}$  et  $t_0$ , il est indispensable de tenir compte de cette variance ou encore de la variance qui mesure la dispersion des points observés par rapport à la courbe ajustée. La méthode d'ABRAMSON et TOMLINSON a été conçue pour donner à la fois les meilleures estimations conjointes ( $L_{00}$ ,  $K$  et  $t_0$ ) et les erreurs standards de ces estimations. Elle est basée sur la méthode des moindres carrés. Soit  $L_{i,j}$  la taille observée d'un individu d'âge  $j$  ( $j$  désigne les âges successifs auxquels les observations ont été faites ( $j$  variant de 1 à  $m$ );  $i$  désigne le nombre d'individus d'âge  $j$  qui ont été mesurés). La somme des carrés des écarts de tous les points observés de coordonnées ( $L_{i,j}; t_j$ ) à la courbe ajustée est:

$$\Sigma CE = \Sigma [L_{i,j} - L_{00}(1 - e^{-K(t_j - t_0)})]^2$$

La somme des carrés sera minimale si les trois dérivées partielles par rapport à chacun des trois paramètres ( $K$ ,  $L_{00}$  et  $t_0$ ) seront nulles:

$$\frac{d\Sigma CE}{dL_{00}} = \frac{d\Sigma CE}{dK} = \frac{d\Sigma CE}{dt_0} = 0$$

Par ailleurs, d'autres méthodes ont été développées pour la détermination des paramètres ( $L_{00}$ ,  $K$  et  $t_0$ ), on cite en particulier celle de MARQUARDT, basée sur une itération de la fonction de VON BERTALANFFY et donne une estimation de ces paramètres avec une meilleure précision. Le développement mathématique de cette méthode, utilisée dans cette étude, a été illustré en détail par JOHN & MARY WALKER (1987).

## 5. DETERMINATION DE L'AGE

L'utilisation des pièces squelettiques, en particulier les otolithes, pour la détermination de l'âge des poissons, reste la méthode la plus efficace dans les analyses démographiques de la majorité des stocks de poissons. Elles peuvent être, en effet, utilisées pour l'étude de la croissance, pour les recherches sur la mortalité, le recrutement, la distribution en âge des captures, etc... .

Cependant, les difficultés que présente la connaissance de l'âge de certaines espèces à partir de la lecture des bandes de croissance ont amené plusieurs chercheurs tels que MAURIQUEZ et MACPHERSON (1975) à étudier la possibilité d'utiliser d'autres paramètres de celui-ci pour atteindre le même but. Parmi ces paramètres, on peut citer la longueur, la largeur, le poids et même la composition chimique. Par ailleurs, dans certains cas, la lecture des otolithes n'est pas aisée. En revanche et pour les mêmes poissons, les écailles sont plus utiles. Dans d'autres cas, ni les écailles, ni les otolithes ne permettent une lecture fiable de l'âge, on aura recourt alors au processus de marquage. Enfin, ni les écailles, ni les otolithes, ni le marquage (crustacés fragiles) ne donnent des résultats valables sur l'âge, on utilisera donc l'analyse modale (méthode de PETERSEN, 1892).

### 5.1. Généralités sur l'otolithe "Sagitta"

L'otolithe est une pièce squelettique située au niveau d'une fente étroite (à l'intérieur du sacculus) à proximité de la cavité crânienne. Sa forme et sa structure dépendent de l'espèce considérée ainsi que de son stade de développement. Chez les juvéniles, elle présente une forme ronde où les plus importants caractères tels que "rostrum", "antirostrum" et "area" sont peu développés ou absents. La différenciation entre juvéniles de plusieurs espèces est, de ce fait, difficile par l'interprétation de leur otolithes. En effet, l'otolithe change de forme et

d'apparence au cours de la vie de l'espèce; c'est ainsi qu'une forme générale au sein de la même espèce ne peut pas être définie.

DANNENING en 1965 (in WYSONKINSKI, 1970) a montré que la "sagitta" est une composition mixte de calcium et de conchyoline. POUTASSON (in MAURIQUEZ et MACPHERSON, 1975) a indiqué qu'elle est généralement constituée de calcium comme composant principal, sodium (Na) et magnésium (Mg) en petites quantités et le fer (Fe), l'aluminium (Al) comme éléments traces.

Le caractère fondamental de l'otolithe c'est qu'elle montre des zones de croissance annuelles qui peuvent être interprétées pour la détermination de l'âge de l'espèce. On distingue deux types de zones:

- Une zone opaque déposée au cours de la période de forte croissance (généralement pendant les mois d'été).
- Une zone hyaline ou translucide déposée le long de la période dite de faible croissance, en hiver.

Il existe de très faibles doutes pour que cette interprétation soit fausse, mais quelques stocks de poissons présentent des structures irrégulières d'otolithes, l'interprétation précédente devient donc difficile; on cite, à cet égard, le cas du cabillaud et du merlan de la Mer des Barentz (BEDFORD et JONES, 1968).

Pour certaines espèces, la lecture des otolithes peut se faire sans aucune préparation, p.ex. chez le hareng (Clupea harengus L., 1758); alors que pour d'autres (cas de la majorité des gadidés) une préparation préalable du matériel osseux est obligatoire pour la détermination de l'âge (TERO, 1968). Du fait de la difficulté de l'interprétation et de la lecture des otolithes, plusieurs chercheurs ont mis au point certaines techniques facilitant la lecture tels que le brulage, la coloration par le violet du méthyl B, le ponçage et même l'injection du tetracycline. Pour le merlan, DUPONT (1972) in (DECAMPS et LABASTIES, 1978) a considéré même qu'il faut renoncer à l'utilisation des otolithes pour obtenir une

estimation valable de l'âge, c'est ainsi que certains groupes de travail utilisent des méthodes d'évaluation basées sur les analyses des compositions en tailles.

## 5.2. Description de l'otolithe de la limande

Cette description découle d'une étude faite par TERO (1968). C'est une otolithe de forme ovale se rapprochant beaucoup d'une forme de haricot. Le bord dorsal est très lisse mais parfois irrégulier, le bord ventral est fortement convexe, lisse et superficiellement lobé. Le bord postérieur est très variable; le rostrum est large, rond et parfois lobé; l'antirostrum est absent. Le bord entre l'extrémité du rostrum et le bord dorsal est toujours linéaire, la longueur du succus est variable, le cauda est à  $1/5$  à  $1/3$  de la longueur de l'ostium. La profondeur de la région dorsale et ventrale varie très peu à l'intérieur du même spécimen; l'extérieur est plat et lisse. Il est à noter que l'irrégularité de la présence d'une extrémité pointue au bord postérieur de l'otolithe fait qu'une mesure exacte de la longueur reste difficile.

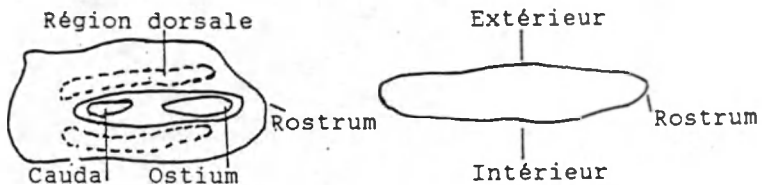


Schéma d'une otolithe de limande

### 5.3. Méthode de PETERSEN (1892)

Le but est de déterminer des courbes de croissance pour les espèces animales dont l'âge ne peut pas être connue par les méthodes directes p.ex. la lecture des écailles ou des otolithes. Les longueurs des individus appartenant à une génération ou classe d'âge bien définie - également appelée cohorte - sont réparties selon une distribution normale ou Gaussienne. Quand les individus de cette cohorte grandissent, l'aspect général de la distribution reste invariable, mais la distribution elle même et donc également son mode seront déplacés vers la droite. L'ampleur de ce déplacement correspond à la croissance moyenne des individus appartenant à cette cohorte. En suivant ces déplacements au fur et à mesure dans le temps, il est donc possible de suivre la croissance moyenne d'une génération et, par conséquent, de tracer sa courbe de croissance.

Puisque une population naturelle est composée d'une succession de générations, la distribution de taille est, en réalité, polymodale, chaque mode correspond à une génération. Ainsi, en suivant les déplacements de différents modes à la fois, il est possible de suivre la croissance de plusieurs générations en même temps. Or, quand le taux de croissance diminue, les modes correspondant à des générations consécutives vont se confondre, de sorte qu'il devient très difficile et même impossible de les discriminer et de les identifier. La méthode de PETERSEN n'est donc fiable que pour les plus jeunes générations dans une population dont les modes peuvent être nettement distingués. La technique à suivre est:

- Prélever des échantillons de l'espèce en question, avec des intervalles plus ou moins réguliers (p.ex. chaque 15 jours ou chaque mois); à l'aide d'un engin de prélèvement qui garantit la capture des plus jeunes générations, notamment à partir des classes d'âge des nouveaux nés (classe d'âge dite 0).
- Etablir les distributions de fréquences de tailles pour



chaque prélèvement.

- Identifier les modes; le premier mode en partant de la gauche correspond à la classe d'âge 0, le deuxième à la classe d'âge des individus d'un an (classe âge dite 1) et ainsi de suite.
- Transcrire les tailles correspondantes aux modes identifiés sur un graphique "temps - taille" et tracer les courbes de croissance.

Cependant certaines conditions doivent être remplies:

- \* La période de ponte doit être relativement courte, de sorte que les générations consécutives seront nettement séparées.
- \* Le taux de croissance doit être assez élevé, de sorte que les distributions de tailles des générations consécutives ne se confondent pas trop vite.
- \* La composition de la population doit rester stable, de telle sorte qu'une série complète de générations consécutives peut être capturée lors des prélèvements.

En réalité, il est parfois difficile de discriminer les classes d'âge (c'est à dire les modes) dans une répartition de tailles. Dans ce cas, la discrimination peut être facilitée en utilisant des méthodes statistiques, comme celle de CASSIE (1950 et 1954), de HASSELBLAD (1966), de BHATTACHARYA (1967), etc..., qui permettent de séparer les modes qui ne sont pas très évidents.

## Chapitre 2 : MORTALITE

### 1. INTRODUCTION

La mortalité totale affectant un stock de poissons est équivalente au nombre d'individus qui disparaissent pendant une période de temps donnée. On s'intéresse donc en particulier à la diminution de l'effectif dans le temps (GULLAND, 1969).

D'une façon générale, et mathématiquement parlant, les changements temporels que se soit augmentation ou diminution se mesurent en vitesse ou taux: c'est le rapport de modification de l'ordre de grandeur de la variable étudiée (p.ex. le nombre de poissons dans le stock) et la période de temps correspondante. Si pour une période de temps (Dt), la variable (Y) varie de la quantité (DY), le taux moyen de variation durant cette période sera (DY/Dt). L'étude des mortalités fait donc intervenir les taux de variation.

Selon BEVERTON et HOLT (1957), le nombre d'individus (DN) qui disparaissent par unité de temps (Dt) est proportionnel au nombre d'individus qui sont encore en vie (N) et au coefficient instantané de mortalité totale (Z), soit:

$$DN = -Z.N.Dt \quad (1)$$

Le signe négatif indique qu'il y a une disparition d'individus. Le coefficient (Z) est souvent appelé taux instantané de mortalité totale. L'équation (1) peut encore s'écrire:

$$DN/Dt.1/N = -Z \text{ (constante par convention)}$$

Si Dt tend vers zéro, l'expression précédente se transforme en une équation différentielle de la forme:

$dN/dt \cdot 1/N = -Z$ , soit  $dN/N = -Zdt$ ; que l'on peut intégrer

$$\int_{t_0}^t dN/N = -Z \int_{t_0}^t dt \quad \text{soit}$$

$$\log(N_t) - \log(N_0) = -Z(t - t_0) \quad (2)$$

d'où

$$Z = \log(N_0) - \log(N_t) = \log(N_0/N_t) \quad (3)$$

$Z$  : coefficient instantané de mortalité totale

$N_0$  : nombre d'individus vivants au temps  $t_0$

$N_t$  : nombre d'individus vivants au temps  $t$

$Z$  peut être déterminé chaque fois que l'on connaît le nombre total d'individus d'une même population au instants  $t_0$  et  $t$ . Comme dans la plupart des cas, ces nombres ne sont pas connus, on les remplace par des indices qui leurs sont proportionnels (tels que la capture par unité d'effort) (données disponibles dans la présente étude). De même, si l'on ne peut suivre l'évolution d'une même génération, on se contente des indices représentatifs de plusieurs classes successives présentes à un même moment (il est nécessaire de faire alors l'hypothèse que le recrutement est constant d'une année à l'autre).

Par suite de la disponibilité des indices d'abondance, cette méthode sera utilisée pour estimer le coefficient de mortalité ( $Z$ ) pour la limande (par zone de pêche) de la partie sud de la Mer du Nord au cours de cette étude.

Une autre méthode semblable pour la détermination du même coefficient a été proposée par JACKSON (1939). Elle exige une capturabilité constante durant les années. Elle est de la forme:

$$S = e^{-Z} = \Sigma N / (N_0 + \Sigma N) \quad (3)$$

où  $S$  est le taux de survie de l'espèce et  $(N)$  l'effectif des différentes classes d'âge.

Dans le cas de l'étude de la mortalité, le biologiste a généralement, pour but de déterminer tout d'abord un coefficient de mortalité totale (Z) pour l'espèce en question, puis, dans une seconde étape, d'essayer de subdiviser ce coefficient en deux composantes (F) et (M) qui sont respectivement: le coefficient de mortalité par pêche et le coefficient de mortalité naturelle. Par ailleurs, plusieurs autres méthodes sont valables pour estimer le coefficient de mortalité totale (Z) (les méthodes basées sur les longueurs moyennes, la méthode de la courbe des prises, la méthode de l'analyse de la cohorte, la méthode de marquage, etc...). Mais, la majorité de ces méthodes sont développées pour les pêcheries commerciales dans lesquelles les compositions en longueur ou en âge des captures sont souvent connues.

## 2. ESTIMATION DE LA MORTALITE TOTALE A PARTIR DES POISSONS LES PLUS AGES DANS LES CAPTURES

En se basant sur des résultats récents de plusieurs auteurs qui ont démontré l'existence d'une forte corrélation entre la longévité des poissons et leur mortalité, HOENING (1984) a rassemblé les données sur un nombre important d'animaux aquatiques (mollusques, poissons et crustacés) et à partir desquelles il a ressorti la relation suivante:

$$\log(Z) = 1.44 - 0.984 \cdot \log(t_{\max}) \quad (4)$$

où  $t_{\max}$  est l'âge maximal observé dans les captures. Bien que l'ajustement de l'équation (4) est assez bon ( $R^2 = 0,82$  pour 130 paires de données), on doit réaliser que l'estimation de (Z) ainsi obtenue est très approximative, probablement biaisée et elle doit être revue chaque fois qu'une information additionnelle deviendra disponible.

### 3. ESTIMATION DE LA MORTALITE TOTALE A PARTIR DE LA TAILLE MOYENNE DANS LES CAPTURES

A partir du poids moyen des poissons dans les captures d'une population donnée, l'expression suivante (BEVERTON et HOLT, 1957) peut être utilisée pour estimer (Z):

$$W = W_{00} \left( 1 - \frac{-3Z \cdot e^{-a}}{Z+K} + \frac{3Z \cdot e^{-2a}}{Z+2K} - \frac{Z \cdot e^{-3a}}{Z+3K} \right) \quad (5)$$

où  $a = K(t_c - t_0)$ , avec K et  $W_{00}$  appartenant à l'équation de VON BERTALANFFY et où  $t_c$  est l'âge moyen de la première capture obtenue par un engin de pêche donné.

Une autre équation, généralement utilisée pour estimer (Z) à partir de la taille moyenne dans les captures, a été proposée par BEVERTON et HOLT (1956). Elle est de la forme:

$$Z = \frac{K(L_{00} - L)}{L - L'}$$

où (L) est la longueur moyenne de tous les individus dont la taille est supérieure ou égale à (L') et (L') représente la longueur minimale des poissons pleinement représentés dans la fréquence de taille disponible. (L') est toujours supérieure à ( $L_c$ ), uniquement dans le cas de la "courbe sélectivité en tranchée" où  $L' = L_c$ . Souvent, les données sont valables dans la littérature où la longueur moyenne est assez bien estimée à partir de toutes les rangées de longueur dans les captures qu'à partir de (L') déjà définie. Dans ce cas, une estimation minimale de (Z) peut être obtenue comme suit:

$$Z_{\min} = \frac{K(L_{00} - L)}{L - L_c} \quad (6)$$

où  $(L)$  est la longueur moyenne globale et  $(L_c)$  est la longueur à la première capture.

Citons, à titre indicatif, la formule de SSENLONGO et LARKIN (1973):

$$Z = N/(N+1) \frac{K}{\log[(L_{00}-L_c)/(L_{00}-L)]} \quad (7)$$

où  $L_{00}$  et  $K$  sont les paramètres de croissance de VON BERTALANFFY,  $L$  est la longueur moyenne dans les captures et  $L_c$  est la longueur de la première capture. Le terme  $(N/(N+1))$  est très voisin de l'unité.

Il peut être réalisé que toutes ces équations (5, 6 et 7) donnent des résultats assez approximatifs et, comme a été signalé pour le cas des poissons âgés, elles doivent être révisées chaque fois qu'une information additionnelle est devenue disponible. De plus, pour trouver la longueur  $(L_c)$ , il faut tracer la courbe de sélectivité de l'espèce dans la pêcherie correspondant au maillage utilisé par la flotille de pêche commerciale.

#### 4. ESTIMATION DE $(Z)$ A PARTIR D'UN GRAPHIQUE CUMULATIF

Si les données de fréquence de taille des captures commerciales sont disponibles et si elles sont obtenues pendant une période durant laquelle les conditions sont considérées comme constantes, certaines méthodes peuvent être utilisées pour estimer  $(Z)$ . La première de celles-ci a été présentée par JONES (1981); cette méthode a été normalement conçue pour évaluer le facteur  $(Z/K)$ , mais elle a conduit à une autre méthode développée par SPARRE (MS) et qui est reliée à celle de JONES, alors qu'elle permet une estimation directe de  $(Z)$ . L'équation de base de JONES, exprimée en termes de la fonction de VON BERTALANFFY, a la forme d'une régression linéaire:

$$\text{Log}C(L_{i,00}) = a + Z/[K.\log(L_{00} - L_i)] \quad (8)$$

où  $C(L_{i,00})$  est la capture cumulative correspondant à une classe de taille donnée ( $L_i$ ), le symbole (00) indique que la capture est constituée des individus de taille  $L_i$  et d'autres de plus grandes tailles. Cependant, il a été montré que l'ajustement de la courbe  $\log C(L_{i,00}) = f(\log(L_{00} - L_i))$  est linéaire uniquement dans sa partie centrale et s'écarte remarquablement de cette linéarité si de très petits ou de très grands poissons sont considérés. Ainsi, en appliquant cette méthode, il est nécessaire de choisir visuellement les points appartenant au segment droit de la courbe. La modification de SPARRE ressemble à la courbe de capture où l'âge est utilisé comme abscisse et (Z) est estimé à partir de la pente d'une série descendante de points. L'équation proposée a la forme:

$$\log C(L_{i,00}) = a + bt' \quad (9)$$

où ( $t'$ ) est l'âge correspondant à ( $L_i$ ), alors que  $b$ , avec un changement de signe, donne une estimation de (Z) basée sur la partie droite de la courbe.

Les deux méthodes de JONES et de SPARRE peuvent donner des résultats satisfaisants de l'estimation de (Z) si le choix des points de la régression est convenable. Cependant, à cause des captures cumulées, ces méthodes peuvent être extrêmement sensibles aux valeurs des captures constituées de grandes tailles. Ainsi, ces méthodes ne doivent pas être appliquées si les captures sont obtenues par des engins choisis pour ou contre la pêche des individus de grandes tailles.

##### 5. ESTIMATION DE LA MORTALITE TOTALE A PARTIR DE LA "COURBE DES PRISES"

L'une des méthodes le plus souvent utilisée pour estimer une mortalité totale du stock de poissons est "la courbe des prises". Elle a été examinée par BEVERTON et HOLT (1956), ROBSON et CHAPMAN (1961) et RICKER (1975). La méthode consiste à représenter

graphiquement le logarithme népérien des nombres de poissons ( $N_t$ ) à divers âges en fonction de l'âge correspondant ( $t$ ). Nous pouvons, en effet, exprimer l'effectif d'une classe d'âge à n'importe quel temps ( $t$ ), après qu'elle ait subi la mortalité pleine et entière, par:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-Zt} \quad \text{ou encore} \quad \log(N_t) = \log(N_0) - Zt \quad (10)$$

C'est une équation linéaire de la forme  $Y = A + BX$ ,  $Z$  sera estimé à partir de la pente avec un changement de signe. Le graphique peut être ajusté soit pour la prise par unité d'effort (p.u.e) d'une seule classe d'âge à divers moments, soit pour la densité des différentes classes d'âge au même moment. Dans le second cas, les déviations seront provoquées par des inégalités dans l'abondance initiale de la classe d'âge (GULLAND, 1969). Cependant, certaines hypothèses doivent être vérifiées:

- Le coefficient ( $Z$ ) doit être supposé le même pour tous les groupes d'âge utilisés pour l'ajustement de la courbe.
- Tous les groupes d'âge utilisés dans la courbe ont été recrutés avec la même abondance (ou les fluctuations du recrutement sont faibles).
- La vulnérabilité de tous les groupes d'âge à l'engin utilisé pour l'échantillonnage est la même.
- L'échantillon utilisé doit être suffisamment grand et couvrir le maximum de groupes d'âge qui représentent effectivement la structure moyenne de la population durant la période considérée.

L'échantillon utilisé pour l'analyse de la courbe des captures est traité en trois étapes:

- \* Enregistrer la longueur d'un très grand nombre de poissons et établir des fréquences de tailles.
- \* Déterminer l'âge d'un nombre important d'individus et illustrer un clé taille-âge.
- \* Transformer les fréquences de tailles en composition en âge en utilisant la clé taille-âge déjà obtenue.



Ce procédé a été introduit par FRIDRIKSON (1934) et a été discuté en détails par GULLAND (1966) et ALLEN (1966).

L'inconvénient principal de cette méthode est qu'elle ne peut pas être appliquée pour les espèces aquatiques dont l'âge ne peut pas être déterminé individuellement comme les crustacés et les mollusques; pour cela, une autre méthode appelée "courbe des captures (longueurs converties)" permet l'utilisation de la courbe des prises pour ces individus. Elle est essentiellement basée sur les fréquences de tailles et a été analysée en détails par PAULY (1984).

Enfin, il reste à signaler qu'il existe une littérature volumineuse sur les méthodes de l'estimation de la mortalité par les analyses des données de marquage (JONES (1977), RICKER (1975) et WHITE (1982)).

#### 6. ESTIMATION DU COEFFICIENT DE MORTALITE NATURELLE (M) ET CELUI DE LA MORTALITE PAR PECHE (F) A PARTIR DU COEFFICIENT (Z)

On s'intéresse essentiellement à la méthode basée sur la représentation graphique de (Z) en fonction de l'effort de pêche (f) correspondant. Si deux valeurs ou plus du coefficient (Z) sont disponibles et appartenant à une période de temps donnée (année ou groupe d'années) avec différents niveaux d'effort de pêche (f), une fonction linéaire:  $Z = f(f)$  permet une estimation de (M) et par suite une estimation de (F) à partir de la relation:

$$Z = M + qf \quad (11)$$

où q est le coefficient de capturabilité qui relie l'effort à la mortalité par pêche:  $F = qf$ .

Cette régression ne peut être utilisée que si (f) mesure l'effort de pêche effectif et non l'effort nominal et qu'on dispose des mesures de l'effort proportionnelles, en effet, à la mortalité par pêche (F).

Il est à noter que certaines méthodes d'évaluation des stocks, comme celle de BEVERTON et HOLT (1966) et celle de JONES (1974) utilisent souvent le taux d'exploitation (E) qui définit la fraction (en nombre) d'une certaine classe d'âge qui sera capturée durant une courte période de pêche. En termes de taux de mortalité, le taux d'exploitation est défini comme suit :

$$E = \frac{F}{F + M} = \frac{F}{Z} \quad (12)$$

le développement de l'équation (12) peut aboutir à :

$$E = 1 - \frac{M}{Z} \quad (13)$$

en d'autres termes, si uniquement E et M sont connus, F peut être estimé à partir de l'équation suivante :

$$F = \frac{M \cdot E}{1 - E} \quad (14)$$

### Chapitre 3 : BIOMASSE

#### 1. INTRODUCTION

L'estimation de la biomasse d'un stock de poisson donné constitue, en effet, une étape fondamentale de la gestion de celui-ci. LAUREC et MAUCORPS (1981) ont envisagé l'existence de deux attitudes principales possibles, l'une basée sur la reconnaissance de la biomasse cible (exploitée) et l'adaptation du niveau d'exploitation en fonction des étapes approchées ou franchies et de la situation du stock; l'autre repose sur des stratégies plus fines, mieux adaptées aux évolutions de la biomasse féconde et du recrutement telles qu'elles sont perçues à travers les estimations réalisées.

Pour l'évaluation de la taille d'un stock donné (en nombre ou en poids), plusieurs méthodes ont été élaborées. On évoque dans cette étude quatre méthodes pour lesquelles la taille des populations des poissons peut être estimée; elles sont:

- la méthode de marquage
- la méthode de LESLIE
- les méthodes utilisant les données des captures et de la mortalité par pêche
- la méthode de l'aire balayée

Autres méthodes comme l'analyse de la population virtuelle "V.P.A" sont également utilisées et peuvent générer de bons résultats si les données de base que se soit sur la composition en âge des captures, sur l'effort de pêche ou sur la capturabilité sont fiables. Cette analyse séquentielle des captures aux âges est devenue, depuis leur introduction par GULLAND (1965) à la suite des travaux de FRY (1949), un des outils les plus communément utilisés en évaluation des stocks halieutiques exploités. Suite à la difficulté d'obtenir des données fiables sur les captures commerciales de limande en Mer du Nord, cette méthode ne peut pas être appliquée.

Généralement, les méthodes de marquage et de LESLIE sont utilisées pour estimer le nombre de poissons d'un stock donné, alors que les autres méthodes sont souvent appliquées pour estimer le poids total du stock (biomasse) à un temps donné.

Enfin, il existe d'autres méthodes qui peuvent être utilisées pour estimer la taille du stock, on cite la méthode hydro-acoustique (employée surtout pour les espèces vivant en bancs telles que les poissons bleus (sardine, anchois, hareng, thon,...)) ainsi que les méthodes d'évaluation des oeufs. FORBES et NAKKEN (1972) et SAVILLE (1980) ont respectivement détaillé les méthodes hydro-acoustiques et les méthodes d'évaluation des oeufs dans un manuel spécial.

## 2. METHODE DE MAROUAGE

Si on suppose qu'un certain nombre de poissons (T) ont été marqués, après un certain temps (t), il sera permis à ces poissons d'être mélangés avec les autres poissons du stock. Après la pêche, un certain nombre de poissons (n) sont capturés avec lesquelles un nombre de poissons marqués (m). L'équation simple de l'estimation de la taille de la population (N) est:

$$N = (T.n)/m \quad (1)$$

l'erreur standard de N est donnée par:

$$S.e(N) = [T^2.n(n - m)/m^3]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Pour fournir une estimation raisonnable de N, les suppositions suivantes, parmi d'autres, doivent être vérifiées:

- La mortalité naturelle et la vulnérabilité vis-à-vis de l'engin de pêche des poissons marqués et non marqués sont les mêmes.
- Les poissons marqués sont distribués au hasard dans la

- Les marques ne sont pas perdues.
- Il n'y aura pas d'immigration ou d'émigration dans ou à l'extérieur du stock.

JONES (1977) et RICKER (1975) ont donné plus de détails sur cette méthode de marquage et ont également discuté certains biais inhérents à celle-ci.

### 3. METHODE DE LESLIE

Supposant qu'une population ou un stock de poissons a subi une activité de pêche dans un temps relativement réduit, durant lequel, on peut négliger les effets de recrutement, d'immigration et de mortalité naturelle, on aura:

$$C/f = q \cdot N_0 - q \cdot \Sigma t \quad (3)$$

La représentation graphique des captures par unité d'effort, à un moment donné, en fonction des captures cumulatives ( $\Sigma t$ ) durant une certaine période, donne une droite dont la pente est une estimation du coefficient de capturabilité "q". L'intersection de cette droite avec l'axe des abscisses donne la valeur de  $qN_0$ . Cette valeur, divisée par q, donne le nombre ( $N_0$ ) initial d'individus présents dans le stock. Dans le cas particulier où l'effort de pêche est considéré comme constant durant la période de capture, les valeurs (C/f) peuvent être simplement remplacées par les valeurs de captures (C). On aura ainsi une estimation de "F" (coefficient de la mortalité par pêche) au lieu d'une estimation de "q".

### 4. METHODE BASEE SUR LA CAPTURE ET LA MORTALITE PAR PECHE

SEKHARAN (1974), en se basant sur les travaux de BEVERTON et HOLT (1957), a montré que:

$$Y/F = N.W \quad \text{ou encore} \quad Y/F = B \quad (4)$$

où Y est la capture annuelle en poids, F est le taux instantané de mortalité par pêche, N est le nombre moyen de poissons dans le stock, W est leur poids moyen et B est la biomasse moyenne au courant de l'année. Cette relation, simple comme elle est, peut être utilisée avec un grand avantage, exemple pour estimer la taille du stock exploité des récifs de corails, comme a été suggéré par MARSHALL (1980) et par RUSSEL et al (1978). L'équation (4) peut être écrite sous la forme:

$$F = Y/B \quad (5)$$

On peut, par ailleurs, estimer le coefficient de mortalité par pêche à partir des captures et d'une estimation indépendante de B (par la méthode de l'aire balayée ou par la méthode hydro-acoustique).

##### 5. METHODE DE L'AIRES BALAYEE

Dans les régions où le fond de la mer est relativement lisse pour le chalutage, l'estimation de la biomasse des stocks de poissons demersaux peut être obtenue par la relation:

$$B = \frac{(C/f) \cdot A}{a \cdot X_1} \quad (6)$$

où (C/f) est la capture moyenne par effort de pêche obtenue durant la campagne de recherche dans une région donnée. (A) est la surface totale de la région étudiée, (a) est l'aire balayée par l'engin et par unité d'effort (p.ex. une heure de pêche),  $X_1$  est la proportion de poissons se trouvant dans le chemin du filet et qui est capturée par celui-ci ( $1/X_1$  est appelé facteur d'échappement).

Cette méthode de la surface balayée sera utilisée dans cette étude pour estimer la biomasse de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Elle a été adoptée sous certaines conditions appartenant surtout au comportement des poissons constituant le stock dans la zone d'étude.

### 5.1. Choix de la valeur de $X_1$ pour la limande

Cette valeur de  $X_1$  est difficile à estimer car elle dépend essentiellement du comportement des poissons et de l'habilité des marins pêcheurs. Des enregistrements marins télévisés ont montré que la réaction des espèces demersales vis-à-vis de l'engin de pêche diffère remarquablement. On cite le cas des crevettes qui sautent de part et d'autre des bras du chalut, les soles s'enfuient par le bas de ceux-ci en s'enfonçant dans les sédiments; certains pêcheurs utilisent donc des raccasseurs pour les effrayer et les capturer par la suite. Certaines espèces de poissons ronds (cabillaud, merlan,...) peuvent effectuer des déplacements verticaux et peuvent ainsi s'échapper.

La valeur de  $X_1$  est généralement située entre 0,5 et 1. Pour des chaluts comme ceux utilisés dans le sud de l'Asie, la valeur  $X_1 = 0,5$  est acceptée (ISARANKURA, 1971; SAEGER et al, 1976 et SCP, 1978). Pour l'ouest de l'océan indien, il a été suggéré que tous les poissons se trouvant dans le chemin du filet sont capturés, ce qui correspond à  $X_1 = 1$  (GULLAND, 1979). La différence entre ces deux valeurs de  $X_1$  (0,5 et 1) est difficile à expliquer. Des tentatives peuvent être faites quand cela est possible pour prouver le choix de la valeur de  $X_1$  utilisée dans les évaluations. En réalité, cette valeur a un grand effet sur l'estimation de la taille du stock. Utilisant  $X_1 = 0,5$  par exemple au lieu de  $X_1 = 1$ , double l'estimation de la valeur de (B). En estimant la biomasse des poissons demersaux de l'est de Groënland, YATSU et JORGENSEN (1988) ont utilisé une valeur de  $X_1$  égale à l'unité, c'est-à-dire que tous les poissons, présents dans la surface balayée, sont capturés.

La valeur ( $X_1$ ) des différentes espèces peut varier en fonction de la durée du trait, car certaines d'entre elles, détraquées par l'avancement de l'engin, se fatiguent rapidement et seront capturées après un temps relativement limité (cas des poissons plats et des raies) tandis que d'autres sont capables de nager devant le chalut pendant une période assez longue sans se fatiguer et peuvent ainsi s'échapper. Il est donc important de standardiser la durée du trait, de cette manière, les résultats de différents traits peuvent être comparés.

Pour les poissons plats de la Mer du Nord et particulièrement pour la limande, les recherches concernant la valeur de  $X_1$  manquent. D'une manière générale, les bras du chalut peuvent rabattre les poissons se trouvant dans le chemin de celui-ci, donc ce système de bras peut ainsi diminuer le facteur d'échappement. Le maillage utilisé durant les expériences de chalutage était de 40 mm (étiré), maillage relativement faible qui peut retenir les poissons de petites tailles. En plus, la forme ovale de la limande ne facilite pas la fuite des individus à travers les mailles, comme c'est le cas chez les poissons ronds. En outre, la limande n'étant pas un bon nageur, elle n'effectue pratiquement pas de déplacements verticaux et la présence des chaines et des raccasseurs empêche l'échappement des individus par le bas du chalut. La durée du trait est d'environ 30 minutes, elle est relativement courte; dans ce cas, le facteur saturation du chalut comme a été évoqué par GULLAND (1969), est presque absent. En effet, durant tous les traits, le chalut n'a jamais été saturé.

Tenant compte donc des caractéristiques du chalut, du comportement de l'espèce vis-à-vis de ce dernier et des conditions des expériences, on a supposé que la valeur de  $X_1$  est proche de l'unité. On retient ainsi, pour cette étude, une valeur ( $X_1 = 1$ ) et la formule générale de la surface balayée devient donc:

$$B = \frac{(C/f).A}{a} \quad (7)$$



## 5.2. Calcul de la surface balayée

La méthode de la surface balayée est évidemment limitée aux engins pour lesquels la superficie couverte peut être aisément calculée; c'est le cas du chalut à perche utilisé dans nos expériences. Il garde une ouverture horizontale constante au cours de l'opération de chalutage grâce à l'action combinée des fers du chalut et de la perche. La surface balayée par l'engin peut être exprimée comme suit:

$$a = D.L_p \quad (8)$$

où D : la distance parcourue par le chalut pendant l'opération de la pêche

$L_p$  : la longueur de la perche

La distance parcourue (D) peut être aisément calculée si on connaît les positions exactes (latitude et longitude) du chalut au début et à la fin du trait. A chaque trait, ces positions sont enregistrées grâce à un programme informatique relié à l'opération de la pêche. Si ces dernières ne sont pas connues, on peut utiliser la formule générale donnant la distance en fonction de la vitesse (V) et du temps (t):

$$D = V.t \quad (9)$$

V : la vitesse du chalut pendant l'opération de la pêche

t : le temps de cette opération

la surface balayée devient ainsi:

$$a = V.t.L_p \quad (10)$$

## 5.3. Précision de l'estimation de la biomasse

Supposant qu'on veut estimer la biomasse dans une zone donnée en effectuant n traits,  $Ca(i)$  est la capture (en nombre ou en

poids) par unité de surface du trait n°i (i = 1, 2, 3, ....., n), l'estimation de (B) devient:

$$B = (A/X_1) \cdot (1/n) \cdot \sum Ca(i) = (A/X_1) \cdot Ca \quad (11)$$

Ca = la capture moyenne de n traits  
et la variance sera:

$$\text{Var}(B) = [A/X_1]^2 \cdot 1/(n-1) \cdot \sum [Ca(i) - Ca]^2 \quad (12)$$

Ainsi, une précision élevée (une faible variance) peut être obtenue en augmentant le nombre de traits. Une autre méthode pour diminuer la variance, c'est de procéder à un échantillonnage stratifié.

**Deuxième Partie**  
**ETUDE EXPERIMENTALE**

## Deuxième Partie : ETUDE EXPERIMENTALE

### I. PRESENTATION DE L'ESPECE ET DE LA ZONE ETUDIEE

#### Chapitre 1: ESPECE ETUDIEE

##### 1. SYSTEMATIQUE

La limande est l'une des espèces de pleuronectiformes les plus communes de la Mer du Nord. C'est une espèce d'eau froide dont la classification biologique est la suivante :

- Embreuchement : Vertébrés
- Sous-Embranchement : Gnatostomes
- Super-Classe : Poissons
- Classe : Osteichtyens
- Ordre : Pleuronectiformes
- Famille : Pleuronectidae
- Genre : Limanda
- Espèce : limanda

Cette espèce a une nomenclature différente selon les pays :

- Allemagne : Kliesche
- Angleterre : Dab
- Belgique : Schar (N) ou limande (F)
- Danemark : Ising
- France : Limande
- Hollande : Schar
- Norvège : Sandflyndre

Elle est absente en Méditerranée.

##### 2. CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES

###### 2.1. Caractères morphologiques

L'aspect général externe d'une limande montre un corps ovale relativement plat d'où le nom de poissons plats (fig 1). Les yeux sont sur le côté droit. La bouche est relativement petite, terminale mais dirigée à droite des yeux. Les mâchoires

sont petites n'atteignant pas le milieu des yeux. Les dents sont obtusément coniques ou lancéolées, unisériées; os pharyngiens étroits, chacun portant deux rangées de dents séparées, l'interne plus forte que l'externe. Les branchiospines sont en nombre de 6 à 10 sur la partie inférieure du premier arc (POLL, 1947).

La nageoire dorsale débute en arrière de la narine postérieure du côté aveugle et au-dessus de l'oeil. Les nageoires ventrales sont à base étroite subégales et subsymétriques. La nageoire caudale est arrondie.

Les écailles sont à peine imbriquées et partiellement incluses dans la peau en avant du corps, mais bien imbriquées sur les deux tiers postérieurs de celui-ci; en majorité, elles sont cténoïdes sur le côté aveugle (POLL, 1947).

Pour la distinguer de la plie, il suffit d'effleurer le côté oculaire d'arrière en avant, il présente un aspect rugueux, ce qui n'est pas le cas pour la plie.

La ligne latérale est nettement courbée au-dessus de la nageoire pectorale ce qui la distingue des autres espèces de limandes.

Elle présente une coloration brunâtre ou grisâtre du côté oculaire avec ou sans taches plus foncées, notamment jaunâtres ou orangées sur le corps et les nageoires. Les jeunes sont généralement ornés de petites taches brunes foncées.

La taille maximale est d'environ 40 cm (POLL, 1947), mais souvent plus petite. Durant mon échantillonnage que se soit au port ou à bord des bateaux de recherche, la plus grande taille observée était de 37 cm.

## 2.2. Caractères biologiques

La limande (*Limanda limanda*) est une espèce relativement côtière vivant sur des fonds surtout sableux ou coquilliers à des profondeurs variables (POLL, 1947). Cependant, WHEELER (1969) a montré qu'elle est fréquente sur les fonds sableux (20 - 40 m).

comme on peut la rencontrer à 150 mètres de profondeur. Il a ajouté qu'en été, on la trouve surtout dans les zones peu profondes.

Plusieurs chercheurs ont essayé de délimiter la période de ponte de la limande. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1. On constate ainsi que cette période est assez influencée par le facteur température. Dans les régions sud (côtes belges, Manche orientale et Baie de Douarnenez) où la température est plus élevée, la période de ponte est plus précoce et relativement réduite.

Dans son étude sur la limande, WHEELER (1969) a montré que les oeufs sont très petits d'environ 0,8 mm de diamètre et qu'il n'y a pas d'indices que la ponte se passe dans des zones particulières.

L'éclosion a lieu entre 3 et 12 jours. Elle semble être très liée à la température. A l'éclosion, la larve possède une longueur moyenne de 2,66 mm et la métamorphose se réalise à une taille d'environ 13 mm (WHEELER, 1969).

Cet auteur a montré également que la maturité sexuelle est atteinte chez les mâles à la fin de leur deuxième année et pour les femelles entre 2 et 3 ans. La fécondité est extrêmement élevée, les femelles peuvent contenir entre 80.000 et 129.000 oeufs.

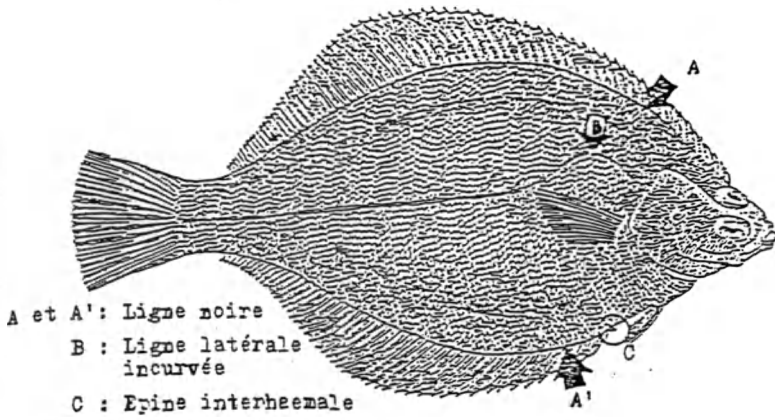
Contrairement aux autres espèces de poissons plats qui exigent une nourriture bien particulière, la limande est polyphage. Les crustacés forment une partie importante de sa nourriture (crevettes grises, crabes de tous genres). Les échinodermes (spécialement Echinocardium), les mollusques (Lamellibranches), les polychètes (Pectinaria et Arénicola) et même certains petits poissons (hareng) sont également dévorés (WHEELER, 1969).

**Tableau 1:** Période de ponte de la limande dans certaines régions de son aire de répartition.

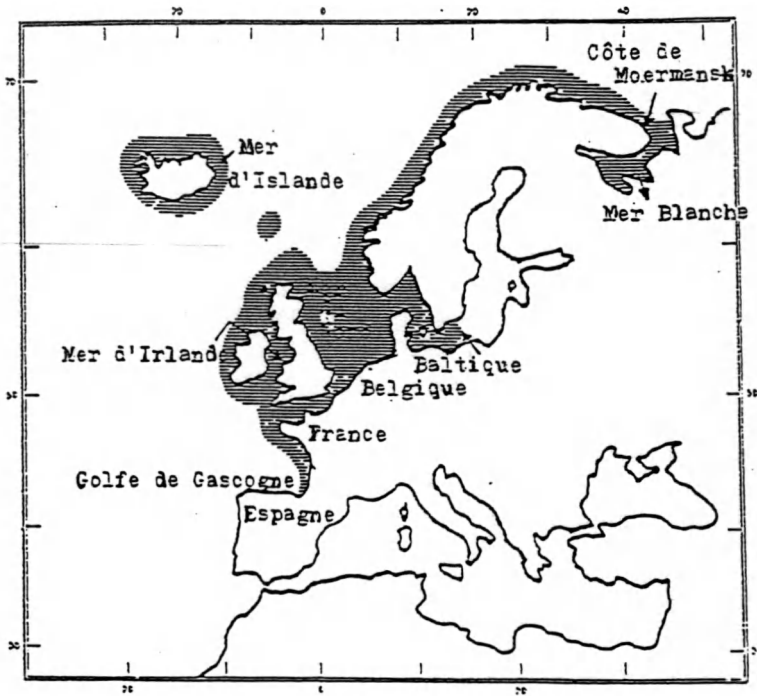
Régions	Périodes de ponte	Auteurs
Islande	mai - juin	JONSSON, 1966
Mer du Nord	15 janvier - fin juin	POULSEN, 1933
Mer du Nord (sud)	février - mars	HTUN-HAN, 1978
Ile de Man	février - mars	ORTEGAS-SALAS, 1979
Côtes belges	janvier - mars	GILIS, 1966
Côtes britanniques	15 janvier - juin	RUSSEL, 1976
Manche orientale	15 janvier - avril	TASSEL, 1985
Baie de Douarnenez	15 janvier - avril	DENIEL, 1981

### 3. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE

Cette espèce est typiquement d'eau froide, on la rencontre sur le littoral européen, depuis la côte de Moermansk et la Mer Blanche jusqu'au Golfe de Gascogne, l'Islande et la Baltique (fig 2).



**FIG 1.** - Critères d'identification de la limande (*Limanda limanda*)



**FIG 2.** - Distribution géographique de la limande (d'après DENIEL, 1981).



## Chapitre 2: DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

### 1. DELIMITATION DE LA ZONE

La Mer du Nord est située au nord-ouest de l'Europe. Elle communique avec la Manche et la Mer Baltique. La limite nord est approximativement le 61ème parallèle. La superficie du bassin de la Mer du Nord (à l'exclusion du Skagerrak et Kattegat) est d'environ  $5,8.10^5 \text{ km}^2$  (NIHOUL et RONDAY, 1975).

Notre étude concernant surtout l'abondance, la mortalité et l'estimation de la biomasse de la limande s'est réalisée dans la partie sud, délimitée au sud par le Pas de Calais et au nord par le parallèle 57° nord et débouchant sur l'Atlantique par le canal de la Manche (fig 3, en hachurés).

### 2. BATHYMETRIE ET NATURE DU FOND

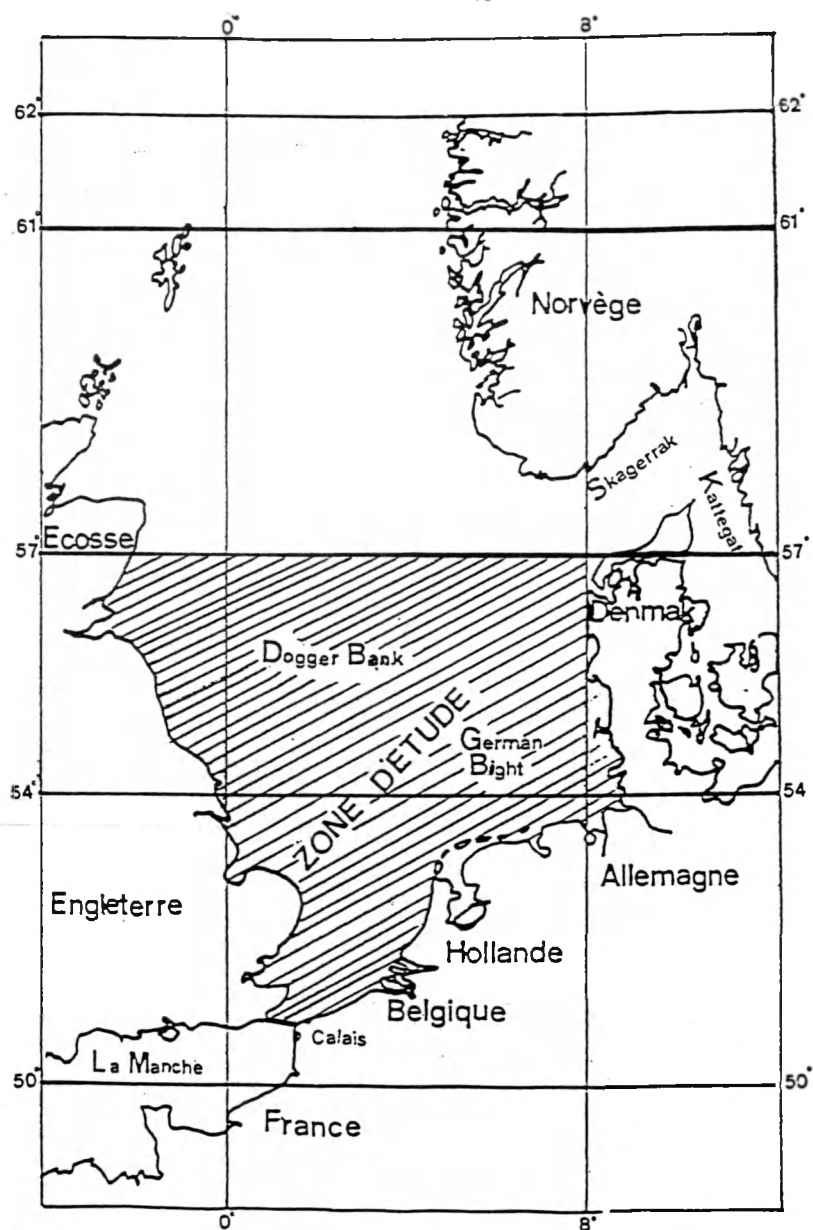
#### 2.1. Bathymétrie

Le bassin de la Mer du Nord est caractérisé dans son ensemble par un très large plateau continental dont la profondeur dépasse rarement 100 m. Les bancs de sable sont nombreux dans la partie sud et le long des côtes anglaises, françaises, belges, hollandaises et allemandes (NIHOUL et RONDAY, 1975) où la profondeur est de l'ordre de 20 mètres et se réduit encore au voisinage des côtes et des estuaires.

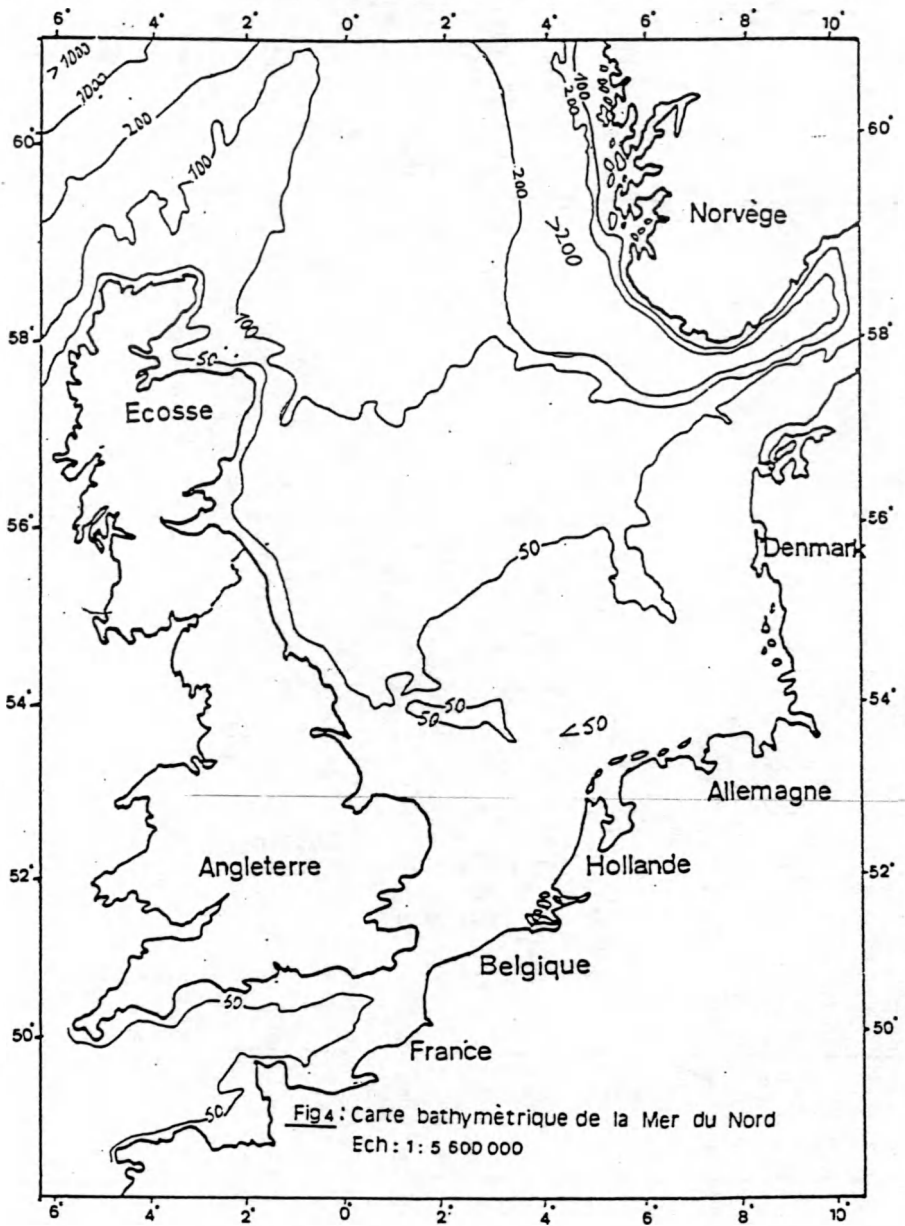
Le long de la Norvège, le plateau semble s'être effondré et on observe un chenal large d'environ 100 km, caractérisé par une profondeur allant de 200 à 500 m. Cette région profonde se prolonge dans le Skagerrak et s'arrête dans le Kattegat (fig 4).

#### 2.2. Nature du fond

D'après une étude faite par LEE et RAMESTER en 1981, la distribution des sédiments de fond de la Mer du Nord se compose



**FIG 3.** - Situation géographique de la zone d'étude  
(Ech: 1/7.400.000).



Source: Atlas of Seas around the British Isles (M.A.F.F.).

de la boue, du sable, du gravier et du mélange de ces trois constituants. On observe parfois un relief rocheux surtout au niveau des côtes (fig 5). Cette distribution dépend largement de l'action simultanée des marées et des courants.

Le sable se localise essentiellement dans la partie centrale et nord, avec quelques étendues au sud et à l'ouest. La région est constituée de sable + gravier et de boue + sable; cependant, tout au long de la zone ouest, on rencontre du sable + gravier avec quelques percées de reliefs sableux.

### 3. HYDROLOGIE

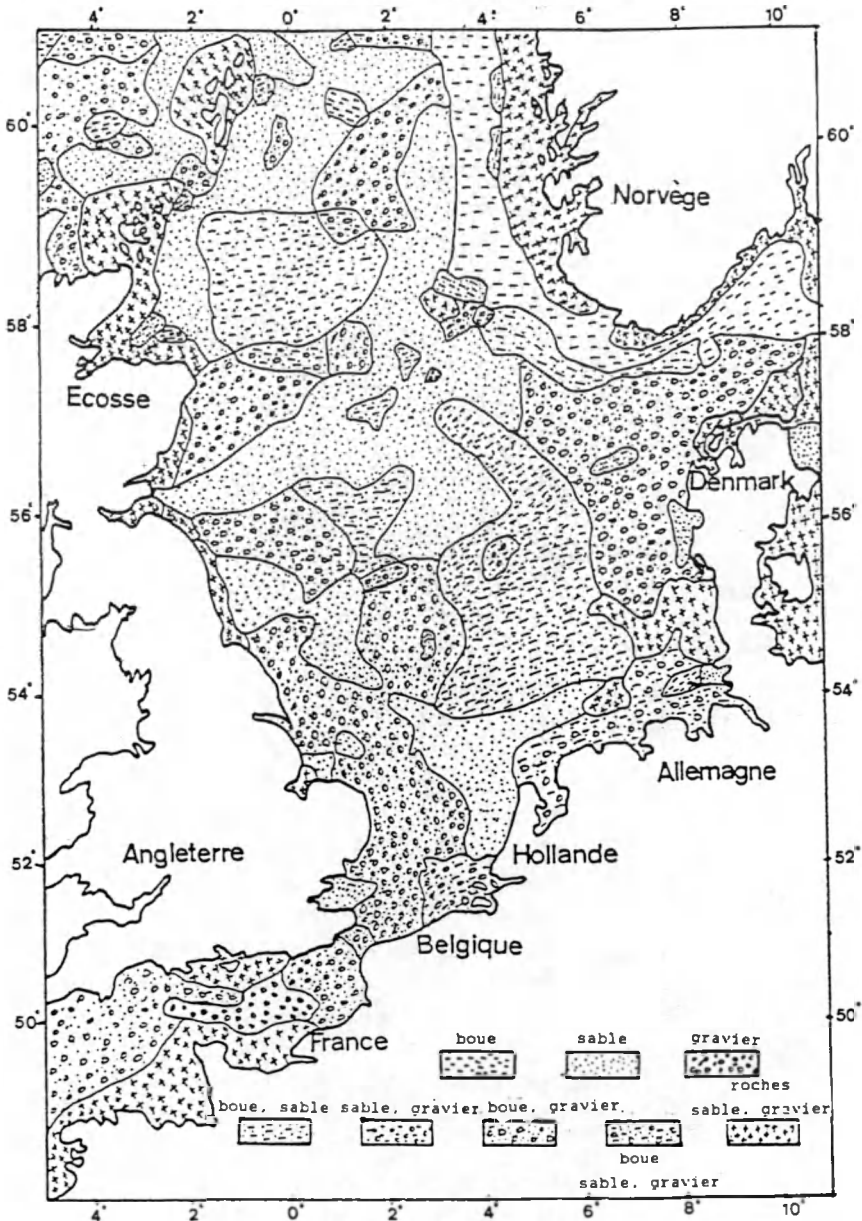
#### 3.1. Températures et salinités du fond

Les valeurs des températures et des salinités du fond obtenues pendant la période d'août 1980, publiées par le Conseil International d'Exploration de la Mer (C.I.E.M) sont représentées respectivement par les figures 6 et 7.

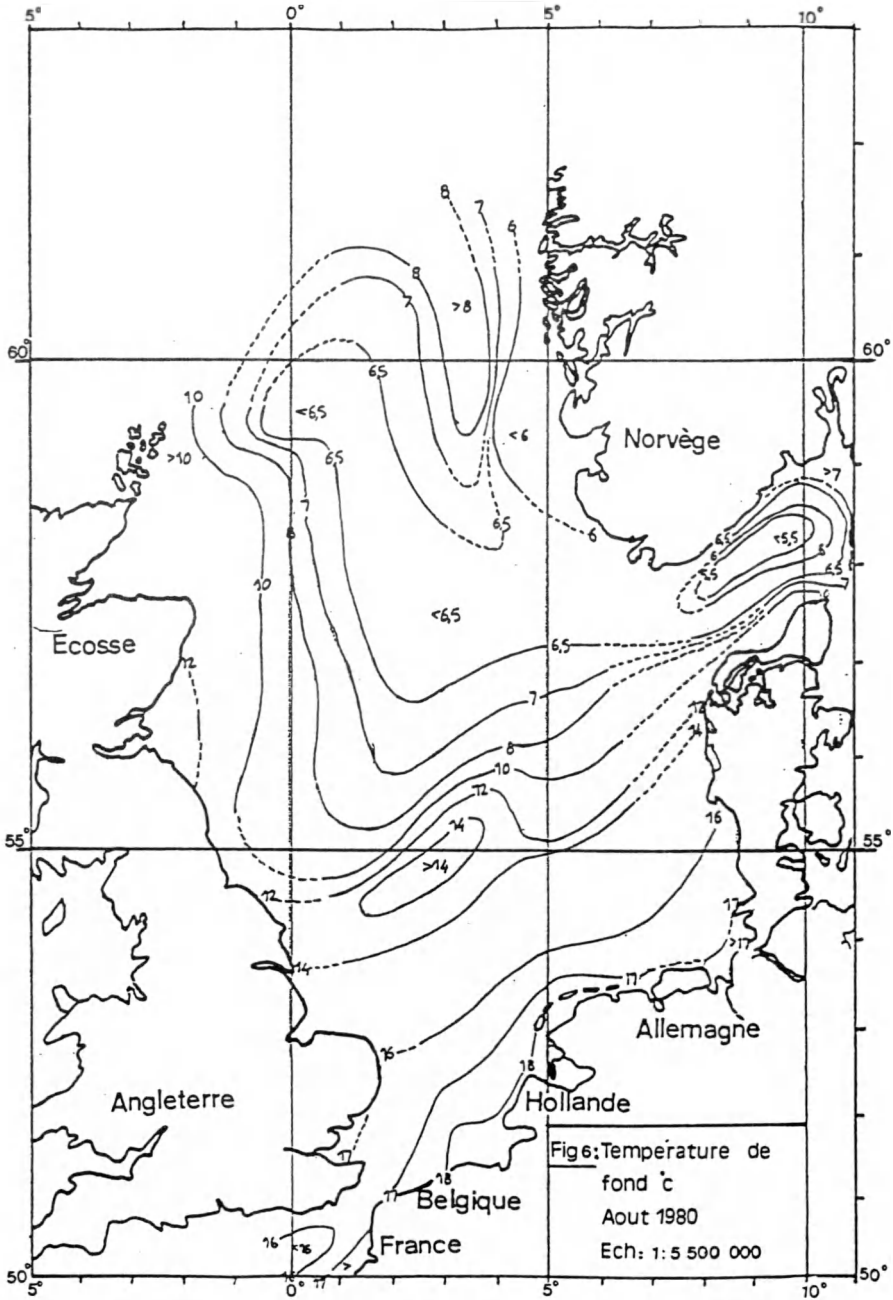
Il existe des variations saisonnières de l'ordre de 4°C et de 0,2%, mais les écarts annuels de température et de salinité sont plus faibles.

Durant l'année, il existe une grande différence au niveau de la température de fond entre la partie sud et la partie nord de la Mer du Nord. Au nord, les courants sont relativement faibles et la profondeur est importante; les couches d'eau profondes ne sont pas mélangées avec celles de surface. Cependant, dans la partie sud, les courants sont relativement forts et la profondeur est faible; on aura donc un mélange des couches d'eau superficielles et profondes.

Les travaux de BOHNETTE (1922), ont montré que l'eau de l'Atlantique, caractérisée par une salinité élevée, pénètre dans la Mer du Nord par le canal de la Manche et par l'ouverture nord, alors que les eaux peu salées de la Mer Baltique entrent par le Skagerrak. Les fleuves et les nappes aquifères produisent des



**Fig 5:** Nature du fond de la Mer du Nord  
 Source: Atlas of Seas around the Britishe Isle  
 (M.A.F.F.).



Source: Atlas of Seas around the Britishe Isle (M.A.F.F.).

Source: Atlas of Seas around the Britishe Isle (M.A.F.F).

eaux côtières caractérisées par une faible salinité (de l'ordre de 30%). On distingue ainsi deux masses d'eau primaire :

- des eaux salées ( $S > 35\%$ ) de l'Atlantique nord pénétrant par le nord de la Mer du Nord et par le canal de la Manche

- des eaux peu salées ( $S < 32\%$ ) en provenance de la Mer Baltique et passant par le Skagerrak.

### 3.2. Courants résiduels et marées

La circulation résiduelle en Mer du Nord a fait l'objet de nombreuses études expérimentales. Citons essentiellement le travail de BOHNECKE (1922); il a montré que l'eau de l'Atlantique pénètre :

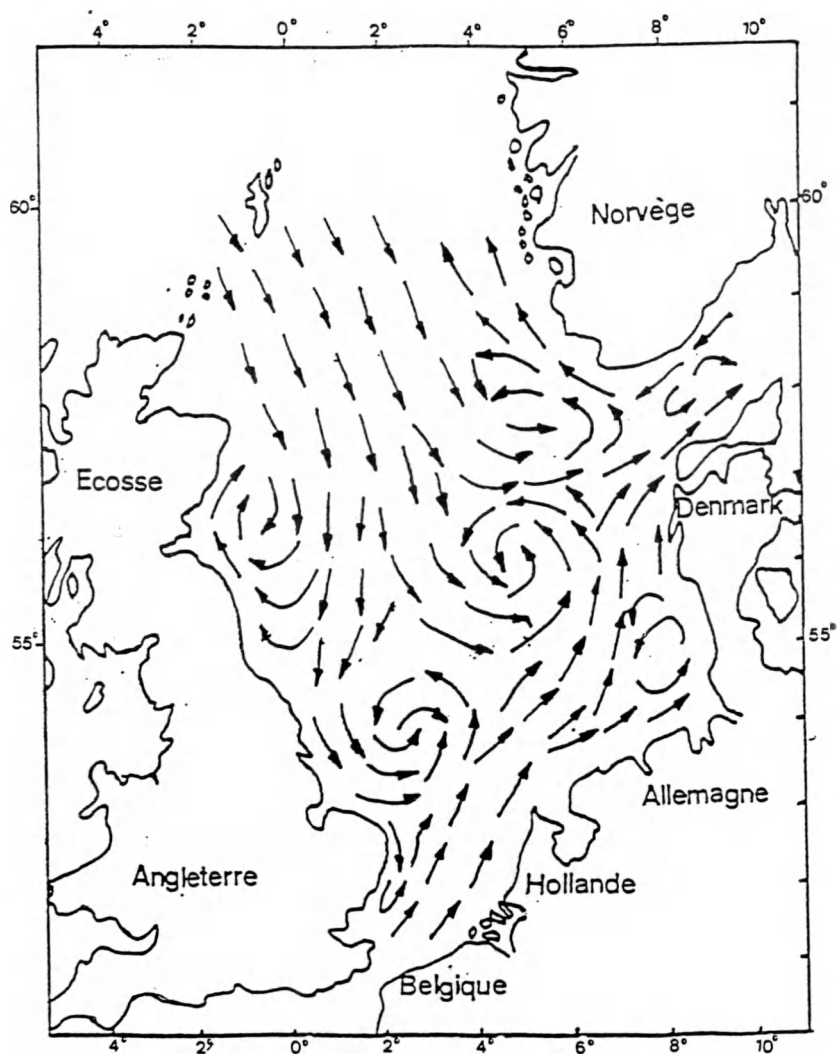
- par le nord de l'Ecosse et descend vers le sud le long des côtes anglaises.

- par le canal de la Manche, cette eau s'écoule dans la partie sud de la Mer du Nord.

On observe trois gyres principales (fig 8) : au voisinage de Dogger Bank, dans le German Bight et dans la partie centrale de la Mer du Nord. Les circulations d'été et d'hiver se différencient par les dimensions et par la localisation de ces gyres. Ces résultats ont été confirmés par des études plus récentes.

En effet, d'après une étude faite par NIHOUL et RONDAY (1975), la partie sud de la Mer du Nord est parcourue du sud au nord par une circulation résiduelle d'eau en provenance de l'Atlantique nord. La distribution de ces courants a été déterminée par un modèle mathématique approprié, qui a révélé, entre autres, une tendance à la formation d'une circulation résiduelle secondaire à la hauteur des côtes belges. Ce modèle a pris en compte un débit d'entrée au Pas de Calais de l'ordre de  $7.500 \text{ km}^3/\text{an}$ . Il est évident que ce débit est susceptible de présenter des fluctuations saisonnières. DICKSON (1971) a estimé





**FIG 8.** - Courants résiduels de surface en août (d'après BOHNETTE, 1922) (Ech: 1/6.100.000).

qu'il peut varier de  $3.800 \text{ km}^3/\text{an}$  à  $8.500 \text{ km}^3/\text{an}$  avec une valeur moyenne de  $5.400 \text{ km}^3$ .

Par ailleurs, la Mer du Nord est connue par ces fortes marées et ces violentes tempêtes. Dans la partie sud, la navigation est souvent rendue difficile par les fortes marées qui empêchent le passage des bateaux de gros tonnage durant la période de marée basse. Un vent qui souffle des côtes peut réduire la profondeur.

#### 4. BIOCENOSE

Les deux principaux groupes benthiques abordés dans ce paragraphe sont la faune épibenthique et les poissons démersaux. Le choix des poissons démersaux vient du fait que la pêche belge est basée essentiellement sur ce type de poissons; la faune épibenthique constitue la nourriture principale de ces poissons démersaux.

Les investigations faites par MARTENS en 1986 dans trois régions de la côte belge ont révélé :

1. La faune épibenthique est dominée surtout par Ophiura texturata, Ophiura albida et Asterias rubens. Les crustacés comme la crevette grise (Crangon crangon) et le crabe (Macropipus holsatus) sont très abondants mais pas dominants. Pagurus bernhardus est moins abondante mais très bien distribuée.

2. Les espèces dominantes parmi les poissons démersaux sont les gadiformes avec le merlan (Odontogadus merlangus, L., 1758) et (Trisopterus luscus, L., 1758) comme les plus importants représentants. La capture des poissons plats est constituée essentiellement de la limande (Limanda limanda). Il semblait dans cette étude que l'abondance de cette espèce est indépendante de la nature du fond. Autres espèces communes non dominantes sont : (Spratus spratus, L., 1758), (Trachurus trachurus, L., 1758), (Trachurus vipera, L., 1758), (Ammodytes lancea, L., 1758), (Pleuronectes platessa, L., 1758), (Solea solea, L., 1758) et (Pomatoschistus minutus, L., 1758).

## II. ANALYSES DES CAPTURES COMMERCIALES BELGES

### Chapitre 1

#### APERCUS SUR LA FLOTTILLE ET LA PRODUCTION

Les données interprétées dans ce chapitre proviennent du Service des Pêches Maritimes à Oostende "Dienst Voor De Zeevisserij Oostende" (responsable Mr.ir. WELVAERT). Ces données découlent essentiellement du rapport annuel du Service en 1988 (De Belgische Zeevisserij Aanvoer en Besomming).

#### 1. FLOTTILLE

##### 1.1. Introduction

La flottille de pêche belge comprend des navires exclusivement affectés à la pêche en mer, au départ des ports belges : c'est la flottille de pêche maritime et des petits bateaux au nombre de 12 unités à la fin de l'année 1988 pour la pêche sur l'Escaut occidental : c'est la flottille de l'Escaut.

La flottille de pêche maritime peut être divisée en cinq différentes classes de navires. Cette répartition est basée essentiellement sur la jauge brute. On distingue :

- Classe I : Les bateaux dont le tonnage est inférieur à 35 tonnes.
- Classe II : Les bateaux dont le tonnage est compris entre 35 et 70 tonnes.
- Classe III : Les bateaux dont le tonnage est compris entre 70 et 180 tonnes.
- Classe IV : Les bateaux dont le tonnage est compris entre 180 et 400 tonnes.
- Classe V : Les bateaux dont le tonnage est compris 400 et 1.000 tonnes.

Des 204 bateaux actuels, 173 ou 84,8% sont de construction belge et 31 unités ou 15,2% construites dans des chantiers étrangers. Le 31 décembre 1988, la flottille comprenait 184 (soit 90,20%) des bateaux en acier, 19 (ou 9,31%) bateaux en bois et une unité en polyester (soit 0.5%).

### 1.2. Importance numérique

Au cours de l'année 1988, 10 unités sont venues s'ajouter à la flottille de pêche maritime, tandis que 7 ont été radiées (O.349, Z.243, Z.501, Z.548, Z.568, Z.571 et Z.596). Ainsi, à la fin de l'année, le nombre des navires est de 204; par conséquent, la flotte comporte 3 unités en plus qu'en 1987.

L'acquisition des nouvelles unités s'est faite soit par mise en service (9 unités: O.154, Z.34, Z.60, Z.243, Z.470, Z.501, Z.548, Z.568 et Z.596) soit venant de la flottille de l'Escaut (1 unité:BOU.24). En tenant compte des acquisitions, des radiations et des modifications apportées, la répartition du nombre des unités, d'après les classes de navires, se présente dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Comparaison de l'importance numérique de 1987 avec celle de 1988.

Classe de navire	Situation au :		Différence au: 31.12.1988
	31.12.1987	31.12.1988	
I	22	21	-1
II	62	59	-3
III	73	77	+4
IV	44	47	+3
V	-	-	-
Total	201	204	+3

Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988).

Par l'analyse de la répartition du nombre de navires d'après la lettre initiale du port d'attache (tableau 3), on constate que le port de Zeebrugge vient en première position avec 107 unités soit 52% de l'effectif total, celui d'Oostende occupe la deuxième place avec 59 unités (29%) et en troisième position, on trouve le port de Nieuwpoort qui abrite 34 unités ou 17% du nombre total des navires.

**Tableau 3 :** Répartition du nombre de navires d'après la lettre initiale du port d'attache (situation du 31.12.1988).

Classe	Zeebrugge	Oostende	Nieuwpoort	Blankenberge	Escaut
I	1	12	7	1	-
II	28	16	13	1	1
III	43	20	13	1	-
IV	35	11	1	-	-
V	-	-	-	-	-
Total	107	59	34	3	1

Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988).

A partir des années soixante et même avant cette période, l'effectif de la flottille belge a connu une diminution continue (fig. 9 et tableau 4). Cette diminution s'est évaluée, pour l'ensemble des classes de navires, entre 1960 et 1988 à 215. L'effectif entre ces deux périodes citées est réduit presque à moitié soit 51% du nombre total existant en 1960.

Ce phénomène de réduction est dû surtout à l'acquisition de nouvelles unités plus puissantes ainsi qu'à la radiation d'autres devenues non performantes. D'autant plus que l'établissement du système de quota par pays a exigé une certaine limitation de l'effectif de la flottille de pêche maritime.

### 1.3. Caractéristiques de la flottille

#### 1.3.1. Tonnage brut

Comparé à la situation du 31 décembre 1987, la jauge brute de la flottille augmentait en 1988 de 1.235 T; alors qu'elle est moins élevée de 6.675 T que celle de l'année 1968. L'évolution du tonnage brut durant les vingt dernières années est résumée par la figure 10 (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

Au cours de l'année 1988, les modifications survenues dans la composition de la flottille de pêche ont influencé l'évolution du tonnage brut comme suit :

* Gains	: 1.804 G.T.	
- Par la mise en service de 9 unités	: 1.656 G.T.	
- Par des travaux de transformation	: 107 G.T.	
- Par changement de la flottille	: 41 G.T.	
		<hr/>
Total	: 1.804 G.T.	
* Pertes	569 G.T.	
- Par radiation de 7 unités	: 560 G.T.	
- Par des travaux de transformation	: 9 G.T.	
		<hr/>
Total	: 569 G.T.	

Vers la fin de l'année 1988, le tonnage total de la flottille de pêche était de 24.620 G.T. contre 23.385 G.T. à la fin de l'année 1987.

En ce qui concerne la répartition du tonnage de la flotte belge selon le port d'attache (tableau 5), Zeebrugge occupe la première place avec 15.820 G.T. ou 64,26% du tonnage total, viennent ensuite Oostende avec 5.974 G.T. ou 24,26%, Nieuwpoort avec 2.557 G.T. ou 10,38%, Blankenberge avec 228 G.T. ou 0,93% et finalement le port de l'Escaut avec 41 G.T. ou 0,17% (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

Fig 9: Importance numérique de la flotille  
belge durant la période  
(1960 - 1988)

Nombre de bateaux

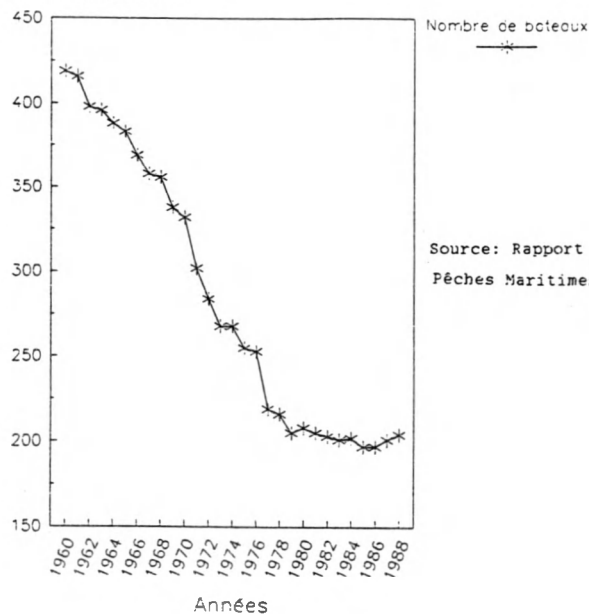
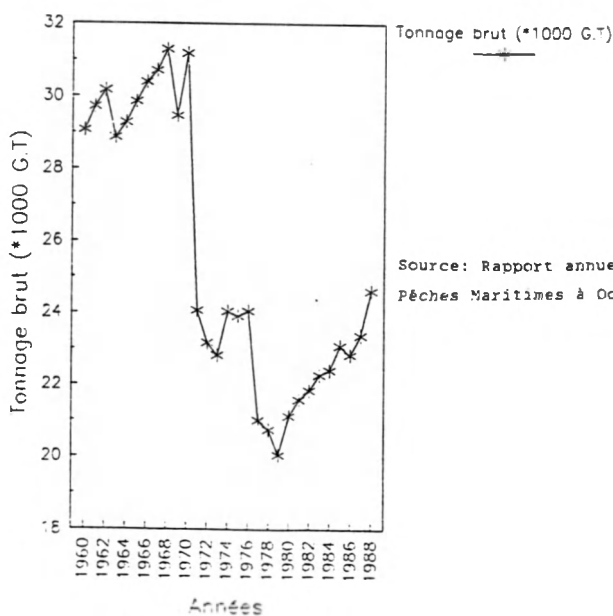


Fig 10: Evolution du tonnage total brut de la  
flotille belge durant la période  
(1960 - 1988)



**Tableau 4** : Récapitulation de l'importance numérique de la flottille belge pour la période (1960 - 1988).

Années	Classes de navires					Total
	I	II	III	IV	V	
1960	103	73	142	64	37	419
61	97	72	147	61	39	416
62	84	66	145	61	42	398
63	75	64	150	70	37	396
64	57	57	153	77	34	388
65	47	51	150	85	50	383
66	38	43	137	88	63	369
67	29	37	130	86	76	358
68	22	34	124	83	93	356
69	14	30	113	81	100	338
1970	10	23	112	81	106	332
71	65	90	134	10	3	302
72	56	85	130	10	3	284
73	46	79	130	10	3	268
74	42	73	135	16	2	268
75	37	67	129	20	2	255
76	35	66	129	21	2	253
77	30	60	106	21	2	219
78	29	60	104	21	2	216
79	27	55	100	21	2	205
1980	27	53	102	24	2	208
81	26	52	96	29	2	205
82	25	51	93	32	2	203
83	25	52	86	36	2	201
84	26	56	80	38	2	202
85	23	55	75	43	1	197
86	21	61	72	43	-	197
87	22	62	73	44	-	201
88	21	59	77	47	-	204

Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988).



**Tableau 5** : Répartition du tonnage (nombre de G.T.) d'après les ports d'attache (situation du 31.12.1988).

Classe	Zeebrugge	Oostende	Nieuwpoort	Blankenberge	Escaut
I	31	398	184	29	-
II	1.588	808	760	69	41
III	5.296	2.100	1.348	130	-
IV	8.905	2.728	265	-	-
V	-	-	-	-	-
Total	15.820	5.974	2.557	228	41
%	64,26	24,26	10,38	0,93	0,17

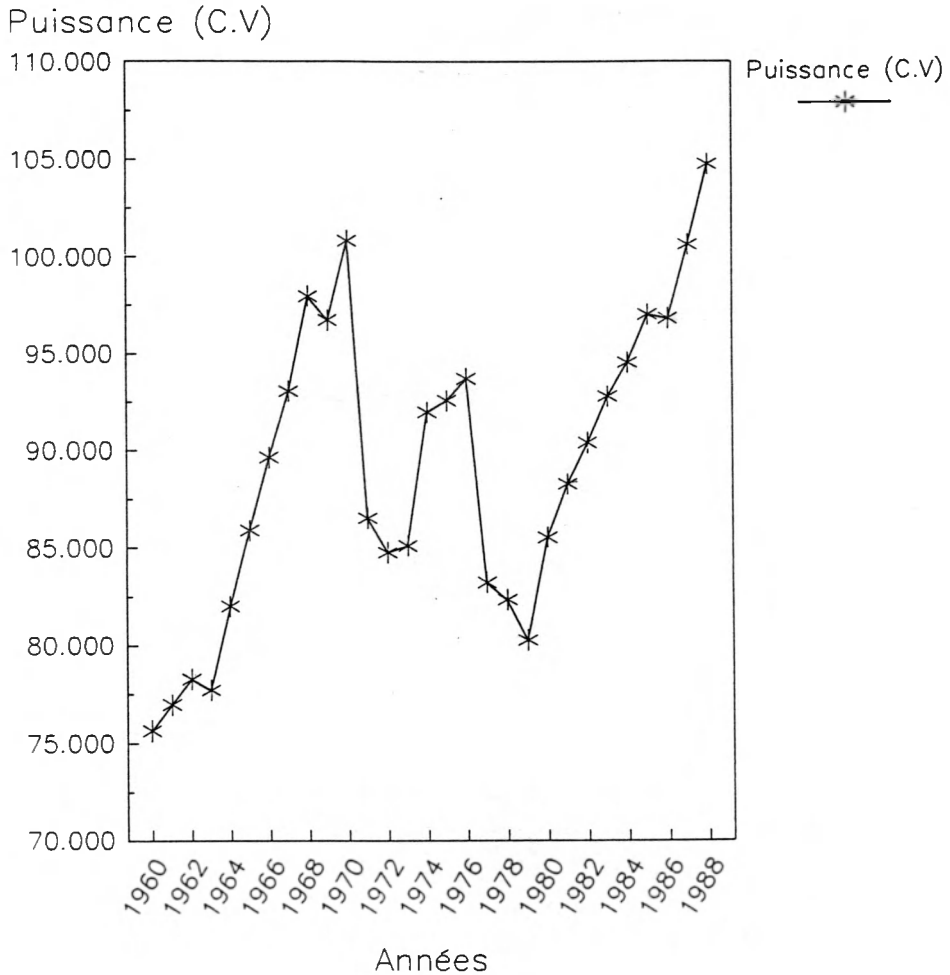
Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)

### 1.3.2. Puissance motrice

Malgré la régression du nombre de bateaux, depuis 1938, la capacité de prise de la flottille n'en a nullement souffert. Ceci grâce à l'augmentation de la force de propulsion par bateau. De 117 c.v. celle-ci monte à 513,4 c.v. à la fin de l'année 1988. De même, la force motrice moyenne par G.T. monte de 2,13 à 4,25 c.v.

L'évolution de la puissance totale de propulsion pendant la période (1968 - 1988) est représentée par la figure 11. Ainsi, à la fin de l'année 1988, la puissance totale de la flottille était de 104.733 c.v. contre 100.615 c.v. à la fin de l'année 1987. Elle accuse donc une augmentation de 4.118 c.v. Cette augmentation est due essentiellement à la mise en service de 9 unités ainsi qu'au remplacement de certains vieux moteurs par des nouveaux plus puissants (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

Fig 11: Evolution de la puissance totale de propulsion de la flotille belge période (1960 - 1988).



Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988).

La flottille de pêche de Zeebrugge représente 67.960 c.v., soit 64,89% du total de la force motrice de la flotte belge, suivi par Oostende avec 24.295 c.v. soit 23,40%; Nieuwpoort 11.338 c.v., soit 10,82%; Blankenberge avec 865 c.v., soit 0,83% et l'Escaut, 275 c.v. ou 0,26% .

Enfin signalons que la majorité des moteurs sont d'origine étrangère. Sur 204 bateaux, 134 ou 65,69% sont propulsés par un moteur de construction étrangère et 70 ou 34,31% seulement propulsés par un moteur de fabrication nationale (il est tenu compte uniquement des moteurs principaux et non des moteurs auxiliaires) (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

### 1.3.3. Age

L'âge des coques des navires de la flottille de pêche belge varie entre 1 et 60 ans. Toutefois, 187 ou 91,67% des coques n'ont pas dépassé l'âge de 30 ans. Les 204 coques actuelles totalisent 3.624 ans, soit une moyenne de 17 ans et 9 mois. A la fin de l'année 1987, cette moyenne était de 17 ans et 8 mois.

La répartition des âges en catégories de cinq ans, nous apprend que la flottille de pêche compte (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)):

44 coques de 1 à 5 ans,	soit 21,56%
22 coques de 6 à 10 ans,	soit 10,79%
8 coques de 11 à 15 ans,	soit 3,92%
32 coques de 16 à 20 ans,	soit 15,69%
50 coques de 21 à 25 ans,	soit 24,52%
31 coques de 26 à 30 ans,	soit 15,19%
12 coques de 31 à 35 ans,	soit 5,88%
0 coques de 36 à 40 ans,	soit 0,00%
3 coques de 41 à 45 ans,	soit 1,47%
0 coques de 46 à 50 ans,	soit 0,00%
1 coque de 51 à 55 ans,	soit 0,49%
1 coque de 56 à 60 ans,	soit 0,49%

#### 1.4. Activités et résultats actuels de la flotille de pêche (année 1988)

Malgré une augmentation de 3% de la puissance motrice mise en oeuvre par unité dans la pêche au chalut à panneaux, les captures par jour de mer ont diminué de trois tonnes ou de 16% et n'étaient que 20 tonnes. Le produit brut par jour de mer a diminué de 3% et s'est évalué à 64.000 F.B. L'activité avait également régressée de 12% et elle n'était que de 6.248 jours de mer. Les apports réalisés par le secteur des chaluts à panneaux a diminué de 1.800 tonnes pour passer à 6.383 tonnes (-22%) par rapport à l'année précédente (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

La pêche de cabillaud au chalut boeuf a été surtout pratiquée pendant le dernier trimestre de l'année. En résultat de 1.857 jours de mer (+53%), 1.562 tonnes de poissons ont été débarquées (+240 tonnes ou +18%). Cependant, les captures par jour de mer ont diminué de 250 kg, elles étaient de 840 kg (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

Dans la pêche aux crevettes, la flotille a travaillé 3.767 jours de mer (+3%). Les quantités mises en vente à la criée ont stagné à 638 tonnes. La valeur des apports par jour de mer est également restée au même niveau de 19.200 F.B., si bien que la valeur totale des apports a présenté une augmentation linéaire avec le nombre de jour de mer, ce qui l'a menée à 72,3 millions de francs (+3%).

Vingt-deux navires ont pratiqué la pêche aux langoustines. Ces unités équipées de chaluts à panneaux, d'une puissance motrice de 272 KW, ont réalisé ensemble 2.964 jours de mer (+39%). Les captures par jour de mer ont atteint 555 kg (+4%), si bien que les apports ont augmenté de 500 tonnes pour atteindre 1.648 tonnes (+45%). La valeur moyenne des captures a baissé de 11%, passant à 102 F/kg, de sorte que la valeur des apports n'a augmenté que de 37 millions de F.B. elle est passée à 168 millions de F.B (+4,5%). La valeur des apports par jour de mer a toutefois diminué de 8%.

L'intensité de pêche dans le secteur du chalut à gaules a été presque stable : mesurée en jours de mer, on a noté une diminution de 1,6% qui porte l'intensité de pêche à 24.616 jours, mais la puissance motrice mise en oeuvre a augmenté de 1,5% pour passer à 495 KW. Le volume de la production globale s'est accru de 1.166 tonnes ou de 6% pour atteindre 21.868 tonnes. Par jour de mer, les captures ont augmenté de 7% atteignant ainsi 890 kg.

Le tableau 6 donne les résultats de la flottille de pêche au chalut à gaule scindés d'après la catégorie de puissance motrice. Les navires de catégorie des 900 KW sont parvenues à hisser leur volume de production à 7.685 tonnes, par une augmentation de 1.100 tonnes (+17%). Cette augmentation était la conséquence d'une pression accrue en jours de mer, combinée à une augmentation relativement uniforme de 7% des captures par jour de mer (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes d'Oostende).

**Tableau 6** : Les résultats de la flottille de pêche au chalut à gaules, scindés d'après la catégorie de puissance motrice (année 1988).

Cat	Puissance (KW)	Jour de mer (j.m)	Apports (tonnes)	Apports en kg/j.m	nombre de bateaux
1	146	2.130	546	256	34
2	219	6.928	3.312	478	46
3	347	2.927	2.110	721	20
4	503	3.411	3.556	1.043	19
5	706	3.674	4.657	1.268	19
6	896	5.546	7.685	1.386	28

Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988).

## 2. PRODUCTION

### 2.1. Espèces pêchées

La pêcherie belge est basée essentiellement sur deux espèces de poissons plats (sole et plie), deux espèces de poissons blancs (cabillaud et merlan) et deux espèces de crustacés (crevette grise et langoustine). Cependant, on note l'existence dans les captures d'autres espèces dont l'importance des apports peut être relativement élevée. La majorité des espèces constituant la production nationale belge sont situées dans le tableau 7. Elles représentent celles obtenues en 1988 que se soit au niveau des ports nationaux qu'au niveau des ports étrangers.

Vu le vif recul des quota de cabillaud, on a toutefois dû observer dès le début de la campagne de pêche des mesures préemptoires de limitation des captures de ce poisson blanc. Vers la fin de la saison de pêche, quelques fonds relativement éloignés ont été interdits à la pêche. Cependant, et contrairement à ce qui s'est passé en 1987, la pêche aux principales espèces de la Mer du Nord et de la Manche (sole, plie et cabillaud) a pu être pratiquée pleinement et sans entraves jusqu'à la fin du mois de décembre (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes d'Oostende).

Un fait remarquable est qu'avec un quota stationnaire de sole en Mer du Nord et dans la partie orientale de la Manche, les captures de sole ont régressé d'environ 900 tonnes durant l'année 1988. Les apports totaux de sole dans les ports nationaux on dès lors diminué de mille tonnes ou d'environ 23% et sont ainsi passés à 3.344 tonnes. Cette compression de la production a été encore accentuée, dans ce cas-ci, par une baisse sensible des prix, qui ont passé à 312 F/kg ayant donc diminué de 35 F/kg ou de 10%; si bien que les recettes des soles ont "fondu" de 470 millions de francs et n'étaient plus que de 1.044 millions de franc, soit une réduction de 31%. Dès lors, la part des soles dans la valeur totale des apports est passée de 46% à 35% (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes d'Oostende).

**Tableau 7** : Production par espèce durant l'année 1988 (en tonnes).

Nom latin	Nom néerlandais	Nom français	Produc (T)	Prix moyen
<u>Gadus aeglefinus</u>	Schelvis	Aiglefin	574	50,68
<u>Gadus morhua</u>	Kabeljauw	Cabillaud	6.163	70,30
<u>Merlangus merlangus</u>	Wijting	Merlan	1.973	46,44
<u>Pleuronectes platessa</u>	Schol	Plie	14.653	48,94
<u>Limanda limanda</u>	Schar	Limande	905	19,69
<u>Scophthalmus maximus</u>	Tarbot	Turbot	241	375,82
<u>Scophthalmus rhombus</u>	Griet	Barbue	281	243,36
<u>Microstomus kitt</u>	Tongschar	Limande-sole	859	87,96
<u>Raja</u>	Roggen	Raie	1.497	49,79
<u>Lophius piscatrus</u>	Zeeduivel	Rascasse	340	256,44
<u>Eutrigla lucerna</u>	Roodbaars	Aiguillot	372	58,21
<u>Squalus acanthias</u>	Doornhaai	Roussette	136	59,41
<u>Scylliorhinus canicula</u>	Hondshaai	Petite roussette	522	26,07
<u>Solea solea</u>	Tong	Sole	3.515	325,96
-	Andere demersale soorten	Autres espèces demersales	2.904	46,77
-	Pelagische soorten	Espèces pélagiques	42	22,98
<u>Crangon crangon</u>	Garnal	crevette grise	578	155,25
<u>Nephrops norvegicus</u>	Langoestenes	Langoustine	408	234,49
-	St.Jacobs-schelp	Coquille St. Jacques	286	56,17
-	Andere schaal-en weekdieren	autres mollusques et crustacés	922	127,49
-	schaal en	mollusques		

Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988).

Heureusement, l'évolution sur le marché des soles n'était pas représentative de celle des autres espèces. Ainsi, les apports des espèces démersales, hormis la sole, se sont améliorés de 1.251 tonnes ou de 5% pour atteindre 26.735 tonnes.

Malgré le fait que la production de plie a déjà connu au cours des années quatre-vingt une croissance continue, année par année, la tendance croissante de la production s'est encore poursuivie en 1988. Les débarquements de plies dans les ports nationaux ont donc atteint le volume massif de 11.268 tonnes, ce qui représentait une augmentation de 2.229 tonnes ou 25%. en dix années, les apports de plies ont donc presque triplé. Les débarquements de limande ont augmenté de 151 tonnes soit de 33% passant ainsi à 905 tonnes en 1988.

Les apports d'aiglefin et de merlan ont augmenté de 41% pour la première espèce et de 30% pour la seconde, ils sont retombés respectivement à 574 tonnes et à 1.973 tonnes. La production de baudroie a régressé d'avantage de 7 tonnes.

En ce qui concerne les crustacés, on a enregistré un léger redressement (de l'ordre de 8%) pour la production de crevette et une augmentation presque du même ordre pour la langoustine. Les apports ont ainsi passé respectivement à 578 tonnes et à 408 tonnes. Les coquilles Saint-Jacques ont perdu environ 200 tonnes en terme de production, se réduisant uniquement à 268 tonnes en 1988.

## **2.2. Valeur des apports**

La valeur des apports dans les ports belges et étrangers en 1988 s'est élevée environ à 3,2 milliards de francs, marquant une diminution de 8% par rapport à l'année 1987. Malgré, les modifications des apports par espèce, l'offre globale dans les ports nationaux est restée stationnaire à 32.211 tonnes (+0,4%). Le prix moyen du poisson s'est toutefois affaïssé de 11,4 F/Kg et n'était plus que de 90 F/Kg, si bien que la valeur des apports a diminué de 11% ou de 355 millions de francs (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes d'Oostende (1988)).



Les trois espèces les plus importantes sont évidemment restées, la sole (1,04 milliards de francs), la plie (0,56 milliards de francs) et le cabillaud (0,39 milliards de francs). Elles totalisent 2 milliards de francs ou 70% de la valeur totale des apports dans les ports belges, à savoir 2.883 millions de francs (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes d'Oostende).

Malgré une diminution de 4% du prix moyen de la plie par rapport à celui enregistré en 1987, la valeur des apports a quand-même pu passer à 562 millions, en augmentant de 93 millions de francs (+20%). Un fait remarquable est cependant qu'un gain de recettes de 76 millions de francs a été réalisé dès la première période (avant le 1 mai). En cette période, la production a atteint 4.000 tonnes (+620 tonnes), pour une valeur de plus de 200 millions de francs.

Pour le cabillaud, bien que le prix moyen des plus grands formats a diminué de 7%, le prix moyen général a quand-même présenté une augmentation de 22% en passant à 69F/Kg, ce qui est dû principalement à la meilleure formation des prix des petits formats, associée à un rapport relativement plus important des cabillauds plus grands, qui sont plus chers. La forte augmentation de prix de 22% a, certes, éliminé en grande partie l'effet de la diminution des captures (-20%); cependant, la valeur des apports a diminué de 12 millions de francs et n'était que de 390 millions (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende)).

L'accroissement de la recette du merlan, de 17 millions de francs, était le résultat conjugué du volume accru de 350 tonnes ou de 24% et d'une amélioration de 6% du prix moyen.

Les crustacés et les mollusques se sont vendus en moyenne 12% plus chers. Les apports de crevettes sont restés un peu au-dessus de 500 tonnes (-7%), mais leur valeur s'est accrue de 5% pour atteindre 65,6 millions de francs. L'offre de langoustines a augmenté de 44 tonnes pour atteindre 436 tonnes, et s'est vendue

pour 97 millions de francs (+18%) (Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende (1988)).

### 2.3. Evolution des apports

L'analyse de la production (1970-1988) a montré que durant cette période, les apports de la pêche maritime belge ont connu des fluctuations relativement importantes mais surtout une tendance à la régression (fig 12). On a passé de 52.616 tonnes en 1971 à 37.170 tonnes en 1988, soit une diminution de l'ordre de 29%. Les plus faibles captures pendant ces deux dernières décennies ont été enregistrées respectivement en 1986, 1987 et 1988. Durant l'année 1987, les bateaux de pêche belges ont réalisé une production totale s'évaluant à 32.079 tonnes, débarquée au niveau des trois principaux ports (Zeebrugge, Oostende et Nieuwpoort), soit 762 tonnes en plus qu'en 1986. Cette production était le résultat de 9.759 jours de mer contre uniquement 9.169 en 1986, soit une amélioration de 590 jours de mer (+6%). D'autre part, en 1988, la production totale de la pêche accuse également une augmentation sensible de 1.262 tonnes par rapport à celle de 1987, soit 3,5%.

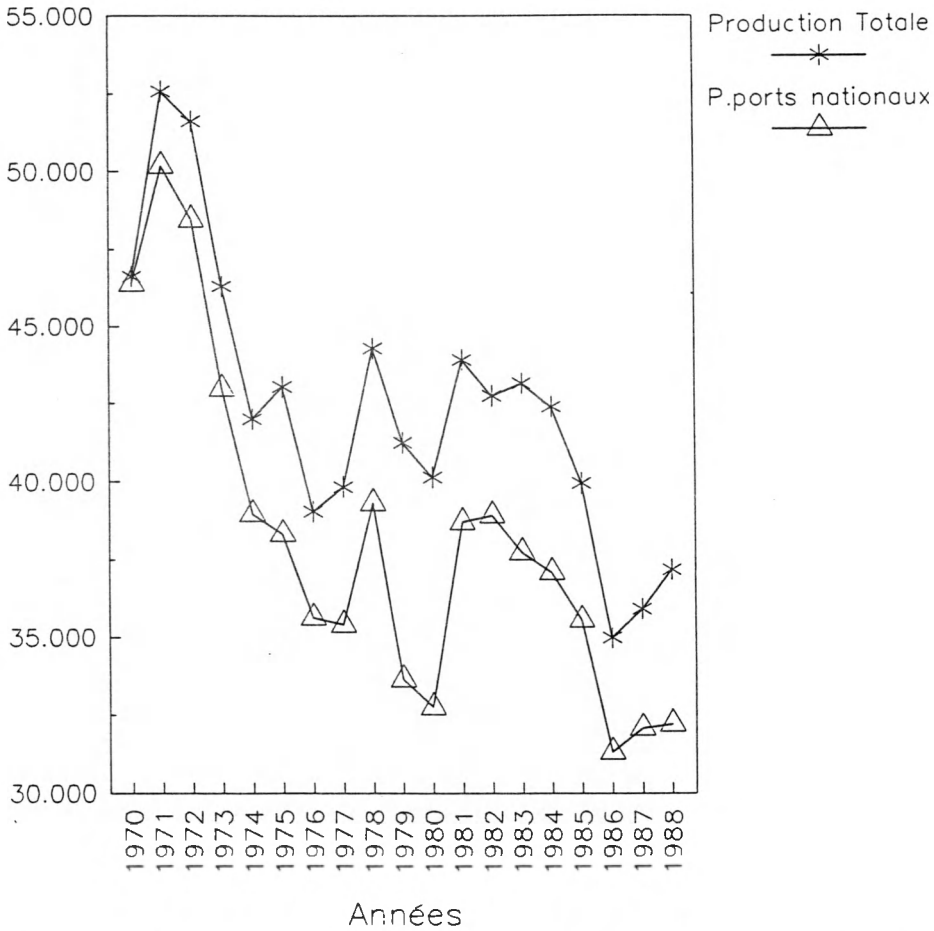
### 2.4. Production de la limande

#### 2.4.1. Importance

Comme a été signalé précédemment, les apports belges de limandes ne sont qu'accessoires des apports de poissons plats. En 1986, 1987 et en 1988, ils ne représentaient respectivement que 3,8; 4,3 et 4,5 des apports totaux de poissons plats. Par conséquence, ils formaient des quantités négligeables vis-à-vis de la production totale des ressources maritimes. Ce phénomène peut être expliqué par l'absence d'une pêcherie orientée proprement à cette espèce et par le rejet d'importantes quantités; causes liées essentiellement à sa faible valeur commerciale. D'autant plus que le manque d'études biologiques et dynamiques concernant l'espèce pouvait accentuer le problème.

Fig 12: Evolution de la production nationale  
totale belge durant la période  
(1970 - 1988)

Production (Tonnes)



Source: Rapport annuel du Service des Pêches Maritimes à Oostende  
(1988).

## 2.4.2. Evolution

### 2.4.2.1. Evolution selon les pays riverains de la Mer du Nord

La Mer du Nord a été caractérisée par des apports irréguliers de limande durant presque la majorité du siècle (tableau 8). Au début, les débarquements étaient relativement importants et pouvaient atteindre 11.800 tonnes (1903), puis ils diminuaient pour marquer un niveau minimum de capture de 1.500 tonnes dans les années 1944 et 1945 (période de guerre). Vers la fin des années quarante, les apports de limande augmentaient et enregistraient un maximum pendant l'année 1948, soit 10.134 tonnes. Après cette période exceptionnelle de production, les quantités débarquées régressaient de nouveau jusqu'à l'année 1968 (3.645 tonnes). Par la suite, on a signalé une augmentation relativement importante, les apports de 1983 ont été évalués à 11.865 tonnes. Par conséquent, après une période de 80 ans (entre 1903 et 1983), on débarquait presque la même quantité.

Au début du siècle et jusqu'à l'année 1938, les captures britanniques de cette espèce étaient les plus importantes. Elles représentaient plus de 50% des captures totales en Mer du Nord. Les débarquements hollandais occupaient la seconde position avec 32%, suivie de ceux du Danemark et de l'Allemagne qui étaient respectivement de 6% et de 2%. Durant cette période, les apports belges étaient assez faibles si non négligeables et ne représentaient que 1,6% de la production totale de limande en Mer du Nord.

A partir de l'année 1950, la production britannique régressait de façon remarquable et elle n'était que de 193 tonnes à la fin de l'année 1983. Alors que les débarquements hollandais augmentaient surtout dès l'année 1970 pour atteindre un maximum de 5.318 tonnes pendant l'année 1983. On a également constaté une amélioration des apports belges, mais qui n'ont jamais dépassé les 700 tonnes par an. Pour conclure, on peut dire qu'au cours de la période 1950 - 1983, la Hollande occupait la première place suivie respectivement

**Tableau 8:** Evolution, par pays, des captures de la limande (en tonnes) dans la Mer du Nord (1903 à 1983).

Années	Capt.tot	All	Belg	Denm	Engl	Fran	Holl	Autres
1903	11.797	28	-	61	7.348	-	4.359	-
4	9.512	78	213	217	6.464	-	2.215	326
5	7.940	168	180	-	4.919	-	2.356	317
6	7.821	148	117	-	4.541	-	2.721	295
7	7.516	170	113	131	4.435	-	2.250	417
8	7.474	232	96	57	4.125	-	2.458	504
9	7.900	323	104	1	4.557	-	2.288	627
1910	7.478	275	111	108	4.285	-	2.077	623
1	6.249	246	157	409	2.988	-	1.813	635
2	7.092	326	116	647	3.534	-	1.981	488
3	7.734	254	-	373	3.897	-	2.735	475
4	6.471	74	-	116	3.961	-	1.757	563
5	4.925	39	-	152	2.318	-	1.832	584
6	5.207	59	-	720	837	-	3.087	504
7	5.277	58	-	194	961	-	3.678	386
8	5.804	87	-	127	1.685	-	3.410	495
9	6.963	156	-	51	1.786	-	1.486	323
1920	8.755	229	103	75	3.658	-	1.788	421
1	6.906	248	-	216	3.869	-	2.113	460
2	8.072	330	-	219	5.019	-	2.118	386
3	7.567	239	-	273	4.362	-	2.346	347
4	7.122	189	-	463	3.939	-	2.150	381
5	6.155	147	-	486	3.349	-	1.748	425
6	5.839	142	-	331	3.354	-	1.608	404
7	5.438	129	-	254	2.923	-	1.729	403
8	5.014	60	21	246	2.285	-	1.933	469
9	5.372	103	201	322	2.449	-	1.818	479
1930	4.450	100	255	296	1.921	1	1.429	448
1	4.472	101	244	393	1.971	-	1.257	506
2	4.407	58	215	461	1.991	-	1.231	451
3	4.478	75	196	578	2.150	-	1.058	421
4	5.350	77	218	634	2.435	-	1.394	592
5	5.061	59	277	977	2.294	-	972	532
6	5.475	63	241	1.291	2.221	-	1.142	517
7	5.589	58	265	1.071	2.079	-	1.552	564
8	5.642	77	315	1.087	1.967	-	1.603	593
9	-	-	-	-	-	-	-	-
1940	3.307	140	-	709	-	-	1.912	546
1	8.413	65	228	1.068	-	-	6.220	832

2	7.418	128	252	631	-	-	5.665	742
3	3.791	38	206	323	-	-	2.885	339
4	1.461	8	6	295	-	-	881	271
5	1.506	-	38	186	-	-	921	361
6	3.882	-	179	1.053	987	-	1.103	560
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	10.134	64	314	2.005	2.673	-	3.598	802
9	8.915	379	288	1.221	2.847	-	3.323	857
1950	5.832	92	254	900	1.172	-	2.031	843
1	8.100	144	462	1.800	2.530	-	2.221	973
2	7.749	74	386	1.562	1.874	-	2.904	949
3	5.726	58	357	1.337	1.681	-	1.383	910
4	5.475	62	255	1.666	1.560	-	1.099	833
5	6.462	92	305	2.923	1.363	-	1.149	630
6	5.330	99	338	1.766	992	-	1.368	367
7	5.973	73	336	1.983	1.075	-	1.669	837
8	6.167	71	290	2.320	1.095	-	1.517	874
9	5.093	93	285	1.433	1.068	-	1.265	949
1960	5.014	70	246	1.833	937	-	1.057	876
1	4.441	67	227	1.497	724	-	916	1.010
2	4.082	54	205	1.357	553	147	795	971
3	4.615	40	306	1.603	664	128	1.000	817
4	4.310	48	424	1.612	561	-	1.049	616
5	4.785	64	432	1.841	608	-	1.349	491
6	5.143	65	507	1.589	684	-	1.767	531
7	3.608	77	384	659	524	-	1.341	623
8	3.645	57	334	861	461	-	1.516	416
9	4.122	69	302	984	347	448	1.630	312
1970	5.183	71	338	1.476	338	588	1.958	414
1	6.546	46	409	1.546	369	618	2.941	619
2	8.002	46	638	1.816	390	727	3.617	768
3	9.760	41	678	1.899	445	763	3.638	2.186
4	7.241	59	281	1.168	474	310	4.101	842
5	7.033	45	600	944	426	418	4.029	569
6	5.917	50	489	852	319	306	3.402	497
7	6.702	70	652	743	333	371	3.959	574
8	6.431	64	520	779	451	513	3.473	611
9	8.247	89	484	1.366	402	630	4.724	550
1980	8.357	24	518	1.376	285	639	5.023	492
1	8.454	31	542	1.968	198	447	4.729	539
2	9.565	42	460	2.356	230	594	5.111	772
3	11.865	49	541	4.428	193	495	5.318	841

Source: Bulletins Statistiques du C.I.E.M (1903 - 1983).

par le Danemark, l'Angleterre et la Belgique. Il est à noter que pour les dix dernières années, les débarquements belges dépassaient ceux de l'Angleterre.

#### 2.4.2.2. Evolution selon les zones de pêche

Si l'on examine la variation des apports au cours de la période (1948 - 1983) par zone de pêche, on constate, comme le montre la figure 13, que les apports de la Mer du Nord centrale étaient les plus importants et représentaient en moyenne 64% des captures totales de la Mer du Nord. La zone sud occupait la seconde place avec un pourcentage moyen de 30% et finalement venait la zone nord, soit 6%.

D'une façon générale, les captures (C) sont essentiellement fonction de la densité ou de l'abondance du stock (N) et de l'effort de pêche (f) exercé :  $C = q.f.N$  ( q est la constante de capturabilité). Etant donné qu'il est presque impossible, dans les circonstances actuelles, d'estimer un effort commun des pays riverains de la Mer du Nord pratiquant la pêche dans ces différentes zones (effort destiné à l'exploitation du stock de sole et de plie), l'explication de la variation des captures par zone de pêche par une variation de la densité du stock au niveau de ces zones, reste difficile.

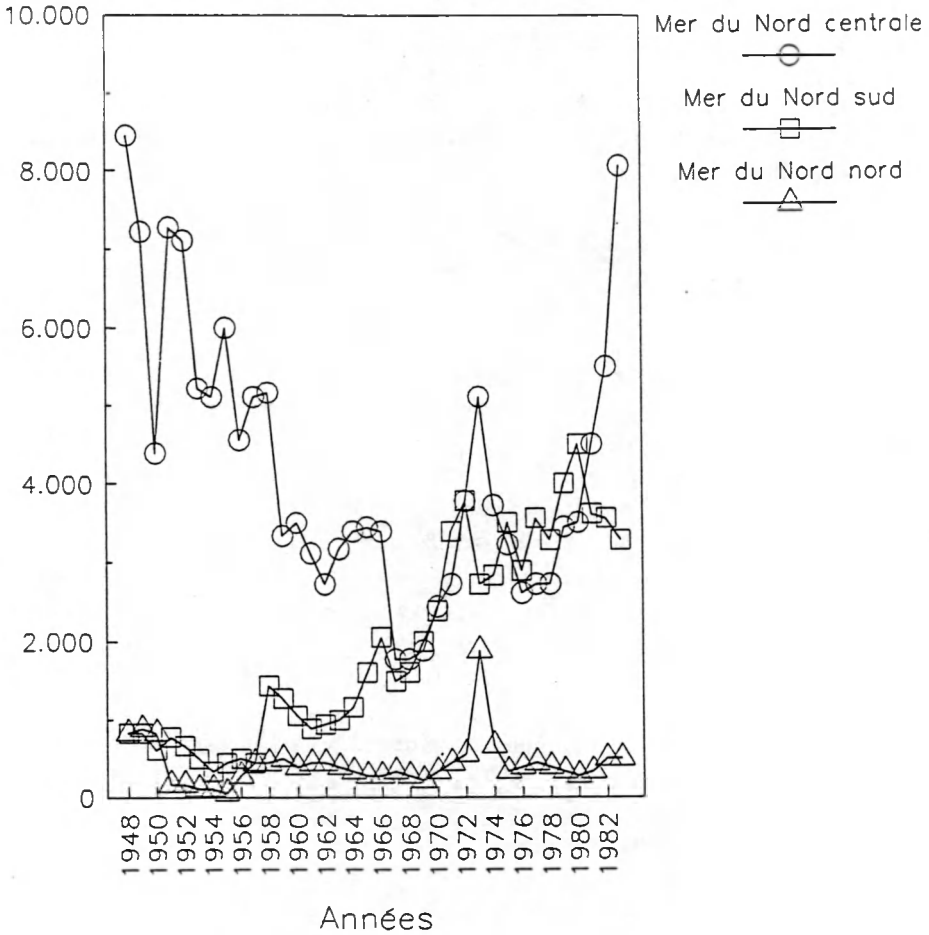
Il est à noter que ces données statistiques ont été collectés auprès du service statistique à la Station des Pêches Maritimes d'Oostende. Les données statistiques des captures par zone de pêche, pendant la période allant de 1984 jusqu'à 1988 manquaient et ceci à cause du système compliqué des quotas.

#### 2.4.2.3. Evolution annuelle de la production nationale belge

L'évolution de la production nationale totale de limande pendant la période (1946 - 1988) est représentée par la figure 14. L'examen de cette représentation graphique montre que la courbe d'évolution est formée de deux parties distinctes:

Fig 13: Evolution des captures de la limande par zone de pêche (1948 - 1983).

Production (tonnes)

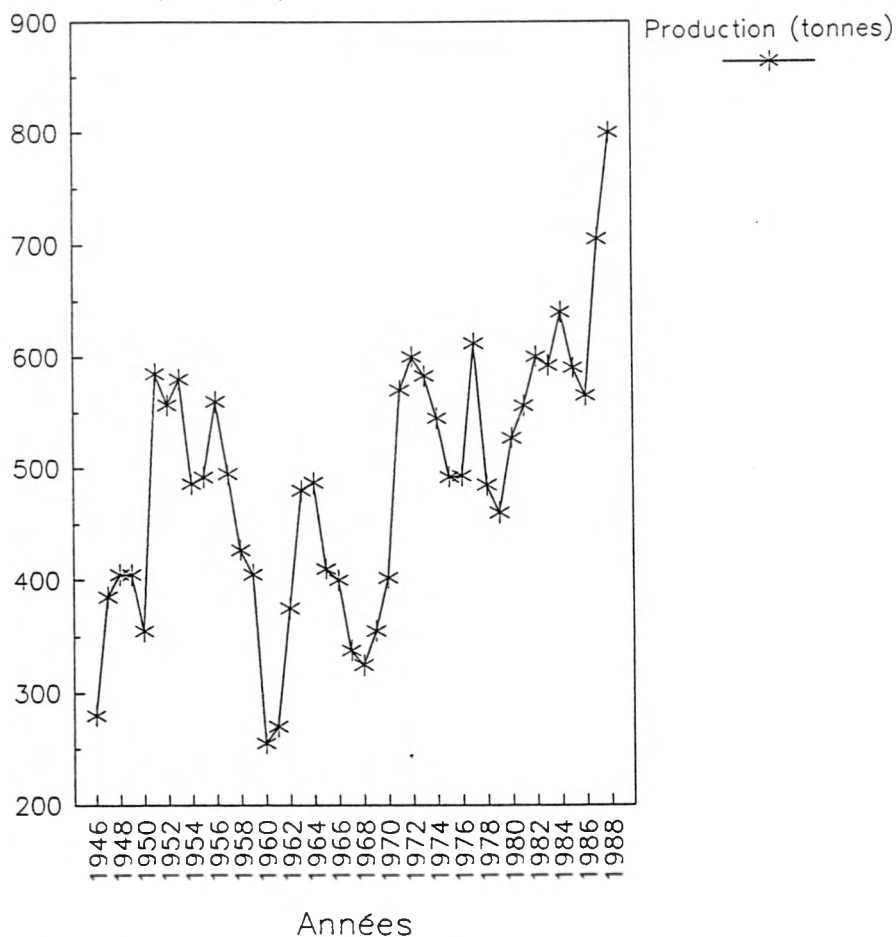


Source: Bulletins Statistiques du C.I.E.M



Fig 14: Evolution de la production nationale belge de limade durant la période (1946 - 1988).

Production (tonnes)



Source: Bulletins Statistiques du C.I.E.M

- Une première partie correspondant à la période allant de 1946 jusqu'à 1970 caractérisée par des fluctuations importantes de production. On a passé de 560 tonnes (1956) à 250 tonnes en 1960. Quand on établit le classement par ordre décroissant des débarquements totaux pendant cette période, il est remarquable de constater que l'année 1960 occupe la dernière place précédée respectivement par les années 1961 et 1946. Notons également les débarquements importants réalisés au début des années cinquante qui étaient de 580 tonnes (1951 et 1953).

- Une seconde partie correspondant à la période allant de 1971 jusqu'à 1988, au cours de laquelle les apports n'ont jamais baissé au dessous du niveau minimum de 460 tonnes. Les fluctuations étaient également moins importantes que celles enregistrées lors de la première période, mais, on signale surtout une augmentation continue de la production pendant les dix dernières années, exception faite pour les années 1985 et 1986 où elle diminuait. Tout on notons les excellents apports réalisés en 1987 et en 1988, soit respectivement de 705 et 800 tonnes et qui représentaient les débarquements de la limande les plus élevés des deux périodes.

## Chapitre 2

### MATERIELS ET METHODES

#### 1. PROCEDURE D'ECHANTILLONNAGE

Pour étudier les paramètres caractéristiques d'une population de poissons (croissance, reproduction, distribution, composition en âge, etc...), il est pratiquement impossible de disposer de tous les individus de cette population. On prélève dans la majorité des cas une fraction de la population totale: dite échantillon.

Le problème est de savoir si l'échantillon est représentatif de l'ensemble de la population ou non.

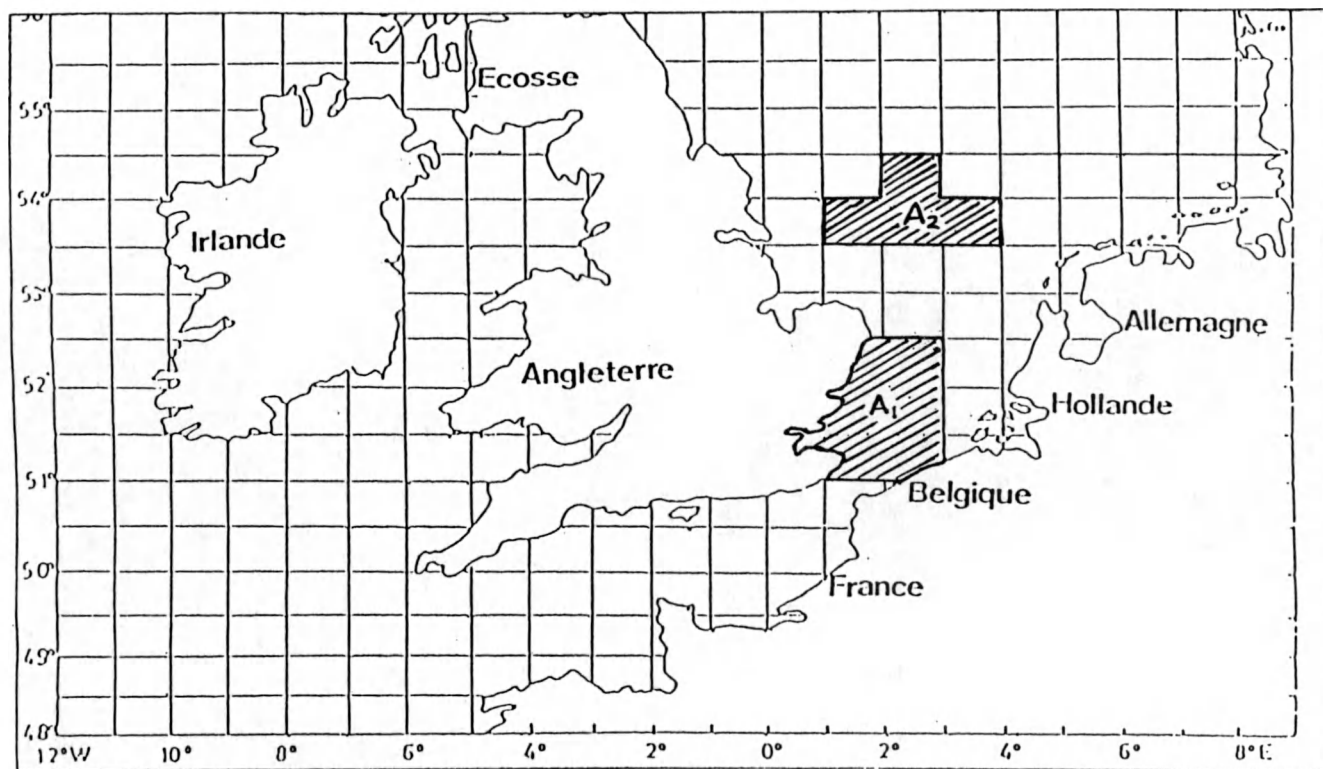
En effet, si le système d'échantillonnage est bon, l'évaluation obtenue différera peu de la valeur vraie. Un échantillon est dit représentatif que s'il est relativement grand et l'idéal est de prendre toute la population comme échantillon (Gulland 1966). Un programme d'échantillonnage des captures commerciales belges a été mis au point durant une année (mai 1987 - avril 1988) dont le but consiste essentiellement en :

- La détermination de la période de ponte de la limande ainsi que sa variation avec l'âge dans deux zones de pêche différentes  $A_1$  et  $A_2$  (fig 15).

- La détermination en âge et en taille des captures commerciales belges débarquées.

##### 1.1. Choix du port

Comme a été illustré dans le chapitre précédent, la pêche belge est basée essentiellement sur trois points distincts de débarquement des captures (Zeebrugge, Oostende et Nieuwpoort); celui de Zeebrugge est le plus important, en effet presque 80% des



**FIG 15.** - Situation géographique des deux zones d'étude de la période de ponte de la limande (A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>).

prises de limande provenant de la Mer du Nord sont débarquées dans ce port.

Du fait que l'intensité d'échantillonnage varie suivant l'importance de l'unité, on a choisi ce port pour prélever la majorité de nos échantillons.

### **1.2. Présentation des captures au port**

Après un séjour en mer d'environ une semaine, chaque bateau débarque sa capture au port où il dispose d'un endroit précis pour la vente de sa production.

Les poissons pêchés sont mis dans des caisses de 50 kg chacune pour être vendus aux enchères: c'est ainsi que les quantités sont facilement évaluées. Le choix du bateau à échantillonner se fait au strict hasard tout en tenant compte des zones fréquentées.

IL est à noter que les pêcheurs rejettent à la mer des quantités considérables de petits individus invendables. Seule une personne se trouvant sur le bateau de pêche saura combien il y a eu de poissons rejetés. Les marins sont trop occupés pour qu'ils puissent noter régulièrement la quantité rejetée. Toutefois, les statistiques complètes sur ces quantités restent difficiles à obtenir.

### **1.3. Opération et temps d'échantillonnage**

L'échantillonnage a été effectué juste après le débarquement des captures au port, avant qu'aucun biais ne soit introduit. Le poisson est mis à quai à cinq heures du matin pour être veudu à partir de sept heures. Pendant cet intervalle de temps, on peut très facilement échantillonner les captures sans gêner la vente. L'opération consiste à prendre une caisse au hasard, d'y prélever l'effectif d'individus nécessaire tout en manipulant de haut en bas. Du fait que les limandes ont une faible valeur commerciale, les caisses étaient en général assez homogènes.

## 2. FIABILITE DE L'ECHANTILLONNAGE AU PORT

### 2.1. Notion d'intervalle de confiance

L'estimation d'un paramètre, c'est-à-dire la connaissance de la seule valeur estimée de ce paramètre, ne présente guère d'intérêt si on n'a aucune idée de la précision de l'estimation obtenue. Ainsi, il est nécessaire de compléter autant que possible cette information, soit par le calcul de l'erreur standard, soit par la détermination autour de la valeur estimée, d'un intervalle dont on a de bonnes raisons de croire qu'il contient la "vraie" valeur du paramètre recherché. Cette dernière façon de procéder porte le nom d'estimation par intervalle et conduit à la notion d'intervalle de confiance.

D'une manière générale, on suppose que l'on s'intéresse à un paramètre  $Y$  dont on possède une estimation  $X$  et que l'on s'efforce de déterminer de part et d'autre de  $X$  les limites  $X_1$  et  $X_2$  d'un intervalle qui a une forte probabilité de contenir  $Y$ .

Pour résoudre ce problème, on se donne un coefficient de confiance ou de sécurité généralement voisin de l'unité et égal par exemple à :  $1 - \alpha = 0.95$  ou  $0.99$ . On détermine ensuite les limites de confiance ou limites de sécurité,  $X_1$  et  $X_2$  de telle sorte que :

$$P (X_1 \leq Y \leq X_2) = 1 - \alpha \quad (1)$$

Autrement dit, on affirme que cet intervalle contient réellement la vraie valeur  $Y$ , on peut commettre une erreur dont la probabilité est précisément  $\alpha$ . Le plus souvent  $\alpha = 0.05$  ou  $\alpha = 0.01$ .

Après une série de transformations de la formule (1), on aboutit à une formule finale :

$$X - U_{1-\alpha/2} * \sigma/\sqrt{n} \leq u \leq X + U_{1-\alpha/2} * \sigma/\sqrt{n} \quad (2)$$

- $\mu$  = la moyenne réelle  
 $U_{1-\alpha/2}$  = l'abscisse de la valeur normale réduite:  
 cette valeur est donnée par les tables statistiques  
 pour des valeurs différentes de  $\alpha$ .  
 $\sigma$  = l'écart type de l'échantillon  
 $n$  = la taille calculée de l'échantillon  
 $X$  = la moyenne observée.

## 2.2. Enoncée du problème

Pour l'échantillonnage au port, le problème qui se pose fréquemment est de déterminer le nombre d'individus échantillonnés nécessaire pour atteindre lors de l'estimation d'un paramètre, une précision donnée ou fixée à l'avance. Cette question est étroitement liée à la notion d'intervalle de confiance, puisque la longueur d'un tel intervalle est directement fonction de l'effectif de l'échantillon considéré. Dans le cas de la moyenne, on peut déterminer la vraie valeur avec une marge d'erreur ou une erreur maximum  $d$ , pour un degré de confiance  $1 - \alpha$ , c'est-à-dire de telle sorte que l'écart  $|X - \mu|$  ne dépasse  $d$  qu'avec une probabilité  $\alpha$ . En se référant au paragraphe précédent, on a :

$$d = U_{1-\alpha/2} * \sigma / n \quad (3)$$

ou

$$n = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2}{d^2}$$

## 2.3. Choix de la valeur de d

Généralement, la valeur  $d$  oscille entre 10% et 5% de  $X$ . certains chercheurs acceptent la valeur  $0,1X$ , d'autres suggèrent la valeur  $0,05X$ . Dans cette étude, des échantillons préliminaires de limande (environ une dizaine) ont été analysés avant de procéder à l'opération d'échantillonnage. On a pris des valeurs de  $d$  variant

entre 0,1X et 0,02X. Cette dernière valeur (2%) a été retenue pour avoir une précision meilleure.

### 3. TRAITEMENT DES ECHANTILLONS AU LABORATOIRE

Les indications importantes concernant l'échantillonnage des captures commerciales belges sont enregistrées dans le tableau 9. Durant la période d'une année, 2.128 spécimens (mâles et femelles) ont été examinés. La longueur, le poids, l'âge, et la maturation sexuelle ont été les principales caractéristiques considérées.

Diverses mensurations sont prises classiquement dans la biométrie des poissons. On a retenu dans cette étude la longueur totale ( $L_t$ ) prise du bout du museau à l'extrémité postérieure de la nageoire caudale. Son suivi dans le temps permettra d'étudier la croissance; de plus, la réglementation des tailles marchandes est basée sur ce critère biométrique.

Les longueurs individuelles sont mesurées par un ichthyomètre à 0,5 centimètres près, alors que les poids (poissons non éviscérés) sont déterminés par une balance ordinaire à un gramme près.

La détermination de l'âge était possible grâce à la lecture des pièces squelettiques (otolithes). Après section du neurocrâne (photo 1), les otolithes sont extraits des capsules otiques à l'aide d'une pince fine (photo 2). Ils sont ensuite rincés à l'eau distillée. Chez la limande, la lecture des otolithes peut s'effectuer sans aucune préparation préalable des pièces (brulage, cassage, etc...). L'aspect de l'otolithe change selon l'éclairage.

- En lumière transmise, les zones cristallisées arrêtent les rayons lumineux et apparaissent noires à la différence des zones hyalines qui, elles sont blanches.



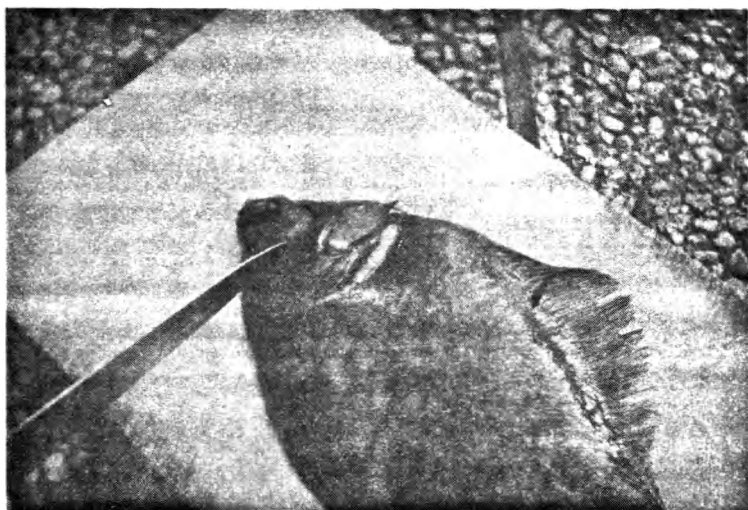


Photo 1.- Section du neurocrane



Photo 2.- Extraction des otolithes

**Tableau 9** : Récapitulation des indications importantes de l'échantillonnage des captures commerciales belges.

Echantillon	Date	Zone de capture	bateau	effectif échantillonné
1	22.05.1987	A2	Z.198	94
2	22.05.1987	A1	Z.307	59
3	05.06.1987	A1	Z.484	84
4	05.06.1987	A2	B.181	93
5	22.07.1987	A1	Z.069	53
6	22.07.1987	A2	Z.307	68
7	02.09.1987	A1	Z.093	59
8	02.09.1987	A1	Z.056	67
9	30.09.1987	A2	Z.576	59
10	30.09.1987	A2	Z.576	55
11	12.10.1987	A1	O.309	53
12	26.10.1987	A2	Z.059	55
13	09.11.1987	A2	B.181	73
14	25.11.1987	A1	Z.098	59
15	14.12.1987	A2	Z.510	68
16	21.12.1987	A1	O.709	58
17	13.01.1988	A1	Z.027	56
18	18.01.1988	A2	Z.510	68
19	20.01.1988	A1	Z.039	65
20	29.01.1988	A2	Z.198	62
21	08.02.1988	A1	N.040	57
22	15.02.1988	A1	Z.198	64
23	22.02.1988	A2	N.706	56
24	29.02.1988	A2	Br.06	65
25	09.03.1988	A1	Z.189	54
26	14.03.1988	A2	Br.06	61
27	21.03.1988	A2	Z.123	77
28	30.03.1988	A1	Z.484	94
29	05.03.1988	A2	Z.569	66
30	06.04.1988	A1	N.040	64
31	27.04.1988	A1	Z.483	76
32	27.04.1988	A2	Z.510	77
33	11.05.1988	A1	Z.016	77
34	25.05.1988	A2	Z.198	77

- En lumière réfléchie (sur fond noir), les zones hyalines paraissent noires et les zones opaques blanches.

Avant d'entreprendre la lecture des otolithes, la définition de deux notions couramment employées est nécessaire.

\* L'âge : c'est le temps de vie d'un poisson en mois ou en années depuis sa naissance jusqu'à sa capture. L'âge exact d'un individu ne sera jamais connu en toute rigueur à moins de connaître la date précise de sa naissance.

\* Un groupe d'âge est un ensemble de poissons nés la même année. Une convention, souvent utilisée pour les poissons plats en Mer du Nord, fait coïncider les années biologiques avec les années civiles et situe donc le début au premier janvier. Par exemple, comme l'illustre la figure 16, un animal capturé en février 1988 et dont l'otolithe présente (en lumière réfléchie) deux anneaux noirs appartient au groupe d'âge 2.

Les lectures ont été toutes réalisées par une loupe binoculaire en lumière réfléchie. Les otolithes ont été baignés dans une solution d'alcool et de glycérine.

Pour la détermination de l'âge des individus, il a été tenu compte du nombre de zones opaques lues sur leur otolithe, de la date de prélèvement des échantillons et de la date présumée de la ponte.

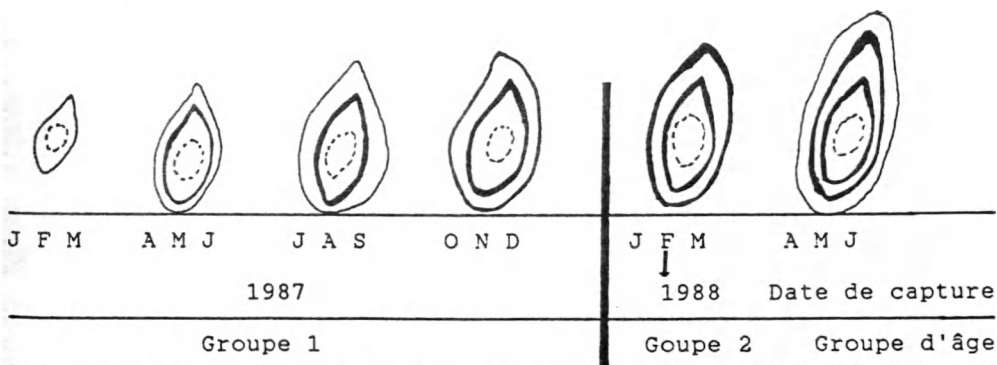


Fig 16.- Aspect schématique de l'otolithe de la limande en lumière réfléchie selon son âge et sa date de capture.

Il y a très peu de problèmes à la lecture; ceci est dû à la minceur des otolithes et à la courte durée de vie de l'espèce. C'est très rare qu'on a trouvé des otolithes totalement effacés. En cas d'hésitation, la lecture a été effectuée indépendamment par plusieurs observateurs, puis discutée avant d'attribuer un âge définitif à l'animal.

La photo 3 est celle de l'otolithe d'un spécimen capturé en août 1987. On peut observer du centre vers l'extérieur, un nucléus (noir), un premier anneau (blanc d'été), un anneau noir correspondant à l'hiver 1986 - 1987, puis un anneau blanc, c'est celui de l'été 1987. Cet individu appartient au groupe d'âge 1 et son âge réel est de 17 mois (en supposant une date de naissance voisine du premier février).

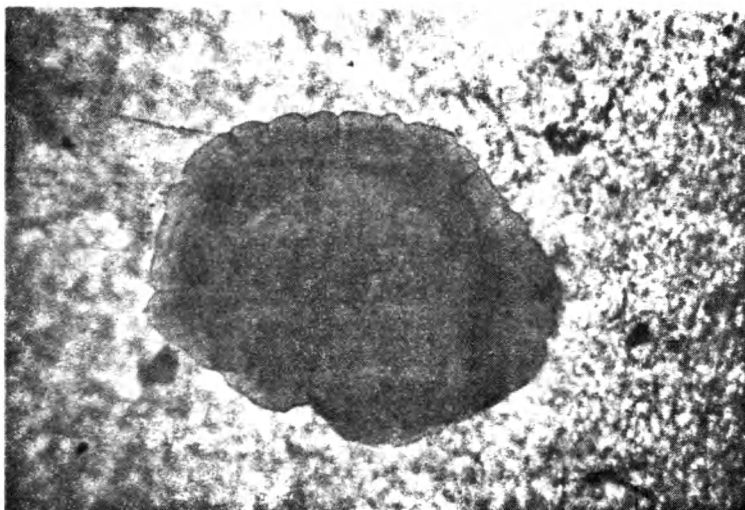
La photo 4 est celle de l'otolithe d'un spécimen capturé en mars 1987. On observe le nucléus, le premier anneau d'été, puis l'anneau hyalin formé pendant l'hiver 1985-1986, un deuxième anneau opaque déposé lors de l'été 1986-1987, puis un second anneau hyalin de l'hiver 1986-1987 et enfin le troisième anneau opaque qui commence à se former. Cet animal appartient au groupe d'âge 2 mais âgé de 25 mois.

Les photos 5 et 6 montrent respectivement des otolithes d'animaux du groupe d'âge 3 et 4.

#### **4. METHODE DE LA DETERMINATION DE LA COMPOSITION EN TAILLE DES CAPTURES**

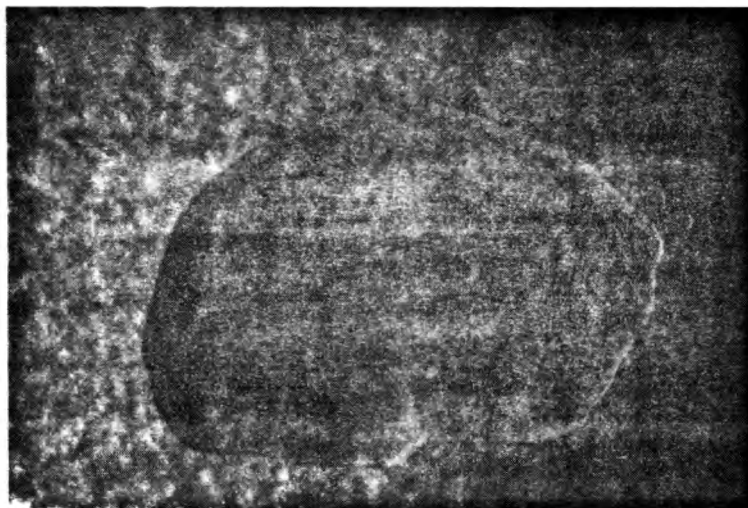
La détermination de la composition en poids et en nombre des captures d'une espèce donnée est indispensable pour l'évaluation du stock de poissons. Dans certaines pêcheries, la composition en espèces est obtenue aisément des captures, mais dans les pêcheries industrielles mixtes, l'estimation doit être obtenue par un échantillonnage des captures.

La méthode dans cette étude pour la détermination de la composition en taille des captures de limandes est celle de GULLAND (1966). Cette méthode définit un facteur d'extrapolation ( $r$ ) comme étant le rapport du poids échantillonné à la totalité des poids débarqués, tant pour les apports totaux que pour le navire échantillonné. On définit les indications suivantes :



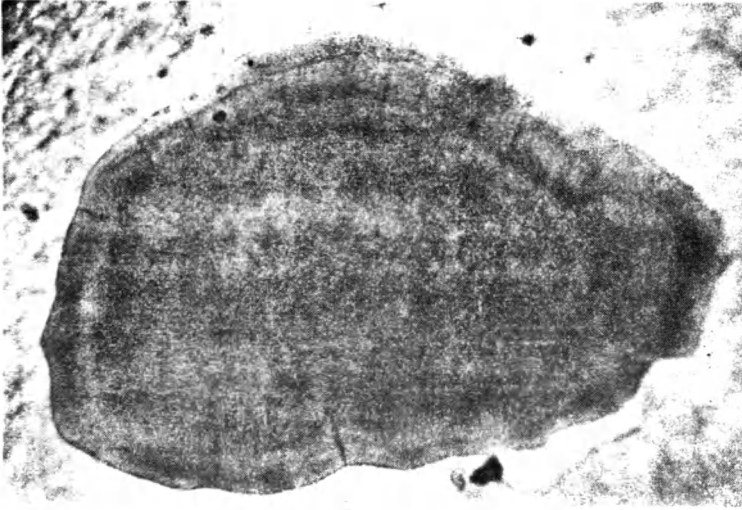
Août 1987  
Groupe 1  
Age 17 mois

Photo 3.- Otolithe en lumière réfléchie



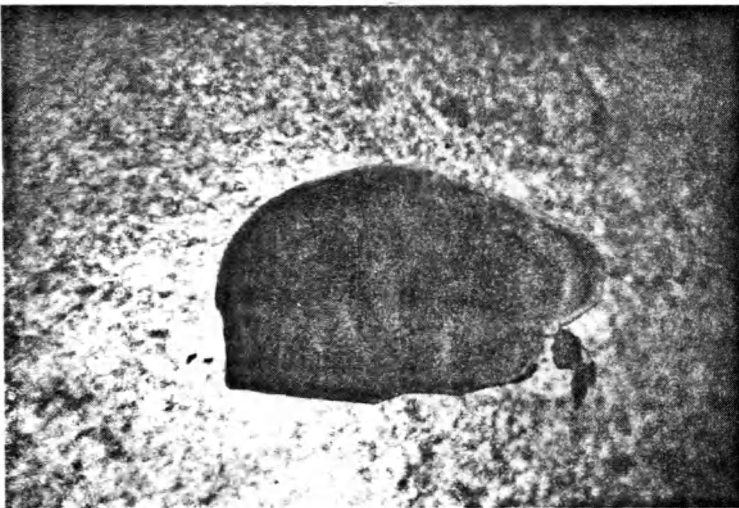
Mars 1987  
Groupe 2  
Age 25 mois

Photo 4.- Otolithe en lumière réfléchie



Avril 1987  
Groupe 3  
Age 38 mois

Photo 5.- Otolithe en lumière réfléchie



Avril 1987  
Groupe 4  
Age 50 mois

Photo 6.- Otolithe en lumière réfléchie

$m$  = le nombre de navires à bord desquels des échantillons ont été prélevés, et pour n'importe lequel de ces navires, soit par exemple le  $i$ ème navire, on a :

$W_i$  = le poids débarqué

$w_i$  = le poids échantillonné

$n_i$  = le nombre de poissons de la taille considérée dans l'échantillon, on définit alors :

$r_i = W_i/w_i$  = le facteur d'extrapolation pour le bateau  $i$

$n_i r_i = n_i * W_i/w_i$  = le nombre de poissons de la taille considérée pour le navire échantillonné.

Le total pour tous les navires échantillonnés donne le nombre de poissons de la taille requise, soit :

$$n = \sum n_i r_i$$

De même, si  $W$  = poids total débarqué

$w$  = poids débarqués par les bateaux échantillonnés, on a :

$R =$  facteur d'extrapolation =  $W/w$

$Rn$  = nombre total de poissons débarqués de la taille requise.

Disons que

$$N = Rn = W/w \sum n_i r_i$$

A partir donc d'un échantillonnage aléatoire simple réalisé sur les caisses et la mensuration des individus des échantillons, on a obtenu la distribution en taille des prises. Les prélèvements ont été réalisés sur une base mensuelle (2 à 4 échantillons par mois). La fréquence de distribution des individus par classe de taille de 1 cm est déterminée sur la totalité des échantillons.

**Remarque :** La somme des captures déclarées (fiches quotidiennes) a conduit aux estimations des captures en poids de la pêche totale "déclarée" (exemple : mois d'avril 1988, la capture était de 22.110 kg), c'est-à-dire officiellement enregistrée à la criée.

## 5. METHODE DE LA DETERMINATION DE LA COMPOSITION EN AGE DES CAPTURES

La répartition des captures par âge, ou structure démographique des captures, constitue la clé de voûte du système

conduisant à l'estimation du taux d'exploitation. Elle peut être à la base de l'étude des stocks de poissons par l'analyse des cohortes ainsi que des prévisions des captures effectuées lors des années qui suivent. Il est donc important d'acquérir avec précision cette donnée critique.

Malheureusement, la détermination de l'âge est une opération longue et parfois coûteuse, qu'il est impossible d'effectuer pour un trop grand nombre d'individus si non pour toute la capture. On utilise dans la majorité des cas une clé taille/âge. En effet, depuis qu'elle a été proposée par FRIDRIKSSON (1934) et par HADGSON (1939), la clé taille/âge s'est largement répandue pour l'étude des stocks de poissons. Son utilisation a été adoptée pour l'estimation de la répartition par âge des captures commerciales belges de limandes.

L'objectif recherché est donc de déterminer, pour chaque âge, le nombre total d'individus capturés dans la zone fréquentée par la flotille pendant la période unitaire utilisée pour les évaluations, soit pour la limande l'année. Pour cela, étant donnée qu'on dispose des données de distribution de fréquence de taille des captures et de l'âge des individus des échantillons de ces captures, on peut donc estimer le nombre de spécimens par classe de taille, par conséquent au niveau des captures totales.

En utilisant la notion de KIMURA (1977), on a :

$P_i$  = Proportion d'âge  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n_a$

$q_{ij}$  = Proportion de longueur  $j$  pour un âge  $i$ ,  $j = 1, 2, \dots, n_l$

avec

$$\sum q_{ij} = 1$$

$L_j = \sum P_i q_{ij}$  = Proportion de longueur  $j$

$q'_{ij} = q_{ij} * p_i / L_j$  = Proportion d'âge  $i$  pour une longueur  $j$

avec

$$\sum q'_{ij} = 1$$

d'autre part, si :

$N_L$  = nombre total d'individus mesurés

$n_j$  = nombre d'individus mesurés de longueur  $j$

$n_j'$  = nombre d'individus âgés de longueur  $j$

$m_{ij}$  = nombre d'individus âgés de longueur  $j$  et d'âge  $i$

$n_s$  = nombre total d'individus âgés



Les quantités directement estimables sont :

$$L_j = n_j/N_L \text{ et } q'_{ij} = m_{ij}/n_j$$

On recherche la proportion  $P_i$ , on aura :

$$P_i = \sum L_j * q'_{ij}$$

La variance de  $P_i$  a été également donnée par KIMURA :

$$\text{Var}(P_i) = \sum [L_j * q'_{ij} (1 - q'_{ij})/n_s + L_j * (q'_{ij})^2/nL - (P_i)^2/NL]$$

Il convient ainsi, comme il a été souligné par WESTREIM et RICKER (1978), d'appliquer la clé taille/âge à des mensurations si elles proviennent toutes de la même population biologique et d'échantillons effectués à des intervalles de temps assez courts. En effet, dans le cas contraire, l'estimation peut être biaisée si le recrutement, la mortalité ou la croissance ne sont plus négligeables. Or, certains chercheurs tels que BIAIS (1985), QUIN, BEST, BYSTERVELD et GREGOR (1983) choisissent le plus souvent le trimestre comme unité temporelle. Il paraît que cette période est un peu longue pour négliger l'effet des facteurs de changements évoqués précédemment. On a choisi de ce fait, pour cette étude, le mois comme unité temporelle.

On dispose donc à ce niveau de deux types de données : les captures en poids (déclarées) et les données biologiques (distribution de fréquence de taille et la structure d'âge moyenne). A partir de ces éléments, on estime donc et dans un premier temps le nombre d'individus capturés, puis, en appliquant la clé taille/âge (issue de n prélèvements), on calcule le nombre d'individus capturés par âge.

## 6. METHODE DE LA DETERMINATION DE LA PERIODE DE PONTE

Pour l'étude de la croissance d'une espèce donnée, la détermination de l'âge passe, entre autre, par la connaissance de la période de ponte et du cycle sexuel de cette espèce. Le paramètre le plus simple à étudier et le plus facile à interpréter pour la détermination de la période de ponte est le rapport gonado-somatique (R.G.S) qui peut être considéré comme un véritable "coefficient de maturité" (LAHAYE, 1979) : c'est l'expression du

poids des gonades en pourcentage du poids total de l'espèce (poids des gonades compris). Dans cette étude, on utilise le poids éviscéré.

$$R.G.S = \frac{\text{Poids des gonades}}{\text{Poids total éviscéré}} * 100$$

Son évolution au cours du temps nous permet de suivre le cycle sexuel et de délimiter la période de ponte de l'espèce considérée. Le rapport gonado-somatique obtenu est la moyenne des rapports gonado-somatiques individuels des spécimens constituant l'échantillon. Un intervalle de confiance sera établi pour chaque moyenne.

La limande femelle possède deux ovaires identiques situés symétriquement par rapport à la squelette axiale, leur forme est conique, leur base est située dans la partie supérieure de la cavité viscérale. Le sommet est repoussé vers la queue ce qui n'est pas le cas chez les mâles (photo 7 et 8). A l'époque de la ponte, ils peuvent occuper toute la cavité abdominale. Par une simple dissection abdominale, on peut extraire les gonades (photo 9 et 10). Sur chaque poisson disponible, on a tout d'abord pesé le poisson (avec les gonades) puis les gonades seules. La pesée est toujours effectuée sur des gonades fraîches (les animaux un peu avariés étant systématiquement écartés) à l'aide d'une balance Mettler Pl.200 à tarage automatique. La précision est de 0,1 grammes.

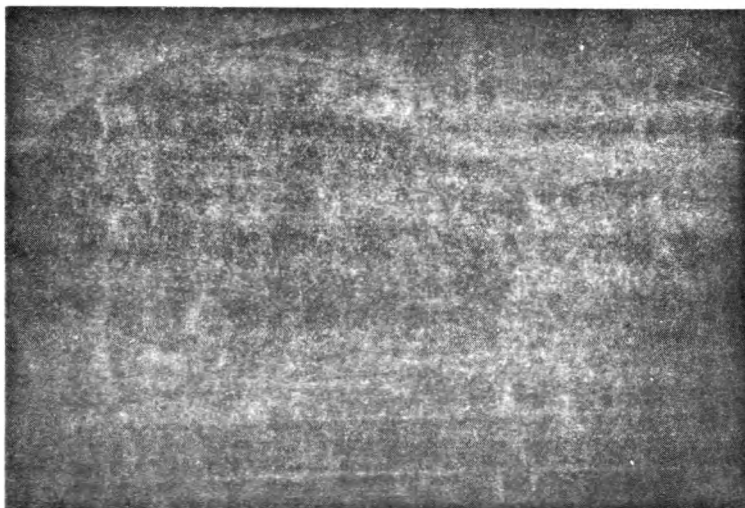


Photo 7. - Aspect externe des gonades chez les limandes femelles



Photo 8. - Aspect externe des gonades chez les limandes mâles

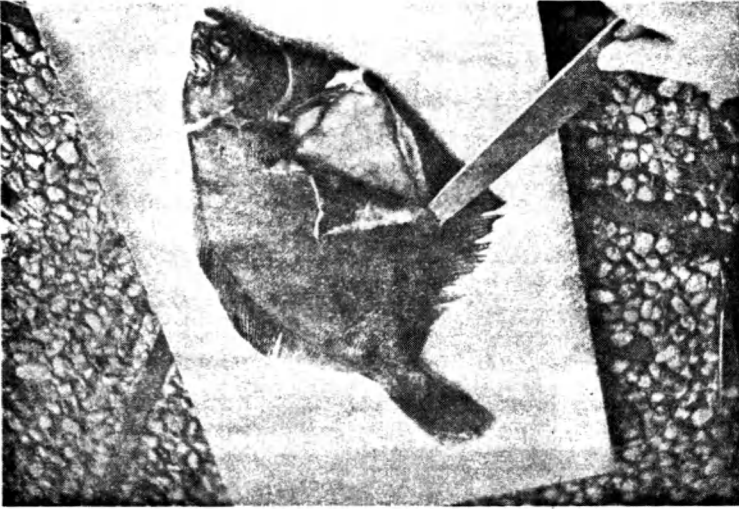


Photo 9.- Dissection du cavité abdominale



Photo 10.- Prélèvement des gonades

### Chapitre 3

#### RESULTATS ET DISCUSSIONS

Cette étude porte donc sur les captures commerciales de limande d'une flotille de pêche produisant en moyenne 600 à 800 tonnes par an. Notons bien qu'elle ne tient pas compte des quantités rejetées en mer. En effet, ce travail ne peut s'appuyer sur aucune estimation officielle de ces rejets. Les services chargés de l'élaboration des statistiques, considérant la pêche de la limande comme mineure, n'ont pas actuellement les moyens d'obtenir la précision minimale sur ces quantités de limandes rejetées en mer avant le débarquement au port.

#### 1. COMPOSITION EN TAILLE DES CAPTURES

Les résultats acquis durant un cycle de 12 mois d'observation sont représentés sous forme de diagrammes de distribution de taille (voir annexe I). De l'analyse globale de ces graphiques, on a constaté que la distribution en taille des captures a été en général semblable dans son allure d'un mois à l'autre, à l'exception du mois d'août et d'octobre où les prises avaient tendance à renfermer plus d'individus de grande taille. En effet, les distributions de fréquence des tailles pendant ces deux mois ont été légèrement plus décalées à droite. Le calcul des deux coefficients de FISCHER ( $g_1$  et  $g_2$ ) respectivement pour ces distributions montrait la présence presque toujours d'un "skewness" à droite à 1%. Elles manifestaient donc une asymétrie à droite; les classes de taille supérieures à la taille moyenne dans les captures ont été plus nombreuses que celles qui en ont été inférieures. De plus, on a constaté, par le calcul du coefficient  $g_2$ , l'absence complète du facteur "curtosis" même à 5%; donc on n'a ni aplatissement ni regroupement des distributions.

La taille minimale observée dans les captures que se soit pour les mâles ou pour les femelles était de 22 cm. D'autant plus

qu'elle ne présentait qu'un très faible pourcentage de la prise, soit 0,4%. L'absence dans les captures d'individus tant mâles que femelles ayant des tailles inférieures à 22 cm n'est dû ni à un phénomène de sélectivité ni à un phénomène d'évitement de chalut. Ces individus ont été capturés mais ont été de nouveau rejetés à la mer. La taille maximale observée était de 39 cm. Les individus constituant cette taille n'étaient également pas nombreux, soit 0,3% des captures totales. Il est à noter que pendant l'opération d'échantillonnage, on a rencontré un individu femelle de 45 cm de longueur dont le poids était de 750 grammes. La limande femelle pourrait donc et dans des conditions assez exceptionnelles atteindre une taille importante.

Le tableau 10 montre, outre une distribution des apports totaux par âge, une distribution suivant la taille. Le nombre total d'individus débarqués durant la période d'échantillonnage a été estimé à 2.142.532 individus. Ce nombre a été réparti différemment en 18 classes de taille (de 22 jusqu'à 39 cm). Les petites classes (22, 23 et 24 cm) ne représentaient que 7% du total de la production, soit 150.000 individus. Les classes de taille pleinement représentées étaient surtout 25, 26, 27, 28, 29 et 30 cm. Elles formaient à elles seules 71% des apports commerciaux totaux en nombre. A partir de la taille 31 cm, le nombre d'individus débarqués diminuait progressivement jusqu'à atteindre 4.000 spécimens uniquement. Ces neuf dernières classes de taille ne représentaient, en fait, que 22% des captures totales, soient environ 470.000 individus.

Par ailleurs, la majorité de ces apports totaux de la Mer du Nord avaient pour origine les deux zones  $A_1$  et  $A_2$  déjà mentionnées. En effet, les débarquements provenant de ces deux zones ont été estimés à 1.825.496 individus, soit 85,2% des débarquements totaux de la Mer du Nord. La flotille belge opérant dans la zone  $A_1$  a ainsi participé par un pourcentage de 74,62% de ces apports. Le nombre a été estimé à 1.598.867 individus. Cependant, ceux issus de la zone  $A_2$  n'ont été évalués qu'à 226.629 spécimens, soit 10,58%. Les autres captures, c'est-à-dire 14,8%, provenaient d'autres

**Tableau 10** : Prises en nombre ( $\times 10^3$ ) de limande par classe d'âge et de taille pendant (mai 1987 - avril 1988) dans les débarquements de la flotille belge en Mer du Nord.

Taille (cm)	Age							Total
	2	3	4	5	6	7	8	
20	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-
22	4.303	4.658	-	-	-	-	-	8.961
23	3.626	28.318	12.589	5.283	699	-	-	50.515
24	12.255	51.035	23.821	7.050	-	-	-	94.161
25	29.194	91.522	88.280	19.212	3.070	-	-	231.278
26	28.511	83.255	80.799	38.618	3.663	-	1.310	236.563
27	27.454	88.196	132.015	32.458	8.840	5.304	2.296	296.563
28	12.694	59.708	103.790	50.642	20.284	4.363	403	251.884
29	8.713	47.498	96.183	42.811	19.799	11.207	2.926	229.137
30	10.405	36.381	112.598	54.254	37.318	11.559	7.464	269.979
31	656	16.979	45.198	37.328	28.087	8.383	4.634	141.265
32	233	16.410	43.154	36.307	19.983	5.589	5.198	126.874
33	-	3.409	15.350	23.687	16.471	11.859	1.199	71.975
34	-	4.433	8.111	13.576	14.460	4.650	5.662	50.892
35	-	4.922	3.141	5.360	17.920	3.615	2.960	37.918
36	-	-	6.337	2.365	6.312	4.730	5.820	25.571
37	-	-	-	-	3.173	722	5.286	9.181
38	-	-	-	-	235	118	3.550	3.903
39	-	-	-	1.573	-	1.573	3.173	6.319
40	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	138.044	36.724	771.366	370.524	200.314	73.672	51.888	2.142.532
%	6,44	25,05	36,00	17,29	9,35	3,44	2,42	

régions de la Mer du Nord. L'explication des captures relativement faibles enregistrées dans la zone  $A_2$  pourrait résulter du fait que se sont généralement les langoustiers qui y opéraient; on s'intéressait plutôt à la densité des langoustines qui n'était pas forcément égale à celle des limandes; les captures des limandes n'étaient donc qu'accessoires.

Si on examine les diagrammes de fréquence de taille établis pour les deux zones (annexe I), on constate et cela presque pendant tout le cycle d'observation que les apports provenant de la zone  $A_2$  renfermaient plus d'individus de petites tailles que ceux de la zone  $A_1$ . Ce phénomène a été probablement engendré par l'utilisation des langoustiers d'un maillage relativement plus faible (75 mm) par rapport à celui des chalutiers opérant dans la zone  $A_1$  (80 mm).

Ne disposant pas des renseignements précis (tailles et nombre) sur les quantités de limandes rejetées, on ne pourrait rien conclure quant à la taille de la première capture de la limande. De plus, les études de sélectivité concernant cette espèce en Mer du Nord étaient rares si non absentes. On a cependant constaté l'utilisation par la flotille belge de deux maillages différents; celui des chalutiers à panneaux et à gaules (80 mm) et celui des langoustiers (75 mm). On précisera qu'il ne s'est pas produit au cours des dernières années un changement notable de maillage.

Ce qui apparaît globalement de cette étude, c'est que les classes de taille 25 cm jusqu'à 30 cm constituaient les principales composantes de la phase exploitée du stock de limande en Mer du Nord.

## 2. COMPOSITION EN AGE DES CAPTURES

Les structures démographiques des captures correspondant à notre échantillonnage mensuel ont été obtenus par l'utilisation de



la clé taille/âge. On a traité séparément les mâles et les femelles, les résultats ont été ensuite regroupés. Cette étude comporte également une estimation du nombre de poissons par âge dans les captures belges de limandes. Les résultats ont été regroupés soit sous forme de diagrammes de distribution mensuelle (annexe 1), soit sous forme de tableaux (11 et 12).

Le nombre d'individus débarqués varie énormément d'un mois à l'autre (tableau 11) pour devenir maximal au mois de novembre (251.436 individus). Les plus faibles captures ont été enregistrées pendant les mois de mars, avril et mai, correspondant à la période de ponte de l'espèce. Les géniteurs ont donc tendance à se concentrer dans les zones côtières, inaccessibles par les engins de pêche, pour effectuer la ponte.

Les captures ont été réparties sur 7 classes d'âge de 2 à 8<sup>+</sup> années. On désigne par la notion 8<sup>+</sup>, l'ensemble des individus d'âge 8 et plus capturés durant la période d'étude, car leur contribution à la capture était si erratique et si faible qu'on a préféré la cumuler. Les individus de cette classe d'âge pourraient donc appartenir à des cohortes différentes.

Le plus petit âge observé dans les débarquements était de 2 ans. Les individus de cette classe d'âge n'étaient pas très nombreux, le nombre total estimé était de 38.044 individus. Il ne représentait en général que 6,4% des captures totales en nombre. Si l'on examine le tableau 10, on remarque que les individus de cette classe d'âge étaient essentiellement constitués des classes de tailles allant de 22 à 28 cm (soit 86%). Cela n'empêche de rencontrer, dans de rares occasions (0,6%), des spécimens d'âge 2 dont la taille était de 31 et 32 cm. Le poids individuel moyen de ce groupe d'âge était de 173 g, la biomasse a été estimée à environ 24 tonnes. Il contribuait à la biomasse totale par un pourcentage relativement faible, évalué à 5,2% (tableau 12).

Les classes d'âge 3, 4, 5 et 6 constituaient les principales composantes des captures commerciales de limandes. Leurs effectifs

**Tableau 11:** Composition en âge des captures commerciales mensuelles belges de limande (sexes confondus et rejets non inclus).

Mois	Age							Total
	2	3	4	5	6	7	8	
mai	0	36.066	54.475	22.566	5.505	2.187	0	120.799
juin	13.163	74.729	108.583	32.679	4.562	2.634	7.304	243.654
juil	0	10.532	47.968	55.971	50.906	3.361	6.447	175.186
août	35.595	01.851	54.821	10.159	4.650	0	0	207.077
sep	3.137	42.637	61.170	26.681	23.531	18.833	3.137	178.856
oct	17.809	30.618	68.520	35.574	18.097	13.641	16.648	200.988
nov	0	71.016	104.735	35.928	28.656	7.599	3.593	251.436
dec	2.062	27.696	77.995	44.947	22.878	13.148	6.064	194.790
jan	8.995	37.572	53.963	44.425	14.778	5.609	2.984	168.326
fév	26.138	4.798	60.570	28.859	12.992	3.706	3.082	179.145
mars	19.311	31.174	38.351	18.679	5.390	1.452	1.922	116.852
avril	11.752	28.732	40.215	14.056	8.460	1.501	707	105.432
Total	138.044	536.724	771.366	370.524	200.314	73.672	51.888	2.142.532

**Tableau 12:** Estimation en nombre et en poids des captures totales belges de limande (mai 1987 - avril 1988).

Age	Poids moyen individuel (g)	Captures totales estimées (nombre)			Captures totales estimées (poids)		
		N	%	Σ%	Kg	%	Σ%
2	173	138.044	6,44	6,44	23.882	5,20	5,20
3	190	536.724	25,05	31,49	101.978	22,00	27,20
4	207	771.136	36,00	67,49	159.673	34,45	61,65
5	227	370.524	17,29	84,78	84.109	18,15	79,80
6	271	200.314	9,35	94,13	54.285	11,71	91,51
7	297	73.672	3,44	97,57	21.881	4,72	96,23
8+	340	51.888	2,42	99,99	17.642	3,81	100,04
Total		2.142.532	99,99		463.450	100,04	

Nombre moyen par kilogramme = 4,62

Quantité estimée = 463 tonnes

Quantités déclarées = 474 tonnes

respectifs estimés étaient de 536.724, 771.366, 370.524 et 200.314 individus, soit 25,05%, 36,00%, 17,29% et 9,35% des prises totales. Les spécimens formant ces groupes d'âge avaient généralement des tailles comprises entre 23 et 36 cm. Les tailles dominantes étaient les suivantes :

- Les tailles 25, 26 et 27 pour la classe d'âge 3
- Les tailles 27, 28 et 30 pour la classe d'âge 4
- Les tailles 28, 29 et 30 pour la classe d'âge 5
- Les tailles 30, 31 et 32 pour la classe d'âge 6

Par ailleurs, les tailles les plus grandes observées (35 et 36 cm) ne représentaient que 2% de l'effectif total de ces classes d'âge. La contribution des classes d'âge 3, 4, 5 et 6 à la biomasse totale de limande débarquée est évaluée à 400 tonnes, ce qui représentait 86% du tonnage des prises totales en Mer du Nord.

Enfin, les individus plus âgés (groupe d'âge 7 et 8) étaient peu nombreux dans les quantités débarquées. Ils ont été estimés à un total de 125.560 individus, formant un pourcentage d'environ 6% (3,5% par la classe d'âge 7 et 2,5% par la classe d'âge 8) de l'effectif total. Leur biomasse était de 40 tonnes, soit 8,6% de la biomasse totale.

Généralement, pendant la période de nos observations, la composition en âge des apports dans les deux zones était relativement différente. Cette différence a été plus ressentie au niveau des âges inférieurs (âges 2 et 3). Les apports provenant de la zone  $A_1$  renfermaient un pourcentage de jeunes individus nettement plus élevé (38,9%) que ceux présents dans les débarquements de la zone  $A_2$  (24,2%).

Les classes d'âge 4, 5 et 6 constituaient 57,82% des captures totales dans la zone  $A_1$ , alors qu'au niveau de la zone  $A_2$  ces mêmes classes d'âge représentaient 68,82% des apports totaux. Enfin, pour les individus plus âgés (classes d'âge 7 et 8), les apports de la zone  $A_2$  étaient plus que le double en pourcentage (7%) que ceux qui provenaient de la zone  $A_1$  (3,3%).

Pour conclure, on peut dire que par la détermination de la composition en âge des captures sur une période de plusieurs années consécutives, on pourrait procéder à une analyse des cohortes constituant le stock en question.

### 3. SEX-RATIO

Au cours de cette étude, on a fait la détermination du sexe et le dénombrement des mâles et des femelles de tous les échantillons. Le sex-ratio est par définition le rapport du nombre de femelles sur le nombre de femelles plus le nombre de mâles. Le calcul du sex-ratio par mois réalisé à partir de l'échantillonnage a montré (tableau 13) un déséquilibre des apports de limande selon le sexe. Pour toute la période de l'étude (zones confondues), le sex-ratio était largement supérieur à 0,5; la valeur la moins élevée était observée au mois d'août (0,89), alors que la plus élevée était celle enregistrée au mois de février, soit 0,98; pour 100 individus débarqués, uniquement deux mâles y étaient présents. Les femelles sont donc de loin les plus représentées dans les apports belges de limandes.

Le calcul du sex-ratio en fonction de la taille (à chaque centimètre) a révélé, comme le montre le tableau 14, que ce dernier varie également selon la longueur. Les tailles inférieures dans les apports renfermaient plus des mâles que les tailles plus grandes.

A partir de la longueur 30 cm, le sex-ratio devient égal à l'unité, il n'y a que des individus femelles et on assiste à une disparition complète des mâles dans les apports. Par ailleurs, la représentativité des mâles dans les apports semblait diminuer progressivement quand la taille augmente.

**Tableau 13** : Distribution du sex-ratio dans les échantillons des captures commerciales.

Mois	Nombre d'observation	Sex-ratio
Mai	153	0,95
Juin	177	0,90
Juillet	121	0,96
Août	126	0,89
Septembre	126	0,96
Octobre	108	0,95
Novembre	132	0,92
Décembre	126	0,94
Janvier	251	0,95
Février	242	0,98
Mars	283	0,96
Avril	283	0,98
Total	2.128	0,95

Ces résultats trouvés lors de l'échantillonnage au port était en parfaite concordance avec ceux observés sur les bateaux de recherche. Ce phénomène de variation du sex-ratio peut être expliqué surtout par une différence de croissance entre les deux sexes (III: Chapitre 2). Les femelles atteignent le plus souvent une taille supérieure à celle des mâles quoi qu'il en soit les zones considérées.

Pour chaque mois étudié, la combinaison des sex-ratio par classes de tailles et de la distribution par classe de tailles des débarquements sous criée, a permis l'obtention de la distribution en longueur des apports par sexe.

**Tableau 14** : Variation du sex-ratio en fonction de la taille, calculée pendant l'échantillonnage des captures commerciales.

Taille (cm)	Nombre d'observation	Sex-ratio
22	6	0,83
23	53	0,87
24	102	0,94
25	256	0,92
26	307	0,90
27	360	0,90
28	321	0,95
29	260	0,97
30	222	0,98
31	124	1,00
32	104	1,00
33	61	1,00
34	33	1,00
35	30	1,00
36	11	1,00
37	8	1,00
38	4	1,00
39	3	1,00

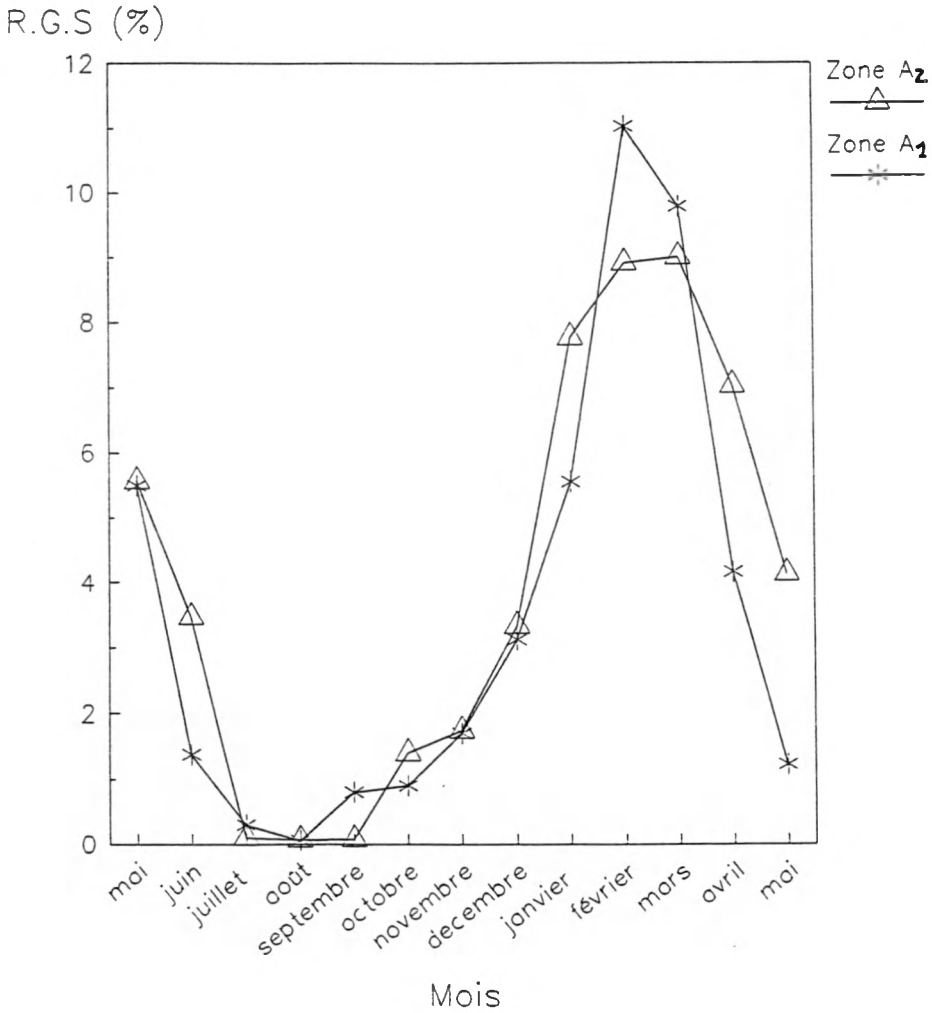
#### 4. PERIODE DE PONTE

L'échantillonnage a été réalisé durant une année (mai 1987 - mai 1988). Environ 2.022 femelles ont été examinées, l'effectif des mâles n'était pas bien représenté dans les captures commerciales. C'est la raison pour laquelle on n'a pas pu évaluer le rapport gonado-somatique chez les mâles.

Pour les deux zones, l'évolution du rapport gonado-somatique a été suivi pendant une année. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 17.

L'examen de cette dernière montre deux courbes composées d'une partie ascendante (automne - hiver) et d'une autre descendante

Fig 17: Evolution mensuelle du R.G.S moyen des  
limandes femelles  
(mai 1987 - mai 1988)



(hiver - printemps). Le pic annuel est atteint au mois de février et il est plus étalé pour la zone  $A_2$ .

Dans les deux zones  $A_1$  et  $A_2$  de la Mer du Nord, les limandes femelles commencent à pondre au mois de février où le R.G.S est maximal. C'est une ponte printanière qui s'achève presque au mois de mai pour les deux zones. De plus, on n'a pas signalé une différence remarquable de la période de ponte pour les deux régions, sauf que celle dans  $A_2$  est un peu plus lente.

Pendant le mois de juillet, août et septembre, les rapports gonado-somatiques pour les deux zones sont peu différents et sont inférieurs à 1%. C'est donc la phase du repos sexuel pour l'espèce où le R.G.S est le plus faible de l'année.

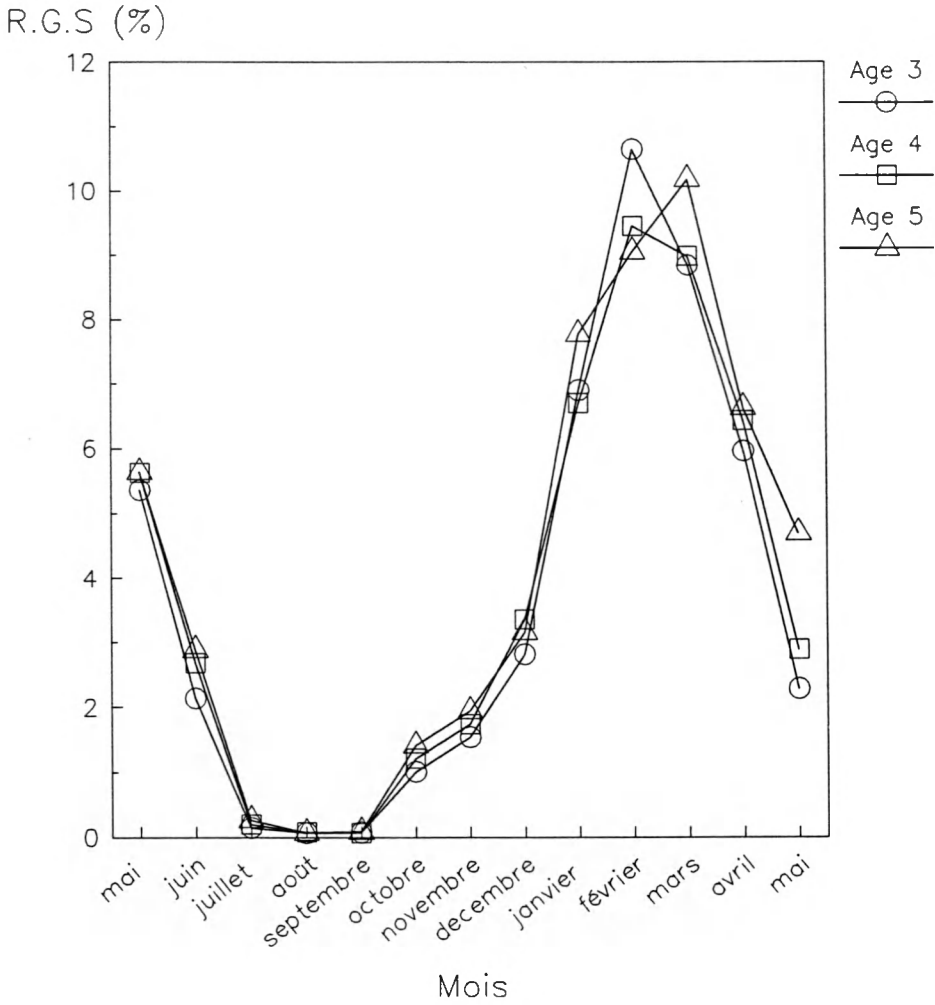
On a également envisagé d'étudier les variations du R.G.S en fonction de l'âge. Les classes d'âge 1 et 2 ne sont pas bien représentées dans les captures commerciales; de ce fait, la détermination de leur rapport gonado-somatique n'était pas possible.

En examinant la figure 18, on constate que l'évolution du R.G.S ne semble pas subir des variations importantes selon les classes d'âge. Cependant, pour les classes d'âge 3 et 4, le pic annuel est atteint en février, alors que pour la classe d'âge 5, il est atteint en mars. Apparemment, les individus les plus âgés voient leurs ovaires mûrir un peu plus tard par rapport aux autres classes d'âge. De plus, en mai 1988, certains spécimens de la classe d'âge 5 n'ont pas achevé leur ponte. Il est à noter que les intervalles de confiance étaient si faibles qu'on n'a pas pu les représenter graphiquement.

En conclusion, et d'après l'étude de l'évolution mensuelle du R.G.S moyen chez les limandes, la période de ponte est presque identique dans les deux zones  $A_1$  et  $A_2$ . Les femelles pondent généralement de février à mai. De plus, les individus les plus âgés semblent émettre leurs gamètes un peu plus tard que les autres.



Fig 18: Variation mensuelle du R.G.S moyen des limandes femelles en fonction de l'âge.



## 5. CONCLUSION

L'objectif de l'analyse des captures commerciales belges comporte essentiellement le traitement de trois points majeurs:

- 1.- La détermination de la composition en taille et en sexe des apports.
- 2.- La détermination de la composition en âge des débarquements.
- 3.- La détermination de la période de ponte de l'espèce.

Ces trois points ont été abordés en procédant à un échantillonnage des débarquements de la flotille belge durant la période allant de mai 1987 jusqu'avril 1988. Environ 34 échantillons, à raison de 2 à 4 échantillons par mois, ont été récoltés. Les résultats obtenus ont été ensuite regroupés et interprétés. Cependant, faute de disponibilité d'autres travaux concernant le même sujet, une étude comparative n'a pas pu être entamée. Par ailleurs, on a constaté que:

- D'une part, les résultats de la composition en taille des apports commerciaux belges de limandes obtenus durant la période d'étude, ont montré que les débarquements de cette espèce ont été constitués de 18 classes de taille. La taille minimale était de 22 cm représentant un pourcentage négligeable (0,4%) par rapport aux apports totaux. La taille maximale était, cependant, de 39 cm. Les individus constituant cette classe de taille ont été également très peu nombreux; on les a estimés à environ 6.000 individus débarqués durant tout le cycle d'observation, soit 0,3%. Cependant, presque 70% des apports ont été fournis par 6 classes de taille (de 25 à 30 cm) qui constituaient donc le noyau des débarquements. D'autant plus qu'on n'a pas signalé des différences remarquables des distributions de fréquence de taille entre les mois.

- D'autre part, l'analyse de la composition en âge des apports montre que:

\* Les apports sont répartis sur 7 classes d'âge de 2 à 8 années.

\* Le nombre total de limandes débarquées pendant la période d'étude a été de l'ordre de 2.142.532 individus d'un poids moyen individuel de 216 grammes.

\* 92% des apports sont fournis par les limandes âgées de 2 à 6 années dont 86% par les individus dont l'âge est compris entre 3 et 6 années; il est donc important de comprendre que le noyau de la pêcherie (sur le plan pondéral) a été assuré par 4 classes d'âge (classes d'âge 3, 4, 5 et 6).

\* Le recrutement s'effectue progressivement sur les animaux de 2 à 3 ans, âge de plein recrutement. Cet âge de recrutement varie selon certains facteurs (croissance, maillage du chalut, comportement des poissons, etc ...).

- En outre, la valeur du sex-ratio dans les apports était de l'ordre de 0,95. Les débarquements ont été donc constitués en grande majorité par des individus femelles. Ce phénomène peut être expliqué, comme il sera démontré dans la partie III de l'étude, surtout par une différence de croissance entre les deux sexes.

- Enfin, comme tous les poissons plats, qui présentent une adaptation très spécialisée à la vie benthique, la limande est une espèce ovipare qui se reproduit une fois par an. Cette étude a permis de situer la période de ponte des limandes femelles dans la partie sud de la Mer du Nord. Elle débute en février pour s'achever vers le mois de mai. L'analyse de certains travaux effectués par d'autres chercheurs, a montré que cette période varie avec la latitude. Elle est, dans l'ensemble, plus précoce dans les zones sud de la répartition de l'espèce.

Par ailleurs, cette analyse des débarquements commerciaux belges de limande a révélé trois problèmes importants dont la citation nous a paru nécessaire. Ces problèmes sont les suivants:

- Comme a été démontré ultérieurement, la faible valeur commerciale de la limande rend qu'elle est considérée parmi les espèces accessoires. En sortant de leurs ports d'attache, les pêcheurs visent essentiellement les zones de concentrations des soles et des plies qui ne sont pas forcément celles des limandes. On peut dire donc que les limandes sont capturées accidentellement en se trouvant sur le chemin du chalut au cours de l'opération de la pêche. L'effort fourni est, par conséquence, spécifique aux deux espèces de poissons plats (sole et plie) alors qu'il n'est pas proportionnel aux densités des limandes réellement existantes.

- Les résultats ultérieurs étaient insuffisants pour analyser la totalité de la population des limandes vivantes dans les zones de pêche fréquentées par la flotille belge. En effet, la fraction de cette population, constituée des individus dont la taille et l'âge étaient respectivement inférieurs à 22 cm et à 2 années, n'était pas présente dans les débarquements commerciaux. Pour avoir des données plus complètes sur ces individus, il faudrait alors procéder à un autre type d'échantillonnage tel que celui effectué à bord des bateaux de recherche.

- On a rencontré des difficultés considérables pour l'évaluation des quantités de limandes rejetées par la flotille belge en Mer du Nord. En effet, il y a absence complète dans les statistiques des pêches des données concernant ces rejets. Les pêcheurs, trop occupés par l'opération de la pêche et le triage des poissons, n'ont pas suffisamment du temps pour noter certaines caractéristiques (nombre, taille, âge et poids) des rejets. La présence d'un biologiste à bord des bateaux de pêche est alors indispensable pour l'analyse et l'estimation de ces quantités de limandes rejetées.

Les résultats fournis par l'analyse des apports commerciaux belges semblaient parfois insuffisants pour la détermination de certains paramètres de l'espèce. L'estimation de ces derniers tels que la croissance de l'espèce, sa mortalité, sa distribution géographique, sa taille et son âge de première maturité sexuelle et

surtout l'évaluation de la biomasse du stock de limandes dans la partie sud de la Mer du Nord, grâce à l'analyse des captures des bateaux de recherche, feront l'objet de la troisième partie de cette étude.

### III. ANALYSE DES CAPTURES EFFECTUEES A BORD DES BATEAUX DE RECHERCHE

#### Chapitre 1 MATERIELS ET METHODES

##### 1. INTRODUCTION

Les limandes débarquées par les bateaux de commerce ont une taille toujours supérieure à 21 cm, bien que la majorité des populations dans les zones de pêche soit en dessous de cette taille. La composition en longueur donnée par HANSJURGEN (1957) démontre clairement ce phénomène. Il est aussi appris auprès des pêcheurs qu'un grand nombre de petits poissons d'une longueur inférieure à 21 cm peut être capturé. Les données statistiques établies ne tiennent pas compte des quantités rejetées et la nécessité d'utiliser les bateaux de recherche pour échantillonner les populations de limandes devient évidente. L'analyse des captures commerciales ne suffit donc pas à elle seule d'évaluer le stock de limande. En plus certains paramètres tels que la croissance, la distribution, la taille et l'âge à la première maturité sexuelle, la mortalité, etc..., ne peuvent pas être déterminés en se basant uniquement sur les données des bateaux de commerce. C'est pour ces raisons qu'on a eu recours à une analyse des captures des bateaux de recherche, qui pourraient, en effet, améliorer nos informations sur le stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Le but recherché de cet échantillonnage consiste essentiellement en :

- La détermination de la taille et de l'âge de la première maturité sexuelle des limandes femelles.

- L'interprétation de la croissance linéaire et pondérale de la limande ainsi que l'établissement d'une équation de VON BERTALANFFY pour l'espèce.

- La détermination de l'abondance de l'espèce suivant le stade de maturité, suivant l'âge et suivant le sexe pendant une période de quatre années successives (1985, 1986, 1987 et 1988) et par la suite l'illustration des cartes de distribution de l'espèce considérée.

- L'estimation du coefficient instantané de mortalité totale (Z) par zone de capture ainsi que ces deux composantes (coefficient de mortalité par pêche (F) et coefficient de mortalité naturelle (M)).

- L'estimation de la biomasse totale du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Cette estimation tient également compte de la biomasse féconde et de la biomasse exploitée.

## 2. ECHANTILLONNAGE

### 2.1. Campagne août

Chaque année, en août, la Belgique et la Hollande mènent une campagne expérimentale de chalutage des poissons plats dans la Mer du Nord. Chacun de ces deux pays s'intéresse à un nombre de stations de recherche bien définis dans l'espace.

Le choix du mois d'août vient du fait que ce temps correspond à la période de croissance des espèces de poissons plats communes en Mer du Nord. Pendant cette période, les poissons quittent les zones de frayère à la recherche de nourriture. Ainsi, on obtient des estimations relativement fiables à propos de leurs effectifs.

En août 1987 et 1988, j'ai été embarqué à bord du bateau de recherches océanographiques belge (Belgica). Chacun des deux campagnes a duré 15 jours. Pour l'étude de la distribution, de la mortalité et l'estimation de la biomasse du stock, les données recueillies à bord du Belgica ont été complétées par celles

provenant par la collaboration des chercheurs hollandais. Les caractéristiques du bateau hollandais ainsi que les dimensions de l'engin utilisé sont similaires à celles du bateau et de l'engin belges.

### 2.1.1. Lieu de pêche

La Mer du Nord a été subdivisée en rectangles statistiques par un groupe du C.I.E.M (Conseil International d'Exploration de la Mer). A chaque rectangle, on a associé un code horizontal et un autre vertical. L'aire de ces rectangles varie dans la plupart des cas entre 400 km<sup>2</sup> et 450 km<sup>2</sup>.

Alors que les données hollandaises ont été issues de la zone est et centrale (environ une centaine de stations), les captures belges ont été effectuées au niveau de 37 stations situées dans la zone ouest de la Mer du Nord (Fig 19). Généralement, on a effectué trois à quatre traits par rectangle statistique.

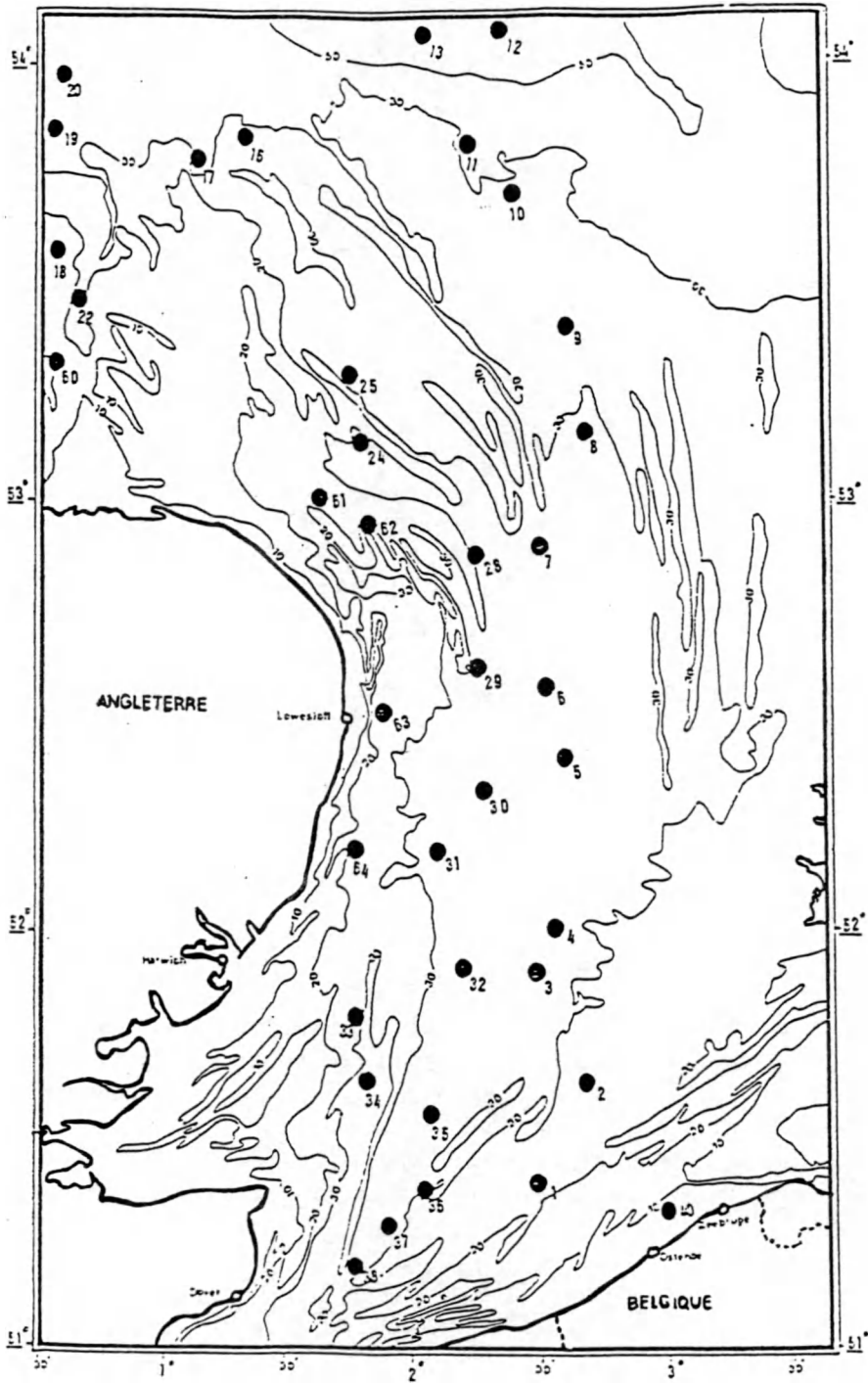
### 2.1.2. Technique de la pêche

#### 2.1.2.1. Description du bateau

C'est un bateau de recherches océanographiques qui assure plusieurs fonctions, entre autre, la gestion du stock de poissons en Mer du Nord. Ce bateau n'est pas équipé par des tangons permettant le chalutage avec deux chaluts à perche. C'est la raison pour laquelle, le chalutage à perche se fait en arrière du bateau avec un seul chalut. Ses caractéristiques principales sont les suivantes :

* Longueur hors-tout	: 51,0 m
* Largeur	10.0 m
* Tirant d'eau	4,5 m
* Déplacement	1190 t
* Jauge brute	760 t





**FIG 19.** - Situation géographique des stations d'échantillonnage à bord du Belcica (août 1987 et août 1988).

Il est propulsé par un moteur Diesel (Turbo 6 cylindres) à vitesse moyenne de 1030 tr/mn entraînant une hélice à pas variable. La puissance de l'hélice est de 1154 kW.

Comme équipement de pêche, il dispose d'un treuil principal et d'un autre pour filet, d'un sonar, d'un écho-sondeur et d'une sonde de filet. Le traitement des échantillons (mesure de la taille et du poids, extraction des otolithes et dissection) est rendu possible grâce à la présence d'un laboratoire de biologie approprié.

#### 2.1.2.2. Opération de la pêche

Les captures ont été effectuées par un chalut à perche de fond, avec 19 mètres de bourrelet (Fig 20). La longueur de la perche était de 8 mètres et le matériel du filet était le polyéthylène. Il est muni d'une poche en polyamide de petit maillage (40 mm étiré) mesuré par une jauge standard ICES (4 kg).

Afin d'effrayer les poissons plats, parfois enfoncés dans le sédiment, on a utilisé des chaines en fer, attachées de part et d'autre du bourrelet et surtout dans sa partie inférieure.

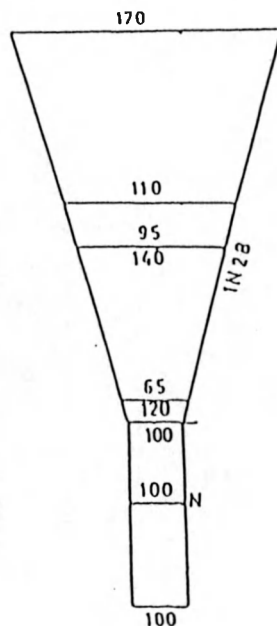
La vitesse du chalutage était en moyenne de 3 à 3,5 noeuds par heure. Par station, un trait d'une demi-heure a été effectué. A chaque trait, la position géographique, les températures et les salinités du fond et de surface de même que la profondeur ont été enregistrées. Ainsi, les abondances peuvent être associées à des conditions hydrologiques et bathymétriques.

#### 2.1.3. Méthode d'investigation des captures

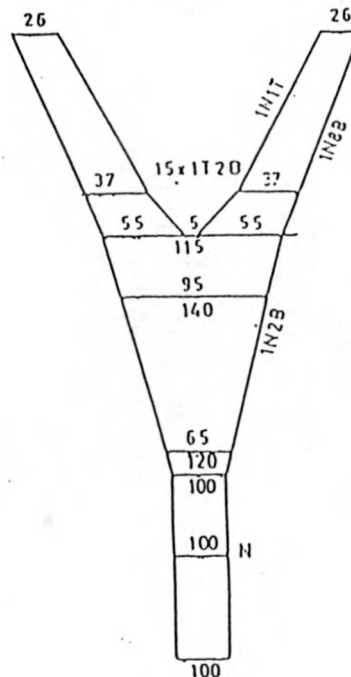
La capture est un échantillon de la population de poissons. Pour que cet échantillon puisse être utile, le processus d'échantillonnage ne doit pas être biaisé, ou, si ceci n'est pas vérifié, le biais doit être connu. Le chalut est un dispositif non selectif

①	②	③	④
N. tex	Nombre de maille	Lg de maille (mm)	Coupe
60	120	1/2	
15	120	1/2	
75	80	1/2	
1770	20	40	1/2
1770	80	40	0/1
1770	100	40	0/1

Corde de dos



Bouvrelet # 19 m  
dont 5m de sphères;  
Chaines 18 mm de Ø



①	②	③	④
55	120	4/5	1/
15	120	4/5	2.
20	120	1/2	
75	80	1/2	
20	40	1/2	
80	40	0/1	
100	40	0/1	

118

**FIG 20.** - Plan du chalut d'échantillonnage utilisé à bord du Belgica (août 1987 et août 1988).

d'échantillonnage, l'expérience a montré également que les limandes s'échappent essentiellement des mailles constituant la poche (BEVERTON (1963) et MARGETTS (1963)). La taille des poissons qui s'échappent dépend de l'ouverture de la maille. La longueur pour laquelle 50% des poissons sont retenus est connue sous le nom de la longueur de sélectivité. Dans le chalutage commercial, une proportion relativement importante des limandes peuvent avoir une longueur plus petite que cette longueur et de ce fait non capturée (ANON, 1964). L'intérêt de l'utilisation d'un maillage faible est d'assurer la présence de toutes les tailles dans les captures.

Si l'on examine la capture totale par trait de chalut débarquée à bord, on constate qu'elle est constituée de plusieurs espèces (soles, plies, limandes, crevettes, crabes, étoiles de mer, etc...). Chacune de ces espèces est triée puis analysée séparément. Tous les individus constituant l'échantillon de limandes sont regroupés dans un ou plusieurs paniers puis transportés au laboratoire du bateau pour être étudiés.

Les longueurs individuelles totales sont mesurées par un ichthyomètre à 0.5 cm près, alors que les poids (poissons non eviscérés) sont déterminés par une balance ordinaire à un gramme près. Les otolithes sont extraites, essuyées puis conservées à sec en les collant sur du papier. Leur lecture a été faite au retour à la Station des Pêches Maritimes d'Oostende.

Lorsque la capture des limandes est inférieure à 100 individus, tous les poissons sont mesurés. La capture excédant cette quantité est analysée par la méthode d'échantillon stratifié. Ce procédé permet de réduire le temps nécessaire à la mesure de toute la capture sans pour autant affecter la fiabilité des résultats, et d'augmenter le nombre total des traits.

Le "Dutch Shuffle" méthode de mélange et de partage utilisée par CHRISTOPHER en 1972, sera également utile dans cette étude pour permettre de relever la fréquence de taille de l'échantillon final

de celui de la population totale sans biais. La méthode a été décrite comme suit .

Supposant un panier A rempli de limandes dont on se propose de prendre sa moitié comme échantillon représentatif de son contenu, on procède alors de la manière suivante. Pour cela on dispose de deux autres paniers B et C. On transverse une moitié du contenu du panier A dans chacun des deux autres paniers B et C. Le panier A étant ainsi vide. La moitié de ce qui se trouve en B est renversée dans A, la moitié de ce qui se trouve en C est mise en B et le reste (l'autre moitié) en A. C reste donc vide. Les paniers A et B sont de nouveau secoués; la moitié de A est renversée dans C, la moitié de B en A et le reste de B est mis en C. Chacun des deux paniers A et C peut contenir ainsi une moitié non biaisée de l'échantillon d'origine. Ce même procédé peut être appliqué pour extraire une fraction représentative de l'ensemble de l'échantillon en fonction de sa taille. Pour que la méthode soit bonne, les deux moitiés doivent contenir le même nombre de poissons, avec le même sex-ratio; ceci a été testé statistiquement en calculant la valeur chi-carré. Les résultats obtenus ont montré que la différence est non significative au seuil de 1% ( $\alpha = 0,01$ ).

#### 2.1.4. Etablissement des fiches de données

Le traitement des échantillons à bord de la Belgica consiste en l'établissement de deux types de fiches:

- Fiche 1 (tableau 15), dite de fréquence de taille, tous les individus de limandes capturés par station ont été mesurés et on a obtenu une fréquence de taille pour le calcul des compositions en longueur et en âge par l'utilisation des clés taille-sexe et taille-âge. Les données des chercheurs hollandais nous sont parvenues sous cette forme de répartition.

- Fiche 2 (tableau 16): à partir de la taille 11 cm, deux spécimens par classe de longueur ont été pris; on les a mesuré, on les a pesé et on a déterminé leur âge ainsi que leur sexe. On a obtenu alors une autre répartition (longueur, poids, âge et sexe) pour chaque station. C'est cette répartition qui sera utile pour l'élaboration des deux clés taille-âge et taille-sexe.

Pour bien illustrer ce procédé, on a pris l'exemple de la station 40.

**Tableau 15:** Fiche 1 : Fréquence de taille des limandes capturées au niveau de la station 40 (août 1987).

Pays : Belgique                      Bateau : Belgica                      Période : août 1987  
Rectangle : 37F1                      Durée du trait : 1/2 heure

Longueur (cm)	Fréquence
≤10	3
10	0
11	2
12	10
13	12
14	7
15	8
16	0
17	1
18	3
19	4
20	6
21	1
22	0

**Tableau 16:** Fiche 2 : Détermination de la longueur, du poids, de l'âge et du sexe des individus capturés au niveau de la station 40.

Pays : Belgique  
Rectangle 37F1

Bateau : Belgica      Période : août 1987  
Durée du trait : 1/2 heure

Longueur (cm)	Poids (g)	Année de naissance	Sexe
11	10	1987	1
11	10	1987	1
12	10	1987	1
12	8	1987	2
13	12	1987	1
13	10	1987	2
14	11	1986	2
14	15	1986	2
15	20	1986	1
15	30	1986	1
17	28	1985	1
18	50	1985	2
18	50	1985	2
19	60	1985	2
19	62	1985	2
20	68	1985	2
20	80	1985	2
21	90	1985	2

1 = Mâle

2 = Femelle

## 2.2. Campagnes de septembre et d'avril

Pendant la campagne d'août, on s'est rendu compte que l'extraction et la lecture des otolithes des petits individus étaient difficiles. Afin de combler ce manque de données sur l'âge de la limande, on a eu recours à l'utilisation de la méthode de PETERSEN basée sur l'analyse des fréquences des tailles. Pour cela, on a effectué une campagne de recherche sur les côtes belges à bord du bateau de recherches océanographiques (O<sub>2</sub>). Cette campagne s'est étalée sur une période de cinq jours consécutifs (du 22 au 27 septembre 1987).

Une autre campagne semblable a été réalisée en avril 1988. Cette période correspond en général à la période de ponte de l'espèce, c'est donc le temps convenable pour la détermination de la taille et de l'âge de la première maturité sexuelle de l'espèce. Cette dernière campagne s'est également étalée sur une période de cinq jours (du 17 au 22 avril 1988).

### 2.2.1. Lieu de pêche

Le chalutage a été effectué au niveau de 33 stations situées sur les côtes belges. La situation géographique des différentes stations est représentée par la figure 21. Le choix de la position dépend essentiellement de la présence ou non des bancs de sable où le chalutage est impossible.

### 2.2.2. Techniques de la pêche

#### 2.2.2.1. Caractéristiques du bateau "O<sub>29</sub>"

L'O<sub>29</sub> est un chalutier côtier qui pratique le chalutage à double gréement (deux chaluts à perche). Ses caractéristiques sont les suivantes :

- \* Longueur hors-tous : 27,2 m
- \* Largeur : 4,3 m
- \* Jauge brute : 99,0 t
- \* Puissance motrice : 221,0 kW

#### 2.2.2.2. Opération de la pêche

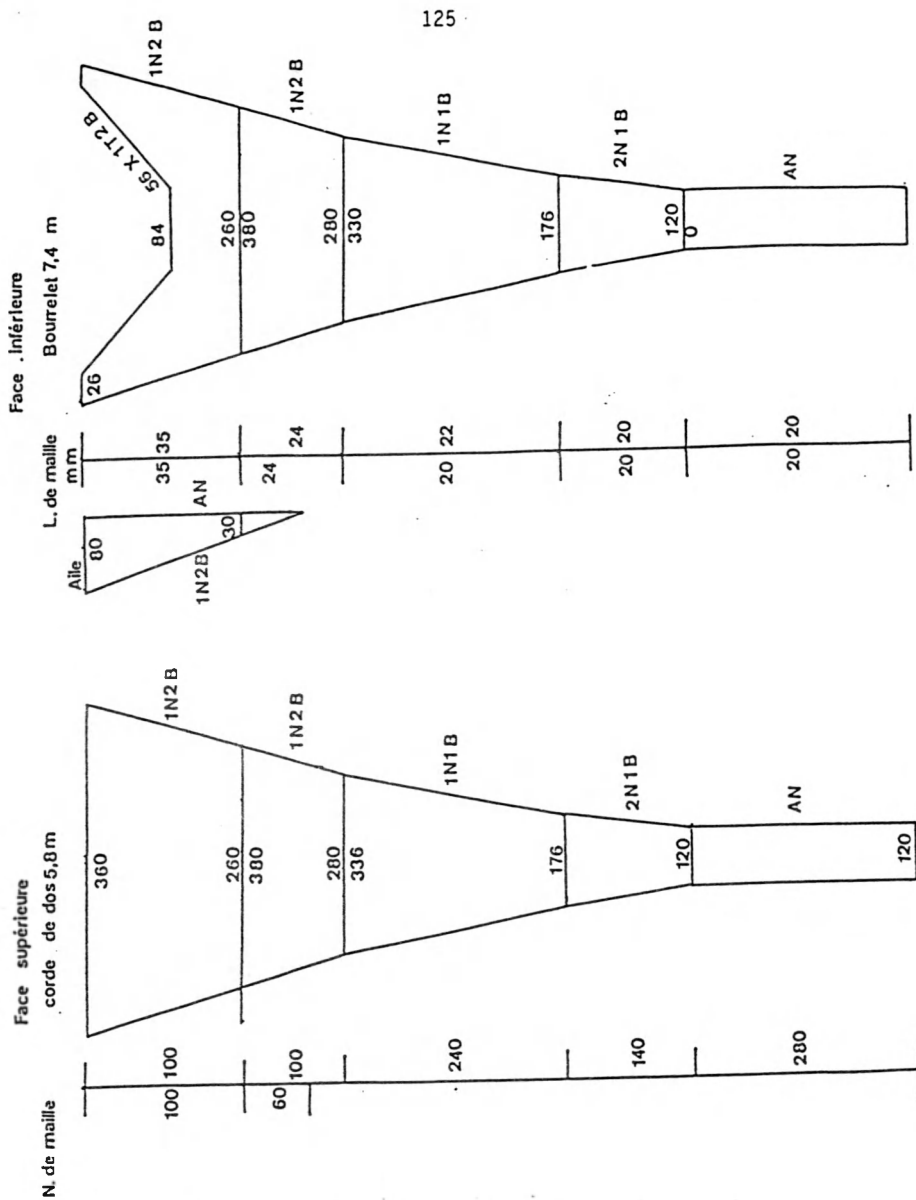
L'engin utilisé est un chalut à perche de fond muni d'une poche en polyamide à petit maillage (20 mm étiré) (fig 22). La longueur de la poche est de 4 mètres. La durée du trait était en moyenne de 15 minutes.

### 2.2.3. Prélèvement des échantillons

Au cours de la campagne de septembre, tous les individus capturés ont été mesurés et on a enregistré un tableau de fréquence







**FIG 22.** - Plan du chalut d'échantillonnage utilisé à bord de l'O<sub>29</sub> (septembre 1987, avril 1988 et mars 1989).

de taille pour toute la période d'échantillonnage. Les résultats obtenus sur l'âge complètent ceux trouvés pendant la campagne d'août effectuée à bord du "Belgica" pour la clé taille-âge.

Les échantillons prélevés lors de la campagne d'avril ont servi à la détermination de la taille et de l'âge à la première maturité sexuelle des limandes femelles. Les individus capturés ont été mesurés et regroupés par classe de taille. Au retour au laboratoire, ils ont été analysés.

### 3. METHODES D'ETUDES

#### 3.1. Méthode d'estimation de l'erreur d'échantillonnage

Dans le présent contexte, le but essentiel d'un trait de chalut est d'obtenir une estimation du nombre de limandes par classe de taille et par classe d'âge dans chaque région comme un indice d'abondance de la population présente. Avec un seul ou deux traits, la capture du chalut est elle-même un échantillon de la population et ceci lui-même a des implications sur les évaluations statistiques des résultats. Le chalut comme engin d'échantillonnage possède ses limitations, certaines de ces dernières ont été discutées par JONES (1956), qui a montré que l'augmentation de la durée de pêche ne se traduit pas forcément par une augmentation proportionnelle dans les captures. La combinaison des limitations techniques et des effets des variables biologiques, comme le comportement des poissons et la distribution spatiale, cause généralement une variabilité de l'estimation.

L'étude des variations diurnes et nocturnes des captures a montré que pendant la nuit le taux de capture des limandes a été en moyenne 4 fois plus important que celui obtenu pendant le jour (PARRISH, 1964). WOODHEAD (1964) a trouvé que le taux de capture du premier trait après le coucher du soleil est d'environ deux fois celui pendant le jour. En plus de l'intensité de la lumière, des facteurs comme l'abondance de la nourriture, des courants (HYNES,

1950) peuvent exercer leurs effets pour varier les taux de capture. En effet, comme PARRISH (1950) a noté, les taux de capture de différents engins sous des circonstances différentes sont rarement comparables.

Dans le présent travail, le chalutage a été effectué pendant une partie de la journée (jour); en effet, les traits de chalut ont été effectués avec une faible considération de ces facteurs. Ainsi, en l'absence d'un moyen adéquat pour dénouer les facteurs responsables, il est préférable à ce stade d'estimer la variabilité totale.

La zone d'investigation a été subdivisée en quatre régions (voir paragraphe : estimation de la mortalité p : 136). Le calcul de l'erreur d'échantillonnage a été effectué séparément pour chaque région. Le principe consiste à l'utilisation du test de BARTLETT pour prouver l'existence ou non d'une différence significative entre deux ou plusieurs variances. En effet, pour chaque région, on a calculé chaque année la variance des indices d'abondance  $S^2_i$  ( $i$  = année d'échantillonnage). On obtient ainsi 3 variances successives ( $S^2_{1985}$ ,  $S^2_{1986}$  et  $S^2_{1987}$ ). l'hypothèse nulle étant:

$$H_0 : S^2_{1985} = S^2_{1986} = S^2_{1987}$$

Si on accepte  $H_0$  (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différence entre les variances), on peut calculer par la suite une variance globale ( $S^2$ ) et estimer une erreur d'échantillonnage ( $s_x$ ) pour la région considérée.  $S^2$  est donc une estimation non biaisée de la variance commune. Le test se réalise alors en calculant la quantité suivante :

$$\chi^2_{ob} = \frac{(n - P) * \log(S^2) - \sum [(n_i - 1) * \log(S^2_i)]}{1 + 1 / 3(P - 1) * [(\sum (1 / n_i) - 1) - (1 / (n - P))]}$$

$n_i$  = effectif de l'échantillon pendant l'année  $i$

$n$  = effectif total ( $n = \sum n_i$ )

$P$  = nombre d'échantillons aléatoires, simples et indépendants

On compare ensuite  $\chi^2_{ob}$  à la valeur théorique  $\chi^2_{1-\alpha}$ , avec  $P-1$  degrés de liberté :

Si  $\chi^2_{ob} \leq \chi^2_{th}$ , l'hypothèse nulle est vérifiée,  $S^2$  serait donc la moyenne arithmétique des 3 variances ( $S^2_{1985}$ ,  $S^2_{1986}$  et  $S^2_{1987}$ ). L'erreur commise serait équivalente à  $S/N = sx$  et l'indice d'abondance réel moyen serait :

$$M = X \pm sx$$

$$X = \frac{N_1 * X_{1985} + N_2 * X_{1986} + N_3 * X_{1987}}{N = (N_1 + N_2 + N_3)}$$

$N_1$ ,  $N_2$  et  $N_3$  sont les nombres communs respectifs des stations d'échantillonnage effectuées durant les quatre années (1985, 1986 et 1987) au niveau de la zone de recherche considérée.

### 3.2. Etude de la de la détermination de la première maturité sexuelle

La détermination de la taille de la première maturité sexuelle est primordiale pour une bonne gestion du stock de poissons. En effet, suivant cette taille, on détermine par des processus de sélectivité le maillage approprié de l'engin de pêche utilisé de sorte que les individus non mûres échappent à l'engin et aient la chance de se reproduire au moins une fois.

Pour la détermination de la taille de la première maturité chez les limandes, les prélèvements ont été réalisés à bord du bateau de recherches belge ( $O_2$ ) durant la période d'avril 1988. Les individus capturés ont été examinés au laboratoire. Cette étude a été effectuée sur des limandes femelles pendant la période de

ponte, au cours de laquelle la distinction entre individus mûres et non mûres est plus évidente. Avant la ponte ou juste après, les femelles mûres présentent des ovaires visibles par transparence dans la cavité abdominale. On peut les détecter sans procéder à leur dissection. La confirmation de l'efficacité de l'utilisation de cette méthode est décrite ultérieurement par une analyse statistique bien appropriée.

Le tracé de la courbe de maturité (% d'individus mûres en fonction de la taille) permet de déterminer une taille de première maturité pour laquelle 50% des individus sont aptes à se reproduire. Ainsi, quand on porte sur un graphique le pourcentage d'individus mûres en fonction de la longueur, on obtient une courbe sigmoïde se rapprochant de celle de la sélectivité, c'est "l'ogive de maturité".

Généralement, la méthode de la détermination de  $L_{50}$  (de la première maturité, de la première capture, ...) est pratiquement la même. La fonction couramment utilisée est une fonction logistique de la forme :

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(a + bL)}}$$

qui peut être traduite dans le cas de la maturité sexuelle par :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a + bL)}}$$

P = proportion des individus mûres

L = longueur en cm

Le but consiste donc en la détermination de deux paramètres a et b. La méthode dite de "maximum de vraisemblance" suggère la linéarisation de cette fonction; elle aboutit à transformer l'ogive

de maturité dont la forme est sigmoïde en une droite linéaire. On obtient après une série de transformations l'équation suivante :

$$\log (P / (1 - P)) = a + bL$$

Pour détecter la présence ou non d'une différence significative entre le nombre d'individus mâtures observés et le nombre mâtures calculés, l'analyse statistique adoptée est basée sur l'utilisation de test chi-carré ( $\chi^2$ ).

$$\chi^2 = \sum \frac{(r - nP_1)^2}{nP_1(1 - P_1)}$$

$r$  = nombre observé d'individus mâtures

$nP_1$  = nombre calculé d'individus mâtures

#### - Vérification de l'efficacité de la méthode de la détermination de la maturité sexuelle chez la limande

Après dissection de l'abdomen et l'extraction des gonades (pendant la période de ponte de l'espèce), la différence entre les gonades d'un individu mûre et d'un autre non mûre est remarquable. Chez un spécimen mûre, elles ont un aspect mou, la couleur est rougeâtre et elles sont garnies d'ovules prêtes à être fécondés. De plus, le rapport gonado-somatique dépasse les 5%. Alors que chez les individus non mûres, les gonades ont un aspect relativement visqueux, la couleur est blanche, il n'y a développement d'aucun stade de reproduction et le rapport gonado-somatique est inférieur à 1%.

Afin de vérifier l'efficacité de la méthode utilisée pour la détermination de la maturité sexuelle des limandes (sans dissection); un échantillon a été prélevé à bord de l'O<sub>29</sub> en mars 1989. 118 individus ont été examinés.

\* Tout d'abord en utilisant la méthode basée sur l'observation (sans dissection). On a estimé que 66 spécimens étaient mûres et 52 ne l'étaient pas.

\* Après dissection et évaluation du rapport gonadosomatique, 62 uniquement se sont avérés mûres.

La probabilité de se tromper en utilisant la première méthode est donc de  $P = 4/118 = 0,034 = 3,4\%$ . L'écart type est de la forme  $\sigma = P(1-P)n = 0,034(1-0,034)118 = 1,97$ . On utilisant la formule de la distribution binomiale :

$$P(X=K) = C_n^k P^k (1-P)^{n-k}; \text{ On peut calculer pour chaque valeur de } K,$$

la probabilité correspondante. K étant égale au nombre de fautes commises en utilisant la méthode basée sur l'observation sans dissection.

$$\text{Exemple : } P(X=10) = \frac{118}{C} P^{10} (1-P)^{108} = 0,03 ; P(X=20) = 5,82 \cdot 10^{-8}$$

### 3.3. Choix du modèle de croissance

Au cours de cette étude, les spécimens examinés proviennent des échantillons prélevés à bord du Belgica lors des deux campagnes d'août 1987 et d'août 1988. Une relation entre la longueur totale moyenne et l'âge a été obtenue, soit par ajustement d'une équation de VON BERTALANFFY, soit plus simplement par une régression linéaire prédictive des longueurs moyennes en fonction de l'âge. Afin de vérifier l'existence ou non d'une différence significative entre la croissance des mâles et des femelles, un intervalle de confiance a été établi pour chaque classe d'âge.

$$X = M \pm 1,96\sigma/n \quad (\text{SNEDECOR et COCHRAN, 1967}) \quad \alpha = 0,05$$

X = la moyenne réelle

M = la moyenne calculée

$\sigma$  = l'écart type

n = la taille de l'échantillon



La connaissance de la croissance pondérale est nécessaire pour l'estimation des rendements au niveau des pêcheries exploitées ainsi que pour l'estimation de la biomasse du stock. Les lois de la croissance en longueur de VON BERTALANFFY permettent d'associer à toute longueur (L) un âge moyen (t). Elles permettent également de décrire la croissance pondérale.

Pour la plupart des organismes marins, le poids est approximativement proportionnel au cube de la longueur, ceci était vérifié en portant sur un graphique les logarithmes des poids (W) en fonctions des logarithmes des longueurs (L). Les poids représentatifs individuels sont répartis autour d'une droite d'équation :

$$\log(W) = a + b \cdot \log(L)$$

relation équivalente à :

$$W = aL^b$$

L'exposant b se situe généralement entre 2,5 et 3,5. CARLENDER (1969 et 1977) a montré, par l'utilisation de plusieurs données sur le poids et la longueur et pour une variété importante d'espèces de poissons, que des valeurs pour  $b \leq 2,5$  ou  $b \geq 3,5$  sont basées généralement sur de très faibles intervalles de taille. Lorsque  $b = 3$ , on dit que la croissance est isométrique, c'est qu'elle évolue dans les mêmes proportions que le cube de la longueur et que la densité spécifique reste la même; dans le cas contraire ( $b \neq 3$ ), la croissance est dite allométrique.

En supposant  $b = 3$ , et en se rapportant à l'équation de VON BERTALLANFFY pour les longueurs, on aura :

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})^3$$

Le développement de l'équation donne :

$$W_t = W_{00} [1 - 3e^{-K(t-t_0)} + 3e^{-2K(t-t_0)} - e^{-3K(t-t_0)}], \text{ ou}$$

$$W_t = W_{00} \sum U_n e^{-nK(t-t_0)}$$

Avec  $U_0 = 1$ ,  $U_1 = -3$ ,  $U_2 = 3$  et  $U_3 = -1$

L'équation peut être utilisée pour l'évaluation du rendement par recrue d'une population donnée.

### 3.4. Méthode d'estimation de la répartition et de l'abondance moyenne de la limande

Les données des campagnes de chalutage expérimental (Belgica et bateau hollandais), effectuées dans la partie sud de la Mer du Nord au mois d'août, ont permis de cartographier les répartitions de la limande. Un suivi sur quatre années (1985, 1986, 1987 et 1988) des indices d'abondance définit les limites de l'aire de répartition et les lieux de concentration de l'espèce, suivant l'âge, le sexe et la maturité sexuelle.

#### 3.4.1. Abondance totale

Etant donnée qu'un trait de chalut dure 30 minutes, pour avoir une abondance par heure de pêche, on multiplie l'effectif pêché par 2. L'abondance totale par rectangle statistique est équivalente à l'abondance moyenne des stations de ce rectangle.

#### 3.4.2. Abondance par classe de longueur

Le traitement des données de la répartition (1) par l'utilisation de la clé taille-sexe, nous permet d'obtenir une distribution suivant la longueur séparément pour les deux sexes. On a également vu nécessaire de distinguer les mûres des immatures, en effet :

\* Pour les femelles, on accepte une taille de première maturité égale à 20 cm (non incluse). Cette décision vient suite aux résultats trouvés sur la taille à la première maturité des femelles au cours de cette étude. Ce résultat a été confirmé par les recherches faites par WHEELER (1969) qui a estimé que la limande femelle sera mûre entre l'âge 2 et 3 ans; pour cet âge, le tableau de correspondance taille-âge donne une longueur moyenne d'environ 20 cm.

\* Pour les mâles, étant donné qu'ils atteignent leur première maturité sexuelle à l'âge de 2 ans, la taille 15 cm sera valable pour la séparation des mûres et des non mûres.

Pour mieux expliquer la méthode de calcul, on donne l'exemple de la station 17 (tableau 17).

#### 3.4.3. Abondance par groupe d'âge

L'abondance par âge est obtenue à l'aide de la clé taille-âge. En effet, depuis qu'elle a été proposée par FRIDRIKSSON (1934) et par HADGSON (1939), la clé taille-âge s'est largement répandue pour l'étude des stocks de poissons. Son utilisation a été adoptée pour l'estimation de la composition en âge des captures de limandes des bateaux belges et hollandais.

La clé taille-âge et les distributions de fréquences de tailles permettent de calculer l'abondance moyenne par groupe d'âge. On a envisagé quatre intervalles d'âge, un premier intervalle des classes d'âge 0 et 1, un second des classes d'âge 2 et 3, un troisième des classes d'âge 4 et 5 et un quatrième pour les classes d'âge 6<sup>+</sup>.

#### 3.4.4. Représentation cartographique

Après plusieurs essais (couleurs, chiffres, diagrammes de distribution de fréquences, ...), les cercles de diamètres

**Tableau 17** : Illustration de la méthode du calcul de la composition des captures suivant le sexe et la maturité sexuelle.

Taille (cm)	Mâles		Femelles	
	N	N/Hp	N	N/Hp
≤10	-	-	-	-
10	3,30	7	2,70	5
11	15,12	30	8,88	18
12	18,00	36	12,00	24
13	17,10	34	12,90	26
14	22,26	45	19,74	39
15	9,00	18	9,00	18
16	22,56	45	25,44	51
17	7,92	16	10,08	20
18	7,38	15	10,62	21
19	11,40	23	18,60	37
20	14,70	29	27,30	55
21	5,76	12	12,24	24
22	1,74	3	4,26	9
23	-	-	-	-
24	2,64	5	9,36	19
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	-	-
28	-	-	-	-
29	-	-	-	-
30	-	-	-	-
Total		318		366
Total mûres		170		314
Total non mûres		148		52

N = nombre d'individus capturés par trait de chalut.

Hp = heure de pêche.

croissants avec l'abondance moyenne se sont avérés les plus représentatifs. Cette représentation a été utilisée par plusieurs chercheurs, en particulier par les groupes de travail C.I.E.M.

Pour des raisons d'ordre graphique, on les a centré sur les rectangles statistiques. De ce fait, ils ne reflètent en rien une abondance ponctuelle mais une abondance moyenne par rectangle statistique.

### 3.5. Estimation de la mortalité totale

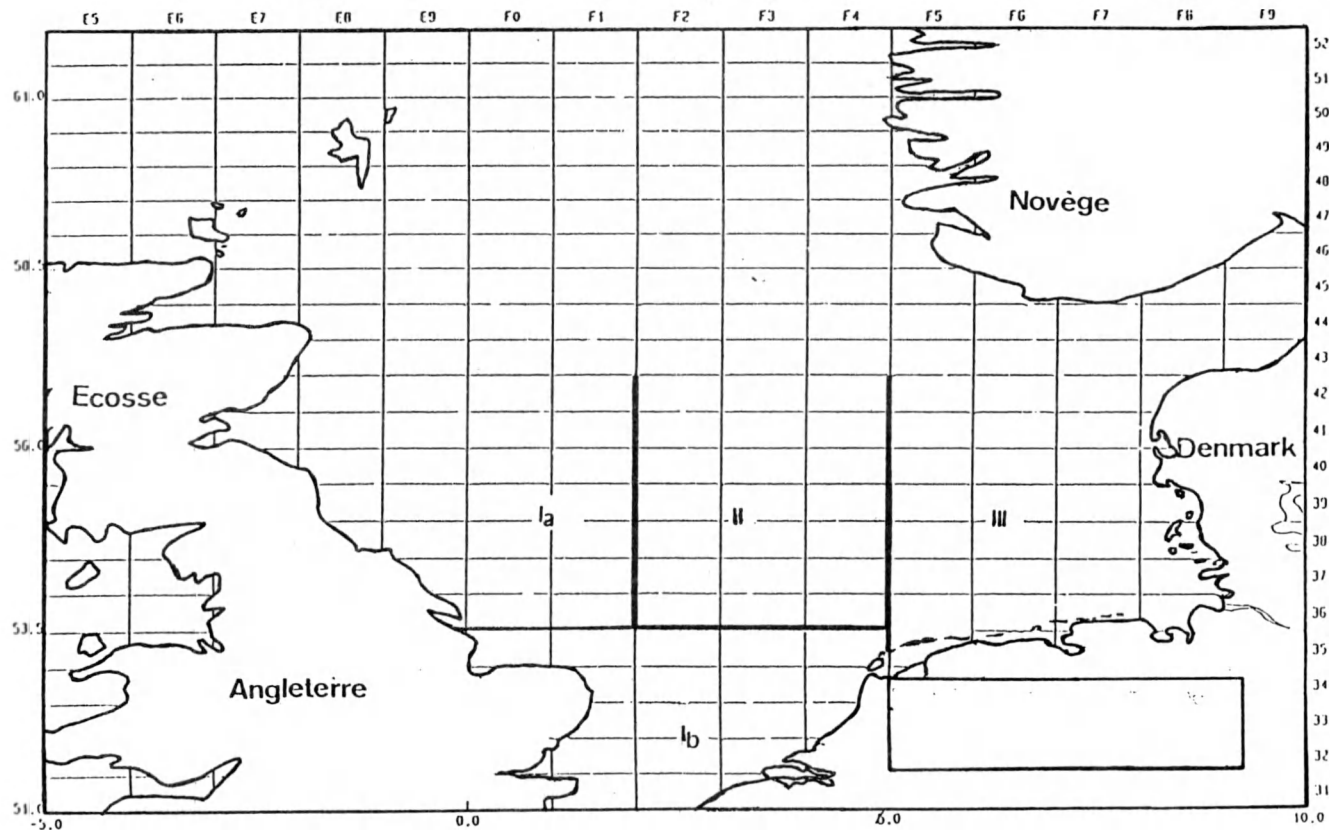
#### 3.5.1. Délimitation des zones

Pour l'estimation de la mortalité, on a subdivisé la partie sud de la Mer du Nord en trois zones différentes (Fig 23). Cette décision vient du fait que cette partie de la mer est fréquentée par trois types de flotilles différentes que se soit en puissance ou en technique de pêche pratiquée.

- Zone I : on y distingue la zone  $I_a$  et la zone  $I_b$ , se sont les zones ouest et sud-ouest, elles sont fréquentées surtout par la flotille belge. La zone  $I_a$  présente des points de concentration forte et d'autres de concentration faible, elle est constituée de 14 rectangles statistiques. La zone  $I_b$  montrant pendant le mois d'août des densités faibles, on a vu nécessaire d'expliquer si elle sont dues ou non à une forte mortalité.

- Zone II : c'est la zone centrale, elle est fréquentée dans la majorité des cas par la flotille anglaise et elle est constituée de 17 rectangles statistiques.

- Zone III : c'est la zone est, elle est formée de 19 rectangles. Elle se caractérise par une forte densité de l'espèce et elle est exploitée essentiellement par la flotille hollandaise.



**FIG 23.** - Zones de calcul du coefficient de mortalité totale (Z).

### 3.5.2. Méthode de calcul du coefficient de mortalité par zone

L'estimation du coefficient de mortalité totale (Z) dans la partie sud de la Mer du Nord est basée donc sur le matériel obtenu à bord des bateaux de recherche belge et hollandais pendant le mois d'août et durant quatre années successives (1985, 1986, 1987 et 1988). Les données sont récoltées par un chalut à perche muni d'une poche à mailles de 40 mm étiré.

On dispose pour chaque année et par l'utilisation de la clé taille-âge d'une répartition par classe d'âge et par station. On s'intéresse alors à une seule classe d'âge pour former une nouvelle répartition d'indice d'abondance par année pour chaque classe d'âge séparément (classe d'âge 0, classe d'âge 1, classe d'âge 2, classe d'âge 3, classe d'âge 4, classe d'âge 5 et classe d'âge 6<sup>+</sup>). Une fois cette répartition est obtenue, on dresse une nouvelle distribution par station en accumulant les indices d'abondance respectifs des sept classes d'âge par année (exemple de la station 39F9).

Age	N <sub>1985</sub>	N <sub>1986</sub>	N <sub>1987</sub>	N <sub>1988</sub>
0	47	101	383	232
1	230	319	1704	675
2	268	165	574	436
3	30	25	54	28
4	10	8	19	11
5	2	7	4	3
6 <sup>+</sup>	0	0	0	0

N = indice d'abondance = nombre d'individus capturés par heure de pêche au niveau de la station considérée.

Pour obtenir des indices d'abondance par zone et par classe d'âge, il suffit de faire la somme des indices des stations

effectuées au niveau de la zone en question. On peut par la suite et en utilisant la formule:  $Z = \log(N_0/N_t)$ , calculer le coefficient de mortalité totale (Z) pour chaque groupe d'âge pendant trois périodes successives.

Notons  $Z_i, X$  = le coefficient de mortalité de la classe d'âge i de l'année X.

$N_i, X$  = le nombre d'individus de la classe d'âge i capturés par heure de pêche pendant l'année X.

On a alors :

$$Z_i, X = \log(N_i, X / N_{i+1}, X_{i+1})$$

Exemple  $Z_1, 85 = \log(N_1, 85 / N_2, 86)$

### 3.6. Estimation de la biomasse du stock de limandes dans la partie sud de la Mer du Nord

Après avoir déterminé certains paramètres biologiques de l'espèce tels que la maturité sexuelle, la croissance, la mortalité, l'abondance et la distribution géographique, on entame la partie la plus importante de l'étude : c'est l'estimation de la taille du stock de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord (en nombre et en poids).

En plus de l'interprétation des résultats, l'analyse numérique présentée démontre essentiellement le processus suivi.

Comme a été signalé précédemment, la Mer du Nord a été divisée en rectangles statistiques surtout pour pointer les apports commerciaux et pour faciliter les recherches scientifiques. Dans la présente étude, l'estimation de la biomasse s'effectue tout d'abord par rectangle statistique de la manière suivante.



Par rectangle statistique, on effectue généralement 2 à 4 traits d'une demi-heure. Si on prend  $X_1 = 1$ , la fonction globale de l'aire balayée sera :  $B = C/f * A/a$ . L'effort de pêche est supposé constant et égal à une heure de pêche. La valeur  $C/f$  devient égale à l'indice d'abondance ( $n$ ) ou encore au nombre d'individus capturés par heure de pêche et par rectangle statistique, on aura donc :

$$B = n * A/a$$

Si on effectue  $m$  traits par rectangle, on calcule à chaque trait la biomasse correspondante, la forme générale est la suivante:

- Trait n°1, on a  $B_1, a_1, n_1, A$   $B_1 = n_1 * A/a_1$
- Trait n°2, on a  $B_2, a_2, n_2, A$   $B_2 = n_2 * A/a_2$
- .. .. .
- .. .. .
- .. .. .
- Trait n°m, on a  $B_m, a_m, n_m, A$   $B_m = n_m * A/a_m$

La biomasse moyenne par rectangle statistique sera égale à :

$$B = (B_1 + B_2 + \dots + B_m) / m$$

ou encore

$$B = (n_1/a_1 + n_2/a_2 + \dots + n_m/a_m) * A/m$$

Si  $a = a_1 = a_2 = \dots = a_m$ , on aura :

$$B = \left( \frac{n_1 + n_2 + \dots + n_m}{m} \right) * A/a = n * A/a$$

La biomasse totale estimée dans la zone d'étude sera la somme des biomasses moyennes ( $\Sigma B$ ) des rectangles statistiques constituant cette zone.

Chapitre 2  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

**1. ERREUR DE L'ECHANTILLONNAGE**

Les résultats de l'estimation de l'erreur commise lors de l'échantillonnage à bord des bateaux de recherche sont exprimés dans le tableau 18 suivant :

**Tableau 18** : Résultats de l'estimation de l'erreur de l'échantillonnage.

Zones	Années	Nb de stations	$X_i$	$S_i$
Ia	1985	28	660	359369
	1986	32	418	234468
	1987	32	454	568378
$X_{Ia} = 504$ ; $S_{Ia} = 49726$ ; $\chi^2_{ob} = 0,63$ ; $sx = 65 = 0,13X_{Ia}$				
Ib	1985	32	115	43079
	1986	26	167	46822
	1987	36	194	57732
$X_{Ib} = 160$ ; $S_{Ib} = 49726$ ; $\chi^2_{ob} = 7,27$ ; $sx = 23 = 0,14X_{Ib}$				
II	1985	34	293	162481
	1986	34	247	124239
	1987	34	306	178752
$X_{II} = 282$ ; $S_{II} = 155157$ ; $\chi^2_{ob} = 2,56$ ; $sx = 39 = 0,14X_{II}$				
III	1985	36	541	322538
	1986	36	685	124239
	1987	36	742	323573
$X_{III} = 656$ ; $S_{III} = 34928$ ; $\chi^2_{ob} = 0,004$ ; $sx = 54 = 0,08X_{III}$				

Le degré de liberté est  $P-1 = 2$  ( $P = 3$ ), la valeur de  $\chi^2_{th}$  correspondante sur les tables statistiques pour ( $\alpha = 0,01$ ) est de 9,21. Pour toutes les zones d'investigation,  $\chi^2_{ob}$  est inférieur à  $\chi^2_{th}$ , l'hypothèse nulle est donc vérifiée.

La valeur de l'erreur commise est relativement faible, elle est différente d'une région à l'autre et oscille entre 8% et 14% de la valeur de la moyenne ( $\bar{X}$ ). Elle varie également suivant l'âge. A partir de la classe d'âge 2, elle est faible (de l'ordre de 5%), alors que pour les classes d'âge inférieures, elle est élevée et peut atteindre, dans certaines zones, 50%.

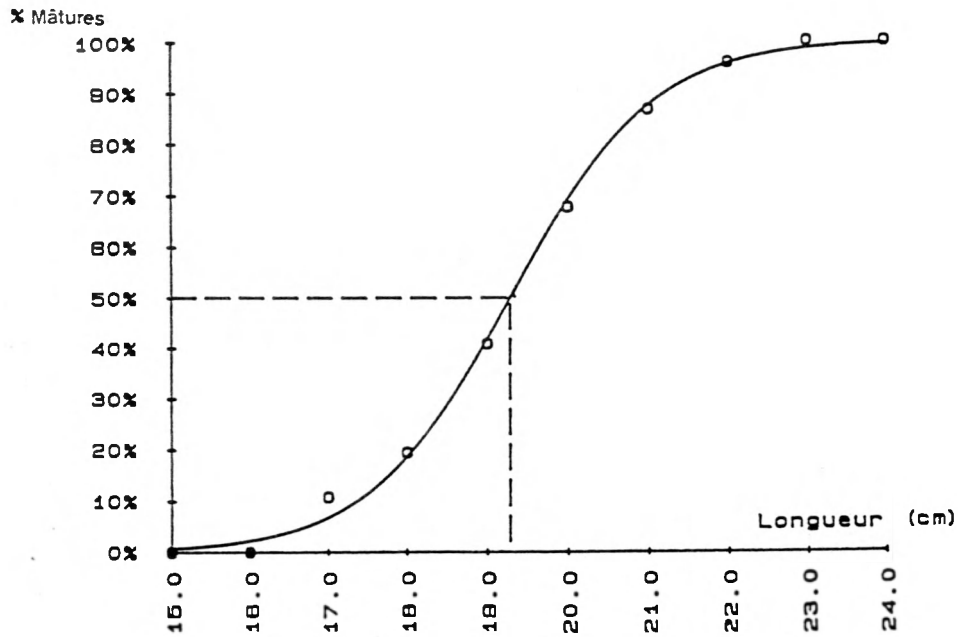
## 2. TAILLE A LA PREMIERE MATURITE SEXUELLE

La figure 24 , donne l'ogive de maturité sexuelle des limandes femelles capturées sur les côtes belges. La valeur  $L_{50}$  correspond à une longueur de 19.3 cm. Ce résultat est hautement significatif ( $\chi^2_{cal} = 1,59$  largement inférieur à  $\chi^2_{th} = 15,51$ ;  $\alpha = 0,01$ ). Jusqu'à la taille 16 cm, les limandes ne sont pas encore mûres, alors qu'au delà de la taille 23, on n'a pas rencontré des individus immatures.

Par ailleurs certains chercheurs se sont intéressés à la détermination de la taille à la première maturité de la limande dans quelques zones de la répartition de l'espèce. Les résultats obtenus sont :

<u>Auteurs</u>	<u>Taille</u>	<u>Zones</u>
HANSJURGEN, 1957	12,0 cm	Mer du Nord (nord)
CHRISTOPHER, 1972	11,6 - 15,9 cm	Mer du Nord (nord)
DANIEL et TASSEL, 1985	21,6 cm	Manche Orientale
	27,0 cm	Baie de Douarnenez

La comparaison de ces résultats indique une différence sensible de la taille de la première maturité selon la localisation géographique des populations étudiées. Les spécimens semblent être plus petits à la première maturité au nord qu'au sud. D'autre part, ALM (1959) a montré que les individus ayant un taux de croissance



**FIG 24.** - Ogive de maturité des limandes femelles.  
 $P = -11,03 + 0,57L$ ;  $\chi^2_{cal} = 1,59$ ;  $\chi^2_{th} = 15,51$ ;  
 Prob = 0,95;  $L_{25} = 18,33$ ;  $L_{50} = 19,30$ ;  $L_{75} = 20,25$

élevé mûrissaient d'une façon plus précoce que les autres dont le taux est relativement faible.

Sur le plan de la gestion du stock, la taille minimale autorisée dans les captures est de 15 cm. On voit donc combien le stock de limande peut être menacé d'une sur-exploitation. Cependant, dans les captures belges, les apports de limandes ne sont qu'accessoires des prises de soles et de plies. Mais, si un changement vers l'exploitation du stock de limandes est mis au point (recherche des zones de concentration de l'espèce, étude du comportement des individus vis-à-vis de l'engin, augmentation de la valeur commerciale de l'espèce, ...), elle deviendra une prise principale, et si on maintient cette taille (15 cm), le stock sera sérieusement touché par une diminution importante de son effectif. On assistera par conséquent à une baisse considérable des pré-recruts et des recruts dans les années futures.

### 3. CROISSANCE

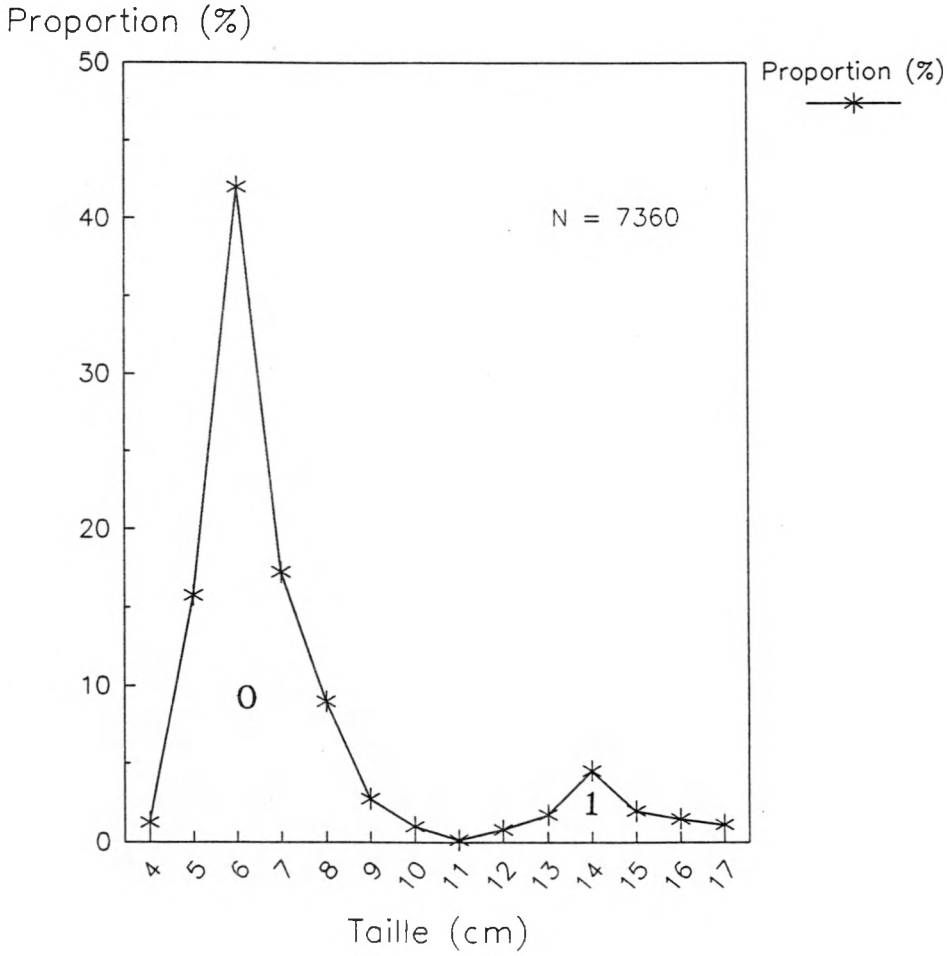
#### 3.1. Clé taille-âge

Etant donné qu'en pratique il est impossible de déterminer l'âge de tous les poissons capturés à bord des bateaux, on prend à chaque station et à partir de la taille 14 cm, deux individus de chaque classe de longueur dont on détermine l'âge par la lecture des otolithes.

744 et 751 spécimens ont été respectivement examinés lors des deux campagnes d'août 1987 et d'août 1988. Le tableau 19 illustre la composition (en %) de chaque classe de longueur (données combinées des deux campagnes).

Pour les tailles inférieures et suite à la difficulté de l'extraction des écailles et des otolithes et de leur lecture, on a eu recours à une analyse de la composition de taille des juvéniles pris à bord de l'O<sub>29</sub> lors des campagnes de septembre 1987 et 1988 sur les côtes belges, par la méthode de PETERSEN. Les résultats représentés par la figure 25 montrent:

Fig 25: Composition en longueur des juvéniles pris à bord de l'029 (août 1987).





### 3.2. Clé taille-sexe

Comme a été le cas pour la clé taille-âge, la détermination de la clé taille-sexe a été basée sur les données d'échantillonnage direct à bord du Belgica au cours des deux campagnes d'étude effectuées en août 1987 et en août 1988.

Dans l'intervalle de taille 11 et 29 cm, on a essayé plusieurs régressions possibles pour trouver la bonne corrélation entre la longueur et la proportion des femelles. La meilleure régression était une régression linéaire simple ( $Y = A + B \cdot X$ ), avec un coefficient de corrélation ( $R^2 = 0,97$ ). L'équation était la suivante :

$$Y = 0,031 + 0,031 \cdot X$$

Y = la proportion des femelles dans les captures

X = la longueur en cm.

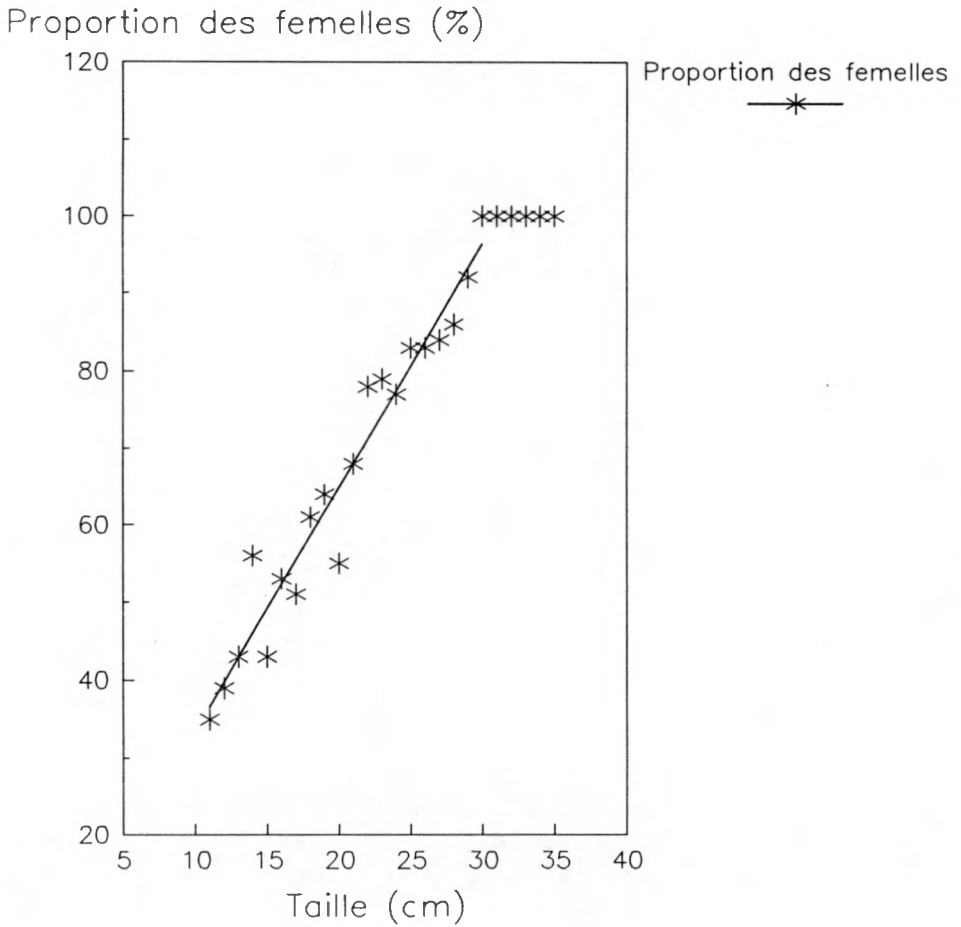
Le test de Student ( $t = R * (n-2)/(1-R^2)$ ) était de 16,33 avec  $K = n-2 = 17$  degrés de liberté. Comparant cette valeur à la valeur théorique sur les tables ( $t = 2,567$ ), on constate que la relation est hautement significative ( $t_{ob} > t_{th}$ ;  $\alpha = 0,01$ ).

On obtient donc une droite ascendante qui se transforme en palier vers les tailles plus grandes au niveau desquelles on assiste à une disparition complète des mâles (à partir de la longueur 30 cm) (Fig 26). Les jeunes présentent donc une majorité pour les mâles alors que les tailles plus grandes sont constituées principalement de femelles. Ce résultat a été également confirmé au niveau des captures commerciales et un tel phénomène ne peut être expliqué que par la différence de croissance entre les deux sexes.

Pour les individus dont la taille est inférieure ou égale à 10 cm, un échantillon de 1052 spécimens (toute la capture) a été examiné lors de la campagne de septembre 1988 effectuée à bord de l'O<sub>29</sub> au niveau des côtes belges. 579 individus étaient des mâles (soit 55% des captures) et 473 étaient des femelles (soit 45%).



**Fig 26: Variation du sex-ratio en fonction de la taille (campagnes août 1987 et 1988).**



N = 1281

R-carrée = 0.944

Cette clé taille-sexe, ainsi obtenue, a été utilisée afin de déterminer la composition suivant le sexe des captures des bateaux de recherche réalisées durant les quatre périodes de l'étude (août 1985, 1986, 1987 et 1988).

### 3.3. Croissance linéaire

#### 3.3.1. Courbes de croissance

Les observations réalisées lors d'embarquement sur le navire de recherche (Belgica) durant août 1987 et août 1988, nous ont permis de compléter la connaissance sur la croissance de la limande (Limanda limanda) en Mer du Nord. La lecture directe des pièces dures (otolithes) nous a amené donc à calculer les paramètres de croissance et à comparer les courbes obtenues pour les mâles et les femelles. La croissance linéaire a été ainsi étudiée à base des tailles moyennes par classe d'âge. En effet, des tableaux de correspondance taille moyenne-âge aussi bien pour les mâles que pour les femelles (tableaux 20 et 21). Les équations de croissance linéaire représentées graphiquement par les figures 27 et 28 ont été calculées à partir des couples âge-longueur de 450 femelles et de 294 mâles (août 1987), de 509 femelles et de 242 mâles (août 1988). Ces équations et les intervalles d'observation figurent dans les tableaux 22 et 23. Pour le calcul des paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY, on a utilisé un programme informatique "Fishparm" basé sur l'adaptation non linéaire de MARQUARDT (SAUL, CONRAD & MICHAEL, 1988). Pour mesurer la qualité d'ajustement des données, ce programme de régression calcule et minimise la somme des carrés des écarts. En général, plus cette somme est faible, plus l'ajustement est meilleur.

D'après les résultats trouvés, la différence entre les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY des limandes mâles et femelles est très marquée. Les intervalles de confiance de K et de  $L_{00}$  au seuil 0,95 obtenus pour la croissance de la limandes étaient les suivants :

**Tableau 20** : Tableau de correspondance taille moyenne - âge - poids élaboré pour les limandes capturées lors de la campagne d'août 1987 à bord du Belgica.

Age	Mâles			Femelles		
	n	L (cm)	P (g)	n	L (cm)	P (g)
0	9	$6,5 \pm 0,78$	$4 \pm 1$	21	$7,8 \pm 0,57$	$4 \pm 0,34$
1	91	$13,5 \pm 0,27$	$29 \pm 1$	82	$13,0 \pm 0,27$	$18 \pm 1$
2	118	$18,8 \pm 0,65$	$70 \pm 1$	189	$19,9 \pm 0,49$	$84 \pm 1$
3	29	$21,6 \pm 0,65$	$101 \pm 2$	61	$23,1 \pm 0,44$	$136 \pm 2$
4	23	$22,5 \pm 0,58$	$113 \pm 3$	40	$25,7 \pm 0,59$	$188 \pm 2$
5	13	$23,0 \pm 0,69$	$119 \pm 4$	17	$26,7 \pm 0,76$	$206 \pm 4$
6	11	$25,0 \pm 0,69$	$149 \pm 6$	19	$27,4 \pm 1,10$	$216 \pm 6$
7	-	-	-	14	$28,5 \pm 1,28$	$245 \pm 8$
8	-	-	-	7	$30,3 \pm 1,25$	$302 \pm 6$

**Tableau 21** : Tableau de correspondance taille moyenne - âge - poids élaboré pour les limandes capturées lors de la campagne d'août 1988 à bord du Belgica.

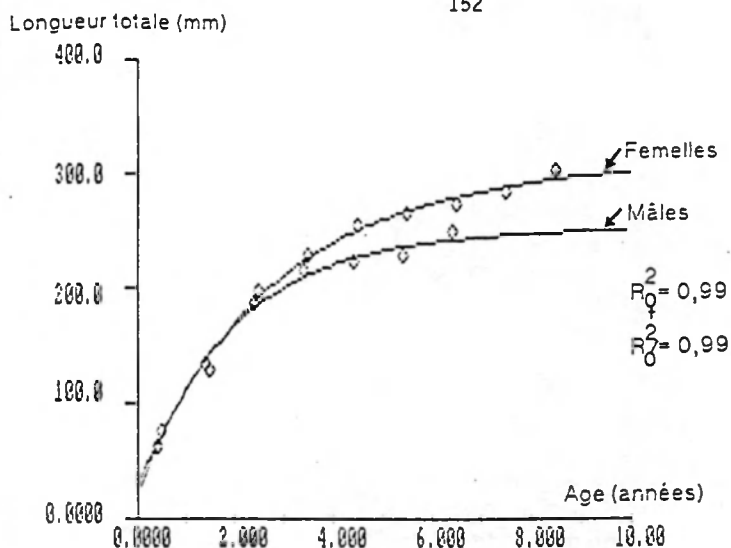
Age	Mâles			Femelles		
	n	L (cm)	P (g)	n	L (cm)	P (g)
0	17	$7,2 \pm 0,45$	$5 \pm 1$	13	$7,5 \pm 0,49$	$4 \pm 0,5$
1	32	$13,9 \pm 0,56$	$19 \pm 2$	58	$13,8 \pm 0,26$	$25 \pm 1$
2	93	$17,5 \pm 0,26$	$58 \pm 1$	140	$18,6 \pm 0,24$	$66 \pm 1$
3	40	$20,9 \pm 0,44$	$102 \pm 2$	117	$22,8 \pm 0,28$	$127 \pm 1$
4	29	$22,4 \pm 0,77$	$115 \pm 3$	94	$25,0 \pm 0,36$	$170 \pm 2$
5	18	$23,5 \pm 0,53$	$123 \pm 2$	44	$26,2 \pm 0,51$	$197 \pm 3$
6	13	$24,8 \pm 0,96$	$144 \pm 3$	22	$27,7 \pm 0,67$	$235 \pm 4$
7	-	-	-	12	$29,0 \pm 0,69$	$274 \pm 3$
8	-	-	-	9	$30,6 \pm 0,98$	$315 \pm 5$

**Tableau 22** : Equations de croissance linéaire (modèle de VON BERTALANFFY) et les intervalles des valeurs observées chez les limandes capturées lors de la campagne d'août 1987 à bord du Belgica.

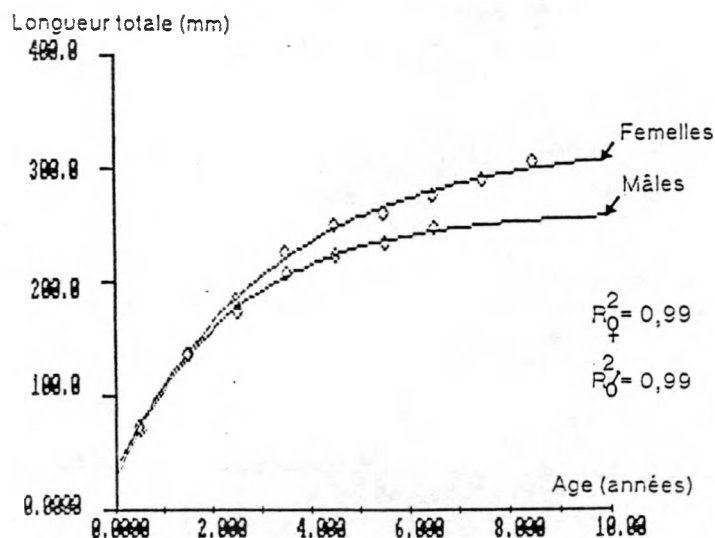
Femelles	Equation	$L_t = 31,1(1 - e^{-0,29(t+0,33)})$
	Intervalle d'âge	6 à 102 mois
	Intervalle de taille	7,8 cm à 30,3 cm
Mâles	Equation	$L_t = 25,2(1 - e^{-0,43(t+0,42)})$
	Intervalle d'âge	6 à 78 mois
	Intervalle de taille	6,5 cm à 25 cm

**Tableau 23** : Equations de croissance linéaire (modèle de VON BERTALANFFY) et les intervalles des valeurs observées chez les limandes capturées lors de la campagne d'août 1988 à bord du Belgica.

Femelles	Equation	$L_t = 32,2(1 - e^{-0,30(t+0,38)})$
	Intervalle d'âge	6 à 102 mois
	Intervalle de taille	7,5 à 30,6 cm
Mâles	Equation	$L_t = 26,2(1 - e^{-0,41(t+0,30)})$
	Intervalle d'âge	6 à 78 mois
	Intervalle de taille	7,2 à 24,8 cm



**FIG 27.** - Croissance en longueur (modèle de VON BERTALANFFY) des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1987).



**FIG 28.** - Croissance en longueur (modèle de VON BERTALANFFY) des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1988).

Pour les mâles

$K_1 = 0.43 \pm 0.04$	$L_{oo_1} = 25.2 \pm 0.7$	(août 1987)
$K_2 = 0.41 \pm 0.02$	$L_{oo_2} = 26.2 \pm 0.5$	(août 1988)

Pour les femelles

$K_1 = 0.29 \pm 0.02$	$L_{oo_1} = 31.1 \pm 1.0$	(août 1987)
$K_2 = 0.30 \pm 0.02$	$L_{oo_2} = 32.2 \pm 0.7$	(août 1988)

Ces intervalles de confiance sont donc relativement petits d'où la bonne adéquation de la méthode utilisée pour estimer ces deux paramètres.

Le mâle le plus âgé avait 6 ans, alors que la femelle la plus âgée avait 10 ans. A l'âge de 8 ans, la taille moyenne des femelles (30,5 cm) est proche de leur longueur asymptotique, alors que les mâles en sont proches dès l'âge de 6 ans. L'âge à la première maturité sexuelle correspondant à la longueur 19,3 cm est proche de 3 années.

L'examen des courbes de croissance linéaire pour les deux sexes montre qu'elles ont presque la même allure générale. Cependant, et pour les classes d'âge inférieures, on ne note pas de différence nette de croissance entre les deux sexes, mais c'est à partir de l'âge 3 que cette différence devient significative. Dans cet intervalle et au même âge, les femelles sont plus grandes que les mâles.

Comme a été démontré ultérieurement (dans la partie Problématique (p: 13), pour la limande, l'âge théorique maximal est d'environ 10 ans pour les femelles et de 7 ans pour les mâles. Cette théorie est donc vérifiée pour l'espèce. D'autre part, la longueur d'éclosion ( $L_h$ ) était de 3.5 cm pour les mâles et de 3.15 cm pour les femelles.

### 3.3.2. Comparaison avec d'autres résultats

Il existe dans la bibliographie sur la limande de la Mer du Nord peu de travaux réalisés sur la croissance en différentes zones. On examine dans ce paragraphe ceux de HANSJURGEN (1957) et ceux de CHRISTOPHER (1972). Les résultats obtenus par ce dernier sont les suivants:

Mâles :  $L_t = 20,67(1 - e^{-0,44(t-0,42)})$   
Mer du Nord (centrale)

Femelles :  $L_t = 30,40(1 - e^{-0,22(t-0,17)})$

Mâles :  $L_t = 24,08(1 - e^{-0,48(t-0,29)})$   
Mer du Nord (sud)

Femelles :  $L_t = 42,40(1 - e^{-0,18(t+0,29)})$

D'après la comparaison avec nos résultats, on constate que les limandes femelles issues du sud de la Mer du Nord ont une longueur moyenne par âge plus élevée que de celles issues de l'ouest de la Mer du Nord et plus élevée encore que celles des femelles capturées en Mer du Nord centrale. Pour les mâles, les résultats de croissance de la partie sud et ouest sont assez proches et sont relativement différents de ceux de la Mer du Nord centrale.

HANSJURGEN (1957) a montré que, comparé à d'autres espèces de poissons plats, le taux de croissance de la limande était faible. Il a signalé également que les différences régionales de croissance en Mer du Nord étaient réduites. La longueur moyenne minimale de 20 cm n'est jamais atteinte avant la quatrième année de vie de l'espèce et très souvent vers la cinquième année chez les femelles. Les mâles atteindront cette longueur uniquement à l'âge de 6 ou 7 ans et dans quelques cas même plus tardivement à la huitième année de leur vie.

Il n'existe donc pas un accord général sur les résultats obtenus par HANSJURGEN, ce fait pourrait être dû fondamentalement à deux causes : ou bien il existe de grandes différences géographiques et temporelles en relation avec la croissance de la limande, ou bien, ce qui nous paraît plus probable, une partie de cette variabilité naît de l'application et de l'interprétation des méthodes utilisées.

On met également en relief, le travail de DENIEL & TASSEL (1985) effectué sur des échantillons recueillis en Manche orientale et en Baie de Douarnenez (tableau 24). On constate une nette différence de croissance en longueur. Pour la Baie de Douarnenez, aussi bien que pour nos résultats, la différence de  $L_{00}$  entre les sexes est de l'ordre de 10 cm, alors qu'en Manche orientale, elle n'est que de 3 cm (pour les mâles). En effet, plus on descend vers le sud, plus la croissance est plus forte pour les deux sexes. L'influence des facteurs écologiques, surtout la température semble marquer la croissance de l'espèce.

### 3.4. Croissance pondérale

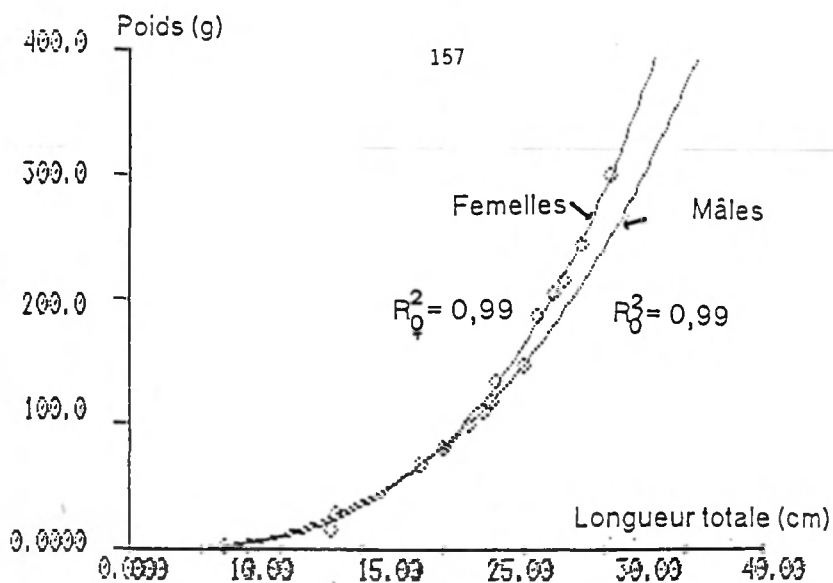
Pour calculer les coefficients a et b de la relation taille - poids, on a utilisé la méthode de régression par les moindres carrées entre le logarithme népérien de la taille et celui du poids. Les valeurs de ces deux coefficients pour les deux sexes, déduites à partir des données des deux campagnes d'étude, se trouvent dans le tableau 25 et les deux relations taille - poids sont également représentées par les figures 29 et 30.

Les coefficients a et b de cette relation ( $W = aL^b$ ) sont différents selon le sexe, mais relativement peu différents selon les périodes d'étude et à l'intérieur du même sexe. La croissance pondérale des limandes n'est pas isométrique, elle est allométrique négative chez les mâles et allométrique positive chez les femelles.

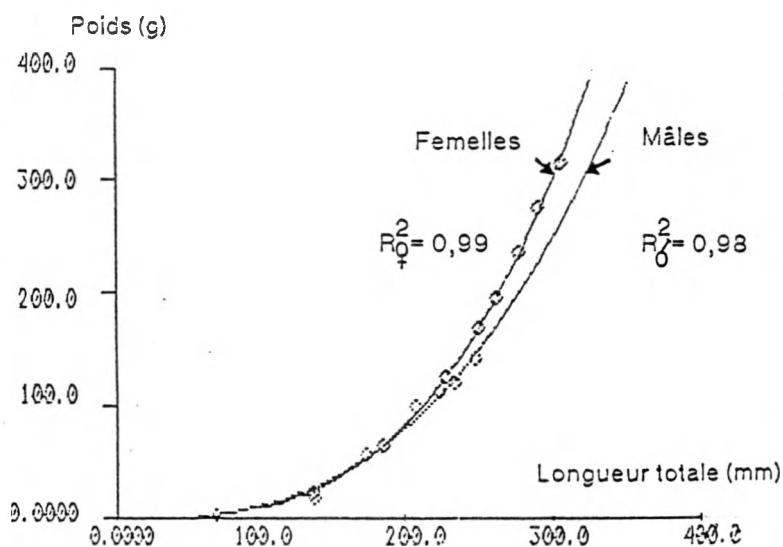


**Tableau 24** : Résultats de la croissance linéaire de la limande  
(modèle de VON BERTALANFFY) trouvés par DENIEL &  
TASSEL (1985).

Manche orientale		
	Equation	$L_t = 31,6(1 - e^{-0,50(t-0,26)})$
Femelles	Intervalle d'âge	6 à 85 mois
	Intervalle de taille	10,0 à 37 cm
	Equation	$L_t = 29,0(1 - e^{-0,61(t+0,33)})$
Mâles	Intervalle d'âge	6 à 85 mois
	Intervalle de taille	16,0 à 32 cm
Baie de Douarnenez		
	Equation	$L_t = 41,8(1 - e^{-0,54(t-0,24)})$
Femelles	Intervalle d'âge	6 à 85 mois
	Intervalle de taille	6,5 à 43,5 cm
	Equation	$L_t = 36,1(1 - e^{-0,63(t-0,29)})$
Mâles	Intervalle d'âge	7 à 74 mois
	Intervalle de taille	7,5 à 39,5 cm



**FIG 29.** - Relation taille - poids des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1987).



**FIG 30.** - Relation taille - poids des limandes mâles et femelles capturées à bord du Belgica (campagne août 1988).

**Tableau 25** : Les valeurs des coefficients a et b de la relation taille - poids obtenues pendant les deux périodes d'étude (août 1987 et août 1988).

Sexe	Mâles		Femelles	
Campagne d'étude	1987	1988	1987	1988
a	$2,90 \cdot 10^{-2}$	$2,19 \cdot 10^{-2}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$7,43 \cdot 10^{-3}$
b	2,65	2,75	3,01	3,12
R	0,99	0,99	0,99	0,99
$W_{00}$	152 g	174 g	328 g	377 g

DENIEL & TASSEL (1985) ont trouvé les valeurs suivantes :

	<u>Mâles</u>		<u>Femelles</u>	
	a	b	a	b
Baie de Douarnenez	$7,75 \cdot 10^{-3}$	3,10	$5,83 \cdot 10^{-3}$	3,21
Manche orientale	$17,06 \cdot 10^{-3}$	2,90	$8,68 \cdot 10^{-3}$	3,17

Pour les femelles, nos résultats sont proches de ceux obtenus par les chercheurs français. Alors que pour les mâles, on remarque une différence surtout en ce qui concerne l'exposant "b" de l'équation.

D'autre part, on constate que les femelles ont une valeur asymptotique moyenne ( $W_{00} = 353$  g) largement supérieure à celle des mâles ( $W_{00} = 163$  g). Il est donc préférable, pour le calcul du rendement par recrue de l'espèce, de traiter les deux sexes séparément. L'équation s'écrit de la façon suivante:

$$Y = FRW_{00} \sum_{n=1}^N \frac{e^{-nK(tc-t_0)}}{F + M + nK}$$

Les figures 31 et 32 illustrent l'évolution du poids moyen de la limande (mâles et femelles) en fonction de l'âge et pendant les deux périodes. On constate que le poids augmente avec l'âge jusqu'à un seuil maximal au-delà duquel les individus ne peuvent plus croître, c'est la valeur théorique ( $W_{00}$ ) de VON BERTALANFFY. A partir de l'âge 3, on remarque une différence significative de croissance pondérale entre les deux sexes. Comme c'est le cas pour la croissance linéaire, les mâles montrent des poids relativement faibles et une évolution de croissance lente pendant que les femelles présentent une croissance pondérale plus élevée.

#### 4. Répartition et abondance moyenne

Les abondances moyennes sont représentées sur des cartes (annexe 2). Les cartes 1 à 4 montrent une abondance totale moyenne, les cartes 5 à 20 montrent une abondance moyenne des limandes suivant le sexe et le stade de maturité alors que les cartes 21 à 36 illustrent une abondance moyenne de l'espèce par classe d'âge. Il est à signaler que ces résultats ne sont que des estimations de l'abondance et de la répartition réelles de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord.

##### 4.1. Abondance et répartition totales moyennes

Comme le montre la représentation cartographique (cartes 1 à 4), la limande est une espèce très abondante dans la partie sud de la Mer du Nord. Elle y est présente dans une grande partie avec de rares zones de faibles concentrations. Ces dernières se situent dans la région sud-ouest et dans quelques rectangles statistiques de la zone centrale. Les densités sont remarquablement assez fortes dans les zones peu profondes (German Bight et Dogger Bank). Par ailleurs, cette cartographie des répartitions d'abondance des limandes semble peu varier d'une année à l'autre.

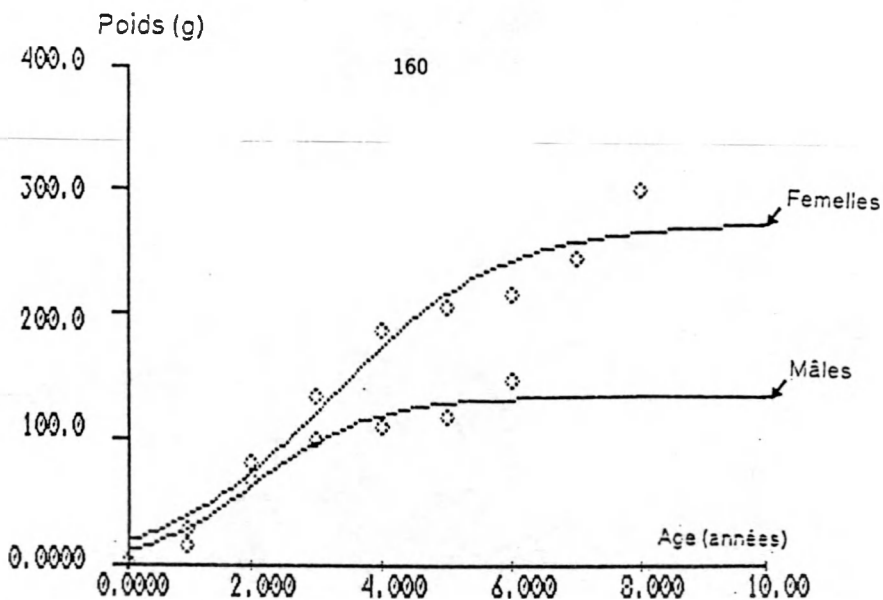


Fig. 31.- Croissance pondérale des limandes mâles et femelles (août 1987).

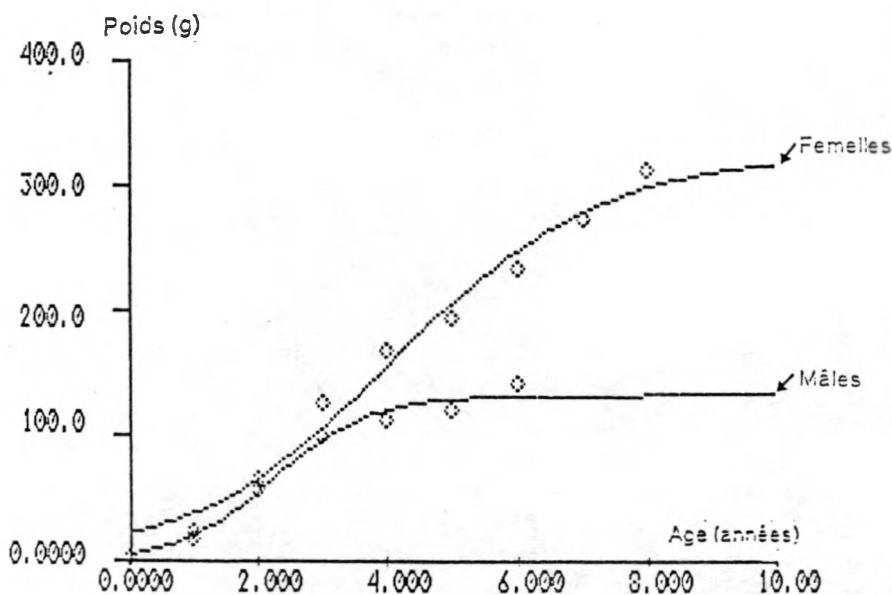


Fig. 32.- Croissance pondérale des limandes mâles et femelles (août 1988).

#### 4.2. Abondance et répartition suivant le sexe et la maturité sexuelle

##### 4.2.1. Femelles non mûtures (cartes 5 à 8)

Pour les limandes femelles non mûtures, et durant les années 1985, 1986 et 1987, il y a deux zones de concentration : la zone côtière-est et la zone centrale-ouest. Elles occupent ces zones avec des densités dépassant de loin les 1.000 individus par heure de pêche. Ces densités étaient plus fortes pendant l'année 1987. Dans le reste de la zone d'étude (exception faite de la zone sud-ouest où l'abondance est très faible), la répartition est presque la même. La période d'août 1988 a été caractérisée également par une forte densité des limandes femelles non mûtures dans la zone côtière-est, mais surtout au niveau des côtes sud-est.

##### 4.2.2. Mâles non mûtures (cartes 9 à 12)

Dans la période d'août 1985, les mâles non mûtures présentent une concentration assez dense dans la zone côtière-est. A l'exception de la zone sud-ouest où l'abondance est faible, ils se répartissent presque uniformément. L'année 1986 se caractérise par un groupement de ces individus sur les côtes est, alors que de part et d'autre de cette zone, la densité des mâles non mûtures paraissait faible et même nulle dans certains rectangles statistiques. Pour l'année 1987, on retient la même remarque que pour les deux précédentes années concernant la densité forte dans la région côtière-est, ainsi que pour la faible densité dans la région sud-ouest. D'autre part, dans les autres régions, l'abondance est variable. Cependant, durant cette année, les individus mâles non mûtures sont également concentrés dans la zone centrale-ouest. En août 1988, les résultats obtenus concernant ces individus sont comparables à celles des limandes femelles non mûtures durant la même période.

D'une façon générale, et suite à des résultats obtenus sur quatre périodes d'années, on peut dire que les mâles non mûtures se

concentrent essentiellement dans la zone côtière-est. La répartition est presque la même au cours des quatre périodes, avec une abondance plus forte en 1987 et en 1988.

Si on procède à une comparaison des abondances des mâles et des femelles non mûres durant ces quatre dernières années, on constate une légère augmentation pour les femelles. Ceci peut être expliqué par le fait que la taille à la première maturité sexuelle est plus élevée chez les femelles que chez les mâles. Citons encore, qu'à ce stade, l'espèce occupe presque les mêmes aires de répartition. On ne peut pas donc affirmer l'existence de zones privilégiées pour les mâles ou pour les femelles.

#### 4.2.3. Femelles mûres (cartes 13 à 16)

En 1985, la densité des limandes femelles mûres est faible dans presque toute la zone d'étude, avec des abondances plus ou moins élevées dans quelques rectangles statistiques. Leur répartition est presque uniforme et dans environ le 1/6 des cas leur densité est inférieure à 100 individus par heure de pêche. Comparée à l'abondance de l'espèce à ce stade de maturité observée en 1985, celle de 1986 était moins forte; avec des densités élevées dans deux rectangles statistiques situés dans la région ouest (38F1 et 40E9). Au cours de l'année 1987, les captures par heure de pêche sont relativement plus élevées que celles obtenues pendant les deux autres années, avec une concentration plus nette des femelles mûres dans la zone centrale. Par ailleurs, les densités enregistrées en août 1988 sont faibles. A part le rectangle statistique 38F7, les captures n'ont jamais dépassé le seuil de 100 individus par heure de pêche.

Généralement, les femelles mûres présentent une densité faible et se répartissent, à part quelques exceptions, uniformément sur toute l'aire étudiée. Cette faible densité peut être expliquée par le phénomène de mortalité que se soit naturelle ou par pêche.

#### 4.2.4. Mâles matures (cartes 17 à 20)

Durant août 1985, les captures étaient faibles et même absentes dans les zones côtières, avec cependant une densité moyenne dans la partie est de la Mer du Nord et une autre irrégulière dans la zone centrale. Notons également la forte densité enregistrée dans les rectangles statistiques 39F3 et 40E9 qui peut atteindre 2.000 individus par heure de pêche. La période de l'année 1986 est caractérisée par une abondance moyenne dans la zone est et une plus élevée dans quelques rectangles de la zone ouest. De part et d'autre de ces deux zones, la densité est faible avec une répartition irrégulière. D'autre part, en 1987, on distingue une concentration plus forte dans la région est et la région centrale. D'autant plus, et comme pour l'autre stade de maturité, le total d'individus capturés est nettement plus important durant la période de cette année.

Enfin, en août 1988, on a enregistré une densité oscillant entre 100 et 500 individus par heure de pêche dans la région est de la Mer du Nord.

En conclusion, les mâles matures se répartissent presque d'une façon uniforme sur l'aire étudiée avec parfois des zones de concentrations plus ou moins fortes dans certains rectangles statistiques. Ils ont tendance à quitter les régions côtières pour occuper le large pendant cette période de l'année.

#### 4.3. Abondance et répartition suivant l'âge

##### 4.3.1. Classes d'âge 0 et 1 (cartes 21 à 24)

Les résultats obtenus en 1985 (carte 21) montrent une abondance remarquable de ces deux classes d'âge au niveau de la zone côtière-est. On remarque également une abondance moyenne, oscillant entre 1.000 et 500 individus, dans la région centrale alors que la région sud-ouest reste toujours de faible densité. Au cours de l'année 1986, on constate une forte concentration dans la



région est. Dans la région centrale, la densité est faible. Pour l'année 1987, les abondances sont élevées dans la région est (German Bight), la région centrale (Dogger Bank) et dans quelques rectangles de la région sud (32F3, 35F3 et 36F3), alors que dans les autres stations, la répartition est irrégulière avec la présence de points de concentration moyenne et faible. En 1988, les résultats d'abondance et de répartition étaient presque semblables à ceux obtenus en 1987 dans la zone commune d'investigation, sauf que pendant cette année, les individus étaient plus nombreux surtout dans la zone côtière sud-est.

Ces deux classes d'âge sont bien représentées dans les captures avec un pourcentage moyen d'environ 40% des prises totales. Leur concentration est assez importante au niveau du Dogger Bank et du German Bight, caractérisées par leur faible profondeur. Les résultats obtenus au niveau des rectangles 37F8, 38F8 et 39F8 en 1985 ainsi qu'au niveau des rectangles 32F3, 33F4 et 34F4 en 1988, montrent que ces deux classes d'âge et surtout la classe d'âge 0 préfèrent les zones côtières où la salinité est faible ( $S \leq 31\text{‰}$ ).

#### 4.3.2. Classes d'âge 2 et 3 (cartes 25 à 28)

Comme pour les classes d'âge 0 et 1, les individus des classes d'âge 2 et 3 sont nombreux dans les captures. Leur répartition ainsi que leur abondance sont différentes d'une année à l'autre. Les zones de fortes densités communes sont les zones centrales et ouest. De plus, elles sont présentes sur presque toute l'aire de répartition avec des concentrations parfois élevées et parfois faibles.

En 1985, l'abondance est assez importante dans la région centrale-ouest. De plus, et par comparaison avec la répartition des classes d'âge 0 et 1 de la même année (carte 21), on constate une migration nette des classes d'âge 2 et 3 des zones côtières vers les zones du large.

En 1986, la région ouest présente quelques zones de concentration élevée (37F1, 38F1 et 40E9) (carte 26). En outre, et contrairement aux classes d'âge 0 et 1, les classes d'âge 2 et 3 ne sont pas très abondantes dans la région est.

Par ailleurs, durant la période d'août 1987, les individus de ces deux groupes d'âge étaient plus nombreux que de ceux des deux années précédentes, avec des groupements remarquables dans la zone est et centrale. En 1988, la concentration était importante dans la région est et dans deux rectangles statistiques de la zone sud-est (36F3 et 36F4).

La suivie de la répartition et de l'abondance des classes d'âge 2 et 3 pendant ces quatre années d'étude, montre donc que ces dernières n'ont pas une zone de concentration particulière pendant cette période de l'année (août).

#### 4.3.3. Classes d'âge 4 et 5 (cartes 29 à 32)

Pour les classes d'âge 4 et 5, les densités sont faibles. A l'exception de quelques rectangles statistiques situés particulièrement dans la région centrale (en 1987, carte 31) où la densité oscille entre 100 et 500 individus capturés par heure de pêche, cette dernière est en général inférieure à 100 individus capturés par heure de pêche. De plus, la répartition de ces deux classes d'âge reste presque homogène au cours des quatre années d'investigation.

Il convient donc de dire que les classes d'âge 4 et 5, et pendant la période d'août, se répartissent presque uniformément sur toute l'aire étudiée. La délimitation des zones privilégiées de concentration est difficile.

#### 4.3.4. Classes d'âge 6<sup>+</sup> (cartes 33 à 36)

Cette classe d'âge regroupe tous les individus ayant un âge supérieur ou égal à 6 ans. Ces derniers capturés au niveau de

toutes les stations d'échantillonnage, forment un pourcentage assez faible par rapport à la prise totale (moins de 5%).

#### 4.4. Variation de l'abondance avec la profondeur

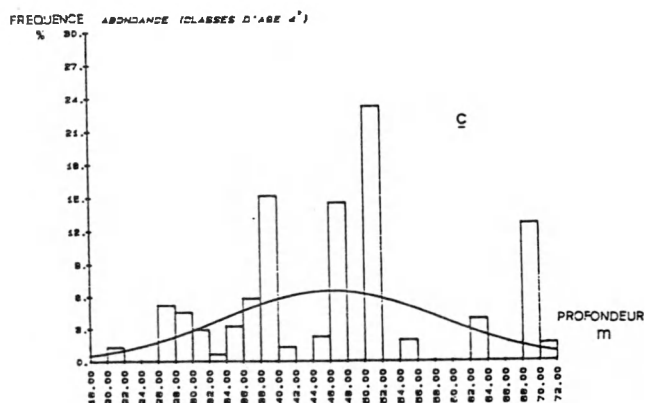
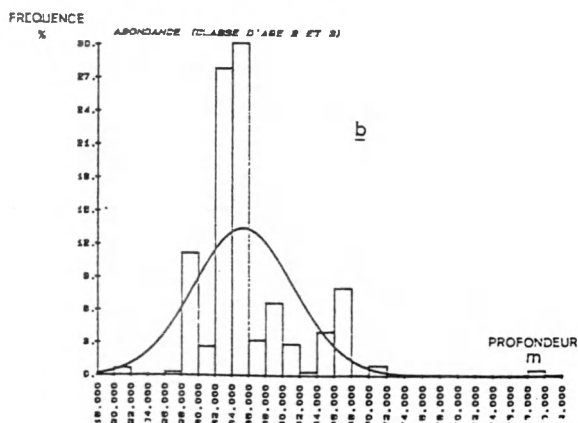
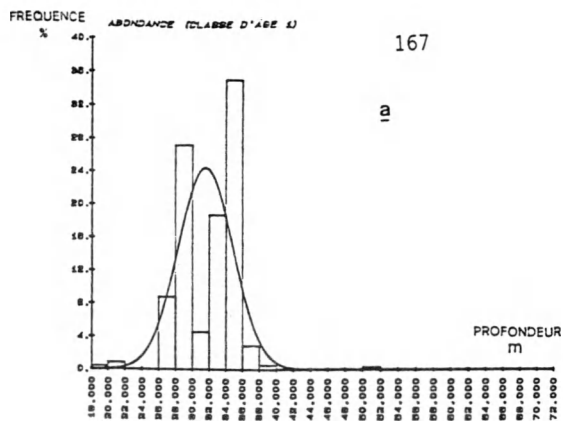
Comme tous les poissons plats, la limande est une espèce benthique vivant en contact direct avec le fond marin. Elle peut effectuer des migrations surtout horizontales.

Rares sont les publications qui se sont intéressées au comportement de la limande et particulièrement à sa migration. Cependant, DE CLERCK en 1979 a montré, au niveau des côtes belges et par la méthode de marquage, que les individus mûres peuvent effectuer une migration maximale de 80 miles dans la direction nord-est. Cette migration commence vers le second semestre de l'année. Une autre fraction minime se trouvait dans la Manche orientale. Pendant le printemps suivant, un retour vers les lieux de libération se manifeste.

On examine dans cette étude la relation existant entre la densité de cette espèce et certains facteurs, essentiellement la profondeur. En effet, l'aspect temporaire des campagnes de recherche fait qu'une étude de la variation de l'abondance de la limande en fonction soit de la température soit de la salinité reste difficile. Au mois d'août, la salinité reste presque constante au niveau de toutes les stations fréquentées, alors que la température de fond varie en maximum de 4°C.

La profondeur, la température et la salinité ont été déterminées respectivement par un écho-sondeur, un thermomètre et un salinomètre. Le tout est relié à un programme informatisé. Les données qui serviront à cette étude sont collectées à bord du Belgica lors des deux campagnes d'août 1987 et d'août 1988 au niveau de 35 stations.

Les résultats de la variation de l'abondance de la limande avec la profondeur sont représentés par la figure 33 (a, b et c).



**FIG 33.** - Diagrammes représentatifs des captures des limandes (en fréquence par heure de pêche) à différentes profondeurs (campagnes août 1987 et août 1988).

Ces résultats montrent qu'il existe une certaine relation entre la densité de l'espèce par classe d'âge et le facteur bathymétrie. On constate, en effet, qu'il y a une tendance de migration des individus plus âgés vers des profondeurs plus importantes.

Tout d'abord, pour la classe d'âge 1, les résultats (fig 33a) indiquent qu'elle se rencontre essentiellement entre 26 et 38 mètres, le mode de leur distribution correspond à une profondeur moyenne de 35 mètres. Au delà de 40 mètres, on signale une absence presque complète de spécimens de cette classe d'âge. Le coefficient de FISHER calculé ( $g_1 = 0,13$ ), qui permet de caractériser le degré de symétrie de la distribution par rapport à la profondeur moyenne, est supérieur à la valeur critique ( $gc_1 = 0,11$ ) (pour  $\alpha = 0,01$ ). On assiste donc à une distribution asymétrique gauche de cette classe d'âge.

D'autre part, si on examine la distribution des individus un peu plus âgés (classes d'âge 2 et 3) (fig 33b), on remarque une certaine différence surtout au niveau de l'applatissage de la distribution. En effet, le deuxième coefficient de FISHER ( $g_2 = 6,29$ ) qui reflète le degré d'applatissage est supérieur à celui trouvé pour la classe d'âge 1 ( $g_2 = 4,6$ ). D'autant plus qu'on peut les rencontrer jusqu'à une profondeur de 52 mètres.

Enfin, pour les spécimens constituant la classe d'âge 4+ (fig 33c), leur distribution est plus étalée, le mode se situe à une profondeur moyenne de 50 mètres. De plus, on rencontre une fréquence relativement importante vers 70 mètres ce qui n'est pas le cas pour les classes d'âge précédentes.

Par ailleurs, certains travaux de recherche ont fait l'objet de ce sujet. HANSJURGEN (1957), RAE (1970), CREUTZBERG et FONDS (1971) ont indiqué qu'en hiver, la limande se trouvait entre 20 et 60 mètres; alors qu'en été, elle montait légèrement vers les profondeurs plus faibles. TASSEL, DESMARCHILIER et COPPIN (1985) ont montré également qu'en hiver, la distribution des limandes semblait dépendre essentiellement de la profondeur. De plus,

CHRISTOPHER (1972) a estimé que l'abondance de cette espèce est le double pendant le deuxième semestre de l'année (juillet - décembre) de celle pendant le premier semestre (janvier - juin).

#### 4.5. Habitudes alimentaires de la limande

Au cours des campagnes d'août et de septembre de 1987, des recherches sur les habitudes alimentaires de la limande ont été réalisées par DECLERK et TORRELLE (1988). Les résultats obtenus confirment ceux trouvés par d'autres chercheurs surtout en ce qui concerne le caractère polyphage de l'espèce. L'analyse du contenu stomacal a montré l'existence d'une grande variété de proies (plus de 30 espèces). Par importance décroissante, il y a Cumacea (29,2%); Amphipoda (27,27%) et Ophiura albida (11,88%). Les résultats indiquent également une certaine relation entre la taille du prédateur et la taille de la proie. Des différences dans la sélection de la proie se produisent suivant la profondeur. La limande de la zone côtière se nourrit principalement de polychètes; les crustacés dominent le régime alimentaire pour les profondeurs entre 20 et 50 mètres et les échinodermes constituent la nourriture la plus importante pour les profondeurs de plus de 50 mètres. De plus, des différences dans le contenu stomacal se manifestent au cours de la journée.

#### 5. COEFFICIENT DE MORTALITE TOTALE (Z)

Cette étude a entre autre l'objectif de calculer le taux de mortalité totale par groupe d'âge dans quatre zones de pêche différentes et pendant trois périodes de temps successives (1985/1986, 1986/1987 et 1987/1988). Il est à noter que pendant l'année 1988, le nombre de traits était insuffisant pour le calcul du coefficient de mortalité dans deux zones (zone Ia et zone II).

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau 26; on s'intéresse pour leur interprétation à chaque zone séparément.

**Tableau 26** : Résultats des calculs du coefficient de mortalité totale (Z) dans les des quatre zones d'étude pour les trois périodes 1985/1986, 1986/1987 et 1987/1988).

Age	Zone Ia					Zone Ib						
	N85	Z85/86	N86	Z86/87	N87	N85	Z85/86	N86	Z86/87	N87	Z87/88	N88
0	106	-	570	-	1070	216	-	626	-	1028	-	1118
1	5110	-3,58	3809	-2,31	5730	2062	-3,08	4702	-2,08	5041	-2,01	7710
2	3905	-0,32	7067	0,03	3708	1224	0,23	1632	0,67	2405	0,66	2600
3	1066	1,23	1141	0,98	2663	256	1,27	344	1,41	400	1,79	402
4	482	0,79	482	0,85	488	104	0,79	116	0,57	195	0,88	166
5	144	0,47	302	0,77	222	18	0,69	52	0,64	61	0,69	98
6+	79	0,42	95	0,66	155	13	0,41	12	0,42	34	0,35	43

Age	Zone II					Zone III						
	N85	Z85/86	N86	Z86/87	N87	N85	Z85/86	N86	Z86/87	N87	Z87/88	N88
0	818	-	804	-	1214	2248	-	9306	-	7600	-	12042
1	4240	-1,67	4354	-1,94	5573	9086	-2,18	19926	-1,09	27669	-2,05	58547
2	5529	0,06	3978	-0,30	5871	5600	-0,10	10050	-0,02	20258	0,27	21070
3	586	1,32	1474	1,37	1008	960	1,48	1279	1,47	2322	1,63	3988
4	189	0,96	224	0,80	665	404	0,92	384	0,63	683	0,86	986
5	33	0,58	106	0,67	114	82	0,80	181	0,39	260	0,74	326
6+	21	0,45	21	0,36	74	36	0,58	46	0,34	129	0,54	152

### 5.1. Zone Ia

Les calculs du coefficient de mortalité totale (Z) dans cette zone ont montré que ce dernier oscille entre 1,23 (groupe d'âge 2-3, période 85/86) et 0,42 (groupe d'âge 5-6 de la même période). Pendant la première période (1985/1986), la variance de (Z) était relativement importante ( $S = 0,139$ ) alors que pendant la deuxième période (1986/1987),  $S$  n'était que 0,018; en outre, les coefficients de mortalité étaient assez proches.

### 5.2. Zone Ib

D'après les résultats indiqués dans le tableau 26, on constate que la réduction de l'effectif du groupe d'âge 2-3 pendant la période 1987/1988 était importante, avec un coefficient de mortalité totale égal à 1,79. En outre, lors de cette même période, pour les deux groupes d'âge 2-3 et 3-4, les coefficients de mortalité étaient plus élevés que ceux obtenus pendant les autres périodes (1985/1986 et 1986/1987). Par ailleurs, la mortalité affectant le groupe d'âge 4-5 reste presque constante au cours des trois périodes. Il était respectivement pendant 1985/1986, 1986/1987 et 1987/1988 de 0,69 ; 0,64 et 0,69. Pour le groupe d'âge

5-6<sup>+</sup>, le coefficient de mortalité totale était légèrement moins élevé pendant la période 1987/1988 : il a été estimé à 0,35.

En général donc, le coefficient (Z) se situe entre 1,79 (groupe d'âge 2-3, période 1987/1988) et 0,35 (groupe d'âge 5-6, période 1987/1988). Il était en moyenne pour les groupes d'âge étudiés (2-3, 3-4, 4-5 et 5-6) de (1,49; 0,75; 0,67 et 0,39).

### 5.3. Zone II

Dans cette zone, et pour les groupes d'âge 3-4 et 5-6<sup>+</sup>, la mortalité a été plus élevée pendant 1985/1986 que pendant 1986/1987. Pour les deux autres groupes d'âge (2-3 et 4-5), c'est le cas inverse qui se manifeste, leurs effectifs respectifs étant plus réduits au cours de la deuxième période de l'étude.

A l'exception du groupe d'âge 2-3 où (Z) varie faiblement entre les deux périodes, les différences du taux de mortalité à l'intérieur du même groupe d'âge ont été relativement importantes.

### 5.4. Zone III

Pour la zone III, on signale principalement la valeur élevée du coefficient de mortalité totale du groupe d'âge 2-3 pendant la période 1987/1988 qui était de l'ordre de 1,63. De plus, pour les autres groupes d'âge, les valeurs obtenues pendant la période 1985/1986 sont plus élevées que celles obtenues pendant la période 1987/1988, plus élevées encore que celles de 1986/1987. Ces dernières sont remarquablement inférieures aux valeurs estimées durant la première et la troisième périodes de l'étude.

Il est à noter que l'examen du tableau 26, montre des valeurs négatives du coefficient de mortalité pour les groupes d'âge 0-1 et 1-2. Ces résultats n'ont aucune signification réelle et ils ne peuvent être expliqués que par une sous-estimation des effectifs de ces deux groupes d'âge.



En effet, comme il a été expliqué dans le paragraphe "répartition et abondance", la classe d'âge 0 se rencontre essentiellement dans la zone côtière, donc sa densité est très faible dans les zones de chalutage. En outre, certains individus de la classe d'âge 1 peuvent s'échapper à travers les mailles de la poche, donc l'efficacité de cet engin n'est pas à 100% pour cette classe d'âge, d'où résulte une sous-estimation de son effectif (par zone). Cette hypothèse a été confirmée par une erreur d'échantillonnage importante (30 à 50 %).

Par ailleurs, on note une réduction du stock de limande dans la période couverte par nos investigations. Cette réduction devient très forte à partir du groupe d'âge 2-3. En effet, le coefficient de mortalité décroît quand l'âge augmente, les groupes d'âge inférieurs subissent, en général, une réduction plus poussée que les individus plus âgés.

Cette chute du groupe d'âge 2-3 serait à expliquer, entre autre, par l'utilisation d'un faible maillage effectif par certains pêcheurs (les individus recrutés sont donc soumis à une forte intensité par pêche) et aussi à une mortalité naturelle relativement élevée. Cette dernière hypothèse a été vérifiée pour une autre espèce de poissons plats (Pleuronectes platessa) voisine de la limande; en effet, CUSHING (1975) a montré que les classes d'âge inférieures sont affectées par une mortalité naturelle plus prononcée, liée surtout au phénomène de prédation.

A l'intérieur du même groupe d'âge et à part quelques rares exceptions, on n'a pas signalé des différences significatives du coefficient de mortalité totale (Z). Les résultats du calcul des intervalles de confiance (au seuil 95%), pour les différents groupes d'âge étaient les suivants :

groupe d'âge 2-3 :  $Z = 1,395 \pm 0,130$   
 groupe d'âge 3-4 :  $Z = 0,805 \pm 0,075$   
 groupe d'âge 4-5 :  $Z = 0,670 \pm 0,065$   
 groupe d'âge 5-6<sup>+</sup> :  $Z = 0,430 \pm 0,050$

### 5.5. Calcul d'une mortalité totale globale

#### 5.5.1. Calcul d'une mortalité totale moyenne (Z)

Pour donner une première estimation de la mortalité totale du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord, on a calculé dans un premier cas une mortalité totale moyenne regroupant toutes les mortalités par groupe d'âge (à partir du groupe d'âge 2-3) au niveau des quatre zones et durant toute la période d'étude. Les résultats obtenus nous ont fourni une valeur moyenne :  $Z = 0,82 \pm 0,11$ .

L'intervalle de confiance estimé à un degré de confiance ( $1-\alpha = 0,95$ ) est donc relativement important. Ainsi, malgré le nombre élevé de coefficients de mortalité par groupe d'âge ( $n = 40$ ), l'erreur commise en effectuant ce genre de calcul est de l'ordre de 13%. La valeur obtenue de (Z) est biaisée et ceci provient du fait qu'il existe des différences de mortalité surtout entre les groupes d'âge.

Une seule estimation combinée n'est donc valable que s'il n'y a pas de différences systématiques dans la mortalité en fonction de l'âge ou en fonction du temps au cours des périodes considérées. Ces différences peuvent être facilement décelées à l'aide d'un tableau comme le tableau 27, soit par examen des moyennes des rangées et des colonnes soit de façon plus rigoureuse, par épreuve statistique telle que l'analyse de la variance. Le test  $F_{\text{obs}} = 79,4$  est largement supérieur à  $F_{\text{th}} = 4,41$ , pour  $\alpha = 0,01$ ; on rejette donc l'hypothèse ( $H_0 : Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4$ ).

**Tableau 27** : Calcul d'une mortalité totale moyenne pour différentes paires d'années et de groupes d'âge.

Groupe d'âge Période, zone	2-3	3-4	4-5	5-6 <sup>†</sup>	Moyenne
1985/86, Ia	1,23	0,79	0,47	0,42	0,73
1986/87, Ia	0,98	0,85	0,77	0,66	0,82
1985/86, Ib	1,27	0,79	0,69	0,41	0,79
1986/87, Ib	1,41	0,57	0,64	0,42	0,76
1987/88, Ib	1,79	0,88	0,69	0,35	0,93
1985/86, II	1,32	0,96	0,58	0,45	0,83
1986/87, II	1,37	0,80	0,67	0,36	0,80
1985/86, III	1,48	0,92	0,80	0,58	0,94
1986/87, III	1,47	0,63	0,39	0,34	0,71
1987/88, III	1,63	0,86	0,74	0,54	0,94
Moyenne	1,395	0,805	0,640	0,450	0,820

### 5.5.2. Courbes des prises

Après l'analyse et le traitement des données obtenues durant la période de l'étude, on a obtenu une équation globale donnant une mortalité totale du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Cette équation était la suivante:

$$\log(N_t) = 8,61 - 1,12t$$

avec un coefficient de corrélation  $r^2 = 0,97$

Le coefficient (Z) a été donc estimé à  $Z_1 = 1,12$ . Cette valeur ne concernent que les individus dont l'âge est supérieur à deux années.

### 5.5.3. Diminution des effectifs

Une autre méthode courante d'estimation de la mortalité entre années successives consiste à prendre la diminution des effectifs

totaux de toutes les classes d'âge pleinement exploitées par exemple dans le tableau 24, le rapport des 2 et 3. Cela revient en fait à pondérer les estimations de la taille par le nombre de poissons à chaque âge. Les résultats obtenus, en utilisant cette méthode, au cours de la période couvrant nos études, ont fourni une valeur moyenne du coefficient de mortalité totale du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord équivalente à  $Z_2 = 1,14$ . Comme pour la méthode précédente, cette valeur concerne uniquement les individus âgés de deux ans et plus.

Ces deux méthodes de calcul de la mortalité totale globale (courbe des captures et diminution des effectifs) donnent presque le même résultat. La différence entre les valeurs recueillies pour les deux méthodes est donc négligeable (environ 2%).

Ainsi, la valeur obtenue en effectuant la moyenne arithmétique de  $Z_1$  et  $Z_2$  pourrait être une estimation raisonnable du coefficient de mortalité totale du stock exploité des limandes dans la partie sud de la Mer du Nord, soit :

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{1,12 + 1,14}{2} = 1,13$$

Toutefois, rares sont les études faites pour l'estimation du coefficient de mortalité totale pour cette espèce en Mer du Nord. La plus intéressante a été effectuée par CHRISTOPHER en 1972, qui a trouvé une valeur de 1,15 pour le groupe d'âge 2-3. Cette valeur n'a pas été dépassée en 1986 dans la zone Ia (0,98), alors qu'elle a été inférieure aux autres valeurs trouvées dans les régions pendant les périodes de l'étude.

Par ailleurs, KNUDSEN (1973) a estimé la mortalité totale de la limande dans l'ouest de la Mer Baltique à  $Z = 1,37$ . Cette valeur provient des données basées sur l'échantillonnage des captures commerciales qui ne tiennent pas compte des quantités rejetées. Ceci peut expliquer la déviation des résultats obtenus par TEMMING

(1983), où  $Z$  a été estimé à 1,05 et qui a utilisé les quantités rejetées dans son estimation. Cette dernière valeur (1,05) est inférieure à celle trouvée au cours de cette étude (1,13), mais elle y est assez proche.

Il est important d'indiquer, comme a été signalé par GULLAND (1969), que ces méthodes quand elles sont appliquées à la composition par âge des prises, sont sujettes à un biais lorsque les animaux d'âges différents ne sont pas également vulnérables à l'engin utilisé. Si dans la pratique, ce type de biais est difficile à déceler, l'éventualité de son existence ne doit jamais, être négligée. Du fait que cette différence de vulnérabilité selon l'âge implique que la mortalité par pêche varie avec l'âge, les formes de la répartition par âge du stock et des prises peuvent toutes deux différer beaucoup de la forme simple de la courbe de mortalité constante (voir JONES, 1964). Parfois (par exemple quand une vulnérabilité décroissante est équilibrée par une mortalité croissante), la répartition par âge des prises peut être très proche de celle que l'on obtient pour une mortalité constante.

#### 5.6. Mortalité naturelle (M)

Le coefficient de mortalité totale ( $Z$ ) possède deux composantes, ( $M$ ) et ( $F$ ), coefficient de mortalité naturelle et coefficient de mortalité par pêche. Pour la limande, il y a très peu d'informations sur la contribution de chacun vis-à-vis de ( $Z$ ). La mortalité naturelle comprend les mortalités de toutes les causes autres que celle de la pêche et agit individuellement sur toutes les tailles constituant le stock.

En outre, pour tous les pleuronectidés, ( $Z$ ) est plus élevé chez les mâles que chez les femelles (PAULY, 1980). Les mâles restent plus longtemps dans les zones de frayères que les femelles (THUROW, 1970 et HANSJURGEN, 1957). Dans ce cas, l'effet de la mortalité par pêche ( $F$ ) peut être probablement faible. Tenant compte de ces considérations, il a été assumé ainsi que ( $M$ ) est plus élevé chez les mâles que chez les femelles.

Une approximation de  $(M)$ , cependant, peut être obtenue sur des bases différentes. Le rapport  $(M/K)$  pour les pleuronectidés serait proche de l'unité (BEVERTON & HOLT, 1959). Dans le paragraphe "croissance", quatre valeurs de  $K$  ont été trouvées, leur moyenne sert à donner une estimation préliminaire de  $(M)$  ( $M = 0,42$  pour les mâles et  $M = 0,30$  pour les femelles). Ces valeurs sont proches de celles trouvées par CHRISTOPHER en 1972,  $M(\text{mâles}) = 0,49$ ;  $M(\text{femelles}) = 0,31$ . TEMMING (1983) a accepté les valeurs  $M = 0,40$  et  $M = 0,30$  respectivement pour les mâles et pour les femelles de la Mer Baltique.

Il est à noter que pour la gestion du stock de poissons plats en Mer du Nord, les groupes de travail utilisent des valeurs ( $M = 0,10$  et  $M = 0,15$  (sexes confondus)).

#### 5.7. Mortalité par pêche (F)

La mortalité par pêche agit uniquement sur des poissons à partir d'une certaine taille qui dépend du maillage de l'engin utilisé. A titre indicatif, il peut être noté que la limande a une taille moyenne minimale d'environ 17 cm pour deux ans. Celle-ci correspond à la longueur moyenne de sélectivité pour un maillage de 77 mm, avec un facteur de sélection de 2,2 (HANSJURGEN, 1964). Le maillage utilisé par les bateaux commerciaux au large est de 80 mm, donc les poissons plus petits que 2 ans ont toujours une chance d'être capturés.

Comme a été montré dans la deuxième partie de l'étude, les limandes sont parfois rejetées dans la mer et cette pratique rend les informations provenant des captures commerciales très peu utilisables. Ainsi, ni le coefficient de mortalité par pêche, ni la biomasse du stock exploité ne peuvent être réellement estimés à partir de ces sources.

La détermination de la valeur de  $(F)$  est plus facile que celle de  $(M)$ . En effet, il existe plusieurs méthodes qui peuvent fournir

une estimation de la mortalité par pêche. On cite le marquage, l'analyse de la cohorte, l'utilisation des modèles globaux, etc... Ne disposant pas de données, on n'a pas pu estimer (F) par l'une de ces méthodes. Cependant, tenant compte des valeurs de (M) trouvées précédemment, le coefficient de mortalité par pêche devient donc automatiquement 0,70 et 0,82 respectivement pour les mâles et pour les femelles. Ces valeurs sont également proches de celles trouvées par CHRISTOPHER en 1972,  $F(\text{mâles}) = 0,66$  et  $F(\text{femelles}) = 0,84$ .

Il est, cependant, important de noter que la mortalité par pêche dépend de plusieurs facteurs tels que le maillage, le comportement des spécimens vis-à-vis de l'engin de pêche utilisé, de la densité de l'espèce et de l'effort de pêche. On sait en effet que (F) est lié à ce dernier par la relation  $F = q.f$ , où (q) désigne le coefficient de capturabilité de RICKER. Ce coefficient est supposé, par hypothèse, constant car il dépend de facteurs difficiles à appréhender comme la physiologie du poisson ou l'habilité du pêcheur. Cette hypothèse de constance de capturabilité n'est pas donc toujours vérifiée pour toutes les classes d'âge exploitées. Les captures des premières classes d'âge subissent l'effet induit de la sélectivité du chalut. Celles des dernières classes d'âge peuvent être affectées par le phénomène de réforme qu'accomplissent les très vieux individus qui ne seront plus accessibles aux engins de pêche.

## 6. BIOMASSE

L'estimation de la biomasse de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord, proposée dans cette étude, est basée sur l'application de la méthode de la surface balayée. Elle concerne tous les individus de toutes les classes d'âge sans exception (sexes confondus), capturés lors des campagnes d'août et pendant quatre années successives (1985, 1986, 1987 et 1988). Parallèlement aux calculs de la biomasse par âge, une estimation de la biomasse féconde et non féconde a été faite durant la même période d'étude.

### 6.1. Calcul du poids moyen

Le poids moyen par classe d'âge a été obtenu en utilisant les tailles moyennes par classe d'âge, la relation taille-poids et la clé taille-sexe.

#### \* Classe d'âge 0

Les résultats de la clé taille-sexe donnent 45% femelles et 55% mâles. Les relations taille-poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 &\text{femelles : } \log(w_1) = \log(0,0105) + 3,01 \log(7,8) \\
 -1987 &\quad w_1 = 5g. \\
 &\text{mâles : } \log(w_2) = \log(0,029) + 2,65 \log(6,5) \\
 &\quad w_2 = 4g. \\
 &\text{femelles : } \log(w_3) = \log(0,0074) + 3,12 \log(7,45) \\
 -1988 &\quad w_3 = 4g. \\
 &\text{mâles : } \log(w_4) = \log(0,0219) + 2,75 \log(7,20) \\
 &\quad w_4 = 5g.
 \end{aligned}$$

$$W_0 = \frac{0,45w_1 + 0,55w_2 + 0,45w_3 + 0,55w_4}{2}, \text{ on prend } W_0 = 5g$$

#### \* Classe d'âge 1

Les résultats de la clé taille - sexe donnent 0,43% femelles et 0,57% mâles (1987), 0,46% femelles et 0,54% mâles (1988). Les relations taille - poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 &\text{femelles : } \log(w_1) = \log(0,0105) + 3,01 \log(13) \\
 -1987 &\quad w_1 = 24g. \\
 &\text{mâles : } \log(w_2) = \log(0,029) + 2,65 \log(13,5) \\
 &\quad w_2 = 35g \\
 &\text{femelles : } \log(w_3) = \log(0,0074) + 3,12 \log(13,77) \\
 -1988 &\quad w_3 = 27g \\
 &\text{mâles : } \log(w_4) = \log(0,0219) + 2,75 \log(13,90) \\
 &\quad w_4 = 30g
 \end{aligned}$$

$$W_1 = \frac{0,43w_1 + 0,57w_2 + 0,46w_3 + 0,54w_4}{2}, \text{ on prend } W_1 = 29g$$



## \* Classe d'âge 2

Les résultats de la clé taille - sexe donnent 0,65% femelles et 0,35% mâles (1987); 0,61% femelles et 0,39% mâles (1988). Les relations taille - poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 & \text{femelles : } \log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(19,90) \\
 - 1987 & \quad w_1 = 85g \\
 & \text{mâles : } \log(w_2) = -3,3405 + 2,65 \log(18,80) \\
 & \quad w_2 = 84g \\
 & \text{femelles : } \log(w_3) = -4,9022 + 3,12 \log(18,56) \\
 - 1988 & \quad w_3 = 67g \\
 & \text{mâles : } \log(w_4) = -3,8212 + 2,75 \log(17,54) \\
 & \quad w_4 = 60g
 \end{aligned}$$

$$W_2 = \frac{0,65w_1 + 0,35w_2 + 0,61w_3 + 0,39w_4}{2}, \text{ on prend } \underline{W_2 = 75g}$$

## \* Classe d'âge 3

Les résultats de la clé - sexe donnent 75% femelles et 25% mâles (1987); 71% femelles et 29% mâles (1988). Les relations taille - poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 & \text{femelles : } \log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(23,10) \\
 - 1987 & \quad w_1 = 134g \\
 & \text{mâles : } \log(w_2) = -3,3405 + 2,65 \log(21,60) \\
 & \quad w_2 = 122g \\
 & \text{femelles : } \log(w_3) = -4,9022 + 3,12 \log(22,82) \\
 - 1988 & \quad w_3 = 129g \\
 & \text{mâles : } \log(w_4) = -3,8212 + 2,75 \log(20,90) \\
 & \quad w_4 = 94g
 \end{aligned}$$

$$W_3 = \frac{0,75w_1 + 0,25w_2 + 0,71w_3 + 0,29w_4}{2}, \text{ on prend } \underline{W_3 = 125g}$$

## \* Classe d'âge 4

Les résultats de la clé taille - sexe donnent 83% femelles et 17% mâles (1987); 78% femelles et 22% mâles (1988). Les relations taille - poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 & \text{femelles : } \log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(25,70) \\
 - 1987 & \quad w_1 = 184 \text{ g} \\
 & \text{mâles : } \log(w_2) = -3,3405 + 2,65 \log(22,50) \\
 & \quad w_2 = 136 \text{ g} \\
 & \text{femelles : } \log(w_3) = -4,9022 + 3,12 \log(25,00) \\
 - 1988 & \quad w_3 = 171 \text{ g} \\
 & \text{mâles : } \log(w_4) = -3,8212 + 2,75 \log(22,43) \\
 & \quad w_4 = 114 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$W_4 = \frac{0,83w_1 + 0,17w_2 + 0,78w_3 + 0,22w_4}{2}, \text{ on prend } \underline{W_4 = 167 \text{ g}}$$

## \* Classe d'âge 5

Les résultats de la clé taille - sexe donnent 86% femelles et 14% mâles (1987); 84% femelles et 16% mâles (1988). Les relations taille - poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 & \text{femelles : } \log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(26,70) \\
 - 1987 & \quad w_1 = 207 \text{ g} \\
 & \text{mâles : } \log(w_2) = -3,3405 + 2,65 \log(23,00) \\
 & \quad w_2 = 144 \text{ g} \\
 & \text{femelles : } \log(w_3) = -4,9022 + 3,12 \log(26,18) \\
 - 1988 & \quad w_3 = 197 \text{ g} \\
 & \text{mâles : } \log(w_4) = -3,8212 + 2,75 \log(23,50) \\
 & \quad w_4 = 129 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$W_5 = \frac{0,86w_1 + 0,14w_2 + 0,84w_3 + 0,16w_4}{2}, \text{ on prend } \underline{W_5 = 192 \text{ g}}$$

## \* Classe d'âge 6

Les résultats de la clé taille - sexe donnent 88% femelles et 12% mâles (1987); 89% femelles et 11% mâles (1988). Les relations taille - poids pour les deux années sont :

$$\begin{aligned}
 & \text{femelles : } \log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(27,40) \\
 - 1987 & \quad w_1 = 223 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{mâles} : \log(w_2) = -3,3405 + 2,65 \log(25,00) \\
 &\quad w_2 = 179\text{g} \\
 &\text{femelles} : \log(w_3) = -4,9022 + 3,12 \log(27,65) \\
 - 1988 \quad &\quad w_3 = 234\text{g} \\
 &\text{mâles} : \log(w_4) = -3,8212 + 2,75 \log(24,84) \\
 &\quad w_4 = 150\text{g} \\
 &0,88w_1 + 0,12w_2 + 0,89w_3 + 0,11w_4 \\
 W_6 = \frac{\quad}{2}, &\text{ on prend } \underline{W_6 = 221\text{g}}
 \end{aligned}$$

Rq : pour les classes d'âge 7 et 8, on a négligé le nombre de mâles dans les captures.

\* Classe d'âge 7

$$\begin{aligned}
 - 1987 \text{ femelles} : &\log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(28,50) \\
 &\quad w_1 = 251\text{g} \\
 - 1988 \text{ femelles} : &\log(w_2) = -4,9022 + 3,12 \log(29,00) \\
 &\quad w_2 = 271\text{g} \\
 &w_1 + w_2 \\
 W_7 = \frac{\quad}{2}, &\text{ on prend } W_7 = 261\text{g}
 \end{aligned}$$

\* Classe d'âge 8

$$\begin{aligned}
 - 1987 \text{ femelles} : &\log(w_1) = -4,5564 + 3,01 \log(30,30) \\
 &\quad w_1 = 302\text{g} \\
 - 1988 \text{ femelles} : &\log(w_2) = -4,9022 + 3,12 \log(30,62) \\
 &\quad w_2 = 322\text{g} \\
 &w_1 + w_2 \\
 W_8 = \frac{\quad}{2}, &\text{ on prend } W_8 = 312\text{g}
 \end{aligned}$$

Pour le calcul du poids moyen du groupe d'âge 6<sup>+</sup>, on a supposé que les individus de la classe d'âge 6 sont deux fois plus nombreux que ceux de la classe d'âge 7 qui seront deux fois plus nombreux que ceux de la classe d'âge 8. Le poids moyen individuel correspondant du groupe d'âge 6<sup>+</sup> sera donc :

$$\begin{aligned}
 &4W_6 + 2W_7 + W_8 \\
 W_{6+} = \frac{\quad}{7}, &\text{ on prend } \underline{W_{6+} = 245\text{g}}
 \end{aligned}$$

## 6.2. CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE

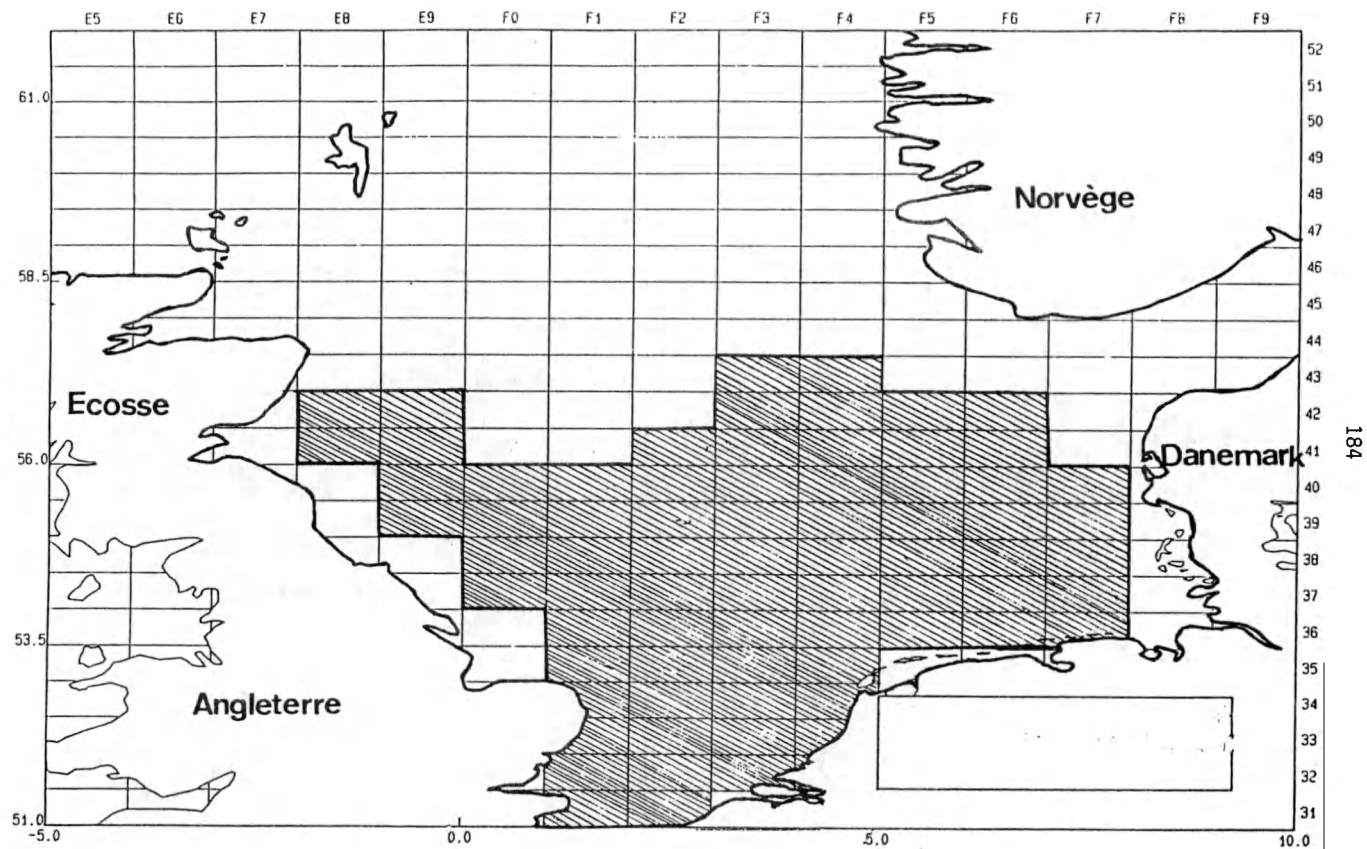
Il convient de noter que, suite à des fausses manoeuvres techniques ou à des dégâts causés à l'engin de pêche, le nombre et les lieux de prélèvements des échantillons n'étaient pas respectés durant les quatre années d'étude. On n'a donc pas pu fréquenter les mêmes rectangles statistiques pendant ces périodes. Le maximum de rectangles inspectés était en 1987, soit 74 rectangles (voir carte fig 34). De ce fait, pour l'interprétation et la discussion des résultats, on prend l'année 1987 comme année de référence. Cette synthèse fournit, en effet, une estimation de la biomasse de la limande par rectangle statistique, par classe d'âge et par stade de maturité.

Durant la campagne d'août 1987, 143 traits répartis dans la partie sud de la Mer du Nord, ont été effectués; ce qui correspond à une surface moyenne balayée de  $4,3 \text{ km}^2$ . Les résultats des analyses apparaissent dans les tableaux (1 à 28 : annexe 2).

## 6.3. COMPOSITION DE LA BIOMASSE

En cumulant les produits des nombres d'individus estimés par classe d'âge et les poids moyens correspondants, il est possible d'obtenir une estimation de la biomasse de l'espèce dans la zone d'étude. Le nombre total d'individus estimé était de  $12.753 \cdot 10^6$  spécimens. La biomasse globale correspondante a été évaluée à 867.105 tonnes. Les individus mûres sont de l'ordre de  $3.975 \cdot 10^6$ , représentant ainsi 31,17% du nombre total estimé. Le nombre de spécimens non mûres s'élevait donc à  $8.778 \cdot 10^6$  individus, soit 68,83% du stock en nombre.

Les résultats de la composition en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord sont représentés dans le tableau 28 suivant :



**FIG 34.** - Zone de la détermination de la biomasse des limandes en août 1987 (74 rectangles statistiques).

**Tableau 28** : Composition (nombre et poids) en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (août 1987).

Age	N (*10 <sup>6</sup> )	%	P(g)	B(tonnes)	%
0	1.002	7,86	5	5.010	0,58
1	5.041	39,53	29	146.186	16,86
2	4.011	31,45	75	300.825	34,69
3	1.496	11,73	125	187.000	21,57
4	614	4,81	167	102.538	11,82
5	354	2,78	192	67.968	7,84
6	235	1,84	245	57.575	6,64
Total	12.753	100,00		867.105	100,00

N : nombre estimé d'individus

P : poids moyen individuel par classe d'âge

B : biomasse estimée en tonnes

Les jeunes individus sont remarquablement nombreux; les classes d'âge 0, 1 et 2 totalisent à elles seules 10.054 10<sup>6</sup> individus, soit environ 79% du stock en nombre. La classe d'âge 0 a été estimée à 1.002 10<sup>6</sup> individus et contribue au stock total par un pourcentage d'environ 8%. Les classes d'âge 1 et 2 constituent le noyau du stock de limande avec respectivement 5.041 10<sup>6</sup> et 4.011 10<sup>6</sup> individus (40% et 31%) soit au total 9.052 10<sup>6</sup> spécimens, ce qui représente 71% du stock de l'espèce en nombre. Les quatre dernières classes d'âge (3, 4, 5 et 6<sup>+</sup>) ne forment que 21% du stock et totalisent 2.699 10<sup>6</sup> individus. La classe d'âge 3 est constituée de 1.496 10<sup>6</sup> individus (11% du stock total), la classe d'âge 4 occupe la seconde place avec 614 10<sup>6</sup> individus (5%), suivie par la classe d'âge 5 qui totalise 354 10<sup>6</sup> spécimens (3%) et par la classe d'âge 6<sup>+</sup> qui se situe en dernière position avec seulement 235 10<sup>6</sup> individus, soit environ 2% du stock total en nombre.

La structure de la contribution des classes d'âge à la biomasse totale diffère remarquablement de celle de leur contribution à la composition en nombre du stock. En effet, contrairement à la composition en nombre, le noyau de la biomasse du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord est représenté par les classes d'âge 1, 2, 3 et 4 qui constituent environ 85% de la biomasse totale. La plus importante est la classe d'âge 2 avec 300.825 tonnes, soit 35% de la biomasse totale. Elle est talonnée par la classe d'âge 3 avec 187.000 tonnes, ce qui représente 21%, suivie de la classe d'âge 1 constituée de 146.189 tonnes (17%) et en quatrième position vient la classe d'âge 4 avec ses 102.538 tonnes, soit 12% de la biomasse totale. La classe d'âge 0 contribue à cette biomasse par une fraction très négligeable de l'ordre de 0,6% (5.010 tonnes). Les classes d'âge 5 et 6<sup>+</sup>, qui ne représentent respectivement que 3% et 2% du stock en nombre, forment 8% et 7% de la biomasse totale du stock, soit respectivement 67.968 et 57.575 tonnes.

#### 6.4. COMPARAISON

Jusqu'à nos jours, les seules tentatives de l'estimation de la biomasse de la limande en Mer du Nord étaient celles faites par CHRISTOPHER (1972) et par SPARHOLT (1990). Il est donc important d'évoquer ces études et de comparer les résultats obtenus dans cette étude avec ceux trouvés par ces deux chercheurs.

Dans un premier cas, la biomasse totale estimée par CHRISTOPHER (1972) dans toute la Mer du Nord était de l'ordre de 500.000 tonnes. Cette estimation ne concerne que les spécimens âgés de 2 ans et plus et la composition exacte en âge n'a pas été précisée. Cette estimation a été réalisée d'une façon indirecte. En effet, connaissant la biomasse de la plie (Platessa platessa) par l'utilisation de la méthode de l'analyse de la population virtuelle (V.P.A) et disposant d'une relation entre le taux de capture des plies et celui des limandes, CHRISTOPHER a pu calculer la biomasse des limandes en multipliant celle des plies par un facteur ( $r$ ). La relation proposée était la suivante :

$$r = Y/X$$

r : une estimation du rapport des densités des deux espèces

Y : taux moyen de capture des limandes (en nombre) par heure de pêche

X : taux moyen de capture des plies (en nombre) par heure de pêche

Le facteur (r) a été estimé à 13,43. D'après CHRISTOPHER, les limandes de la Mer du Nord sont donc 13 fois plus nombreuses que les plies. Il a également supposé que la capture par unité d'effort est utilisée comme un indice d'abondance des deux espèces. En effet, si l'on considère le chalut comme un engin efficace pour l'échantillonnage des poissons plats, il peut être assumé que les taux de capture sont reliés aux densités réelles par un même coefficient; de ce fait, le taux devient donc un indice d'abondance. Cette méthode découle du fait que ces deux espèces de poissons plats (Platessa platessa et Limanda limanda) sont supposées comme deux espèces voisines qui ont presque le même comportement vis-à-vis de l'engin de pêche et qui se présentent dans les mêmes zones de concentration. Par conséquent, CHRISTOPHER a suggéré que ces espèces ont également la même probabilité d'être échantillonnées et ceci dans toute la zone d'étude. Cependant, cette méthode utilisée par CHRISTOPHER présente quelques inconvénients, surtout en ce qui concerne la cohabitation des deux espèces. En effet, pour n'importe quelle région, l'abondance des poissons peut être supposée reliée à l'abondance de la nourriture; même si les deux espèces ont presque la même nourriture, des études ont montré que leurs périodes de nutrition sont différentes. De plus, pour estimer la biomasse des plies par la méthode de la V.P.A, il est nécessaire de calculer la capture par unité d'effort globale. Or, trois types de flotilles (les chalutiers anglais, les seines danoises et les chalutiers à gaules hollandais) couvrent ensemble la majorité des rectangles statistiques étudiés. Pour exprimer l'unité d'effort des deux flotilles étrangères en équivalent d'heure de pêche des chalutiers anglais, il était nécessaire de calculer un facteur (K), tels que la capture par unité d'effort d'un pays soit K fois celles des chalutiers anglais. Les résultats obtenus, en procédant de la manière, étaient



relativement biaisés. On a supposé une régression linéaire entre la P.U.E (prise par unité d'effort) des chalutiers anglais et les P.U.E des deux autres flotilles et les coefficients de corrélation étaient assez faibles. En effet, une ligne droite forcée à partir de l'origine a été tracée pour chacun des deux lots de données. On est donc parti d'une estimation déjà biaisée des plies.

Dans un deuxième cas, une biomasse des limandes de 1.600.000 tonnes a été estimée par SPARHOLT (1990). Cette estimation concerne tous les âges de l'espèce et dans toute la Mer du Nord (zones de ponte confondues). Elle a été basée sur les données prélevées durant trois années successives (1983, 1984 et 1985). La méthode utilisée est appelée M.S.V.P.A (Multispecies Virtual Population Analysis) (ANON, 1988). Par ailleurs, l'étude présentée par SPARHOLT n'a pas examiné entièrement les données disponibles. Ces dernières doivent être analysées afin de distinguer l'influence de chaque classe d'âge sur le stock. Par conséquent, les résultats obtenus ne sont que préliminaires. D'autre part, la fiabilité de cette estimation a été influencée par plusieurs facteurs dont le plus important peut être résumé par la variable "capturabilité", qui est définie comme étant la relation entre la prise par unité d'effort et l'abondance réelle du stock en question. Cette capturabilité est toujours une mesure de l'habilité du pêcheur et de l'efficacité de l'engin utilisé. Elle est toujours variable et peut également dépendre de la taille du poisson, de la sélectivité des mailles de la poche, du temps de capture, de la profondeur, de la nature du substrat, des courants, etc... .

La biomasse estimée par SPARHOLT est considérablement plus importante que celle obtenue dans notre étude (867.000 tonnes), elle est environ deux fois plus élevée. Cette différence de résultats peut être causée par multiples facteurs tels que la différence de la puissance des bateaux utilisés, la différence des caractéristiques de l'engin de pêche mais surtout la différence des zones fréquentées. En effet, la présente étude se limite à la partie sud de la Mer du Nord (zones de frayères exclues) alors que celle réalisée par SPARHOLT s'intéressait à la totalité de la Mer

du Nord. Il convient également de noter qu'on a utilisé deux méthodes différentes pour les deux travaux dont chacune a ses avantages et ses inconvénients.

Parmi les espèces de poissons plats les plus exploitées par les pays riverains de la Mer du Nord, on cite la sole (Solea solea) et la plie (Platessa platessa). Le cabillaud (Gadus morhua) et le merlan (Merlangus merlangus) sont les deux espèces de poissons ronds les plus capturées en Mer du Nord. Par ailleurs, les recherches et les investigations pour la détermination de la biomasse de ces quatre espèces ne manquaient pas. En effet, en 1987 et en se basant sur la méthode de la V.P.A, le "Flatfish Working Group" a estimé la biomasse totale de la sole et de la plie respectivement à 53.100 tonnes et à 583.000 tonnes. Le "Round Fish Working Group" en utilisant la même méthode a évalué la biomasse du cabillaud à 475.000 tonnes et celle du merlan à 494.000 tonnes. Ces estimations concernent toute la région de la Mer du Nord et tous les groupes d'âge. Si on compare donc la biomasse de la limande avec celles des espèces démersales les plus exploitées de la Mer du Nord, on constate qu'elle est de loin la plus importante. Malgré que l'estimation de la biomasse de la limande s'est limitée à la partie sud alors que l'estimation de la biomasse de ces espèces s'étale sur toute la Mer du Nord, on a remarqué qu'elle est presque deux fois plus élevée que celles de la plie, du cabillaud et du merlan et environ seize fois plus importante que celle de la sole.

SPARHOLT (1990) a évalué la biomasse totale des espèces de poissons en Mer du Nord à  $13.061 \cdot 10^3$  tonnes. La biomasse de la limande constitue à elle seule, avec  $1.600 \cdot 10^3$  tonnes, 12,3% de cette biomasse. Elle est par conséquent, après le sandeel (Ammodyte sp.) l'espèce la plus abondante dans cette région. Cependant, elle a été toujours considérée comme une espèce de faible valeur commerciale et qui n'est pas appréciée par les pêcheurs. Les captures commerciales en Mer du Nord s'élevaient en moyenne à 11.000 tonnes, soit environ 1,2% de la biomasse totale estimée dans la partie sud de la Mer du Nord et uniquement 0,7% de celle estimée dans toute la Mer du Nord. Les captures sont donc assez faibles et

représentent une partie négligeable du stock de l'espèce en Mer du Nord.

#### 6.5. EVOLUTION

Dans ce paragraphe, nous nous intéresserons à l'évolution au cours du temps de la biomasse estimée de la limande; pour cela, nous nous sommes basés sur les données récoltées en 1985, 1986 et 1987. Les rectangles statistiques en commun inspectés durant ces trois années étaient en nombre de 60 rectangles. Si l'on considère les données obtenues lors de l'année 1988, le nombre de rectangles en commun fréquentés ne dépasse pas 40; c'est la raison pour laquelle nous n'avons pas tenu compte des résultats de cette année pour interpréter l'évolution de la biomasse de l'espèce.

Deux tableaux récapitulatifs (tableau 29 et 30), dans lesquels sont indiqués les résultats (en nombre et en poids) des estimations de la biomasse de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord durant les trois années d'étude, nous permettront d'avoir une meilleure idée sur l'évolution de la biomasse et sur les potentialités de la zone étudiée.

D'après les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous, on constate globalement que les ressources halieutiques en nombre de la limande sont constituées essentiellement des classes d'âge 1, 2 et 3. Elles représentent respectivement en 1985, 1986 et 1987, 87%, 79% et 84% du nombre total d'individus estimé. On signale également le nombre réduit des spécimens des deux classes d'âge 5 et 6 qui ne forment que 3% à 4% du nombre total estimé; cette proportion reste presque constante au cours des années. En outre, l'aspect marquant de cette composition c'est qu'en 1985, le nombre constituant la classe d'âge 0 ( $207.10^6$  individus) est relativement peu élevé comparé à ceux des années 1986 et 1987 qui sont respectivement de  $790.10^6$  et de  $764.10^6$  spécimens. Ce phénomène peut être expliqué par une faible migration de ces individus des zones de frayère vers les zones de nos prospections. Enfin, en 1987, les spécimens de la classe d'âge 1 sont assez nombreux ( $4.303.10^6$

individus) et représentent à eux seuls 44% du nombre total estimé durant cette année.

Par ailleurs, l'examen de la composition en âge et en poids de la biomasse de la limande (tableau 30) durant les trois années d'étude montre qu'elle ne semble pas subir de grandes variations au cours du temps. Les classes d'âge 2, 3 et 4 restent, en général, les composantes principales de cette biomasse. Elles représentent respectivement 80%, 73% et 65% de la biomasse totale estimée. La classe d'âge 0 est, par contre, pratiquement négligeable; sa contribution n'a jamais dépassé 1%. Dans le même contexte, signalons que les classes d'âge 5 et 6 forment en moyenne 13% à 14% de la biomasse totale et que ce pourcentage reste inchangeable avec le temps. Notons en plus, comme a été évoqué ultérieurement, l'importance de la classe d'âge 1 en 1987 qui représente à elle presque le 1/5 de la biomasse estimée dans cette étude.

Si l'on suit l'évolution du nombre estimé au cours du temps, on remarque généralement qu'à partir de l'âge 2, les effectifs de la même classe d'âge sont soumis à une réduction dont l'ampleur varie avec les classes d'âge. Pour déceler cette réduction, il faut suivre la classe d'âge elle-même, c'est-à-dire la classe d'âge  $i$  de l'année  $j$  devient la classe d'âge  $i+1$  de l'année  $j+1$  qui devient elle-même la classe d'âge  $i+2$  de l'année  $j+2$ . Ceci nous mène donc à la notion de "cohorte" qui correspond à une classe d'âge suivie d'une année à l'autre. Sur le tableau 31 ci-dessous, ce phénomène se traduit par une suivie en diagonale de la même classe d'âge et nous permet de calculer le coefficient de mortalité totale ( $Z$ ) pour chaque groupe d'âge. Par conséquent, ceci nous a permis de vérifier et de comparer les résultats déjà obtenus en se basant sur la composition en âge des captures. Les valeurs trouvées semblent peu différentes de celles ultérieurement obtenues par zone de pêche et ceci pour presque tous les groupes d'âge. En effet, la réduction des effectifs commence assez fortement à partir de la classe d'âge 2 et s'affaiblit graduellement quand l'âge augmente.

**Tableau 29** : Composition (en nombre) en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (60 rectangles en commun) en août 1985, 1986 et 1987.

Années	1985		1986		1987	
Age	N(10 <sup>6</sup> )	%	N(10 <sup>6</sup> )	%	N(10 <sup>6</sup> )	%
0	208	3,17	790	10,50	764	7,90
1	1.657	25,27	2.282	30,32	4.303	44,48
2	3.173	48,39	2.763	36,71	3.074	31,77
3	848	12,93	907	12,05	706	7,30
4	378	5,76	433	5,75	436	4,51
5	178	2,71	224	2,98	234	2,42
6+	115	1,75	128	1,70	158	1,63
Total	6.557	99,98	7.527	100,01	9.675	100,01

**Tableau 30** : Composition (en poids) en âge du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (60 rectangles en commun) en août 1985, 1986 et 1987.

Années	1985		1986		1987	
Age	B(tonnes)	%	B(tonnes)	%	B(tonnes)	%
0	1.039	0,20	3.950	0,73	3.820	0,63
1	40.059	7,84	66.190	12,32	124.790	20,66
2	237.990	46,60	207.230	38,56	230.540	38,17
3	106.010	20,76	113.310	21,08	88.251	14,61
4	63.165	12,37	72.368	13,47	72.780	12,05
5	34.218	6,70	42.971	8,00	44.985	7,45
6+	28.183	5,52	31.404	5,84	38.773	6,42
Total	510.664	99,99	537.423	100,00	603.939	99,99

**Tableau 31** : Vérification du calcul du coefficient de mortalité totale (Z) du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord (60 rectangle en commun) en août 1985, 1986 et 1987.

Age	N85 (10 <sup>6</sup> )	Z85-86	N86 (10 <sup>6</sup> )	Z86-87	N87 (10 <sup>6</sup> )
0	208	-	790	-	764
1	1.657	-2,40	2.282	-1,69	4.303
2	3.173	-0,51	2.763	-0,30	3.074
3	848	1,25	907	1,36	706
4	378	0,67	433	0,73	436
5	178	0,52	224	0,61	234
6+	115	0,33	128	0,35	158

## 7. CONCLUSION

La taille de la première maturité sexuelle des limandes femelles, estimée à travers l'analyse des échantillons récoltés au niveau des côtes belges, a été en moyenne de 19,3 cm. Par ailleurs, le traçage de l'ogive de maturité montre que pour la taille minimale autorisée dans les captures commerciales (15 cm), aucun individu n'est apte à se reproduire; ceci suppose une nouvelle réglementation de cette taille.

La croissance de la limande a été évaluée dans la région sud-ouest de la Mer du Nord pendant les campagnes de recherche effectuées à bord de la Belgica en août 1987 et août 1988. La croissance des mâles était plus faible, avec une valeur asymptotique plus basse; à âge égal, les mâles tendent à avoir une taille inférieure à celle des femelles et c'est à partir de l'âge 3 qu'une supériorité significative de croissance des femelles sur celle des mâles a été constatée. L'ajustement de l'équation de VON BERTALANFFY pour les deux sexes durant les deux périodes d'étude a donné les résultats suivants:

$$\begin{aligned}
 & \text{1987} \\
 & \text{- Femelles:} \quad L_t = 31,1(1 - e^{-0,29(t+0,33)}) \\
 & \text{- Mâles :} \quad L_t = 25,2(1 - e^{-0,43(t+0,42)})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \text{Femelles: } L_t = 32,2(1 - e^{-0,30(t+0,38)}) \\
 1988 & \\
 & - \text{Mâles : } L_t = 26,2(1 - e^{-0,41(t+0,30)})
 \end{aligned}$$

Par ailleurs, l'âge de la première maturité sexuelle des limandes femelles, correspondant à la taille 19,3 cm, a été estimé à 3 années. Les valeurs du sex-ratio en fonction de la taille montre qu'au fur et à mesure que la taille augmente, les femelles deviennent nettement plus abondantes que les mâles; leur pourcentage coïncide avec l'unité vers les tailles supérieures à 29 cm. Comme chez presque toutes les espèces de poissons plats, la croissance pondérale de la limande n'est pas isométrique, elle est allométrique positive chez les femelles et allométrique négative chez les mâles. Les relations taille-poids obtenues pour les deux sexes sont:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Femelles: } W_t = 0,011 * L^{3,01} \\
 1987 & \\
 & - \text{Mâles : } W_t = 0,029 * L^{2,65} \\
 & - \text{Femelles: } W_t = 0,007 * L^{3,12} \\
 1988 & \\
 & - \text{Mâles : } W_t = 0,022 * L^{2,75}
 \end{aligned}$$

Comme dans le cas de la croissance linéaire, c'est à partir de l'âge 3 qu'on remarque une différence significative de la croissance pondérale entre les deux sexes. Pour avoir une meilleure précision sur le calcul du rendement par recrue de l'espèce, il est préférable de distinguer les deux sexes et de les traiter séparément.

La limande est une espèce remarquablement abondante dans certaines zones de la partie sud de la Mer du Nord. Les captures par heure de pêche peuvent excéder parfois les 2.000 individus. En effet, les densités assez fortes se localisent au niveau des côtes et au niveau des zones peu profondes (German Bight et Dogger Bank). D'une part, les individus non mûres qu'ils soient mâles ou femelles se concentrent essentiellement dans la zone côtière-est. Les spécimens femelles sont légèrement plus nombreux. Un tel résultat pourrait être expliqué par le fait que la taille à la première maturité sexuelle est plus élevée chez les femelles que chez les mâles. Citons encore qu'à ce stade, l'espèce occupe presque les mêmes aires de répartition. On ne peut pas donc

affirmer l'existence ou non des zones privilégiées pour un sexe ou un autre. D'autre part, les individus mûres ont tendance à quitter les zones côtières pour occuper le large. Ils se répartissent presque d'une façon uniforme sur toute l'aire étudiée avec quelques rares zones de concentrations relativement plus élevées. En outre, les jeunes individus (âges 0 et 1) sont très nombreux dans les captures, leur densité est assez importante au niveau des zones côtières, du Dogger Bank et du German Bight, zones caractérisées par leur faible profondeur et par leur faible taux de salinité; en effet, ces spécimens sont presque absents au delà de 40 mètres. C'est à partir de l'âge 1 à 2 qu'ils quittent les zones côtières. Enfin, les individus âgés sont relativement peu nombreux et peuvent occuper des zones dont la profondeur atteint 70 mètres. C'est ainsi que les résultats de l'étude de la variation de la densité de l'espèce avec la profondeur a montré qu'il existe une certaine relation entre la concentration de la limande par classe d'âge et le facteur bathymétrie.

L'estimation du coefficient de mortalité totale ( $Z$ ) pour la limande était possible grâce à l'application de la méthode basée sur la variation des indices d'abondance de l'espèce avec le temps. C'est ainsi qu'on a signalé une réduction du stock de la limande dans la période couverte par nos investigations. Cette réduction devient très forte à partir du groupe d'âge 2-3. La valeur moyenne de la mortalité totale du stock exploité dans la partie sud de la Mer du Nord, estimée par la méthode de la courbe des prises et celle de la diminution des effectifs, a été de 1,13. Les résultats obtenus montrent également que le coefficient ( $Z$ ) décroît lorsque l'âge augmente. Les groupes d'âge inférieurs subissent, en général, une réduction plus poussée que les individus plus âgés. Le groupe d'âge 2-3 est donc le plus affecté par une forte mortalité, ce qui peut engendrer à long terme une diminution du stock de limande. En effet, à cet âge, la majorité des individus ne sont pas encore mûres et ne participent pas, par conséquent, à la ponte. Il est à signaler que le coefficient de mortalité totale ( $Z$ ) a deux composantes qui sont le coefficient de mortalité naturelle ( $M$ ) et le coefficient de mortalité par pêche ( $F$ ). Leur contribution relative au coefficient de mortalité totale est mal connue pour l'espèce. Cependant, une approximation de ( $M$ ) peut être obtenue sur la base du rapport ( $M/K$ ) pour les pleuronectidés qui est supposé proche de l'unité. Cet hypothèse nous a permis d'estimer ( $M$ ) respectivement pour les mâles et pour les femelles, à 0,42 et 0,30. Tenant compte de ces valeurs de ( $M$ ), le coefficient de mortalité



par pêche serait alors 0,72 et 0,82 respectivement pour les mâles et pour les femelles.

En utilisant la méthode de la surface balayée, on a pu estimer la biomasse de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord. En effet, le nombre total d'individus vivant dans la zone étudiée a été estimé à  $12.736 \cdot 10^6$  correspondant à une biomasse globale de 867.105 tonnes. En nombre, les classes d'âge les plus représentées sont la classe d'âge 0, la classe d'âge 1 et la classe d'âge 2; elles forment à elles seules presque 80% du stock, soit  $10.054 \cdot 10^6$  spécimens. La classe d'âge 3 constitue 11% du stock total en nombre ( $1.496 \cdot 10^6$  individus). Par contre, en poids, le noyau de la biomasse est formé par les classes d'âge 1, 2, 3 et 4 qui totalisent environ 736.550 tonnes, soit 85% de la biomasse totale du stock. Par ailleurs, la comparaison de la biomasse de la limande avec celles des espèces démersales les plus commercialisées de la Mer du Nord, révèle qu'elle est la plus importante. En effet, malgré que l'estimation de cette biomasse s'est limitée à la partie sud de la Mer du Nord alors que les autres estimations concernent la totalité de la Mer du Nord, on a constaté qu'elle représente le double de la biomasse de la plie, de celle du cabillaud et de celle du merlan tandis qu'elle dépasse celle de la sole d'environ seize fois. Deux tentatives de l'estimation de la biomasse de la limande en Mer du Nord ont été réalisées. La première estimation a été donnée par CHRISTOPHER (1972) qui a estimé la biomasse de l'espèce à environ 500.000 tonnes. Cette estimation concerne les individus dont l'âge dépasse 2 années. SPARHOLT (1990) est l'auteur de la seconde tentative d'estimation en évaluant la biomasse totale de la limande à 1.600.000 tonnes. Ainsi, on peut conclure que la biomasse de la limande est importante en Mer du Nord, alors que les captures commerciales sont relativement faibles et ne représentent que 1,2% de la biomasse totale estimée dans la partie sud de la Mer du Nord.

## RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

Cette étude a été élaborée à partir de deux types d'échantillonnage, un premier échantillonnage des captures commerciales belges et un deuxième échantillonnage des captures des bateaux de recherche. Le but consiste essentiellement à donner des estimations de certains paramètres biologiques mal connus de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Pour cela on a appliqué les méthodes et les modèles les plus adéquats tout en tenant compte de la disponibilité des données.

Les conclusions importantes qui peuvent résulter de l'analyse des apports commerciaux sont:

1. Les résultats fournis par cette analyse ont montré que le nombre total d'individus débarqués durant la période d'échantillonnage a été estimé à 2.142.532 spécimens. Ce nombre a été réparti différemment en 18 classes de taille (de 22 à 39 cm). La taille minimale observée dans les apports pour les deux sexes était de 22 cm. Cette classe de taille ne représente que 0,4% des apports. L'absence dans les débarquements d'individus dont la taille est inférieure à 22 cm n'est due ni à un phénomène de sélectivité ni à un phénomène d'évitement du chalut. Ces individus ont été capturés mais ils ont été de nouveau rejetés à la mer. En effet, comparée avec les autres espèces de poissons plats, la limande est une espèce de faible valeur commerciale, les pêcheurs s'intéressent plutôt à la sole et à la plie et rejettent en quantités importantes les captures de limande. Ces rejets peuvent concerner toute la capture si celles de la sole et de la plie sont importantes, comme ils peuvent se limiter aux individus de petites tailles si la production de ces deux espèces de poissons plats est faible. Ne pouvant pas obtenir des informations exactes (taille et nombre) sur les quantités rejetées, une détermination de la taille à la première capture de cette espèce reste difficile. D'autant plus que les études de sélectivité concernant la limande sont rares. Par ailleurs, la taille maximale observée dans les

débarquements commerciaux était de 39 cm. Le nombre d'individus constituant cette classe de taille a été estimé à 6.319 spécimens représentant 0,3% des apports totaux. Cependant et dans un cas très particulier, on a rencontré un individu femelle dont la taille est de 45 cm et atteignant un poids de 750 grammes. Les classes de taille pleinement représentées dans les apports étaient surtout celles comprises entre 25 cm et 30 cm. En effet, elles formaient à elles seules 71% des débarquements commerciaux totaux de limande.

2. Les résultats acquis sur la composition en âge des apports commerciaux belges ont indiqué que ces derniers sont constitués de 7 classes d'âge (de 2 à 8<sup>+</sup>). Comme a été signalé ultérieurement, on désigne par la classe d'âge 8<sup>+</sup> l'ensemble des individus d'âge 8 et plus. La classe d'âge 2 était faiblement représentée, soit 6% des apports totaux en nombre et uniquement 5% de la biomasse totale débarquée. Les classes d'âge pleinement représentées dans les apports étaient les classes d'âge 3, 4, 5 et 6. Elles représentent respectivement 25%, 36%, 17% et 9% des prises totales en nombre. Leur contribution à la biomasse totale de limande débarquée s'est évaluée à 400 tonnes totalisant ainsi 86 % de cette biomasse. Les individus plus âgés, formant les classes d'âge 7 et 8<sup>+</sup>, étaient peu nombreux dans les captures commerciales; ils ne constituaient que 6% des apports en nombre et 9% des quantités débarquées en poids. Pour conclure, on peut dire que par la détermination de la composition en âge des captures sur une période de plusieurs années consécutives, on pourrait procéder à une analyse des cohortes constituant le stock en question. Elles servent un double objectif: le premier est l'analyse rétrospective de la démographie du stock. Les populations marines sont inaccessibles à l'observation et les captures des pêcheurs en sont la seule fraction visible (notion de population virtuelle). A partir des ces captures et de leur composition en âge, l'analyse fournit, pour la série des années couverte par l'échantillonnage, des estimations des effectifs du stock à chaque âge. Il est alors possible de retracer les variations d'abondance, de biomasse et de recrutement du stock et d'en étudier les relations avec celles de l'activité de pêche. Le second objectif est l'ajustement des modèles structuraux de

BEVERTON et HOLT d'évaluation et de simulation des stocks et des pêcheries. On s'intéresse alors en particulier à un second produit des analyses des cohortes, les coefficients instantanés de mortalité par pêche et leur variation selon les âges et les années. Ces coefficients calculés peuvent servir à des prospections des états futurs du stock ou à des diagnostics de la réponse du stock à des intensités variables d'exploitation.

3. La période de ponte de l'espèce a été déterminée dans deux zones de pêche différentes ( $A_1$  et  $A_2$ ). L'évolution du rapport gonado-somatique (R.G.S) a été suivie pendant une année (mai 1987 - mai 1988). Les résultats obtenus ont montré que dans les deux zones de la Mer du Nord, les limandes femelles commencent à pondre au mois de février. C'est une ponte printanière qui s'achève presque au mois de mai pour les deux zones. D'après l'étude des variations du R.G.S en fonction de l'âge, on a constaté que les individus les plus âgés ont une période de ponte légèrement plus lente que les individus plus jeunes.

4. Les apports commerciaux belges de limande étaient principalement constitués d'individus femelles. La valeur du sex-ratio, défini comme étant le rapport du nombre de femelles sur le nombre de femelles plus le nombre de mâles, était largement supérieur à 0,5 et se situait au voisinage de 0,9. Ce déséquilibre des apports de limande selon le sexe peut être expliqué surtout par une différence de croissance entre les deux sexes. En effet, les femelles ont une croissance plus élevée que les mâles. En d'autres termes, les individus débarqués sont en grande majorité des femelles.

Par ailleurs, lors de cette analyse des apports commerciaux belges, trois problèmes se sont avérés importants. Ils nous ont, par conséquent, empêché d'appliquer les modèles de production qui nous auraient donné une vision générale sur l'état du stock et nous auraient permis une assistance préliminaire sur les mesures de régulations nécessaires. Ces problèmes sont les suivants:

\* Les séries historiques des données sur l'effort de pêche en Mer du Nord indiquaient plutôt des efforts envers les stocks de sole et de plie. Les limandes débarquées ont été donc capturées dans les mêmes régions, bien que les pêcheurs tendaient de connaître les zones de concentration de la sole et de la plie, et pouvaient diriger leur efforts vers ces deux espèces de poissons plats les plus commercialisées. Aini un chalut qui est généralement non sélectif prenait toujours une capture hétérogène constituée de l'espèce considérée en plus d'autres espèces accessoires, entre autres la limande. Il est à noter que l'espèce n'est dite accessoire que si sa capture représente moins de 29% de la capture totale (HAYMAN et TYLER, 1980). Dans cette situation, il est donc difficile d'attribuer un chiffre d'effort à la limande car l'effort fourni accidentellement à l'espèce n'était pas orienté vers les points de concentration de celle-ci.

Les résultats de l'analyse des captures commerciales n'ont permis d'examiner que les individus dont la taille et l'âge étaient respectivement supérieurs à 22 cm et à 2 années. On ignore donc toute information sur les paramètres (croissance, composition en âge et en taille, sex-ratio, taille de la première maturité sexuelle, etc...) concernant les limandes ayant une taille et un âge inférieurs à ces derniers. Par conséquent, il était parfois difficile d'étudier ces paramètres en se basant uniquement sur les données d'analyse des apports commerciaux.

\* La valeur commerciale de la limande est assez faible comparativement à celle des autres espèces de poissons plats et particulièrement la sole. Les pêcheurs préfèrent la sole et la plie et rejettent en quantités importantes la limande. Ces rejets peuvent concerner uniquement les individus de petites tailles (invendables), comme ils peuvent concerner toute la capture de l'espèce surtout dans le cas où les captures de soles et de plies sont importantes. Ces quantités rejetées n'ont jamais été déterminées ou estimées. Les pêcheurs, trop occupés par l'opération de la pêche et le triage des poissons, ne trouvent pas le temps pour s'intéresser aux rejets. Seuls des observateurs se trouvant à

bord des bateaux commerciaux peuvent évaluer ces quantités de limandes rejetées.

Par ailleurs, l'analyse des échantillons récoltés à bord des bateaux de recherche a permis de compléter l'estimation de certains paramètres de l'espèce qui n'ont pas pu être évalués en se basant uniquement sur les données des bateaux de pêche. En effet, l'objectif principal de cette analyse des captures des bateaux de recherche est de donner une estimation de la biomasse du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Toutefois, pour aboutir à cet objectif, certaines étapes telles que la détermination des paramètres de croissance et le calcul de l'abondance totale moyenne et par classe d'âge, doivent être franchies.

Pour les besoins de cette étude, des otolithes d'individus mâles et femelles de la limande ont été récoltés dans le secteur sud-ouest de la Mer du Nord. Leur lecture a permis d'obtenir la croissance moyenne de cette espèce pour les deux sexes séparément. Le modèle de VON BERTALANFFY a été proposé pour déterminer les différents paramètres de croissance en longueur ( $L_0$ ,  $K$  et  $t_0$ ). On a donc calculés ces paramètres et leur précision ainsi qu'on a établi les relations taille-poids pour les deux sexes dans la zone d'échantillonnage. Les résultats obtenus nous ont permis de constater une différence relativement importante, entre les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY des limandes mâles et femelles. D'autre part, l'allure générale des courbes de la croissance linéaire pour les deux sexes était presque la même. Cependant, entre l'âge 0 et l'âge 3, ces courbes sont confondues, alors que, si on examine les intervalles de confiance, on remarque qu'à partir de l'âge 3, la différence de croissance entre les deux sexes devient significative. Dans cet intervalle et aux mêmes âges, les mâles sont toujours plus petits que les femelles, leur taille asymptotique se situe au voisinage de 25 cm alors que celle des femelles est proche de 32 cm. D'autre part, et d'après la comparaison des résultats obtenus avec ceux d'autres chercheurs (CHRISTOPHER, 1972 et DENIEL & TASSEL, 1985), on a remarqué qu'il

Il y a une différence de croissance de l'espèce entre les régions. D'une façon générale, plus on descend vers le sud de l'aire de répartition de l'espèce plus la croissance est plus élevée. On peut dire ainsi que les facteurs écologiques et surtout la température semblent marquer la croissance de l'espèce. Les valeurs  $a$  et  $b$  des relations taille-poids ont été également calculées pour les deux sexes. Pour les mâles, la valeur de  $b$  était inférieure à 3, la croissance pondérale de ces individus est alors dite allométrique négative. Alors que pour les femelles cette valeur était supérieure à 3, on dit donc que les femelles ont une croissance pondérale allométrique positive. De plus, l'ajustement des courbes de la croissance pondérale pour les deux sexes indiquait une différence significative de croissance entre les mâles et les femelles à partir de l'âge 3 de l'espèce. Les valeurs  $W_{00}$  de VON BERTALANFFY pour les deux sexes étaient également différentes, elles étaient en moyenne et respectivement pour les mâles et les femelles de 161 grammes et de 358 grammes. Pour l'emploi du modèle de BEVERTON et HOLT et l'obtention d'un rendement par recrue plus précis, il est préférable de traiter les deux sexes séparément. Par ailleurs, les relations taille-poids, les tailles moyennes par classe d'âge et la clé taille-sexe nous ont permis de calculer le poids moyen par classe d'âge. Ceci nous a été utile pour l'estimation de la biomasse de l'espèce.

Toutefois, l'étude de l'abondance et de la répartition de la limande dans la partie sud de la Mer du Nord plus particulièrement suivant la maturité sexuelle, le sexe et l'âge, a été réalisée durant le mois d'août et pour quatre années successives (1985, 1986, 1987 et 1988). Les conclusions fondamentales qu'a pu engendrer une telle étude sont:

1. En général, la limande est une espèce très abondante dans la partie sud de la Mer du Nord et plus particulièrement dans la zone est. Cependant, on a rencontré quelques rares zones de faibles concentrations et principalement la région sud-ouest. Par ailleurs, la cartographie des répartitions des limandes semble peu varier d'une année à l'autre.

2. Les individus non mûres qu'ils soient mâles ou femelles se concentrent essentiellement dans la région côtière est et dans les zones de Dogger Bank et du German Bight. Ces lieux sont caractérisés par leur faible profondeur et par leur faible taux de salinité.

3. Comparé aux individus non mûres, les spécimens mûres étaient peu nombreux. La densité des femelles était, dans la majorité des cas, inférieure à 100 individus capturés par heure de pêche. De plus, à part quelques exceptions, ces individus des deux sexes se répartissent presque uniformément sur l'aire étudiée. Ils ont tendance à quitter les régions côtières pour occuper le large pendant cette période de l'année.

4. D'une façon générale, et suite aux résultats obtenus sur quatre périodes d'années, on peut dire que les plus jeunes individus de limande (classe d'âge 0 et 1) étaient nombreux dans les captures. Leur densité était relativement importante dans les zones côtières est et dans les régions du Dogger Bank et du German Bight. Cependant, les spécimens constituant les classes d'âge 2 et 3 étaient également nombreux mais leur distribution était relativement différente d'une année à l'autre. Ils n'ont pas des zones privilégiées de concentration.

5. Le nombre des individus les plus âgés (classes d'âge 4, 5 et 6+) dans les captures était faible. Leur densité dépassait rarement les 100 spécimens capturés par heure de pêche. De plus, leur répartition reste presque homogène durant les quatre années d'étude.

Il est à noter que l'analyse de la variation de l'abondance de l'espèce avec la profondeur a montré qu'il existe une relation entre la densité de la limande par classe d'âge et le facteur bathymétrie. Les individus les plus âgés avaient tendance à migrer vers des zones plus profondes. A ce sujet, HANSJURGEN (1957), RAE (1970), CREUTZBERG et FONDS (1971) ont montré que la limande n'occupe pas les mêmes profondeurs d'une saison à l'autre. Enfin,



TASSEL et al. (1985) ont également constaté que la distribution de cette espèce en hiver est fonction de la bathymétrie.

Cette étude a entre autre l'objectif d'estimer le coefficient de mortalité totale ( $Z$ ) du stock de limande dans la partie sud de la Mer du Nord. Pour cela, l'application de la méthode basée sur la variation des indices d'abondance, a été envisagée. D'après les résultats obtenus, on a constaté que la réduction des effectifs du groupe d'âge 2-3 était importante, avec un coefficient de mortalité totale de 1,40. En outre, ce coefficient de mortalité totale décroît quand l'âge augmente. Les effectifs des individus plus jeunes subissent, en général, une réduction plus importante que celle des individus plus âgés. De plus, en utilisant les deux méthodes (courbe des prises et diminution des effectifs), on a pu estimer le coefficient global de mortalité totale du stock à 1,13. Suite à un manque d'études concernant la mortalité de l'espèce, cette valeur ne peut être comparée qu'à celles trouvées en Mer Baltique par KNUDSEN (1973) et TEMMING (1983) et qui étaient respectivement égales à 1,37 et à 1,05. Il est à noter que le premier chercheur n'a pas tenu compte des quantités de limandes rejetées alors que le second chercheur en a tenu compte. Par ailleurs, il était difficile, dans cette étude, d'évaluer le coefficient de mortalité naturelle ( $M$ ) en se basant sur les données d'échantillonnage. En effet, plusieurs facteurs peuvent varier ( $M$ ). On cite les phénomènes de prédation, de cannibalisme et de toutes les maladies. Chez la limande l'incidence de ces phénomènes est mal connue. Les populations vierges n'existant pratiquement pas dans la Mer du Nord, ce qui permet de confondre la mortalité totale à la mortalité naturelle; et même si elles existaient, leurs conditions environnementales ne seront pas les mêmes que celles des populations exploitées. Cependant, en se basant sur l'hypothèse proposé par BEVERTON et HOLT (1959) et qui supposent que le rapport ( $M/K$ ) pour les pleuronectidés est proche de l'unité, on a pu estimer ( $M$ ) respectivement pour les mâles et les femelles à 0,42 et à 0,30. On déduit alors que les coefficients de mortalité par pêche seraient égaux à 0,72 et à 0,82 respectivement pour les mâles et pour les femelles.

Enfin, l'estimation de la biomasse de la limande, proposée dans cette étude, est basée sur la méthode de l'aire balayée. Elle a été réalisée en analysant les données des campagnes de chalutage expérimental effectuées à bord des bateaux de recherche belges et hollandais dans la partie sud de la Mer du Nord pendant le mois d'août et durant quatre années successives (1985, 1986, 1987 et 1988). Les résultats acquis ont montré que l'espèce est très abondante dans la zone d'étude. En effet, la biomasse totale a été estimée à 867.105 tonnes dont le noyau a été constitué essentiellement par les classes d'âge 1, 2, 3 et 4. Ces dernières représentaient 85% de la biomasse totale estimée de limande, soit 736.550 tonnes alors que les classes d'âge 0, 5 et 6 ne formaient respectivement que 0,6%, 7,8% et 6,6% de cette biomasse. Par ailleurs, en se basant sur la biomasse de la plie et le rapport des captures plies/limandes, CHRISTOPHER (1972) a pu évaluer la biomasse de la limande en Mer du Nord à 500.000 tonnes. Cette estimation ne concernait que les individus âgés de deux années et plus et une composition en âge n'a pas été précisée. SPARHOLT (1990), en utilisant la méthode M.S.V.P.A., a cependant estimé la biomasse de la limande en Mer du Nord à 1.600.000 tonnes. De plus, si on compare la biomasse estimée de la limande avec celles des espèces benthiques les plus commercialisées en Mer du Nord, on constate qu'elle est de loin la plus importante. En effet, cette espèce est environ deux fois plus abondante que le plie, le cabillaud et le merlan alors que sa biomasse est seize fois plus importante que celle de la sole. Ainsi, bien que l'espèce constitue une ressource assez importante de protéines, la limande est de faible valeur commerciale, non appréciée par les pêcheurs et elle est considérée, par conséquent, comme une espèce accessoire. Reste à signaler le problème de nutrition que peut causer une telle biomasse pour les espèces de poissons plats cohabitant avec l'espèce, notamment la sole et la plie. En effet, la nourriture de ces dernières diffère peu de celle de la limande. On assiste alors à une concurrence entre les espèces qui peut engendrer à long terme une réduction de la croissance des espèces les plus commercialisées en Mer du Nord (sole et plie).

Il est à noter que la méthode de l'aire balayée utilisée dans cette étude suppose que le stock soit uniformément réparti et que l'engin de pêche prend effectivement tous les individus fréquentés dans la surface balayée (a). Or la répartition d'un stock n'est jamais uniforme et peut présenter des concentrations locales inférieures ou supérieures à la concentration moyenne. Il a été donc préférable d'effectuer un échantillonnage stratifié et d'essayer, tout d'abord, d'estimer la biomasse dans une surface relativement restreinte (le rectangle statistique). En ce qui concerne la seconde condition (capture de tous les individus présents) de l'application de cette méthode, le phénomène a été largement discuté dans la partie problématique (pages 31 et 32).

Cependant, certaines questions restent posées sur le niveau d'exploitation du stock dans cette zone. Ce problème peut être abordé par l'analyse de l'évolution de l'effort de pêche avec le temps ainsi que sa variation avec la prise par unité d'effort. Par ailleurs, et par l'utilisation des modèles structuraux de BEVERTON et HOLT, on peut tracer une courbe de rendement par recrue de l'espèce considérée pour des valeurs de mortalité par pêche distinctes.

### SAMENVATTING EN ALGEMEEN BESLUIT

Deze studie werd uitgevoerd aan de hand van twee typen monsternamen: een eerste betreft de commerciële vangsten, een tweede de vangsten aan boord van onderzoeksschepen. Het doel bestaat er in schattingen van onvoldoend gekende biologische parameters van de schar in het zuidelijk deel van de Noordzee te verwerven. Daarom werden de meest geschikte methoden en modellen toegepast rekening houdend met de beschikbaarheid van de gegevens.

De belangrijkste besluiten die uit de vangsten van de handelsvloot kunnen worden getrokken zijn:

1. Gedurende de onderzoeksperiode werden ongeveer 2.142.532 individuen gevangen. Dit aantal werd in 18 verschillende lengteklassen onderverdeeld gaande van 22 tot 39 cm. De waargenomen minimale afmeting voor beide sexen bedroeg 22 cm voor de hele vangst. Deze klasse vertegenwoordigt slechts 0,4% van de totale vangst. Het ontbreken van individuen met een lengte kleiner dan 22 cm is noch aan selectiviteit noch aan ontwijken van het net te wijten. Deze kleine specimens werden wel gevangen maar opnieuw over boord gegooid. Dit laatste is te wijten aan de geringe handelswaarde van deze soort. De vissers zijn veeleer geïnteresseerd aan de tong en de schol en verwijderen daarom aanzienlijke hoeveelheden schar uit de vangsten. Zijn de vangsten van schol en tong belangrijk dan is het mogelijk dat de totale scharvangst wordt verwijderd. Omgekeerd is het ook mogelijk dat alleen de kleinste maten van de schar over boord worden gegooid. Aangezien het onmogelijk was nauwkeurige informatie (afmetingen en aantallen) omtrent deze over boord gegooide hoeveelheden te verkrijgen, is de bepaling van de afmeting bij eerste vangst van deze soort erg moeilijk, en wel des te meer omdat studies betreffende de selectiviteit van de schar zeldzaam zijn. Overigens bedraagt de grootste lengte in de handelsvangsten 39 cm. In deze lengteklasse bevonden zich 6.319 individuen die slechts 0,3% van de totale vangst vertegenwoordigen. Slechts een enkel vrouwelijk

individue van 45 cm lengte en een gewicht van 750g werd aangetroffen. De vol vertegenwoordigde lengteklassen in de vangsten betroffen voornamelijk individuen begrepen tussen 25 en 30 cm. Zij vormden inderdaad 71% van de totale vangst.

2. De resultaten betreffende de leeftijdsverdeling in de handelsvangsten tonen aan dat er 7 leeftijdsklassen (2 tot 8<sup>+</sup>) in voorkomen. Zoals hoger vermeld omvat de leeftijdsklasse 8<sup>+</sup> alle individuen van 8 jaar en ouder. De leeftijdsklasse 2 is weinig vertegenwoordigd, namelijk 6% van de totale vangst in aantallen en maar 5% van de totale biomassa. De vol vertegenwoordigde leeftijdsklassen zijn 3, 4, 5 en 6 die respectievelijk 25%, 36%, 17% en 9% van de vangsten in aantallen vertegenwoordigen. Hun bijdrage tot de totale biomassa van de gevangen schar wordt geschat op 400 ton of 86% van deze biomassa. De oudere individuen, die de leeftijdsklassen 7 en 8<sup>+</sup> uitmaken, zijn weinig talrijk in de handelsvangst: zij stellen slechts 6% van de aanvoer in aantal en 9% in gewicht voor. Samenvattend kan men stellen dat door bepaling van de leeftijdssamenstelling van de vangst over verschillende jaren een cohort-analyse van de betreffende stock mogelijk is. Hierdoor wordt een tweeledig doel nagestreefd. Het eerste is de retrospectieve analyse van het bestand. De mariene populaties zijn onbereikbaar voor waarneming en alleen de vangsten zijn er het zichtbare deel van (vandaar "virtuele populatie-analyse"). Uitgaande van deze vangsten en hun leeftijdssamenstelling levert deze analyse, voor de reeks jaren bestreken door de staalnamen, schattingen op van de effectieven van deze stock op iedere leeftijd. Het is dus mogelijk de variaties in hoeveelheid, biomassa en rekrutering van het bestand te berekenen en het verband met de visserij-aktiviteit te achterhalen. Het tweede doel is de bijsturing van de structurele modellen van BEVERTON & HOLT betreffende de schatting en de simulatie van de stocks en van de visserij. Men interesseert zich dan in het bijzonder aan een tweede resultaat van de cohort-analyse nl. de specifieke bevestigingssterfte en haar variatie in functie van de leeftijd en van de jaren. Deze berekende waarden kunnen dan worden gebruikt voor voorspellingen

betreffende de toekomstige grootte der stocks of betreffende de diagnose van de reactie van de stock op wisselende bevissingsdruk.

3. De paaiperiode werd bepaald in twee verschillende zones ( $A_1$  et  $A_2$ ). De evaluatie van de gonado-somatische verhouding (G.S.R.) werd gedurende een jaar gevolgd (mei 1987 - mei 1988). De resultaten ervan tonen aan dat in beide zones de eiafleg in de maand februari start. Dit is de lente-eiafleg die eindigt rond de maand mei. De studie van de G.S.R. in functie van de leeftijd heeft aangetoond dat oudere individuen over een langere periode afpaaien dan jongere.

4. De Belgische handelsvloot brengt hoofdzakelijk wijfjes aan wal. Het aandeel van de wijfjes in de totale vangst bedraagt immers meer dan 90%. Dit onevenwicht kan verklaard worden door een verschillend snelle groei van beide sexen. Immers, wijfjes groeien beduidend sneller dan mannetjes waardoor eerstgenoemde verhoudingsgewijs meer voorkomen in de vangsten.

Tijdens deze analyse van de handelsvangsten werden drie belangrijke knelpunten vastgesteld die het ons onmogelijk hebben gemaakt de klassieke produktie-modellen toe te passen en op basis daarvan het opstellen van aanbevelingen betreffende de vangstregulering. Deze problemen zijn de volgende:

\* De historische gegevens over de bevissingsdruk in de Noordzee tonen aan dat deze vnl. de tong en de schol beogen. De scharren werden dus in dezelfde gebieden gevangen alhoewel de zeevissers de zones waarin tong en schol zich ophielden goed kenden en dus hun inspanningen op beide genoemde, sterk gewaardeerde, vissoorten concentreerden. Bijgevolg wordt in een doorgaans niet - selectief net een heterogene vangst aangetroffen die bestaat uit de beoogde vissoort en meerdere bijvangsten, waaronder de schar. Te noteren valt dat een soort slechts als bijvangst wordt genoemd wanneer zij minder dan 29% van de totale vangst uitmaakt (HAYMAN & TYLER, 1980). Gegeven deze voorwaarden is het moeilijk een

bevissingsdruk aan de schar toe te kennen aangezien deze niet gericht is op de concentratie-zones van deze laatste.

\* De analyse van de handelsvangst was slechts mogelijk op individuen van 22 cm en meer en voor 2 jaar en meer. Men kent bijgevolg niets over de parameters (groei, samenstelling volgens lengte en gewicht, sex-ratio, afmeting bij eerste geslachtsrijpheid enz...) van scharren met geringere afmetingen of leeftijd. Bijgevolg was het dikwijls moeilijk deze parameters te bestuderen steunend alleen op de commerciële vangsten.

\* De handelswaarde van de schar is vrij gering vergeleken met deze van platvissen als de tong en de schol. Zowel kleine maten als de totale scharvangst werden, naargelang de omstandigheden, over boord gegooid. Deze laatste hoeveelheden werden nooit bepaald noch geschat wegens gebrek aan tijd. Alleen waarnemers aan boord van de handelsvloot kunnen hieromtrent uitsluitsel brengen.

De analyse van stalen aan boord van onderzoeksschepen heeft het mogelijk gemaakt sommige parameters te bepalen die niet aan boord van handelsschepen konden worden begroot. Het doel van de vangsten aan boord van onderzoeksschepen is een schatting van de biomassa van het scharbestand in de zuidelijke Noordzee te verwerven. Om dit doel te bereiken moeten echter sommige onderzoeken zoals de bepaling van de groeiparameters en de gemiddelde totale hoeveelheid en klasse-groote kunnen worden doorgevoerd.

Voor deze studie werden de otholithen van vrouwelijke en mannelijke individuen verzameld in de zuid-westelijke sektor van de Noordzee. Het onderzoek ervan heeft het mogelijk gemaakt de groei van beide sexen te onderzoeken. Het VON BERTALANFFY-groei-model werd voorgesteld om de verschillende parameters van de lengtegroei ( $L_{00}$ ,  $K$  en  $t_0$ ) te bepalen. Ook de nauwkeurigheid van deze parameters werd bepaald evenals het verband lengte - gewicht voor beide sexen in de onderzoekingszone. Hieruit kon een duidelijk verschil tussen de VON BERTALANFFY - parameters voor mannetjes en wijfjes worden duidelijk

gemaakt. Anderzijds is het algemeen uitzicht van de lengte - groei voor beide sexen vrijwel gelijk. Tussen 0 en 3 jaar is het groeiverschil tussen beide sexen niet significant maar wel vanaf 3 jaar. Vanaf dit punt zijn, bij gelijke leeftijd, de mannetjes steeds kleiner dan de wijfjes: de asymptotische lengte is bij mannetjes ongeveer 25 cm, bij wijfjes 32 cm. Er moet echter worden gesteld dat andere auteurs (CHRISTOPHER, 1972 en DENIEL & TASSEL, 1985) een verschil in groei tussen verschillende zones hebben waargenomen. Algemeen kan men stellen, dat hoe meer men zich naar het zuidelijk deel van het verspreidingsgebied van de soort verplaatst des te hoger de groeisnelheid is. Men kan daaruit besluiten dat ecologische factoren i.h.b. de temperatuur de groei van de soort bepalen. De waarden a en b van het verband lengte-gewicht werden eveneens berekend voor beide sexen. Voor de mannetjes was de waarde van b lager dan 3, d.w.z. negatieve allometrische groei. Voor de wijfjes echter was b groter dan 3, m.a.w. positieve allometrische groei. Bovendien is er een wezenlijk verschil tussen de mannetjes en de wijfjes vanaf 3 jaar. De  $W_{00}$  waarden van VON BERTALANFFY voor beide sexen waren eveneens verschillend. Gemiddeld waren ze respectievelijk voor mannetjes en wijfjes 161g en 358g. Voor het gebruik van het BEVERTON & HOLT-model en de berekening van het rendement per rekruteringsseenheid is het verkieslijk beide sexen afzonderlijk te beschouwen. Overigens hebben de verbanden lengte-gewicht, gemiddelde lengte per leeftijdsklasse en lengte-sexe ons toegelaten het gemiddeld gewicht per leeftijdsklasse te berekenen. Dit is ons erg nuttig gebleken voor de bepaling van de biomassa van de soort.

Met het oog op de geslachtsrijpheid, de sexe en de leeftijd werden de dichtheid en de verspreiding van de schar in het zuidelijk deel van de Noordzee bepaald gedurende de maand augustus voor vier opeenvolgende jaren (1985, 1986, 1987 en 1988). De belangrijkste besluiten die hieruit worden getrokken zijn:

1. In het algemeen is de schar een overvloedig voorkomende soort in het zuidelijk deel van de Noordzee. Toch werden enkele zeldzame plaatsen aangetroffen met geringe dichtheid, vnl. in de



zuidwestelijke sektor. Overigens blijkt de verbreiding van de schar van jaar tot jaar weinig te schommelen.

2. Niet-geslachtsrijpe individuen, zowel mannetjes als wijfjes, concentreren zich i.h.b. in de oostelijke kustzones en in de zones van de Doggerbank en de German Bight. Deze plaatsen kenmerken zich door geringe diepte en laag zoutgehalte.

3. Vergeleken met de onrijpe individuen zijn de geslachtsrijpe individuen weinig talrijk. De dichtheid der wijfjes was, in de meeste gevallen, lager dan 100 individuen per vangstuur. Afgezien van enkele uitzonderingen zijn de individuen van beide sexen nagenoeg gelijkmatig verdeeld over de bestreken zone. Ze hebben de neiging de kustzones te verlaten voor de hoge zee tijdens deze periode van het jaar.

4. Algemeen kan men stellen dat, over de periode van vier jaar, de jongste individuen van de schar (leeftijdsklasse 0 en 1) talrijk waren in de vangsten. Hun dichtheid is redelijk belangrijk in de oostelijke kustzones en in de zones van de Doggerbank en van de German Bight. De specimens, echter, van de leeftijdsklassen 2 en 3 zijn weinig talrijk maar hun verbreiding is verschillend van jaar tot jaar. Ze hebben blijkbaar geen bepaalde voorkeur voor sommige zones.

5. Het aantal oudere individuen (leeftijdsklassen 4, 5 en 6<sup>+</sup>) is gering in de vangst. Hun aantal overstijgt zelden 100 specimens per vangstuur. Gedurende de vier onderzoeksjaren is hun verspreiding vrijwel homogeen gebleven.

Genoteerd moet worden dat de analyse van de variatie van de verspreiding voor deze soort in functie van de diepte aangetoond heeft dat er een verband bestaat tussen de dichtheid per leeftijdsklasse en de faktor bathymetrie. Oudere specimens neigen naar diepere zones te trekken. HANSJURGEN (1957), RAE (1970), CRUTZBERG & FONDS (1971) hebben hieromtrent aangetoond dat de schar van jaar tot jaar niet dezelfde diepten bewoont. Ten slotte hebben

TASSEL et al. (1985) eveneens vastgesteld dat de verbreiding van deze soort in de winter funktie is van de bathymetrie.

Deze studie heeft o.a. als doel gehad de specifieke totale mortaliteit (Z) van de scharstock in het zuidelijk deel van de Noordzee te bepalen. Hiervoor werd de methode gebaseerd op de variatie van de populatiedichtheid aangewend. De bekomen resultaten tonen aan dat de afname van de aantallen van de leeftijdsgroep 2-3 belangrijk is. Hun totale mortaliteit bedraagt 1.4. Bovendien neemt de specifieke totale bevissingssterfte af met toenemende leeftijd. De afname van de jongere specimen is bijgevolg belangrijker dan deze van de oudere. Gebruik makend van beide methoden (vangstkurve en afname van de effectieven) werd de specifieke totale mortaliteit van de stock op 1,13 begroot. Wegens het gering aantal studies betreffende de mortaliteit van deze soort kan deze waarde slechts met deze van KNUDSEN (1973) en van TEMMING (1983) in de Baltische Zee worden vergeleken; deze waren respektievelijk 1,37 en 1,05. Te noteren valt dat eerstgenoemde waarde geen rekening houdt met de terug over boord gegooide specimen terwijl de tweede daar wel rekening mee houdt. Ten slotte is het moeilijk de specifieke natuurlijke sterfte (M) te bepalen op basis van de bemonsteringsgegevens. Immers, meerdere factoren kunnen M beïnvloeden. Men vermeldt bv. beroving, kannibalisme en alle ziekten. Bij de schar is het voorkomen van deze fenomenen nagenoeg onbekend. Aangezien onbeviste populaties in de Noordzee niet meer bestaan kan tussen bevissings- en natuurlijke sterfte geen onderscheid worden gemaakt. En zelfs, indien zij bestonden zouden hun milieuvorwaarden verschillend zijn van deze der geëxploiteerde stocks. Echter, op basis van de hypothese van BEVERTON & HOLT (1959) die stelt dat de verhouding  $M/K$  voor de Pleuronectidae de eenheid benadert kan men voor mannetjes en wijfjes M als 0.42 respektievelijk 0.30 bepalen. De specifieke bevissingssterfte bedraagt dan respektievelijk 0.72 en 0.82.

De schatting van de biomassa ten slotte steunt op de methode van de bestreken oppervlakte. Deze kon worden toegepast dank zij de gegevens van de campagnes aan boord van Belgische en Nederlandse

onderzoeksschepen in de zuidelijke Noordzee gedurende de vier opeenvolgende jaren (1985, 1986, 1987 en 1988). Hieruit kan men afleiden dat de soort overvloedig voorkomt in de onderzoekszone. De totale biomassa werd immers vastgesteld op 867.105 ton waarvan de kern wordt uitgemaakt door de klassen 1, 2, 3 en 4. Deze laatste vertegenwoordigen 85% van de totale biomassa ofwel 736.550 ton terwijl de klassen 0, 5 en 6<sup>+</sup> respectievelijk slechts 0,6%, 7,8% en 6,6% van deze biomassa voorstellen. Steunend op de scholvangsten en de verhouding gevangen schol/schar begrootte CHRISTOPHER (1972) de biomassa van de schar in de Noordzee op 500.000 ton. Deze schatting behelsde echter alleen individuen van leeftijd 2<sup>+</sup> waarvan ook de leeftijdsverdeling niet werd medegedeeld. SPARHOLT (1990) begrootte de scharstock in de Noordzee op 1.600.000 ton aan de hand van de MSVPA-methode. Indien men de geschatte biomassa van de schar met deze van de meeste commerciële soorten van de Noordzee vergelijkt, stelt men vast dat de scharstock ongeveer tweemaal zo groot is als deze van de schol, de kabeljauw en de schelvis terwijl hij 16 maal groter is dan deze van de tong. Ondanks het feit dat de schar een belangrijke proteïne-bron is, heeft deze soort een geringe handelswaarde en wordt zij als bijvangst aanzien. Blijft ten slotte te vermelden het probleem van de voeding van een dergelijke biomassa die samenleeft met platvissen als tong en schol. Inderdaad verschilt het voedingspatroon van deze laatste weinig van dat van de schar. Er bestaat bijgevolg een voedselconcurrentie die op lange termijn de groei van de commerciële soorten (tong en schol) kan verminderen.

Het hoeft gezegd dat in deze studie de methode van de bestreken oppervlakte veronderstelt dat de stock eenvormig verdeeld is en dat het vaartuig inderdaad alle individuen in de bestreken oppervlakte vangt. De verbreiding van een stock is echter nooit uniform, plaatselijk hogere dichtheden wisselen af met lagere dichtheden dan de gemiddelde. Het was dus verkieslijk een gestratificeerde bemonstering uit te voeren en allereerst te pogen de biomassa van een beperkte oppervlakte (de statistische rechthoek) te bepalen. De tweede voorwaarde (vangst van alle

aanwezige individuen) van deze methode wordt uitvoerig behandeld in het deel "Probleemstelling" (blz 31 en 32).

Ondanks onze inspanningen blijven vragen bestaan betreffende de exploitatie van het bestand in deze zone. Dit probleem kan maar aangepakt worden door analyse van de evolutie van de bevissingsdruk in de loop van de tijd evenals van de variatie van de vangst per eenheid bevissingsdruk. Door gebruik van de modellen van BEVERTON & HOLT kan dan een curve van het rendement per rekruterings eenheid worden opgesteld voor verschillende waarden van specifieke bevissingsdruk.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN, K.R., 1966 - Determination of age distribution from age - length keys and length distributions.  
IBM 7090, 7094, FORTRAN IV. Trans.Am.Fish.Soc. 95: 230-231.
- ALLEN, K.R., 1976 - A method of comparing fish growth curves.  
New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 10: 687-692.
- ALM, G., 1959 - Connection between maturity, size and age in fishes.  
Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm, 40: 5-145.
- ANON., 1964 - Report of the Mesh Selection Working Group, 1959 - 1960.  
Coop. Res. Rep. Int. Con. Explor. Sea, 2: 1-156.
- ANON., 1988 - Report of the Baltic Multispecies Assessment Working Group. ICES. C.M. 1988/Assess: 4, 46 pp.
- BEDFORD, B.C. & B.W.JONES, 1968 - Tetracycline labelling as an aid to interpretation of otolith structures in age determination.  
ICES. C.M. 1968/Gen:11.
- BERTALANFFY, L. VON., 1938 - A quantitative theory of organic growth.  
Hum. Biol. 10 (2): 181-213.
- BEVERTON, R.J.H & S.J.HOLT, 1957 - On the dynamics of exploited fish populations.  
U.K. Ministry of Agriculture and Fisheries. Fisheries Investigations (Ser-2) 19: 70-124.
- BEVERTON, R.J.H. & S.J. HOLT, 1959 - A review of the lifespan and mortality rates of fish in nature and their relation to growth physiological characteristics.  
Ciba Fdn. Colloq. Ageing, 5: 142-77.

- BEVERTON, R.J.H. & S.J. HOLT, 1963 - Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing.  
Conseil Permanent de l'Exploration de la Mer. Rapp.154: 44-67.
- BEVERTON, R.J.H. & S.J. HOLT, 1963 - Escape of fish through different parts of a cod-end.  
Spec. Puls. Int. Comm. NW. Atlant. Fish., 5: 9-11.
- BEVERTON, R.J.H. & S.J. HOLT, 1966 - Manual of methods for fish stock assessment. Part 2. Tables of yield functions.  
FAO Fish. Tech. Rep. 38.Reu. 1:67.
- BHATTACHARYA, G.G., 1967 - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components.  
Biometrics, 19: 115-135.
- BIAIS, G., 1985 - Estimation de la répartition par âge des captures françaises de hareng. C.I.E.M., C.M. 1985/H:45.
- BOHNECKE, G., 1922 - Salzgehalt und Strömungen der Nordsee.  
Inst. Meersk. Univ. Berlin, Neue Folge A., Georg - Naturwiss. Reihe 10, 1-34.
- BRODY, S., 1945 - Bioenergetics and growth.  
Reinhold Publishing Corporation, New York, 1023 pp.
- BROTHERS, E.G. & MATHEURS, C.P., 1976 - Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes.  
Fish. Bull. 74: 1-8.
- BROTHERS, E.G., 1980 - Age and growth studies of tropical fishes, p. 119-136. In: B. Saila & P. Roedel (eds.). Stock assessment for tropical small-scale fisheries. Proceedings of an International Working Group held 19-21 September 1979 at the University of Rhode Island. Int. Cent. Mar. Resources Div., University of Rhode Island, Kingston.

- BULLETIN STATISTIQUE DES PECHES MARITIMES (1903 - 1983). Conseil International pour l'Exploration de la Mer (C.I.E.M.), Copenhague, Danemark.
- CARLENDER, K., 1969 - Handbook of freshwater fishery biology. Vol.I. Iowa State Univer. Press. Ames, Iowa, USA.
- CARLENDER, K., 1977 - Handbook of freshwater fishery biology. Vol.II. Iowa State Univer. Press. Ames, Iowa, USA.
- CASSIE, R.M., 1950 - The analysis of polymodal frequency distribution by the propability paper method. New Zealand Science Review, 8: 89-91.
- CASSIE, R.M., 1954 - Some use of propability paper in the analysis of size frequency distribution. Austr. J. Marine and Freshwater Res., 5: 513-522.
- CHRISTOPHER KIN CHONLG, L., 1972 - The biology and population dynamics of the common dab (Limanda limanda) in the North Sea. University of East Anglia, Ph.D. Thesis, March 1972, 1-85.
- CREUTZBERG, F. & M.FONDS. 1971 - The seasonal variation in the distribution of some demersal fish species in the Dutch Wadden Sea. Thalassia Jugosl. 7 (1), 13-26.
- CUSHING, D.H., 1975 - The natural mortality of plaice. J. Cons. Int. Explor. Mer, 36 (2): 150-157.
- DECAMPS, P. & J. LABASTIES, 1979 - Note sur la lecture et l'interprétation des otolithes du merlu. C.I.E.M. C.M 1978/G:41.
- DE CLERCK, R., 1979 - Tagging results of mature dab in the Southern Bight. ICES. C.M. 1984/G:11.

- DE CLERCK, R. & TORREELE, E., 1987 - Feeding habits of common dab (Limanda limanda) in the Southern North Sea.  
ICES. C.M. 1988/G:26
- DENIEL, C., 1981 - Les poissons plats (téléostéens - pleuronectiformes) en Baie de Douarnenez; reproduction, croissance et migration des Bothidae, Scophtalmidae, Pleuronectidae et Solidae.  
Thèse d'Etat, Univer. Brest: 476p.
- DENIEL, C., & M. TASSEL, 1985 - Reproduction et croissance de la limande (Limanda limanda) en Manche orientale et Baie de Douarnenez.  
C.I.E.M, C.M. 1985/G:44.
- DICKSON, R.R., 1971 - A recurrent and persistent pressure anomaly pattern as the principal cause of intermediate scale hydrographic variation in the European Shelf Sea.  
Deut. Hydr. Zeit. 24: 97-119.
- FABENS, A.K., - Properties and fitting of the Von Bertalanffy growth curve.  
Growth 29: 265-289.
- FORBES, S.T. & O. NAKKEN, 1972 - Manual for fishing resource survey and appraisal. Part2. The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation.  
FAO Man. Fish. Sci. 5. 138 p.
- FRIDRIKSON, A., 1934 - On the calculation of age distribution within a stock of cod by means of relatively few age determinations as a key to measurements on a large scale.  
Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer 86: 1-14.
- FRY, P.E.J., 1949 - Statistics of a lake trout fishery.  
Biometrics 5: 27-67.
- GALL, A.J. & W.H. KYLE, 1968 - Growth of the laboratory mouse.  
Theor. Appl. Genetics 38: 304-308.



- GALLUCCI, V.F. & T.J. QUINN II, 1979 - Reparameterizing, Fitting, and Testing a Simple Growth Model.  
Transactions of the American Fisheries Society 108: 14-25.
- GASCHUETZ, G., D. PAULY & N. DAVID, 1980 - A versatile basic program for fitting weight and seasonally oscillating length growth data.  
I.C.E.S., C.M. 1980/D:6
- GILIS, C., 1966 - La limande (Limanda limanda) de la côte belge.  
Cons. Perm. Int. Explor. Mer, C.M. 1966/C:1.
- GOMPERTZ, B., 1825 - On the nature of the functions expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of line contingencies.  
Phil. Trans. 115: 513-585.
- GULLAND, J.A., 1965 - Estimation of mortality rates. Annex to the Report of the Arctic Fisheries Working Group.  
I.C.E.S., C.M. 1965/3.
- GULLAND, J.A., 1966 - Manual of sampling and statistical methods for fisheries biology. Part I. Sampling methods.  
FAO Man. Fish. Sci. 3 pag. var.
- GULLAND, J.A., 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première Partie: Analyse des populations.  
Manuels F.A.O. de Sciences Halieutiques n°4, FRS/M4.
- GULLAND, J.A., 1977 - Fish population dynamics.  
J. Wiley and Sons, London - England.
- GULLAND, J.A., 1979 - Report of the FAO/IOP Workshop on the fishery resources of the Western Indian Ocean south of the Equator, p. 1-37. In IOFC/DEV/79/45, FAO, Rome.
- GULLAND, J.A., 1983 - Fish stock assessment. A manual of basic methods.  
FAO, Series on Agriculture 1. J.Wiley and Sons, London - England.

- HADERSTROM, H., 1759 - Observations on the age of fish. Re-edited in 1979 in: Drottningholm Statens Undersknings Och Forsaksantalt for Stovattensfisket 40: 161-164.
- HADGSON, W.C., 1939 - An improved method of sampling herring shoals.  
Rapp. et P.-V. Réunions I.C.E.S., 110: 31-38.
- HANSJURGEN BOHL, H., 1957 - Die Biologie der Kliesche (Limanda limanda) in der Nordsee.  
Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. 15 (1): 1-57.
- HANSJURGEN BOHL, H., 1964 - Investigations on the selection of dab and plaice by the cod-end meshes of flatfish trawls.  
I.C.E.S. C.M. 1964/No 5, comparative fishing Comm.
- HASSELBLAD, V., 1966 - Estimation of parameters for mixtures of normal distributions.  
Technometrics 8: 431-444.
- HAYMAN, A.A & A.V. TYLER, 1980 - A comparison of cohort analysis and catch per unit effort for Dover sole and English sole.  
Transactions of the American Fisheries Society 109: 35-53.
- HOENING, J.M., 1984 - Empirical use of the longevity data to estimate mortality rates.  
Fish. Bull. (US), 81 (4).
- HTUN-HAN, M., 1978 - The reproductive biology of dab (Limanda limanda) in the North Sea: seasonal change in the ovary.  
J. Fish Biology 13 (3), 351-359.
- HTUN-HAN, M., 1978 - The reproductive biology of dab (Limanda limanda) in the North Sea: seasonal change in the testis.  
J. Fish Biology 13 (3), 361-367.
- HTUN-HAN, M., 1978 - The reproductive biology of dab (Limanda limanda) in the North Sea: gonasomatic index, hepatosomatic index and condition factor.  
J. Fish Biology 13 (3), 369-378.

- HYNES, H.B.N., 1950 - The food of freshwater sticklebacks (Gasterosteus aculeatus and Pygosteus pungitius), with a review of methods used in studies of the food of fishes. J. Anim. Ecol. 19 (1): 36-58.
- ISARANKURA, A.P., 1971 - Assessment of stocks of demersal fish of the west coast of Thailand and Malaysia. IOC/DEV/71/20. Indian Ocean Fish. Comm. FAO, Rome, 20 p.
- JACKSON, C.H.N., 1939 - The analysis of an animal population. J. Anim. Ecol. 8 (2): 238-246.
- JACQUES, M., 1987 - Mathematical and biological expression of growth in fishes. Recent trends and further developments. p. 81-113 in: Robert, C. (ed.). The age and growth of fish. Iowa State University Press, Ames, USA.
- JOHN, C.N. & MARY WALKER, S., 1987 - Non-linear parameters estimation. An integrated system in Basic. In: M. Dekker (ed.).
- JONES, R., 1956 - A discussion of some limitations of the trawl as a sampling instrument. Rapp. P.-V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 140(1): 44-47.
- JONES, R., 1964 - Estimating population size from commercial statistics when fishing mortality varies with age. Rapp. P.-V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 155: 210-224.
- JONES, R., 1974 - Assessing the long-term effects of changes in fishing effort and mesh size from length composition data. I.C.E.S. C.M. 1974/F:33. 13 p. (Mimeo).
- JONES, R., 1977 - Tagging: theoretical methods and practical difficulties. p. 46-66. In J.A. Gulland (ed.) Fish population dynamics. Wiley Interscience, New York.

- JONES, R., 1981 - The use of length composition data in fish stock assessment (with notes on VPA and Cohort Analysis). FAO Fish. Circ. 734. 55 p.
- JONSSON, G., 1966 - Contribution to the biology of dab (Limanda limanda) in Icelandic water. Rit. Fishkideild. 4 (3): 1-36.
- JOSSE, E. et al., 1979 - Growth of skipjack. South Pacific Commission. Occasional paper N°11. Noumea, New Caledonia. 83 p.
- KIMURA, D., 1977 - Statistical Assessment of the age-length key. J. Fish. Res. Bd. Canada 34: 317-324.
- KNIGHT, W., 1968 - Asymptotic growth. An example of nonsense disguised as mathematics. J. Fish. Res. Bd. Canada. 25: 1303-1307.
- KNUDSEN, H., 1973 - On mortality rates for dab in the Belt Sea and the western Baltic. I.C.E.S. C.M.1973/F:5.
- LAHAYE, J., 1979 - Les cycles sexuels chez les poissons marins. Séminaire Inst. Ocean., Paris, 19p.
- LAIRD, A.K., S.A.TYLER et A.D. BARTON, 1965 - Dynamics of normal growth. Growth 29: 233-248.
- LAIRD, A.K. & A. HOWARD, 1967 - Growth curves in inbred mice. Nature 213: 786-788.
- LAUREC, A. & J.C. LE GUEN, 1979 - Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1. Concepts et Modèles. Direction des Pêches Maritimes, CNEXO. I.S.T.P.M - ORSTOM Centre Océanographique de Bretagne.

- LAUREC, A. & A. MAUCORPS, 1981 - Notes sur l'utilisation des règles de décision en gestion des stocks.  
Groupe de Support Général de Gestion des Stocks.  
C.I.E.M. C.M.1981/H:37.
- LEE, A.J. & J.W. RAMESTER, 1981 - Atlas of the seas around the British Isles.  
MAFF, London, pag.var.
- LE GUEN, J.C., 1971 - Dynamique des populations marines exploitées. Concepts et Modèles.  
Rapp. Scient. et Tech. CNEXO 45, 138p.
- LOPEZ VEIGA, E.C., 1979 - Fitting Von Bertalanffy growth curves, a new approach.  
Investigation Pesquera 43: 179-186.
- MAERTENS, D., 1986 - The effect of sand extraction and dredging on the bottom fauna of the Belgian Continental Shelf.  
Contribution to ICES Report C.M. 1986/E:2.
- MARGUETS, A.R., 1963 - Escape of fish through the component parts of trawls.  
Spec. Pubs. Int. Comm. NW. Atlant. Fish. 5: 158-165.
- MARSHALL, N., 1980 - Fishery yield of coral reefs and adjacent shallow-water environments.  
In: S.B. Salla and P. Roedel (Eds.) Stock Assessments for tropical small-scale fisheries. Proceedings of an International Workshop held 19-21 september 1979 at the University of Rhode Island.  
Int. Cent. Mar. Res. Dev., University of Rhode Island, Kingston, USA.
- MAURIOUEZ, M. et E.MACPHERSON, 1975 - Considérations à l'étude d'une nouvelle méthode de détermination de l'âge des poissons.  
C.I.E.M. C.M.1975/H:38.

- MIRSA, R.K., 1980 - Statistical comparisons of several growth curves of the Von Bertalanffy type.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 920-926.
- MOREAU, J., 1979 - Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude.  
Thèse de Doctorat d'Etat, Institut National Polytechnique Toulouse - France. 215 p.
- MUIRA, T., N. SUZUDI, M. HOGOSHI & K. YAMANURA, 1976 - The rate of production of food consumption of the Biwamasu (Oncorhynchus rhodurus) population in lake Biwa.  
Research Population Ecology (Tokyo) 17: 135-154.
- MUNRO, J.L., 1982 - Estimation of the parameters of the Von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals.  
Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 40: 199-200.
- NIHOUL, J.C. & F.C. RONDAY, 1975 - The influence of the tidal stress on the residual circulation.  
Tellus 27: 484-490.
- ORTEGA-SALAS, A.A., 1979 - Seasonal change in the common dab (Limanda limanda) in Isle of Man Waters.  
J. Fish. 16: 75-82.
- PANNELLA, G., 1971 - Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns.  
Science 137 (4002): 1124-1127.
- PARRISH, B.B., 1950 - Fishing capacity of Lowestoft and Aberdeen trawls when used on flatfish grounds.  
J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 17: 156-171.
- PARRISH, B.B., 1964 - Diurnal variation in size and composition of trawl catches.  
Rapp. P.-V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 155: 27-34.

- PAULY, D., 1978 - A preliminary compilation of fish length growth parameters.  
Ber. Inst. f. Meereskunde. Univ.Kiel, N°55, 200 p.
- PAULY, D., 1979 - Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of Von Bertalanffy's growth formula.  
Ber. Inst. f. Meereskunde. Univ.Kiel, 63, 153 p.
- PAULY, D., 1980 - On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks.  
J. Cons. Int. Explor. Mer 39: 175-192.
- PAULY, D., 1981 - The relationship between gill surface and growth performance in fish: a generalization of Von Bertalanffy's theory of growth.  
Meeresforschung 28: 251-282.
- PAULY, D., 1984 - Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators.  
International Center for Living Aquatic Ressources Management, ICLARM, Manila, Philippines. 325 p.
- PETERSEN, J., 1892 - Fishensbiologiske forhold iholboek fjord. 1890-91,  
Beretning fra de Danske Biologiske Station for 1890 (91); 1: 121-183.
- POLL, M., 1974 - Faune de Belgique, poissons marins.  
Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, 412-416.
- POULSEN, E.M., 1933 - Biology of dab in Danish Waters.  
Rep. Dan. Biol.Sta. 38: 9-30.
- PUETTER, A., 1920 - Studien über physiologische "Ähnlichkeit". VI. Wachstumsähnlichkeiten.  
Arch. Ges. Physiol. 180: 298-340.

- QUINNT, J., E.A. BEST, L. BYSTERVELD & I.R. GREGOR, 1983 -  
Sampling Pacific Halibut (Hippoglossus stenolepis)  
Landings for age composition: history, evaluation and  
estimation.  
Int. Pac. Halibut Comm. Sci. Rep. 68: 56p.
- RAE, B.B., 1970 - The distribution of flatfish in Scottish and  
adjacent waters.  
Mar. Res. 2: 1-39.
- RAPPORT ANNUEL DU SERVICE DES PECHEES MARITIMES, 1989 - De  
Belgische Zeevisserij Aanvoer en Besomming 1988.  
Ministerie van Landbouw, Bestuur der Economische Diensten.
- REPORT OF THE NORTH SEA Flatfish Working Group.  
Cons. Perm. Explor. Mer. C.M. 1989/Assess: 6.
- REPORT OF THE NORTH SEA Round Fish Working Group.  
Cons. Perm. Explor. Mer. C.M. 1988/Assess: 21.
- RICHARDS, F.J., 1959 - A flexible growth function for empirical  
use.  
J. Exp. Bot., 10: 280-300.
- RICKER, W.E., 1944 - Further notes on fishing mortality and  
effort.  
Copeia 1: 23-44.
- RICKER, W.E., 1975 - Computation and interpretation of biological  
statistics of fish populations.  
Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada  
191: 382p.
- ROBERTSON, T.B., 1923 - The chemical basis of growth and  
senescence.  
J. B. Lippincott, Philadelphia.
- ROBSON, D.S. & D.G. CHAPMAN, 1961 - Catch curves and mortality  
rates.  
Trans. Am. Fish. Soc. 90: 181-189.



- ROFF, D.A., 1980 - A motion for the retirement of the Von Bertalanffy's function.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 127-129.
- RUMOHR, H., 1975 - Der Einfluss von Temperatur und Salinität auf das Wachstum und die Geschlechtsreife von nutzbaren Knochenfischen.  
Ber. Inst. f. Meereskunde, Univ. Kiel.
- RUSSEL, E.S., 1976 - The fish of British Isles and North-West Europe.  
MacMillan.London. 529 p.
- RUSSEL, B.C., F.H. TALBOT, G.R.V. ANDERSON & B. GOLDMAN, 1978 - Collection and sampling of reef fishes. p. 329-345.  
In: D.R. Stoddart & R.E. Johannes (eds.) Coral reefs: research methods. UNESCO, Paris.
- SAEGER, J., P. MARTOSUBROTO & D. PAULY, 1976 - First report of the Indonesian-German Demersal Fisheries Project (result of a trawl survey in the Sunda Shelf area).  
Marine Fisheries Research Report/Contribution of the Demersal Fisheries Project N°1, Jakarta, 1-46.
- SAUL, B.S, W.R. CONRAD & H.P. MICHAEL, 1988 - Basic Fishery Science Programs: A Compendium of Microcomputer Programs and Manual of Operation.  
Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences, 18: 85-125.
- SAVILLE, A., 1980 - The assessment and management of pelagic fish stocks.  
Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer 177, 517 p.
- SCSP., 1978 - Report of the workshop on the demersal resources of the Sunda Shelf.  
31 October - 6 November 1977, Penang, Malaysia, Part II.  
SCS/GEN/77/13. 120 p. South China Sea Fisheries Development and Coordinating Programme, Manila.

- SEKHARAN, K.V., 1974 - Estimates of the stocks of oil sardine and mackerel in the present fishing grounds of the west coast of India.  
Indian J. Fish. 21: 177-182.
- SNEDECOR, G.W. & W.G. COCHRAN, 1977 - Statistical methods.  
Iowa State Univ. Press, 6th edition, 593 p.
- SPARHOLT, H., 1990 - An estimate of the total biomass of fish in the North Sea.  
J. Cons. Int. Explor. Mer 46: 200-210.
- SPARRE, P., 1983 - Methods for estimating natural mortality.  
FAO/Danida Project: training in fish stock assessment.  
Mombassa, June 1983. Lecture notes (MS).
- SSENTONGO, G.W. & LARKIN, P.A., 1973 - Some simple methods of estimating mortality rates of exploited fish populations.  
J. Fish. Res. Bd. Canada 30: 695-698.
- STEVENS, W.L., 1951 - Asymptotic regression.  
Biometrics 7: 247-267.
- TASSEL, M., M. DESMARCHELIER & I. COPPIN, 1985 - Répartition et abondance d'une espèce de limande (Limanda limanda) et de trois espèces de tacaud (Trisopterus luscus., Trisopterus minutus et Trisopterus esmarku) en Mer du Nord.  
C.I.E.M. C.M.1985/G:30.
- TAYLOR, C.C., 1962 - Growth equation with metabolic parameters.  
J. Cons. Int. Expl. Mer 27: 270-286.
- TEMMING, A., 1983 - On the stock situation of common dab (Limanda limanda) in the Belt Sea.  
Demersal Fish Comm. Ref. Baltic Fish Comm.  
I.C.E.S. C.M.1983/G:65.
- TERO, H., 1986 - Guide to the otolith of the bony fish of the North-East Atlantic.  
I.C.E.S. C.M. 1986/C:10

- THOMSON, W.F. & F. H. BELL, 1934 - Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of change in intensity upon total yield and yield per unit of gear.  
Rep. Int. Fish (Pacific Halibut), Comm. 8: 49 p.
- THUROW, F., 1970 - Ueber die Fortpflanzung des Dorsches (Gadus morhua) in der Kieler Bucht.  
Ber. Dt. Wiss. Komm. Meereskunde 21: 170-192.
- TIMON, V.M., 1968 - Genetic studies of growth and carcass composition in sheep. Growth and development in mammals. London, Butterworths. 123 p.
- TOMLINSON, P.K. & N.J. ABRAMSON, 1961 - Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares.  
California Dept. Fish Game, Fish Bull. 116: 69.
- WALFORD, L.A., 1946 - A new graphic method of describing the growth of animals.  
Biol. Bull. 90: 141-147.
- WHEELER, A., 1969 - The fish of British Isles and North West Europe. 121 p.
- WESTRHEIM, S. and W.E. RICKER, 1978 - Bias in using an age-length key to estimate age frequency distributions.  
J. Fish. Res. Bd. Canada 35: 184-189.
- WEYMOUTH, F.W., 1931 - Latitude and relative growth in the razor clam (Siliqua patula).  
J. Exp. Bio. 8: 228-249.
- WHITE, G.C., D.R. ANDERSON, K.P. BURNHAM and D.L. OTIS, 1982 - Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations.  
LA-8787 NERP. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico. 235 p.
- WOODHEAD, P.M.J., 1964 - Diurnal changes in trawl catches of fishes.  
Rapp. P.-V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 155: 35-44.

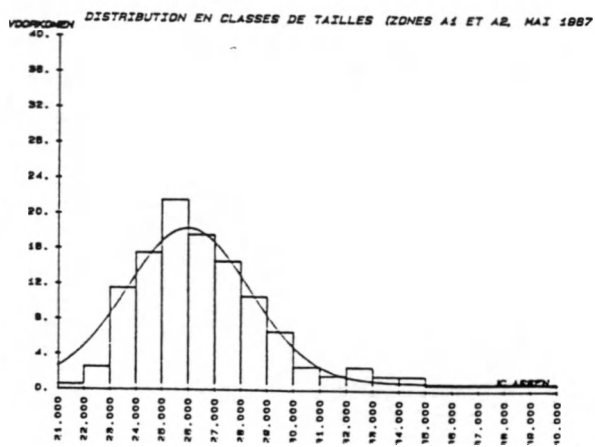
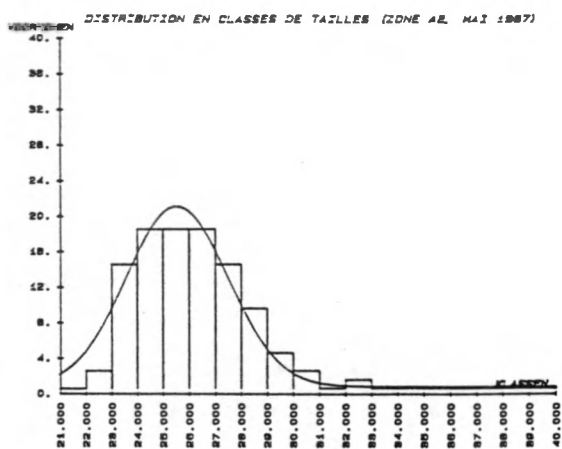
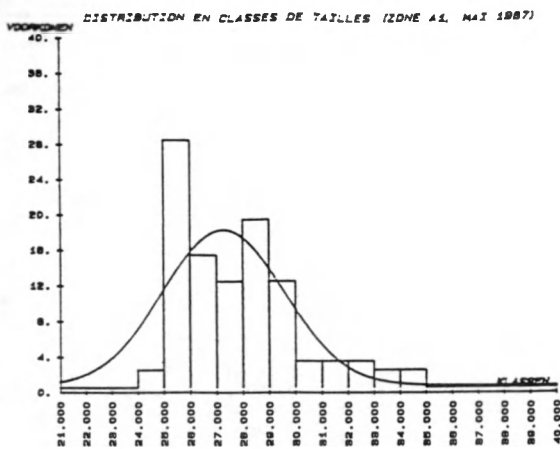
WYSOKINSKI, A., 1962 - A method of cleaning otoliths of some gadoid fish to facilitate age reading.

I.C.E.S. C.M.1962/F:2

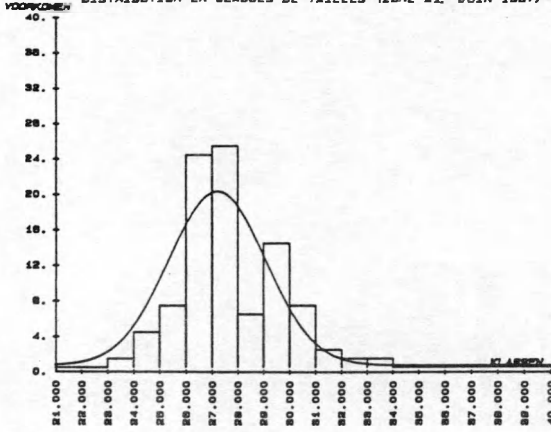
YATSU, A. et O. JØRGENSEN, 1988 - Distribution and size composition of redfish, Sebastes marinus and Sebastes mentella (Travis), from a bottom trawl survey of East Greenland in 1987.

Japan Marine Fishery Resource Research Center Kioi-Cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan. 19 p.

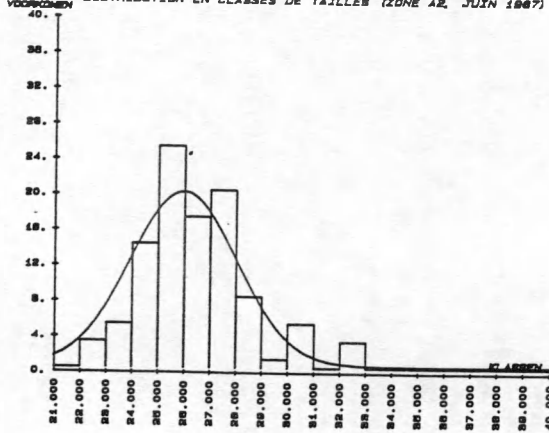
**Annexe I**  
**DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE ET EN**  
**CLASSE D'AGE DES CAPTURES DE LIMANDES**  
**DANS LA MER DU NORD**



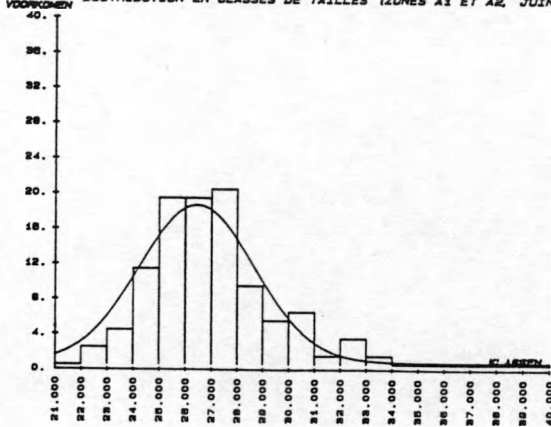
DISTRIBUTION EN CLASSES DE TAILLES (ZONE A1, JUIN 1987)



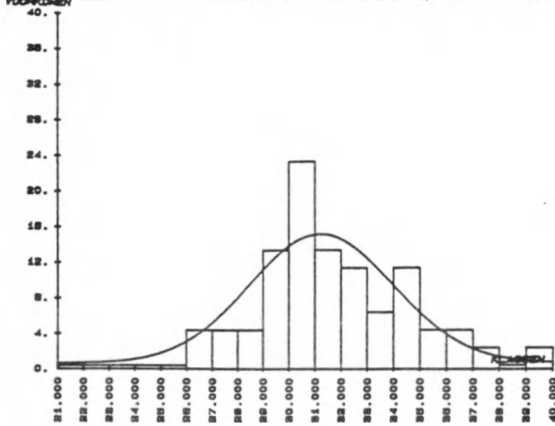
DISTRIBUTION EN CLASSES DE TAILLES (ZONE A2, JUIN 1987)



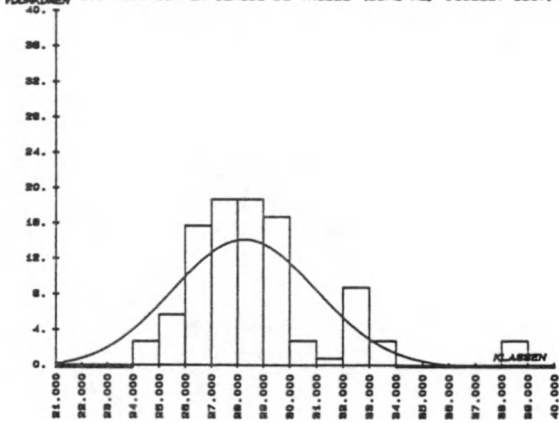
DISTRIBUTION EN CLASSES DE TAILLES (ZONES A1 ET A2, JUIN 1987)



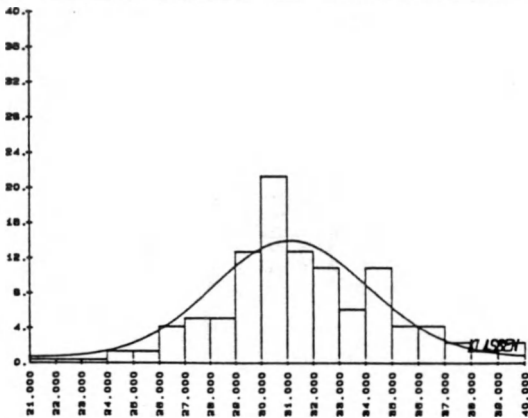
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, JUILLET 1987)



DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, JUILLET 1987)

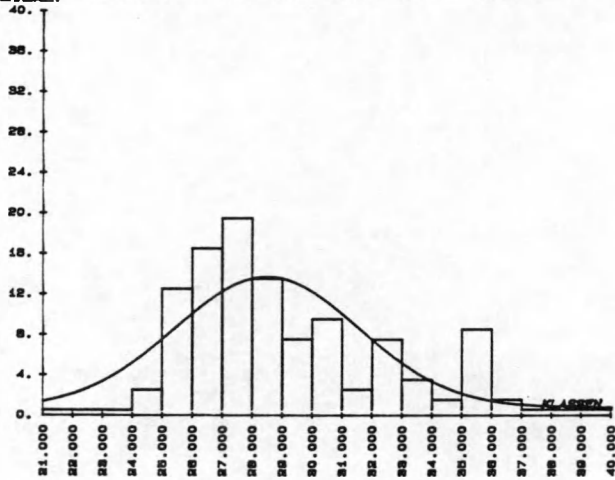


DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, JUIL 1987)

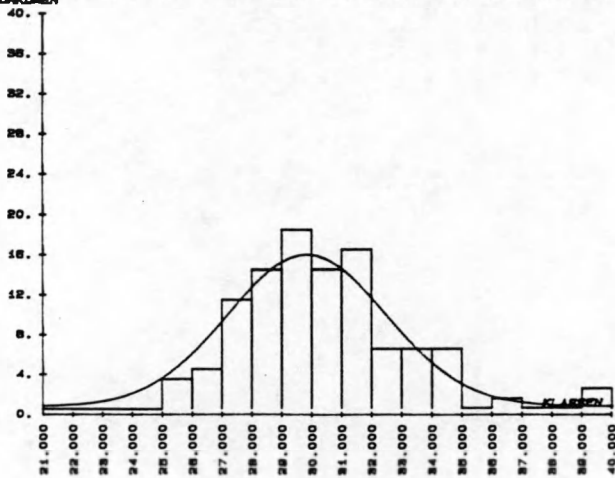




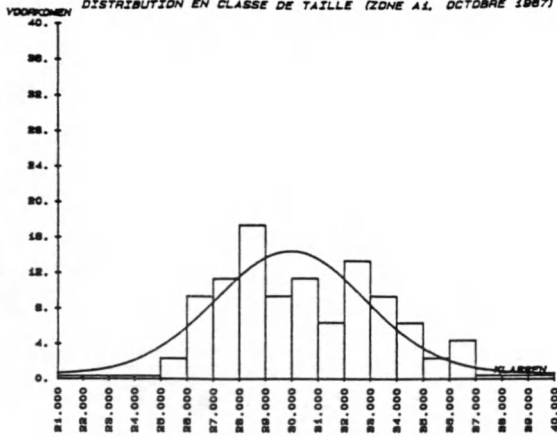
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZON A1, ADUT 1987)



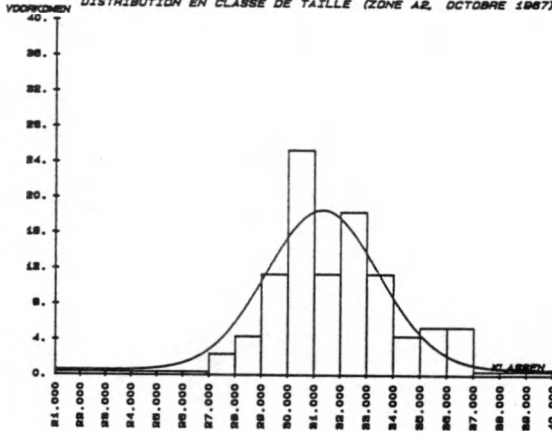
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, SEPTEMBRE 1987)



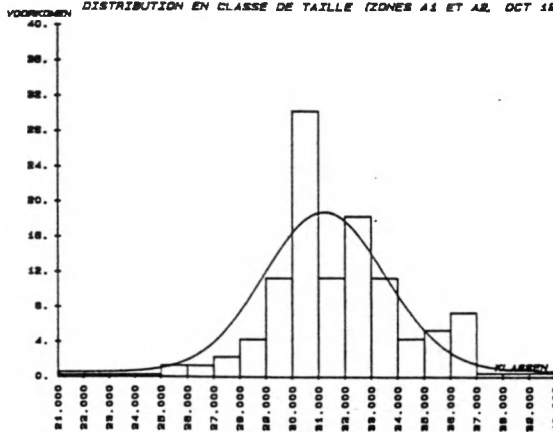
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, OCTOBRE 1987)



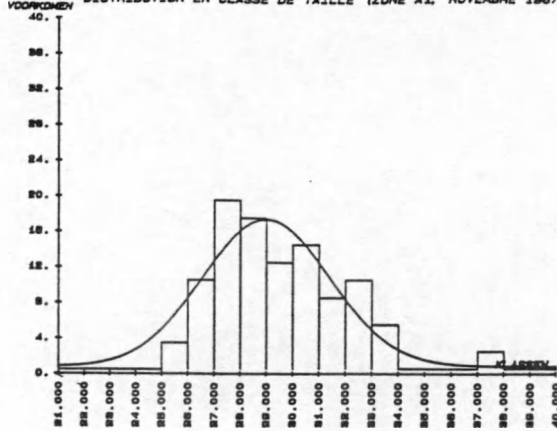
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, OCTOBRE 1987)



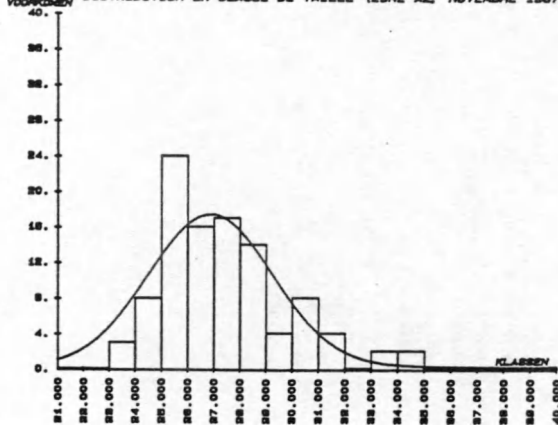
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, OCT 1987)



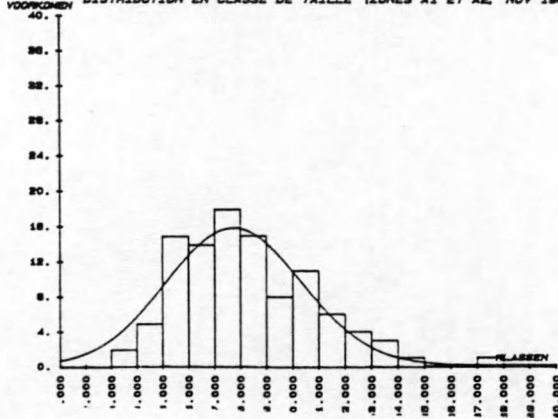
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, NOVEMBRE 1967)



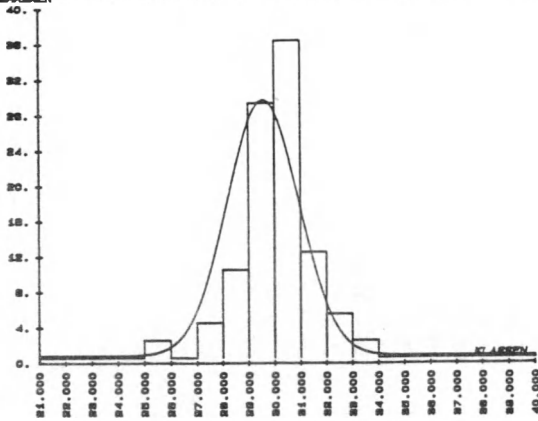
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, NOVEMBRE 1967)



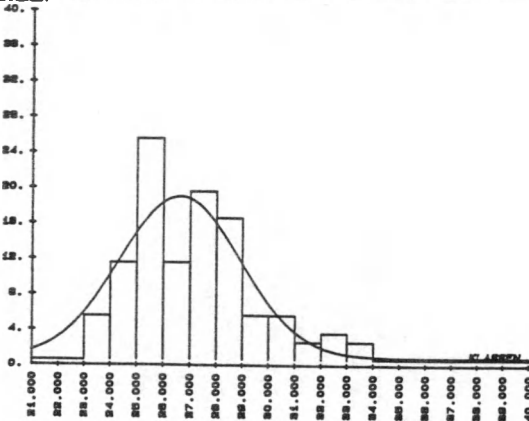
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, NOV 1967)



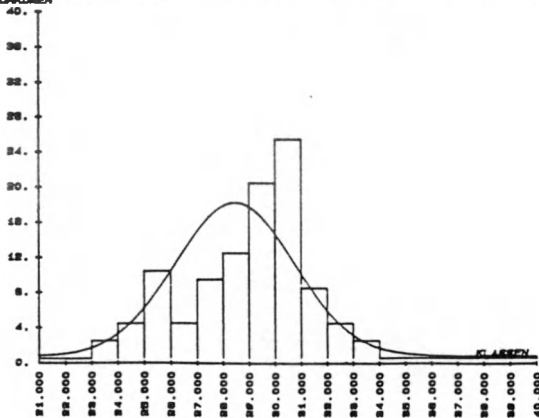
VOORKOMEN DISTRIBUTION EEN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, DECEMBRE 1967)



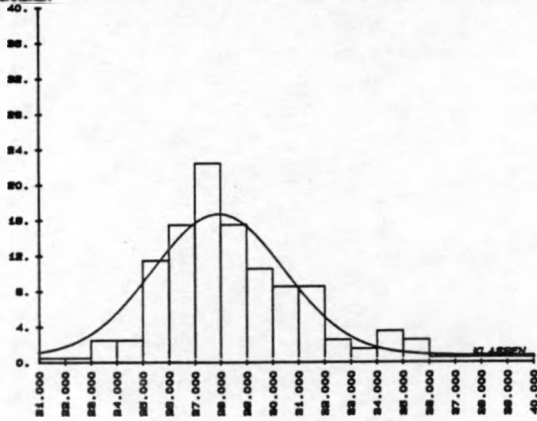
VOORKOMEN DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, DECEMBRE 1967)



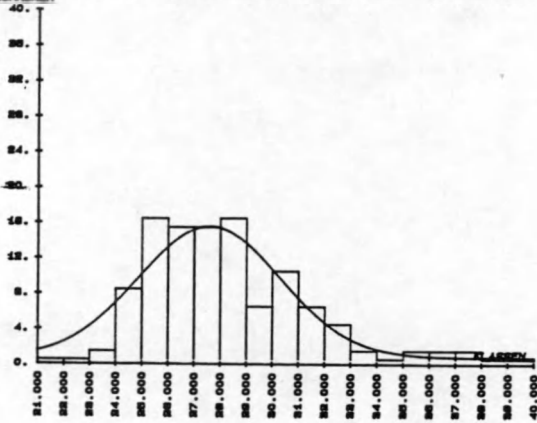
VOORKOMEN DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, DEC 1967)



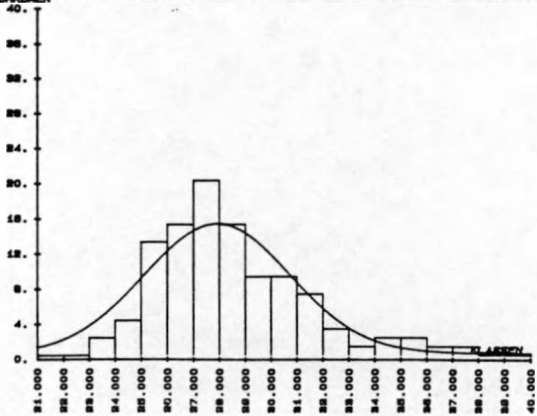
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, JANVIER 1988)



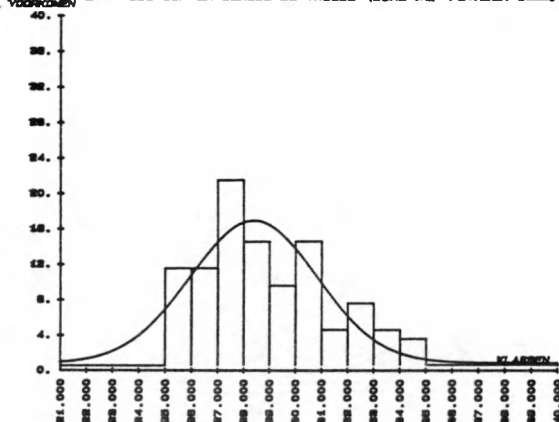
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, JANVIER 1988)



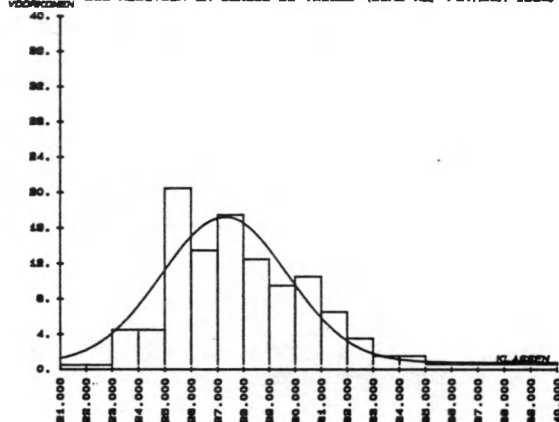
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, JANV 1988)



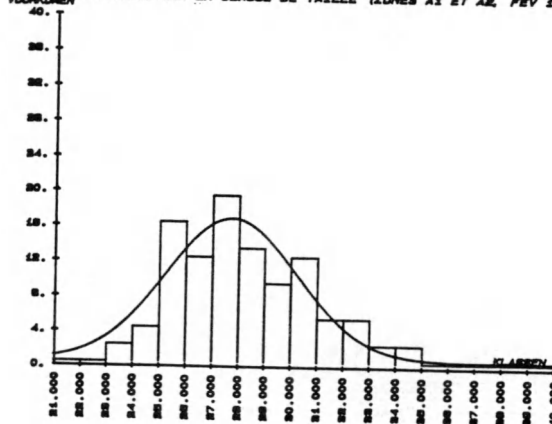
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, FEVRIER 1988)



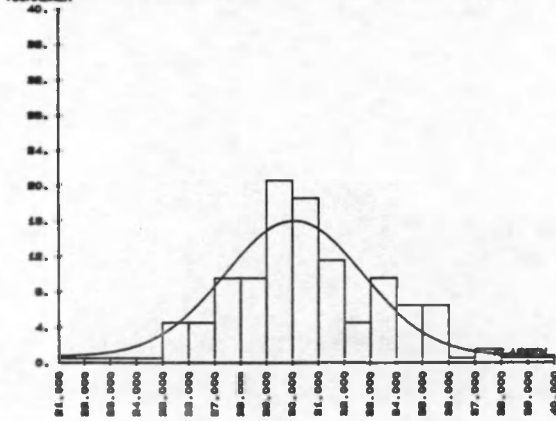
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, FEVRIER 1988)



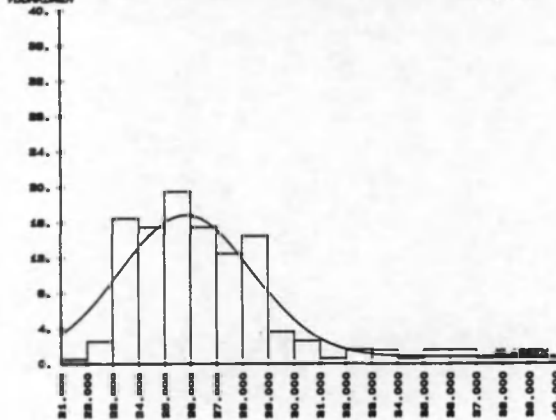
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, FEV 1988)



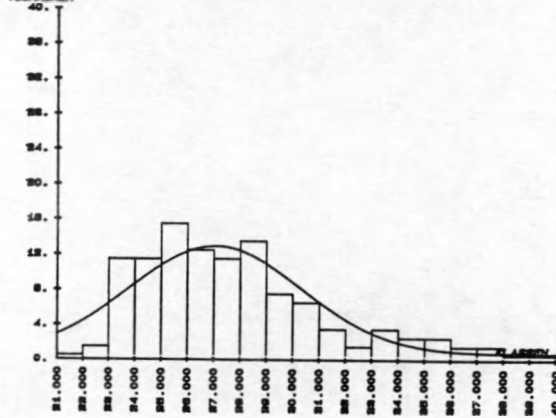
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A1, MARS 1998)

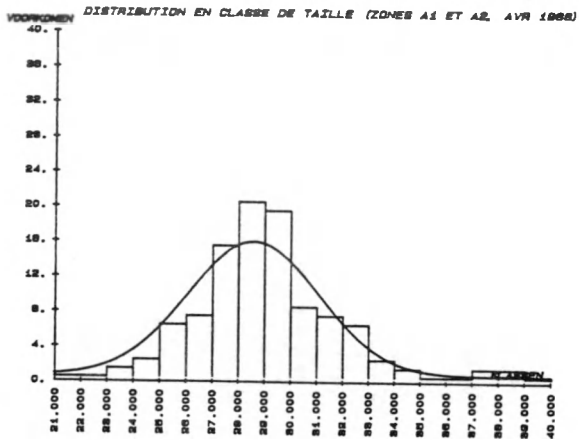
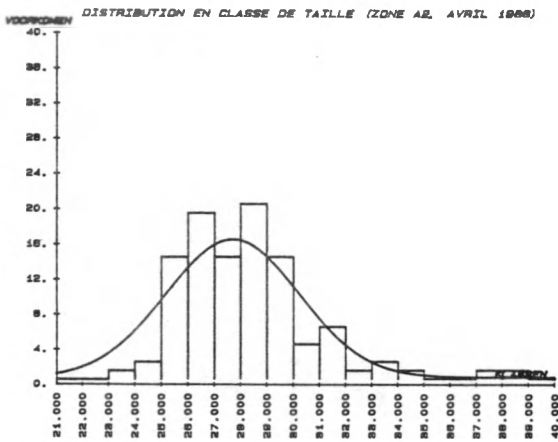
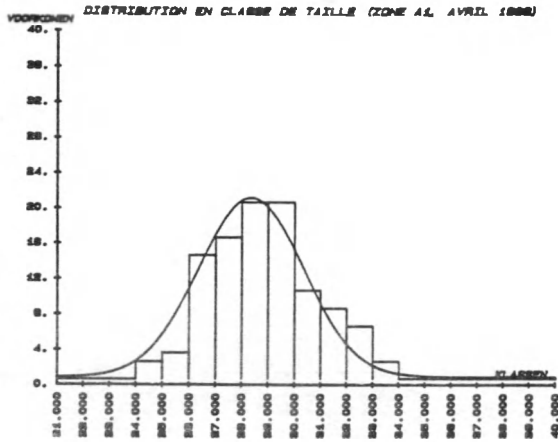


DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONE A2, MARS 1998)



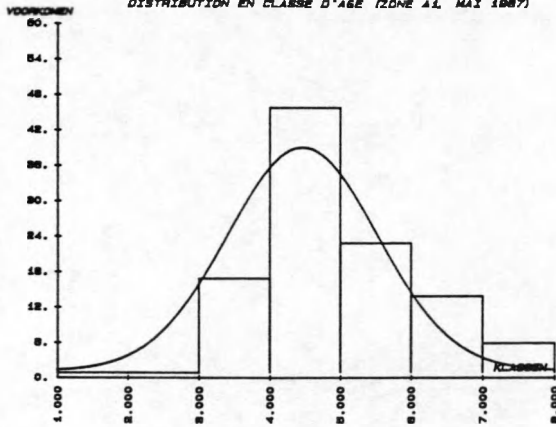
DISTRIBUTION EN CLASSE DE TAILLE (ZONES A1 ET A2, MARS 1998)



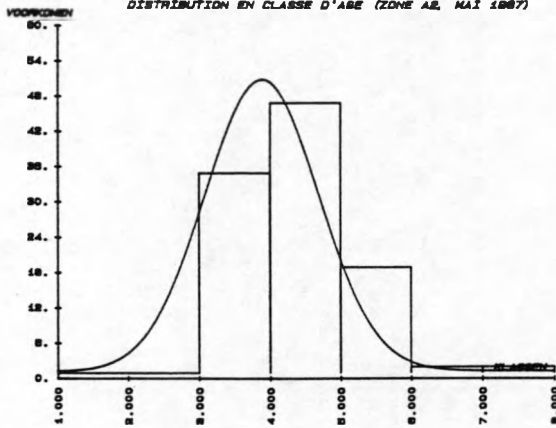




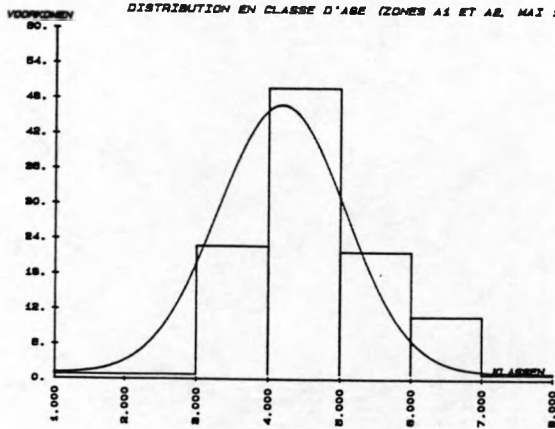
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A1, MAI 1987)



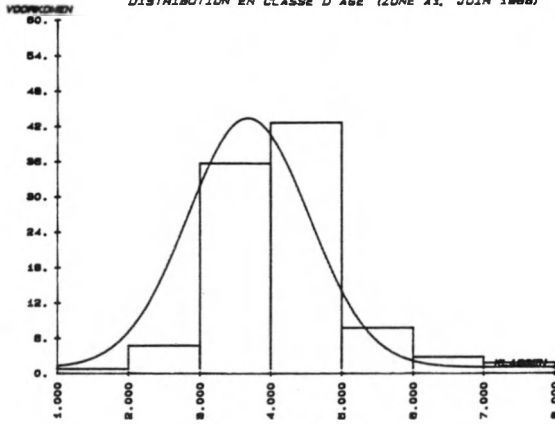
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A2, MAI 1987)



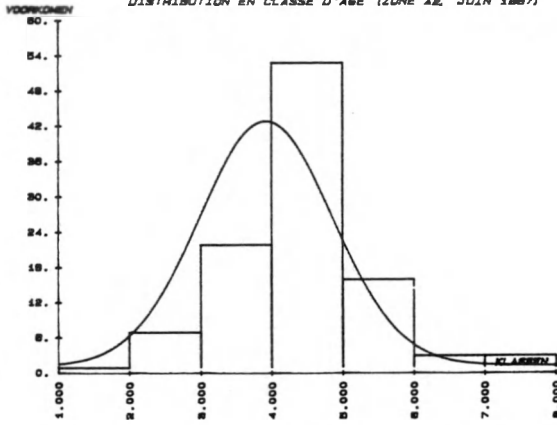
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONES A1 ET A2, MAI 1987)



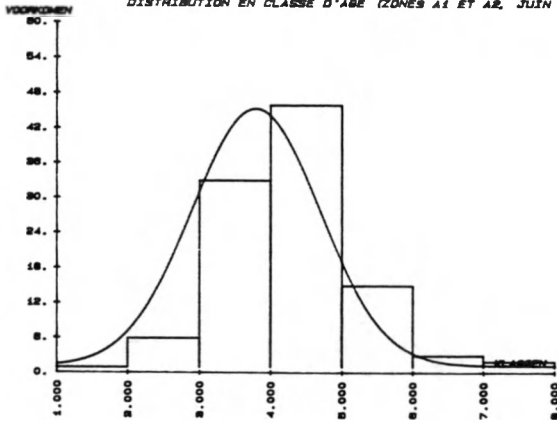
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A1, JUIN 1968)

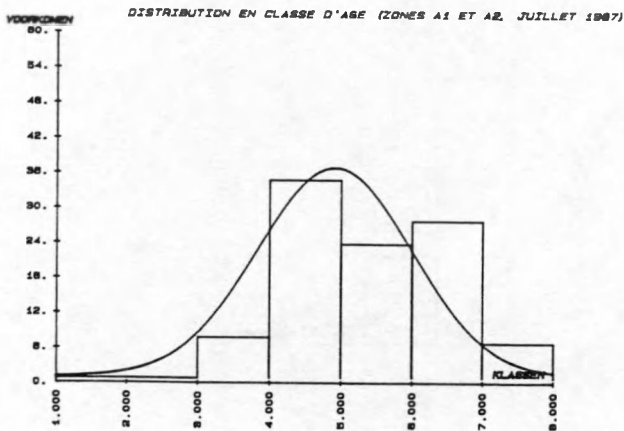
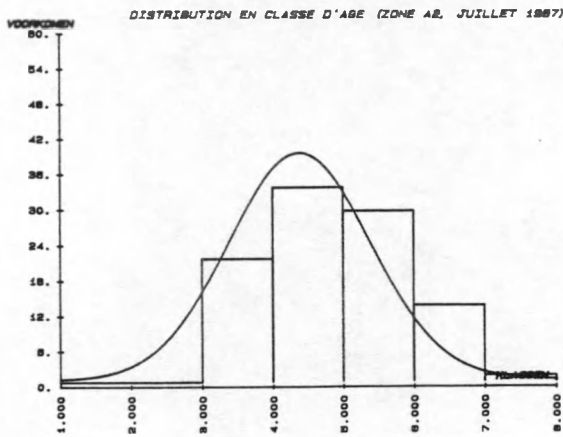
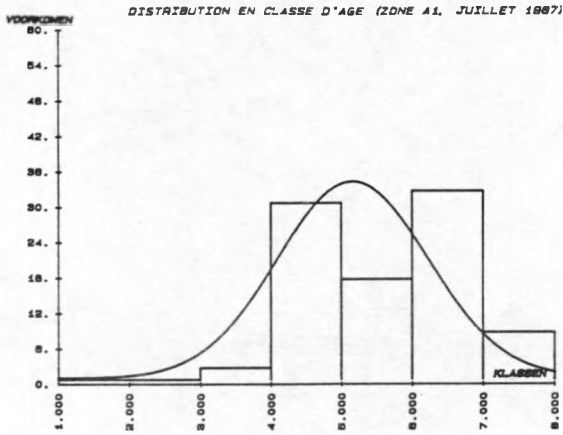


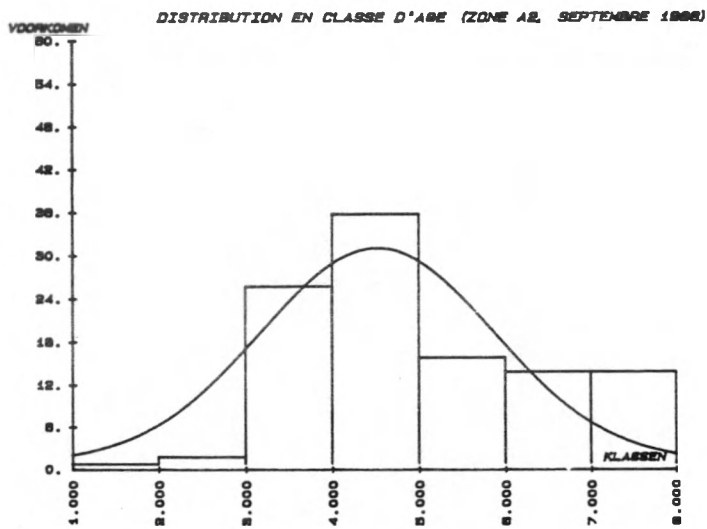
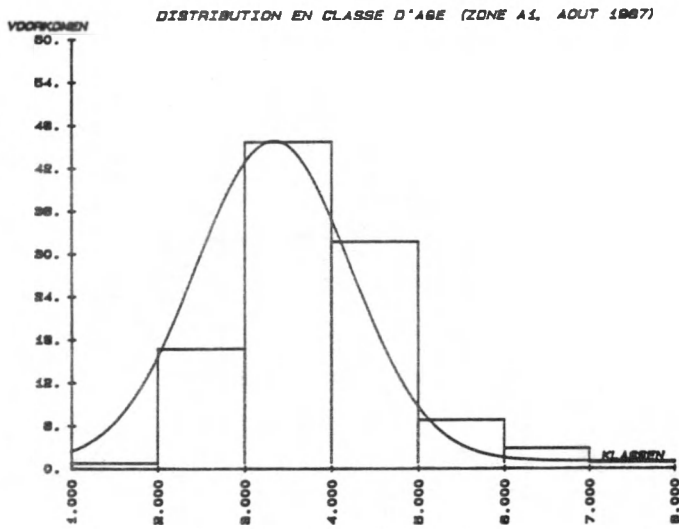
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A2, JUIN 1967)



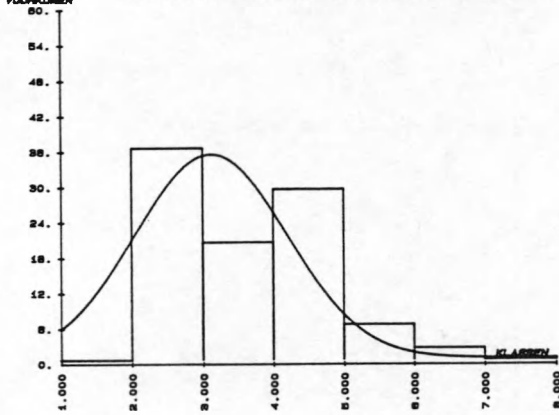
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONES A1 ET A2, JUIN 1967)



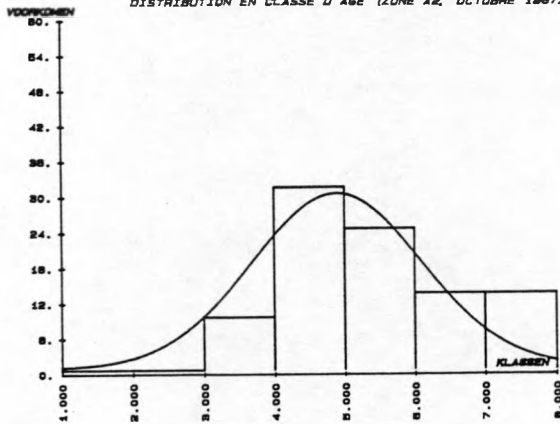




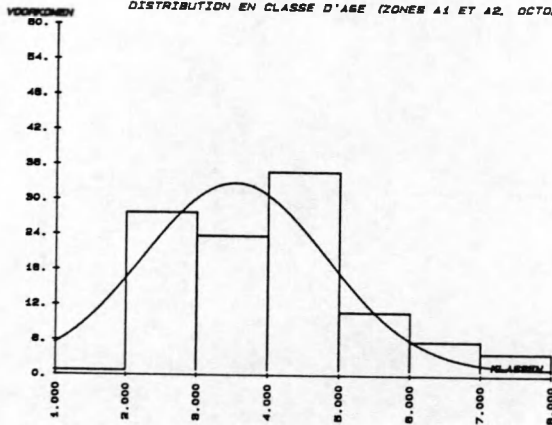
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A1, OCTOBRE 1967)

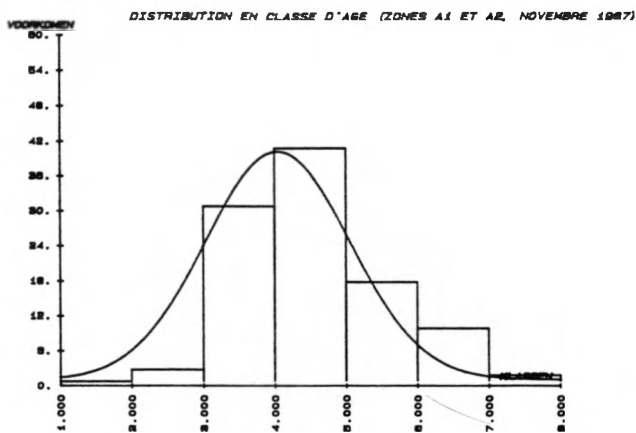
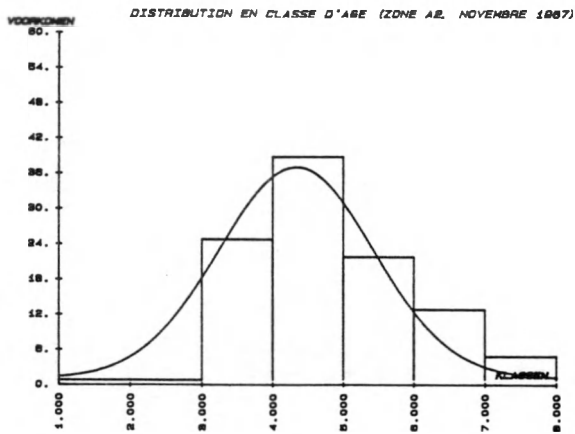
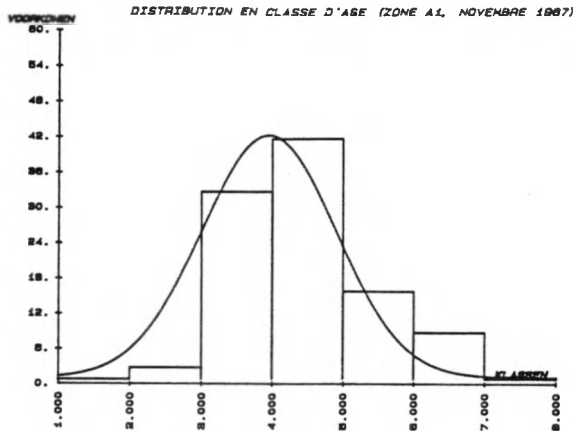


DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A2, OCTOBRE 1967)

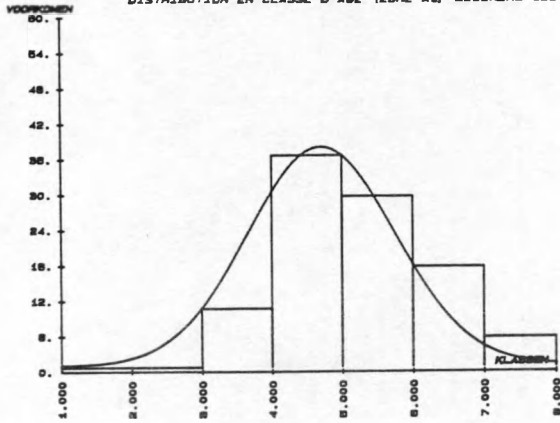


DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONES A1 ET A2, OCTOBRE 1967)

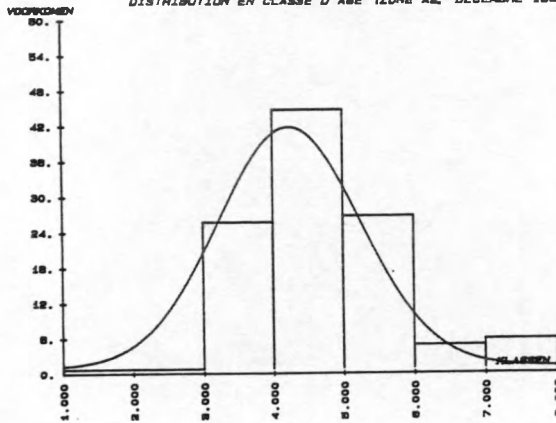




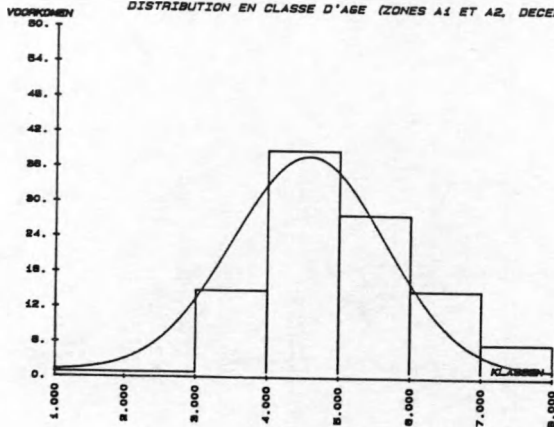
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A1, DECEMBRE 1967)

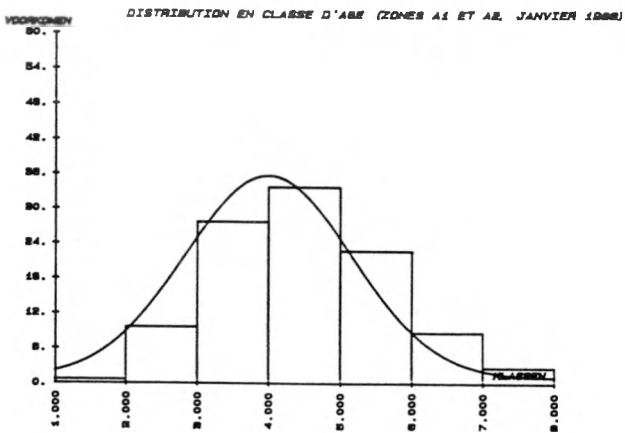
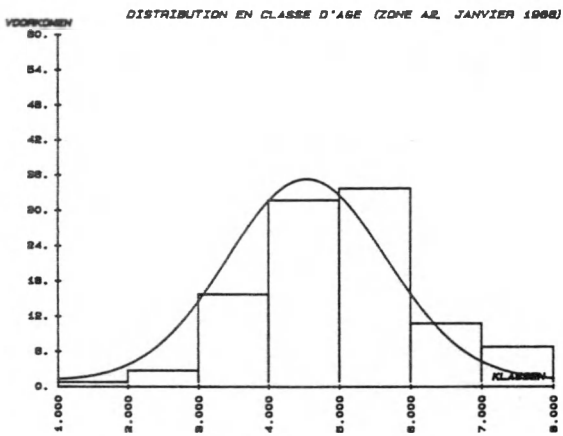
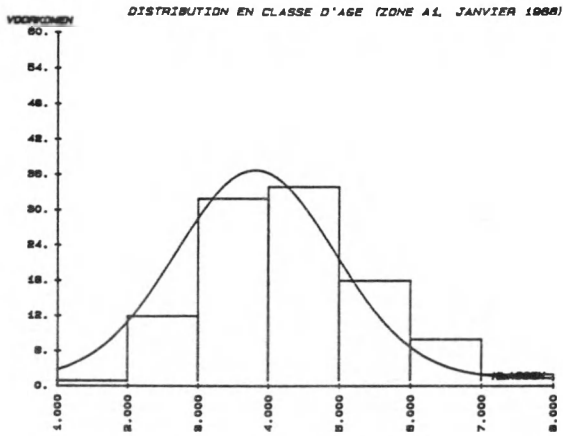


DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A2, DECEMBRE 1967)

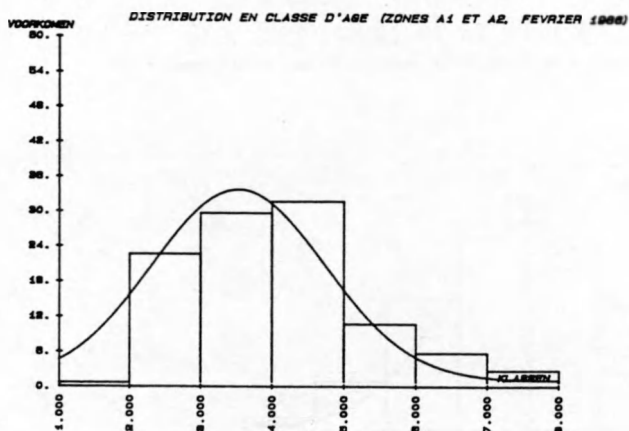
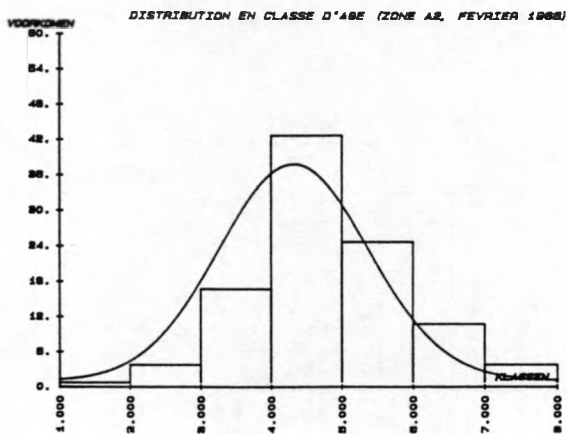
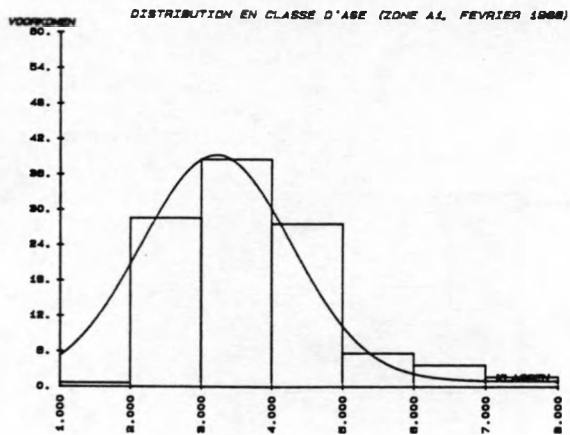


DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONES A1 ET A2, DECEMBRE 1967)

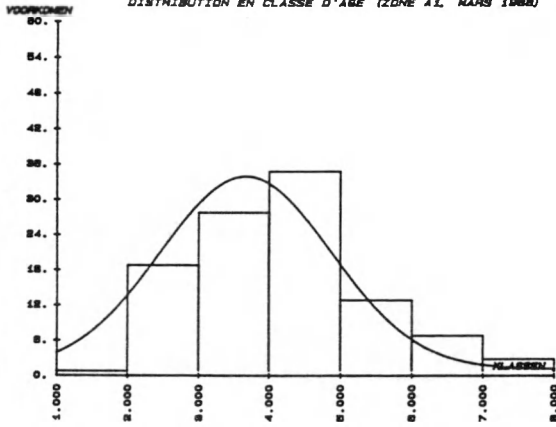




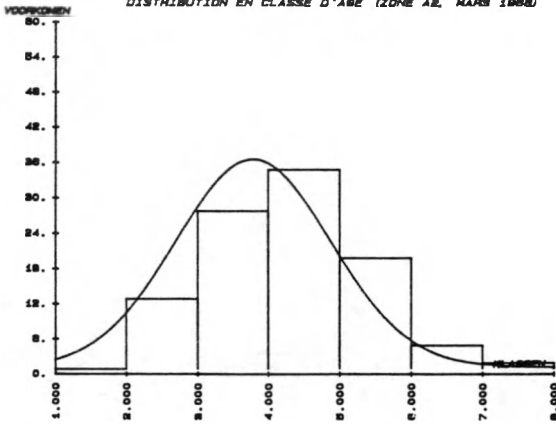




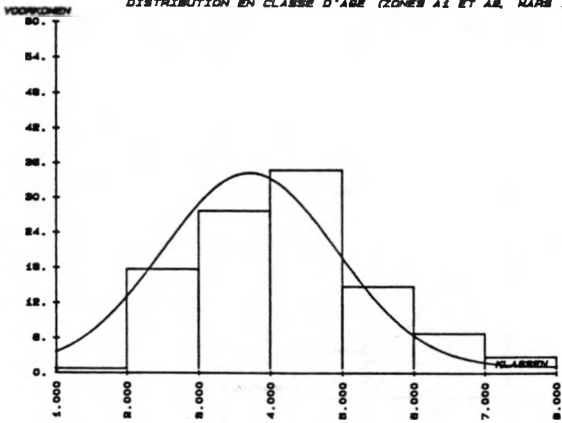
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A1, MARS 1988)

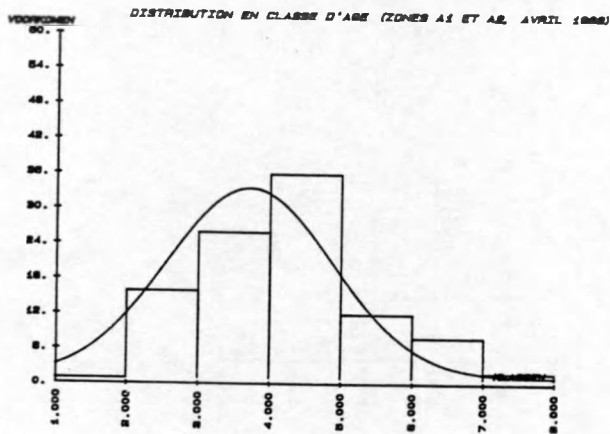
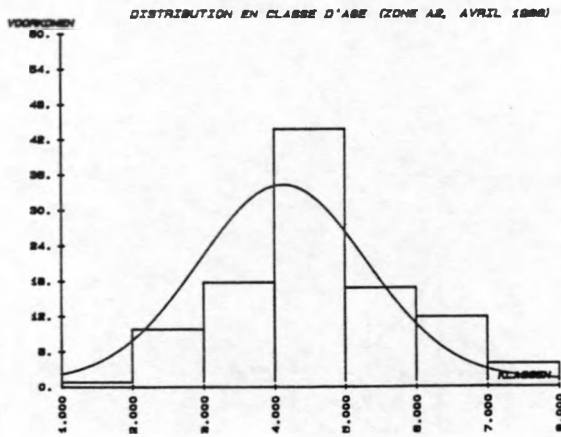
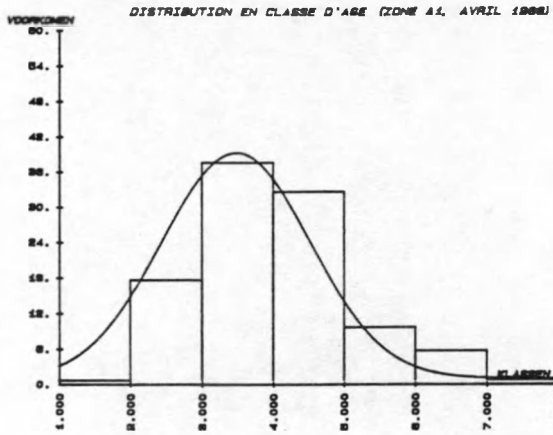


DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONE A2, MARS 1988)

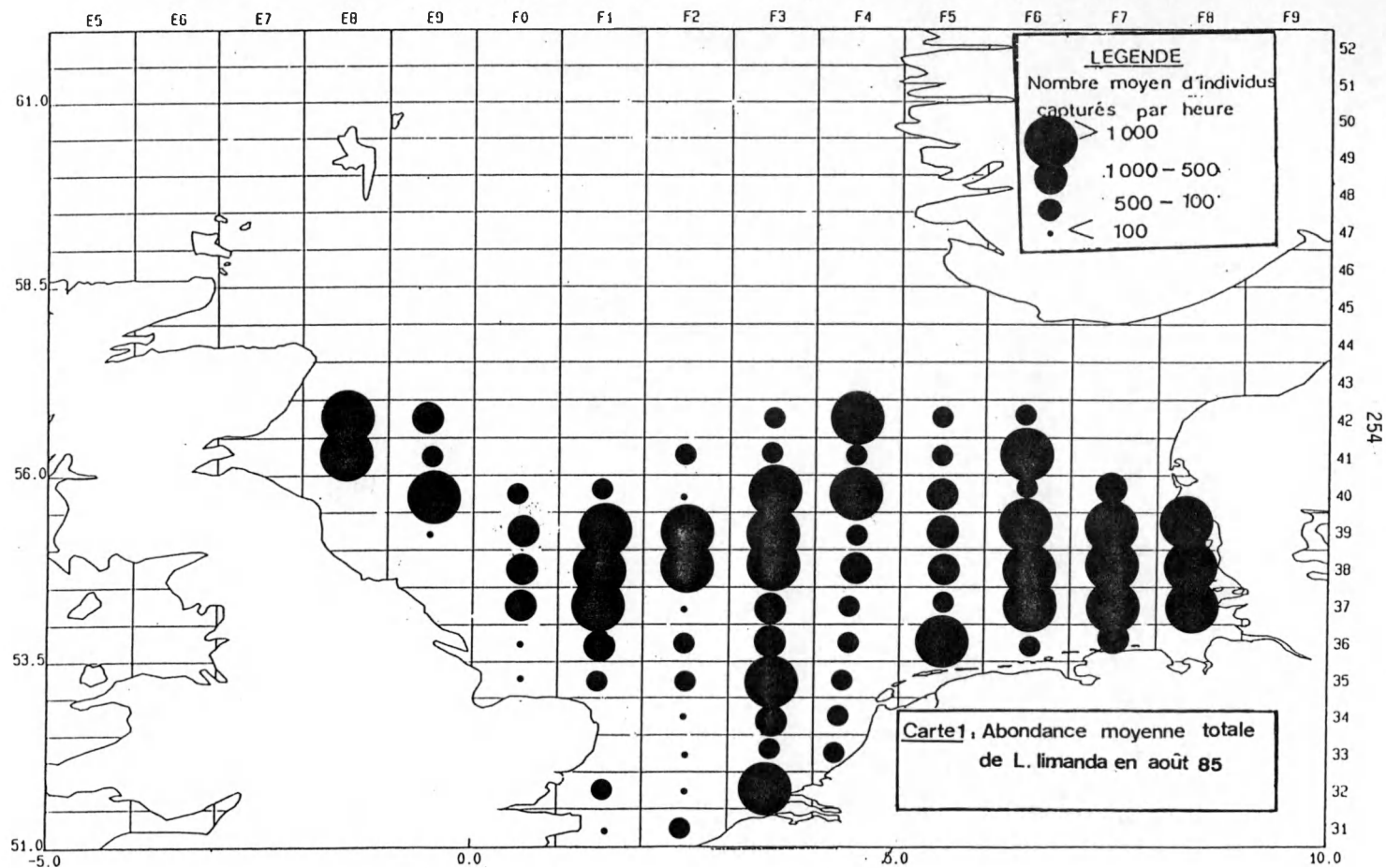


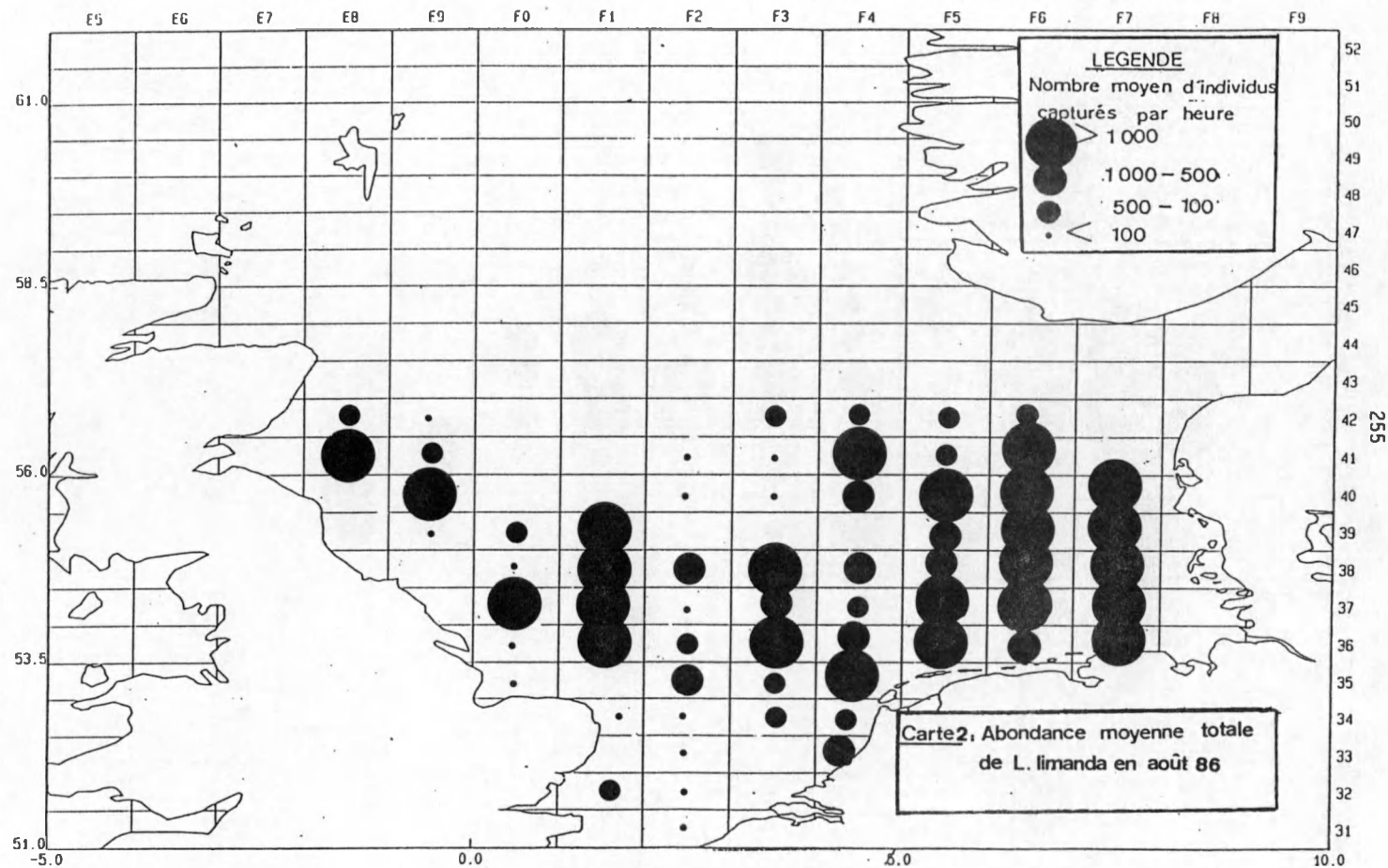
DISTRIBUTION EN CLASSE D'AGE (ZONES A1 ET A2, MARS 1988)

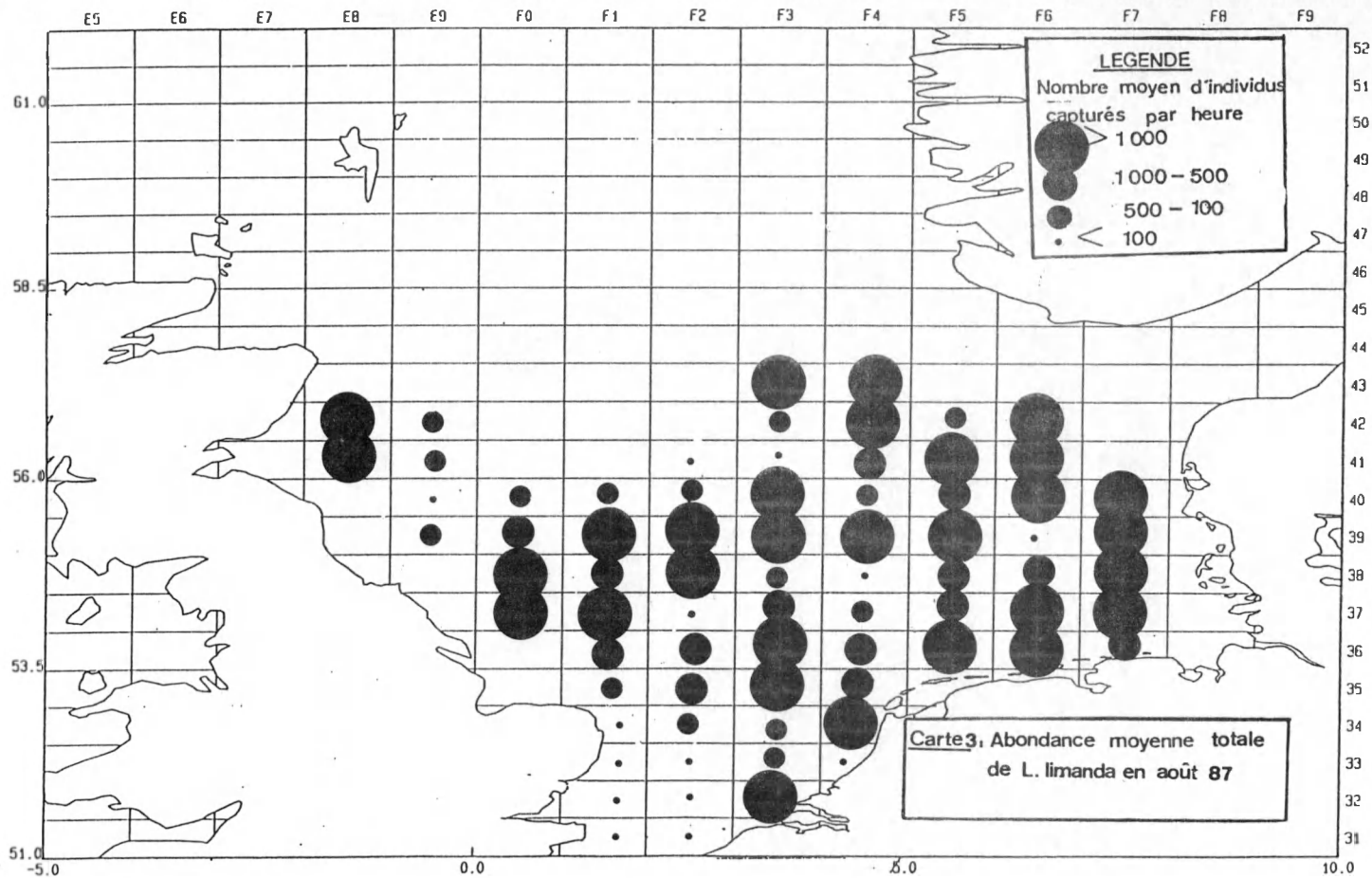


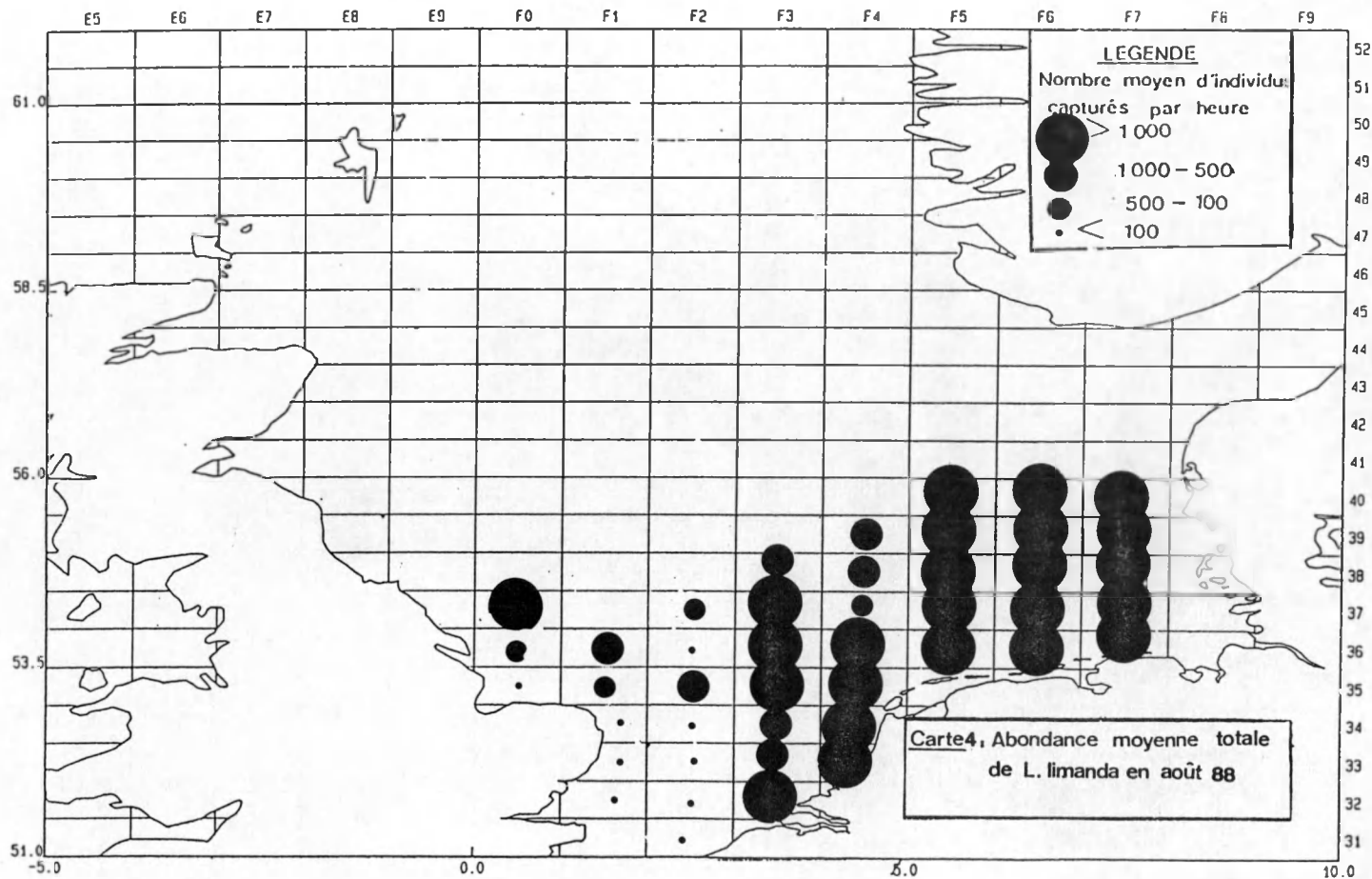


**Annexe II**  
**CARTES DE DISTRIBUTION DE LA LIMANDE**  
**DANS LA MER DU NORD**

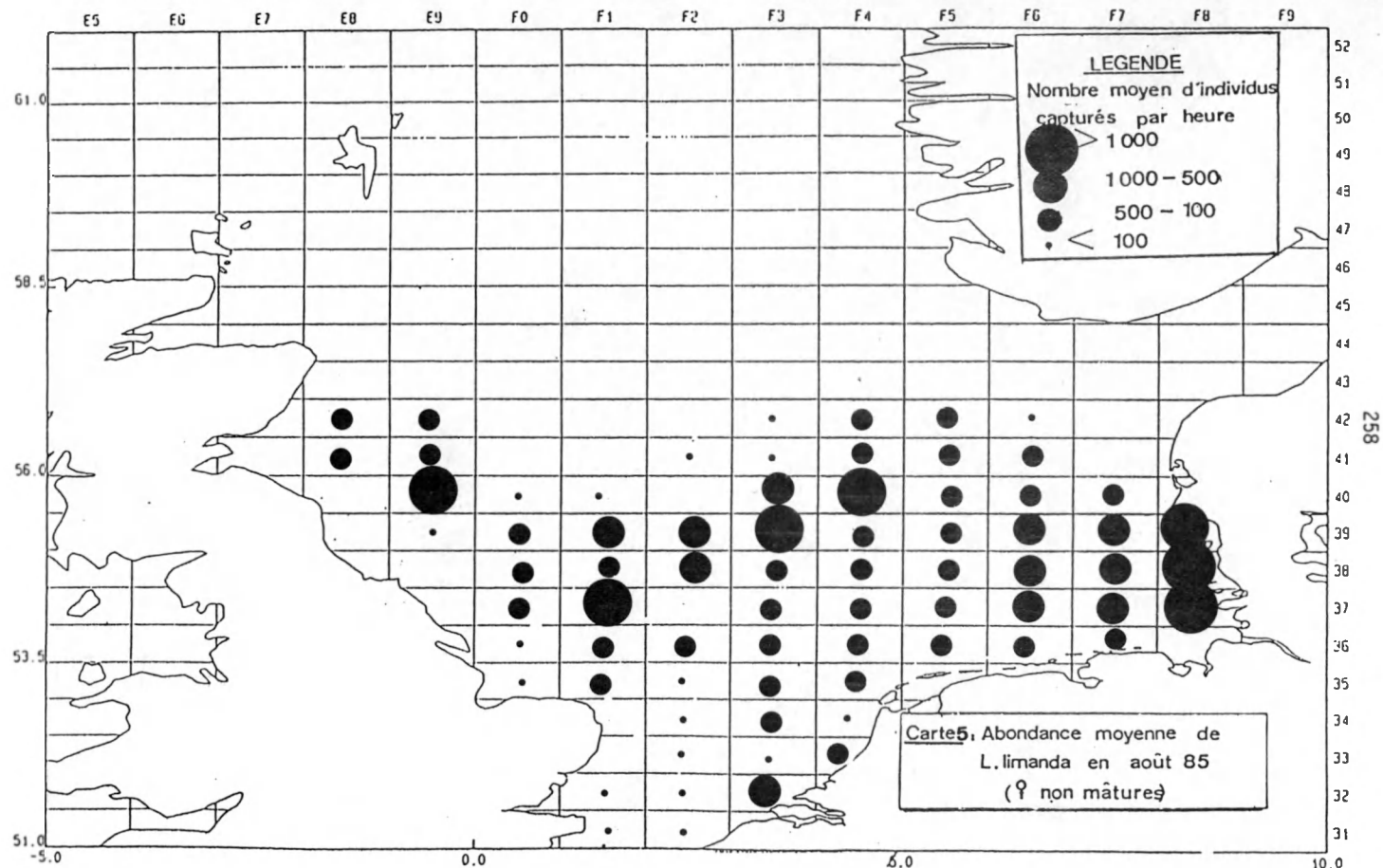


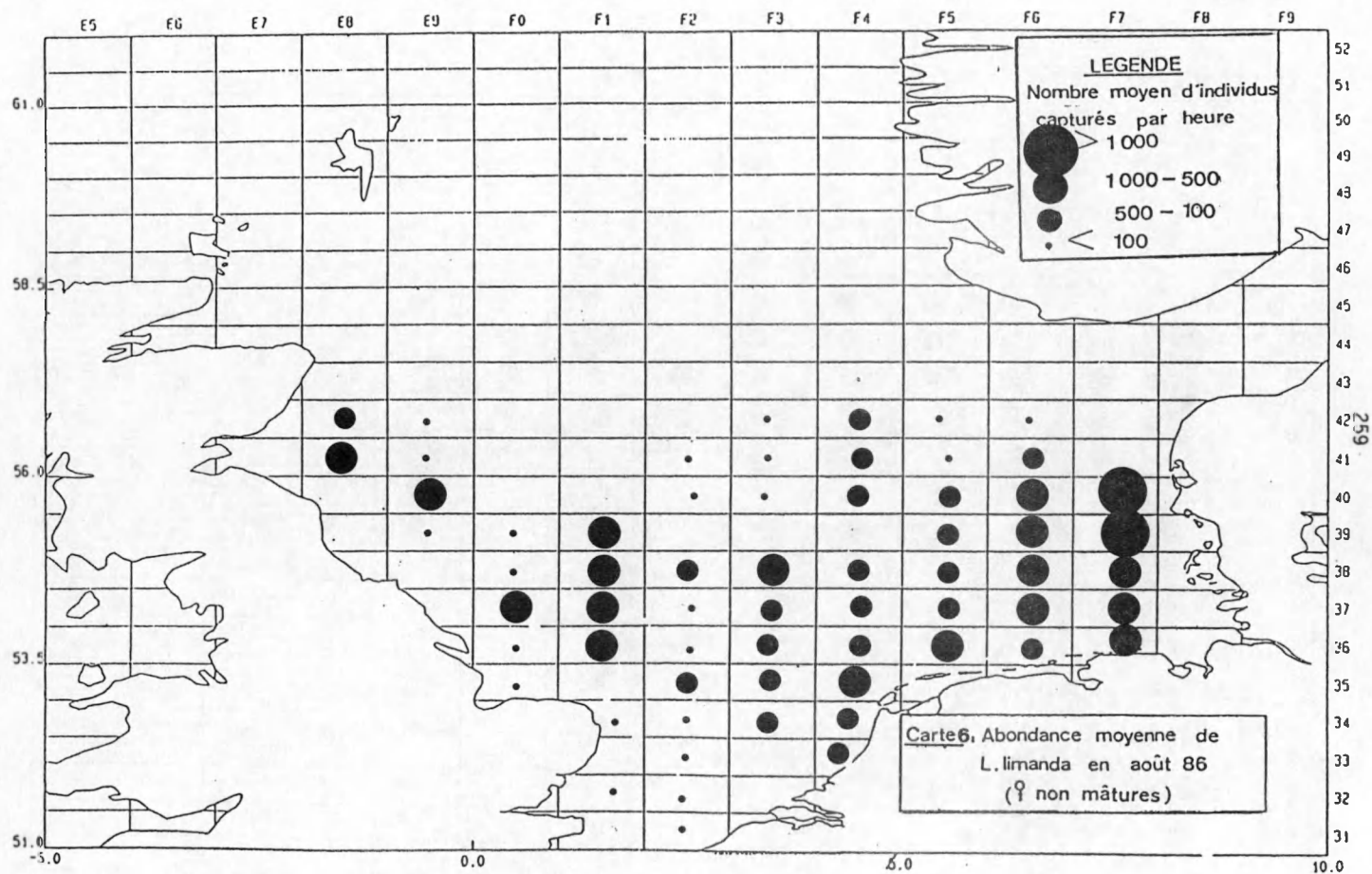


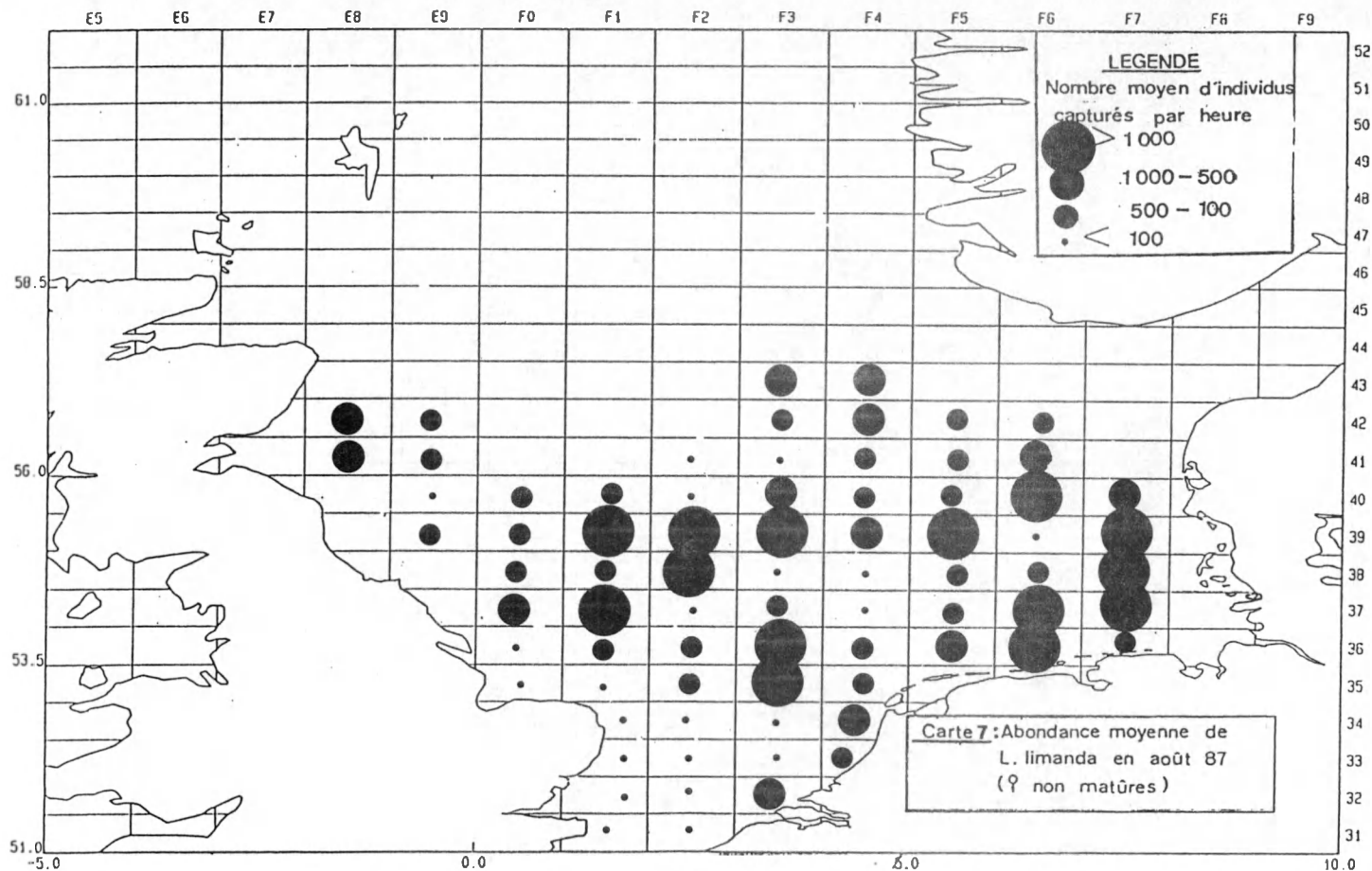


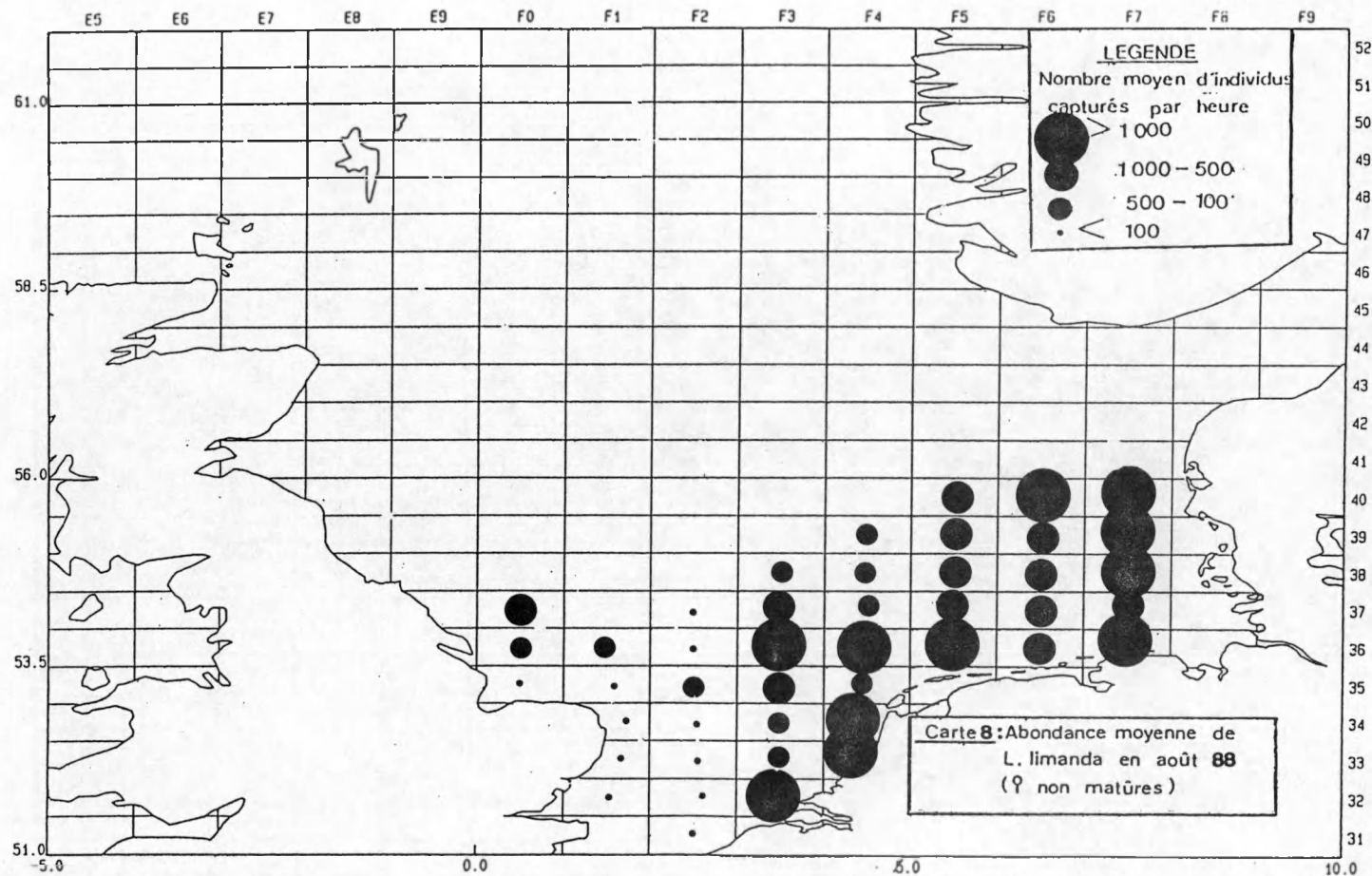


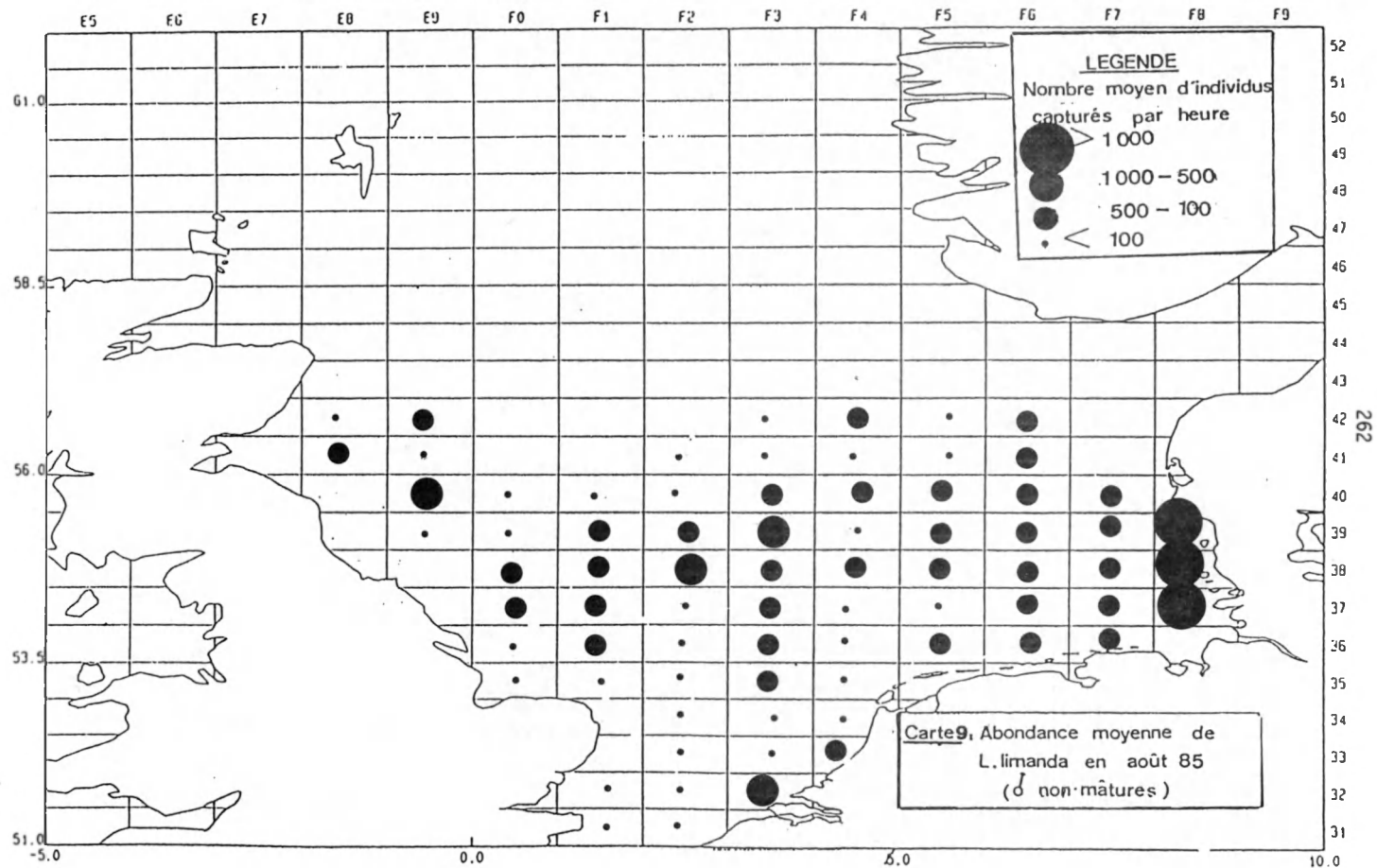


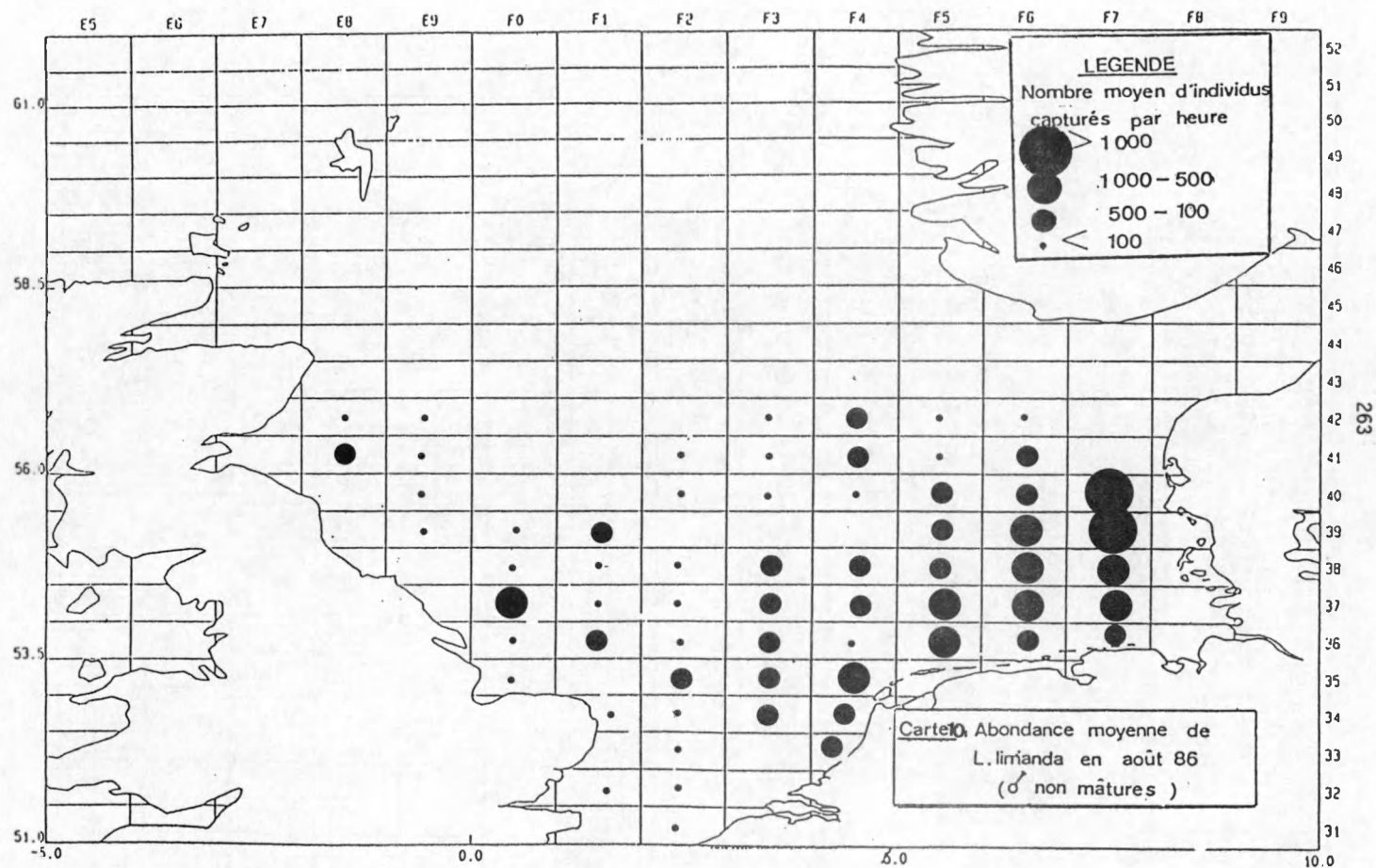


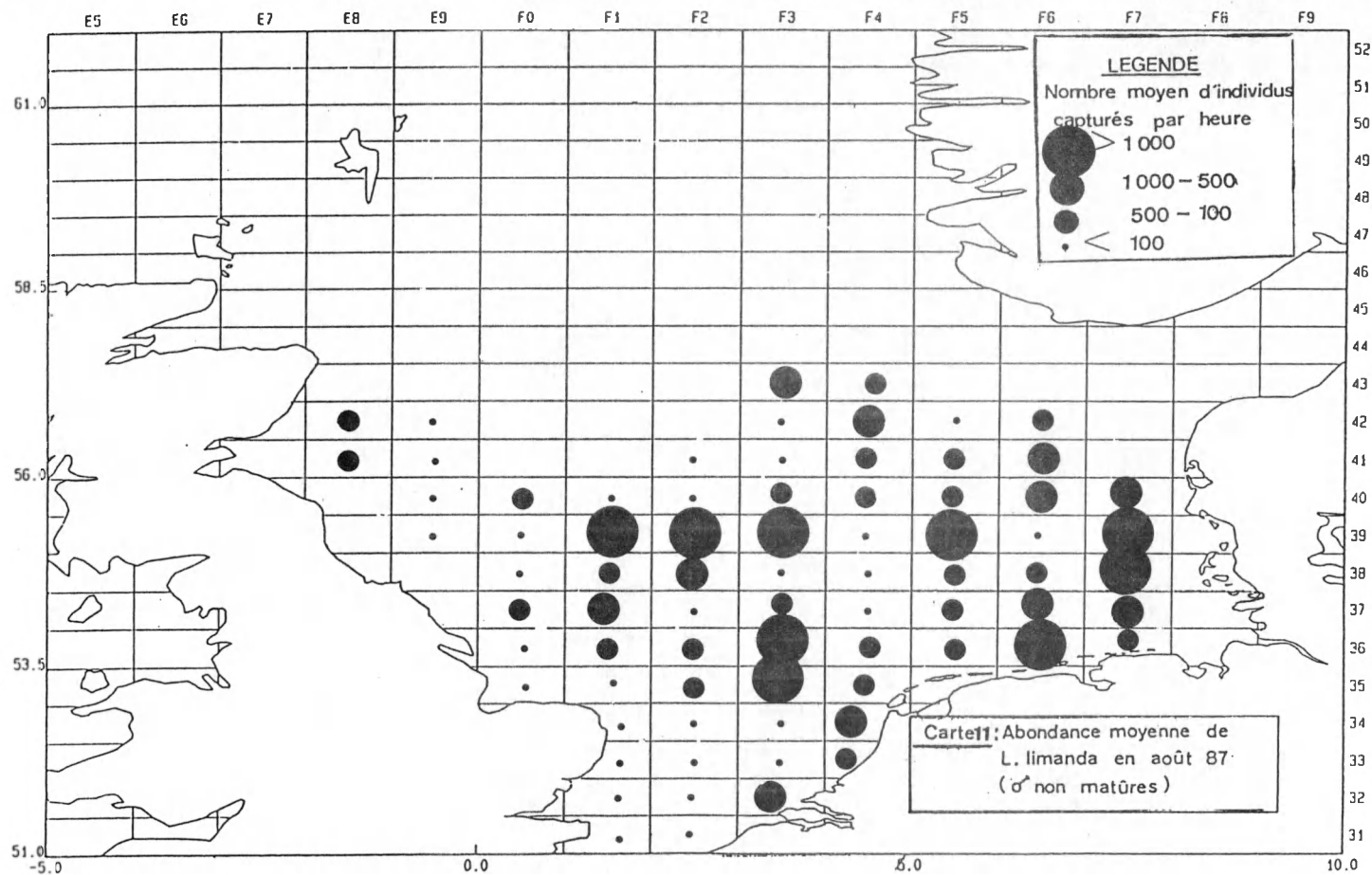


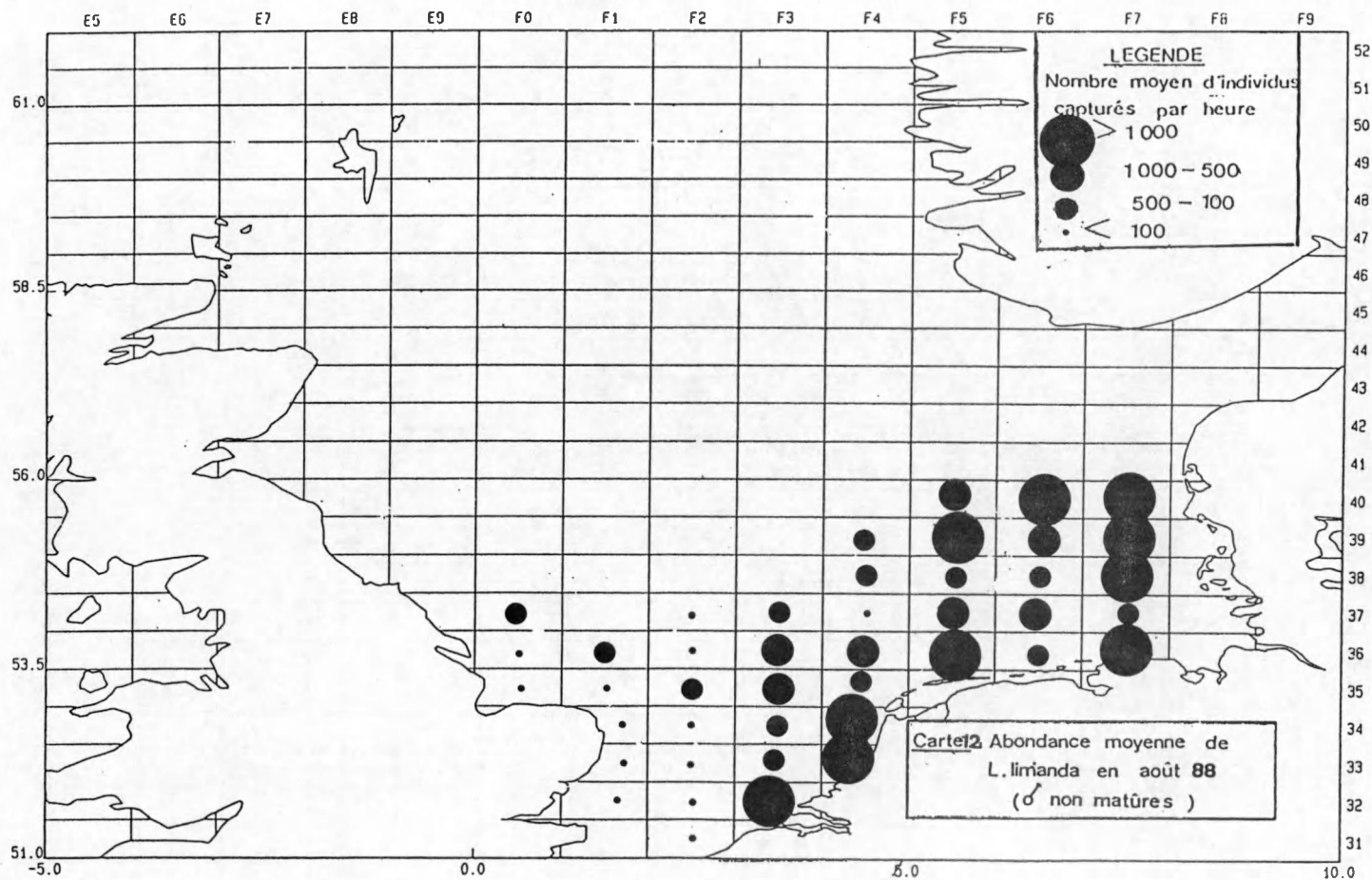




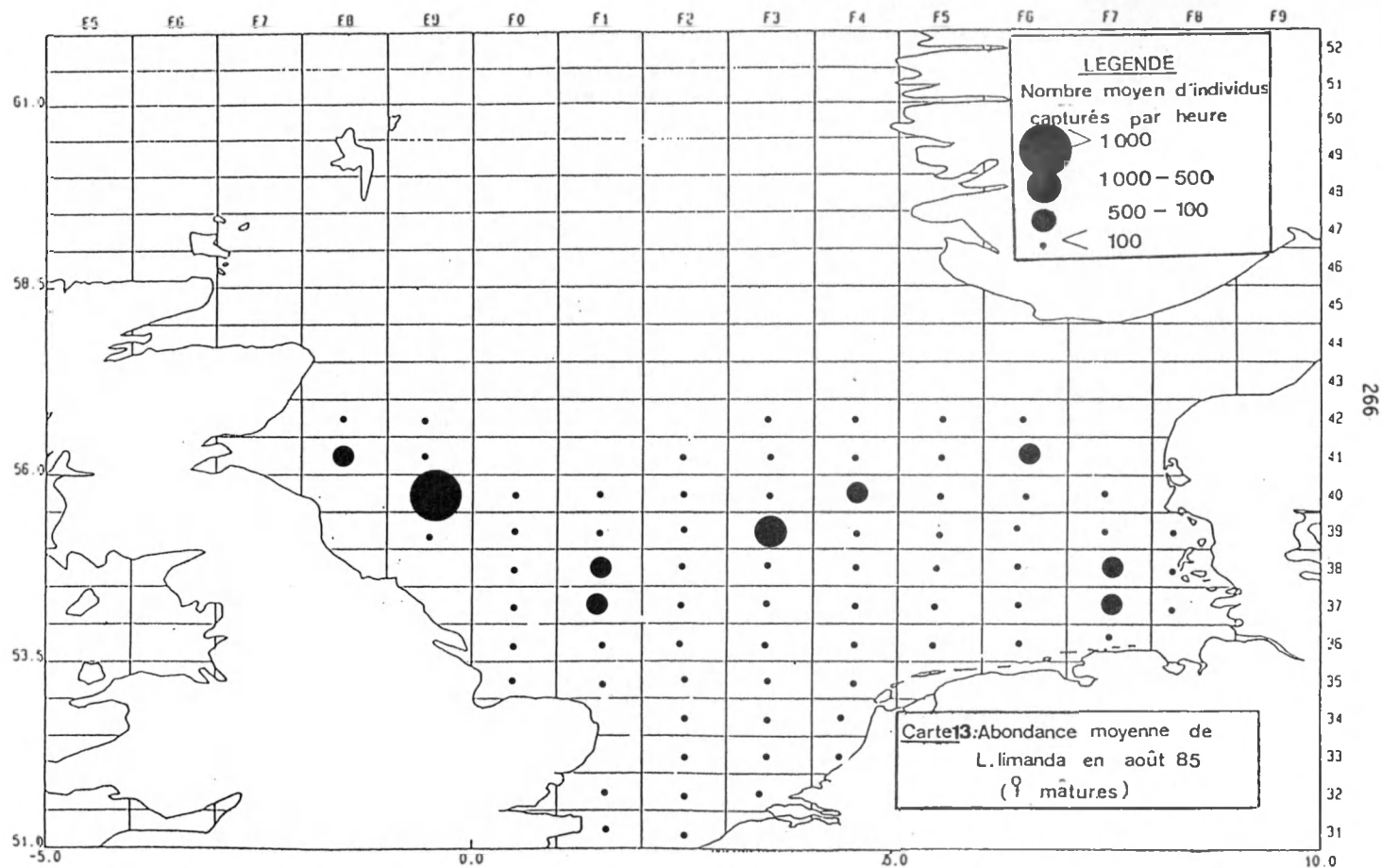


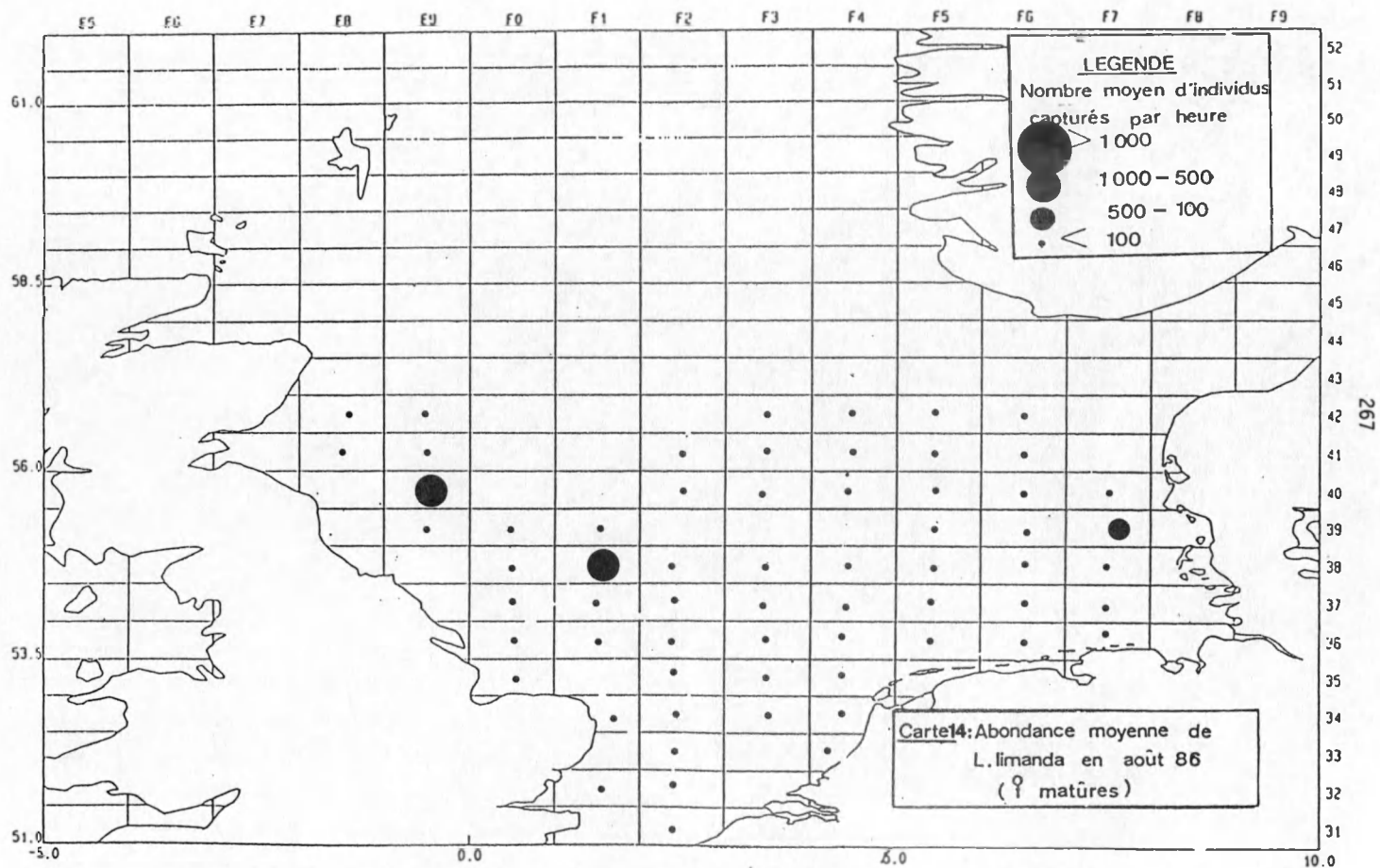


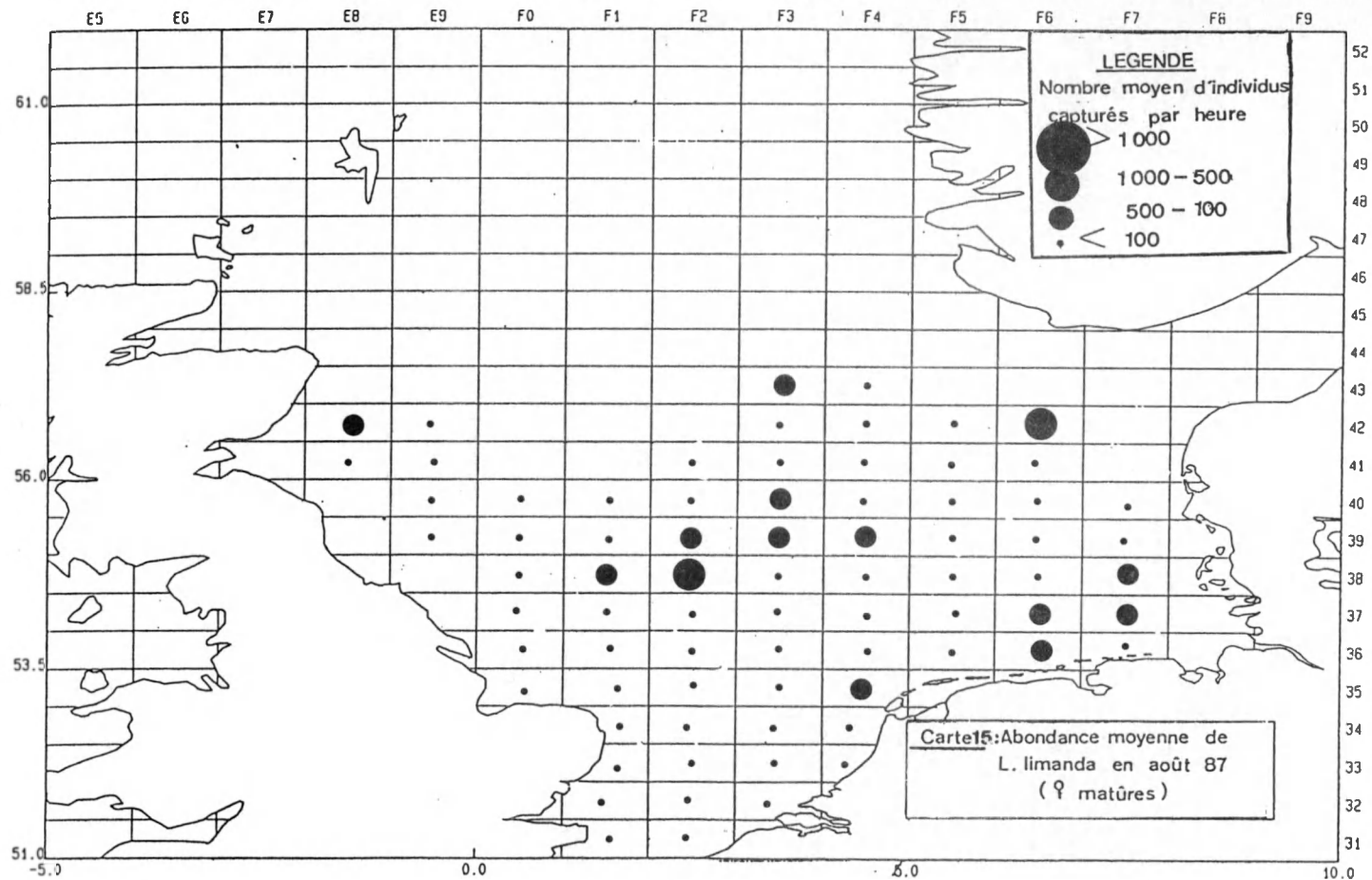


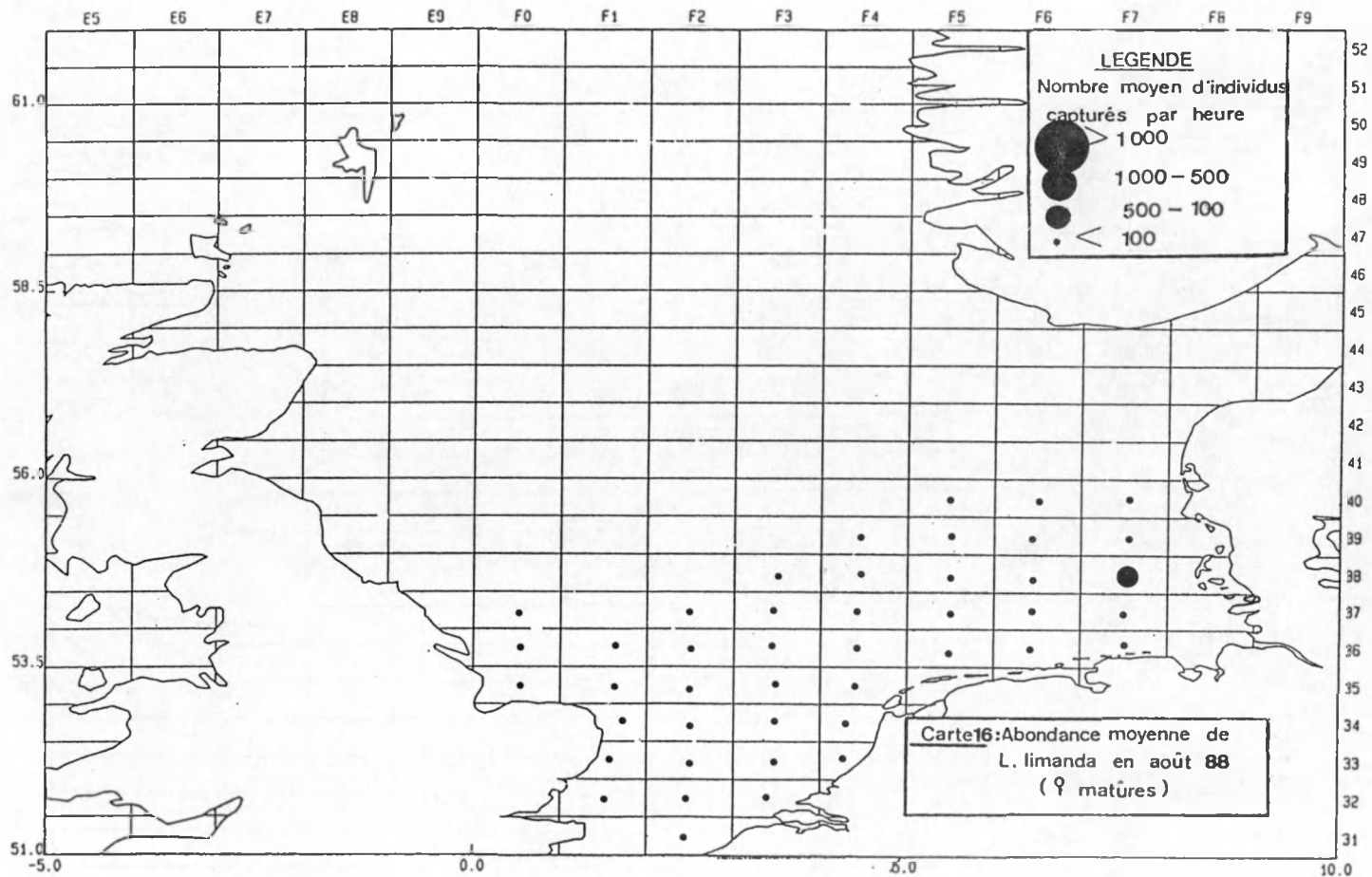


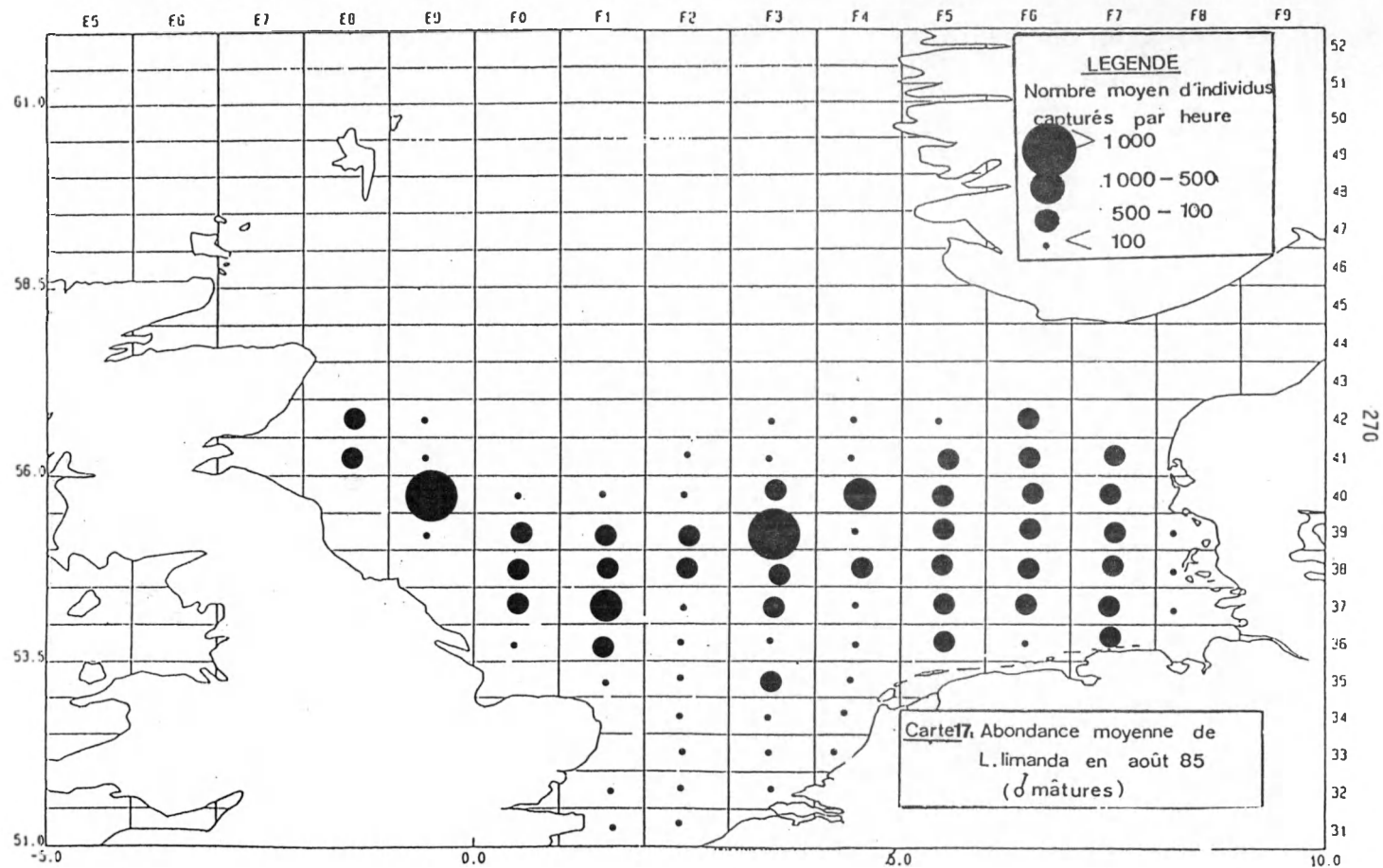


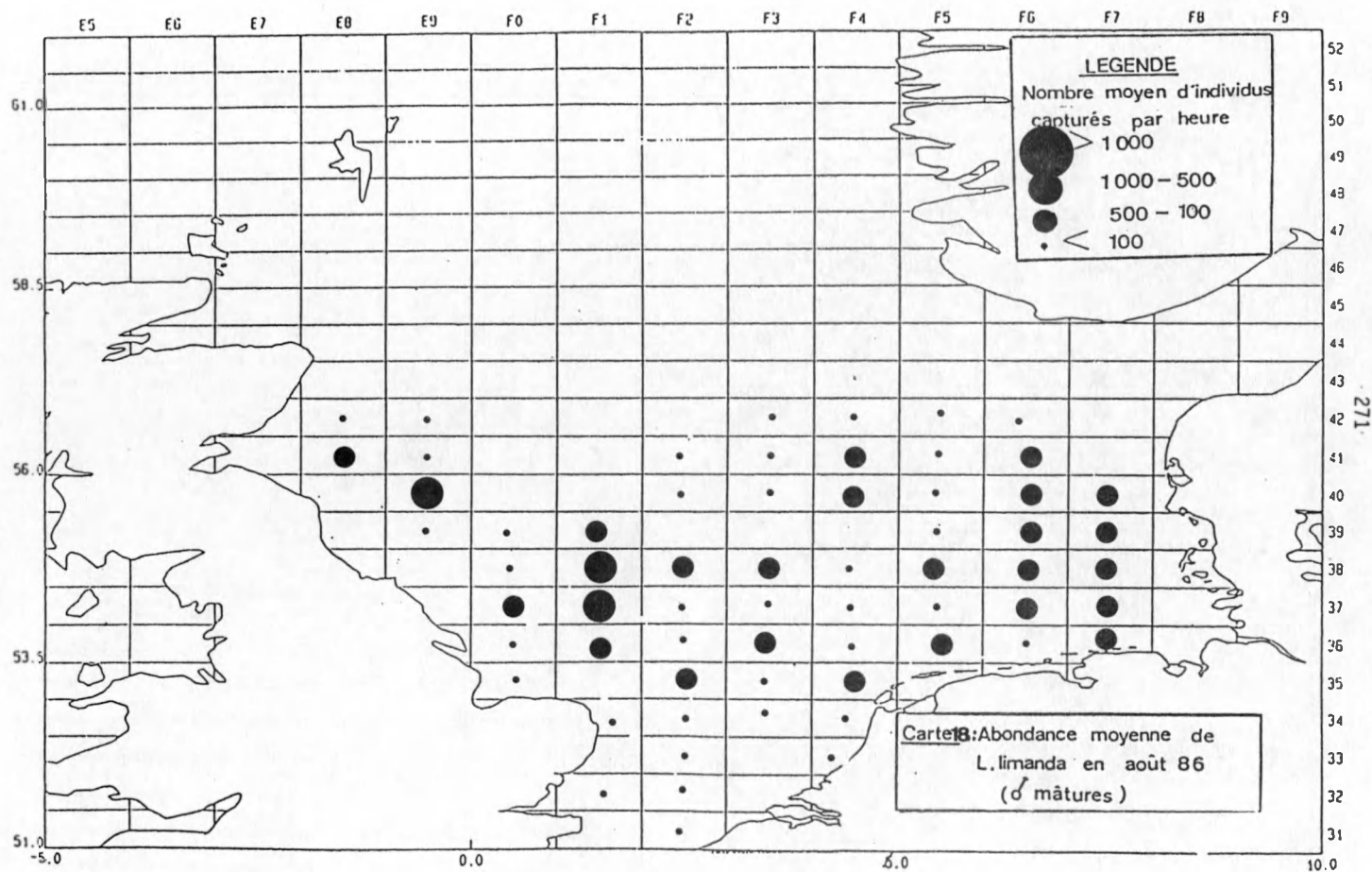


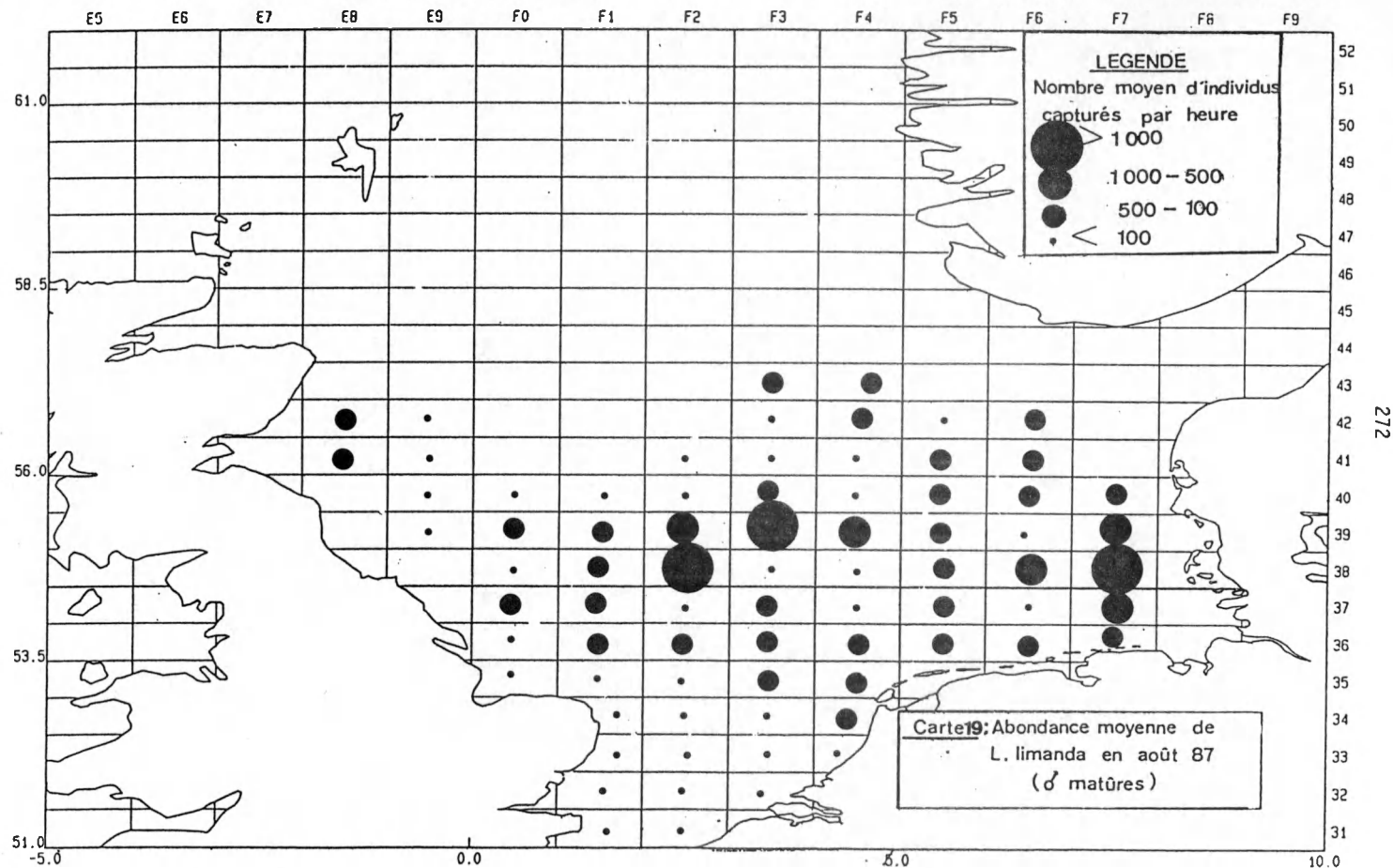


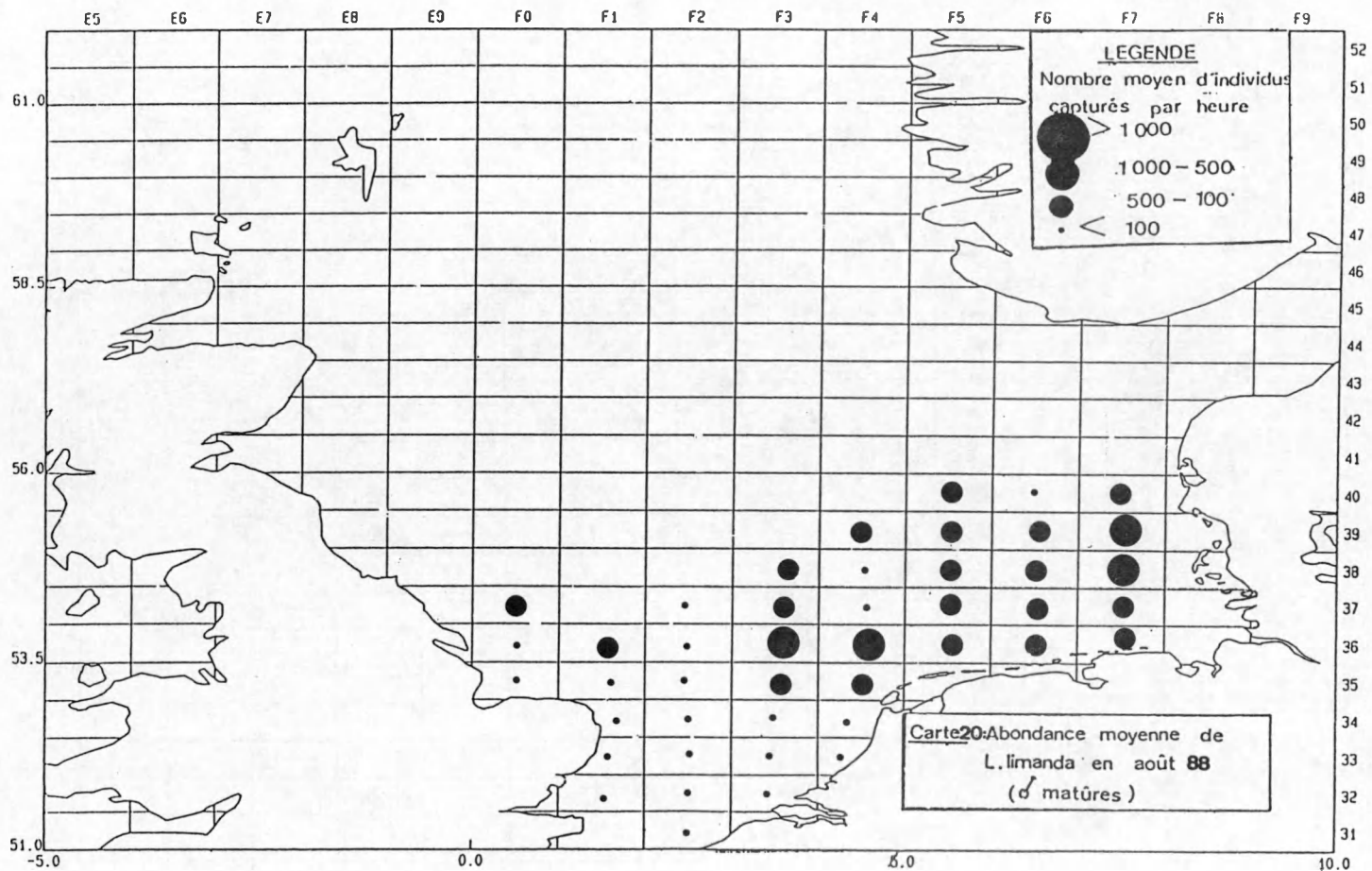




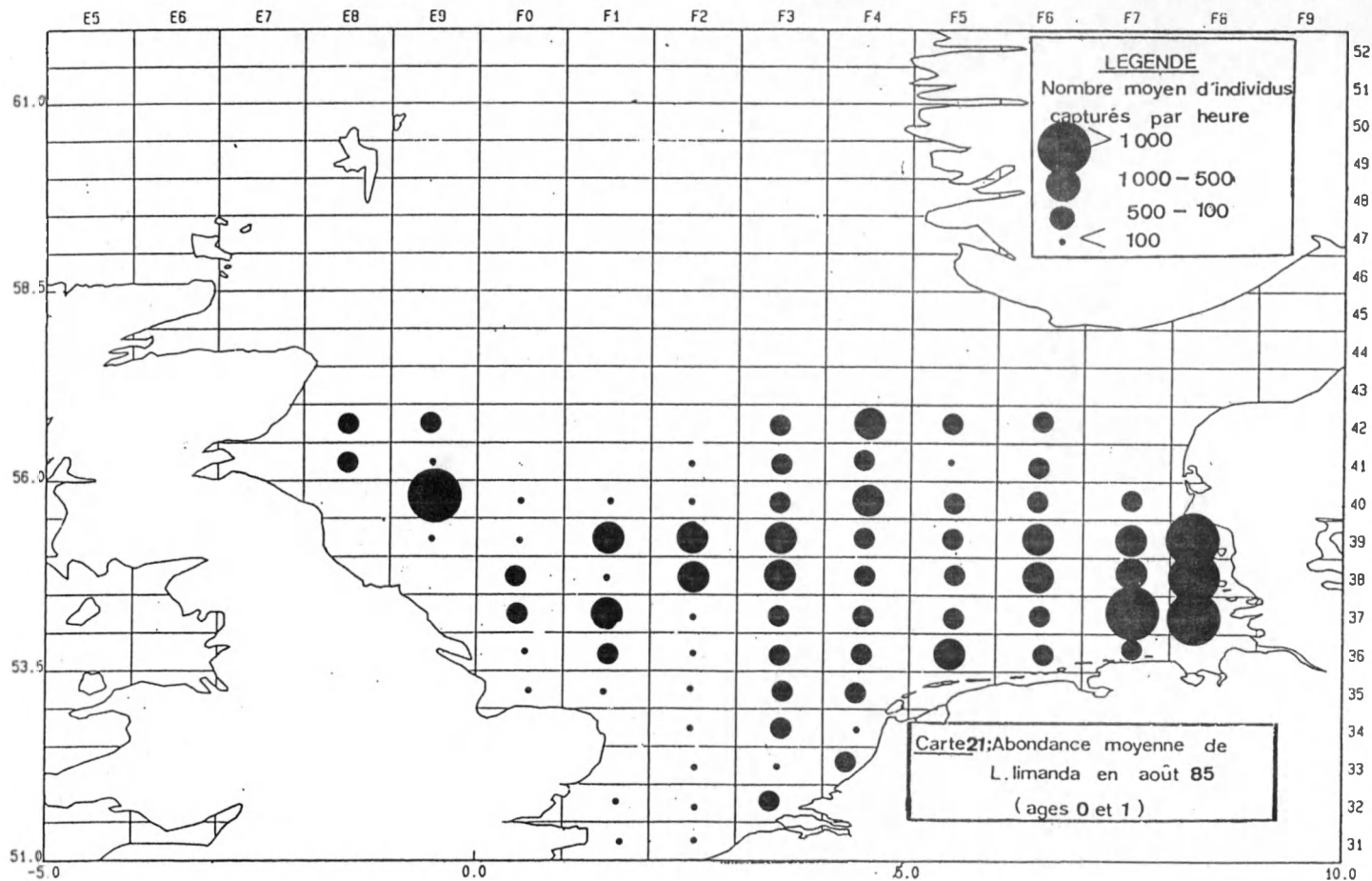


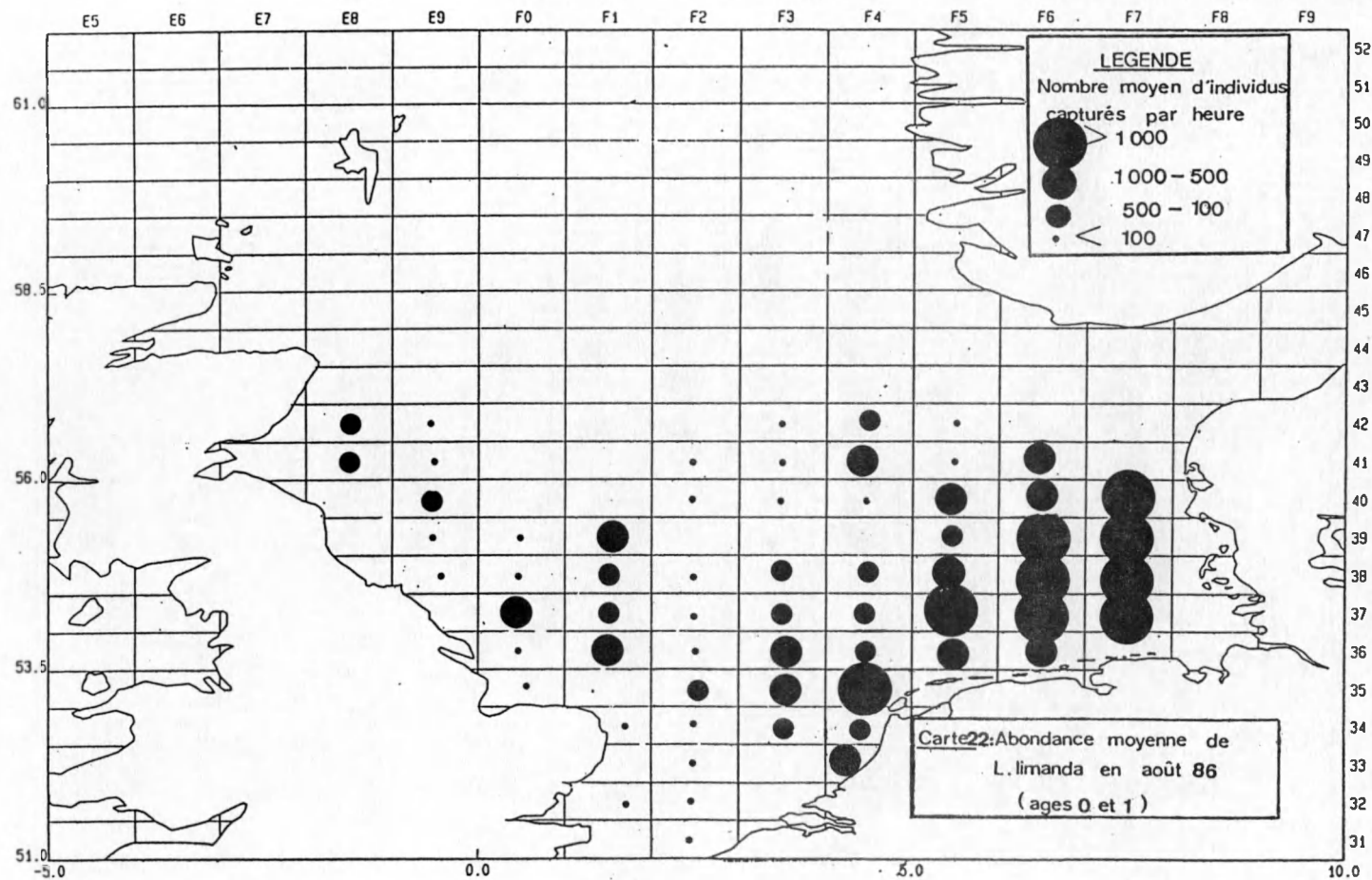


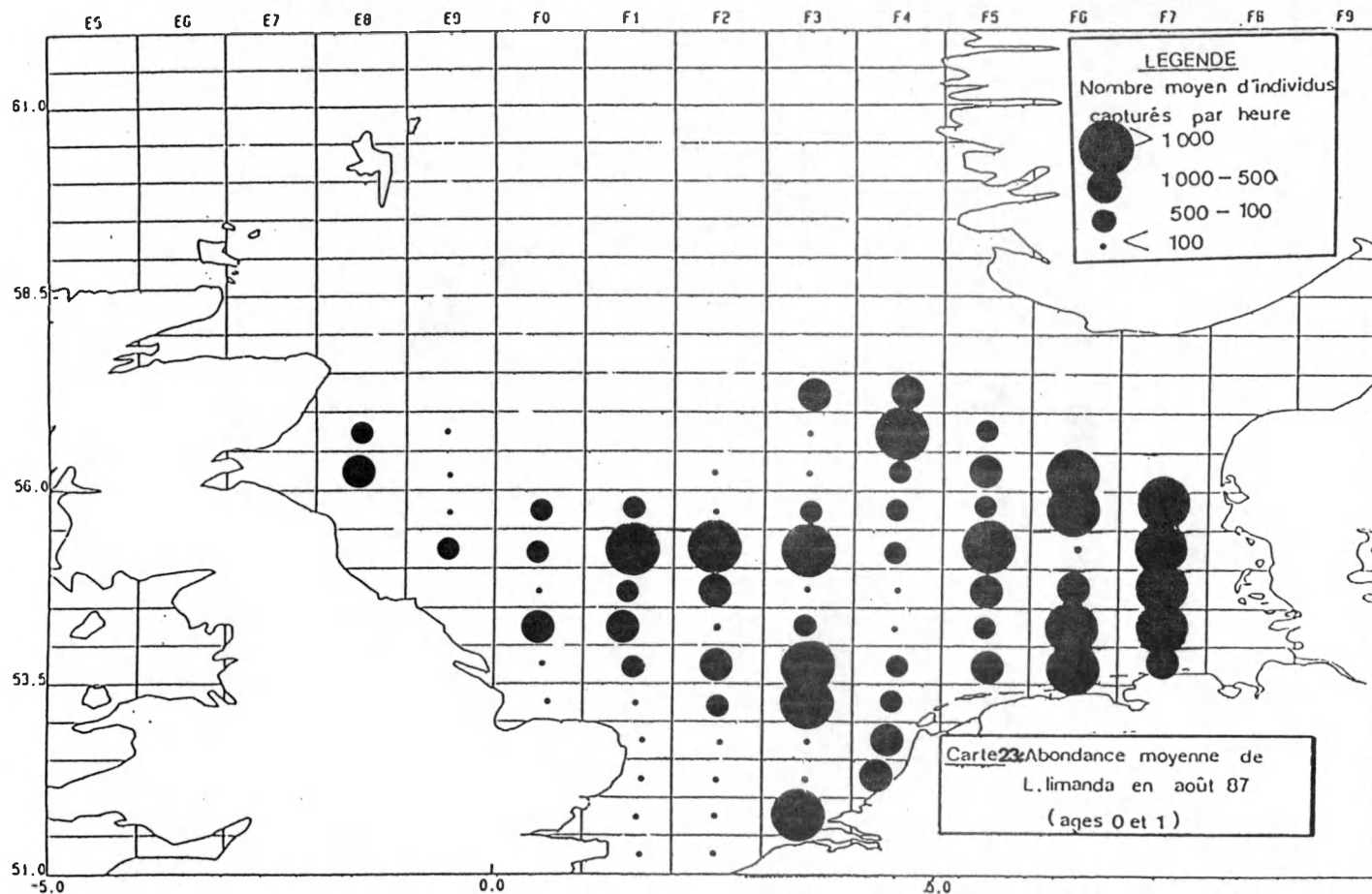


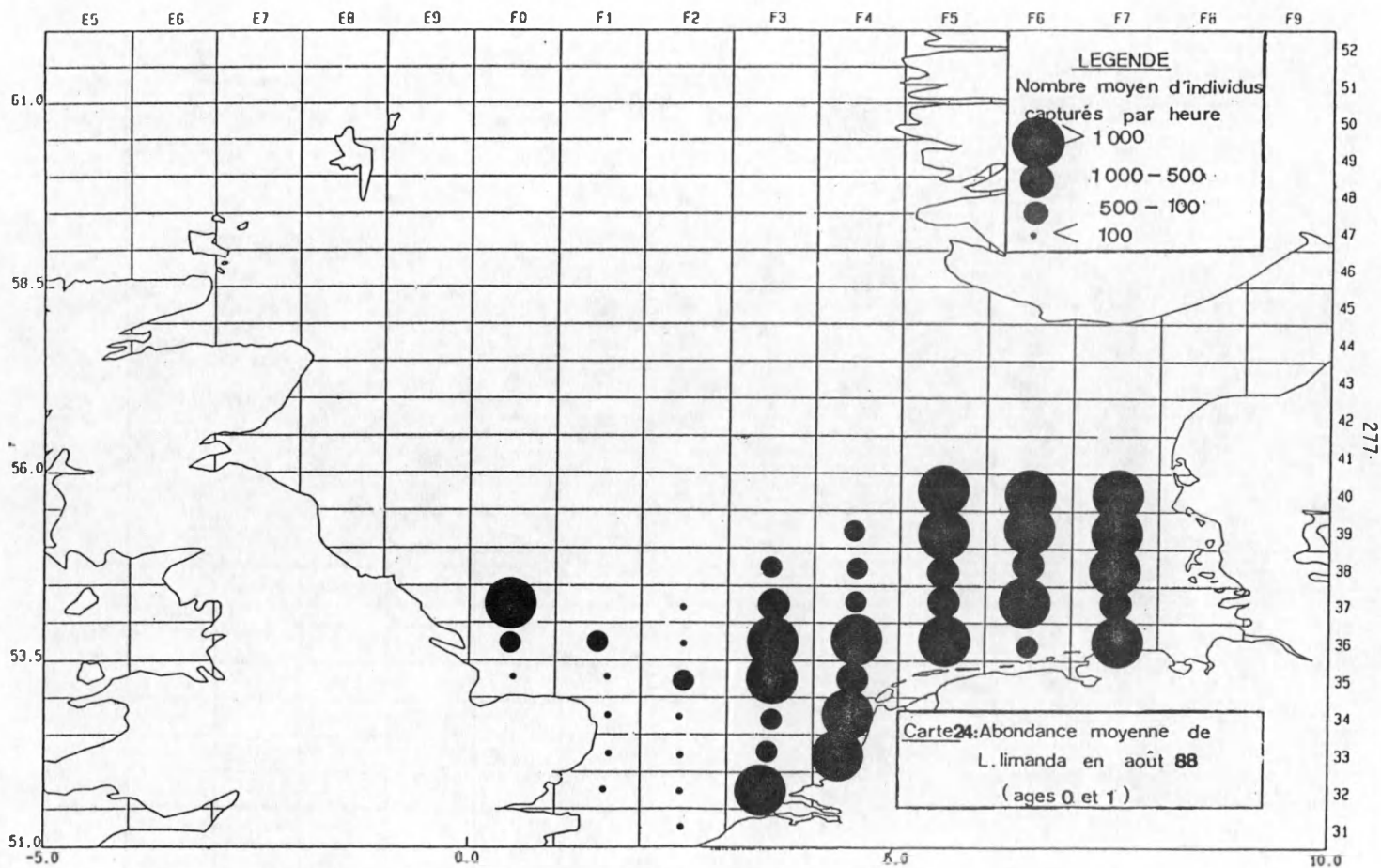


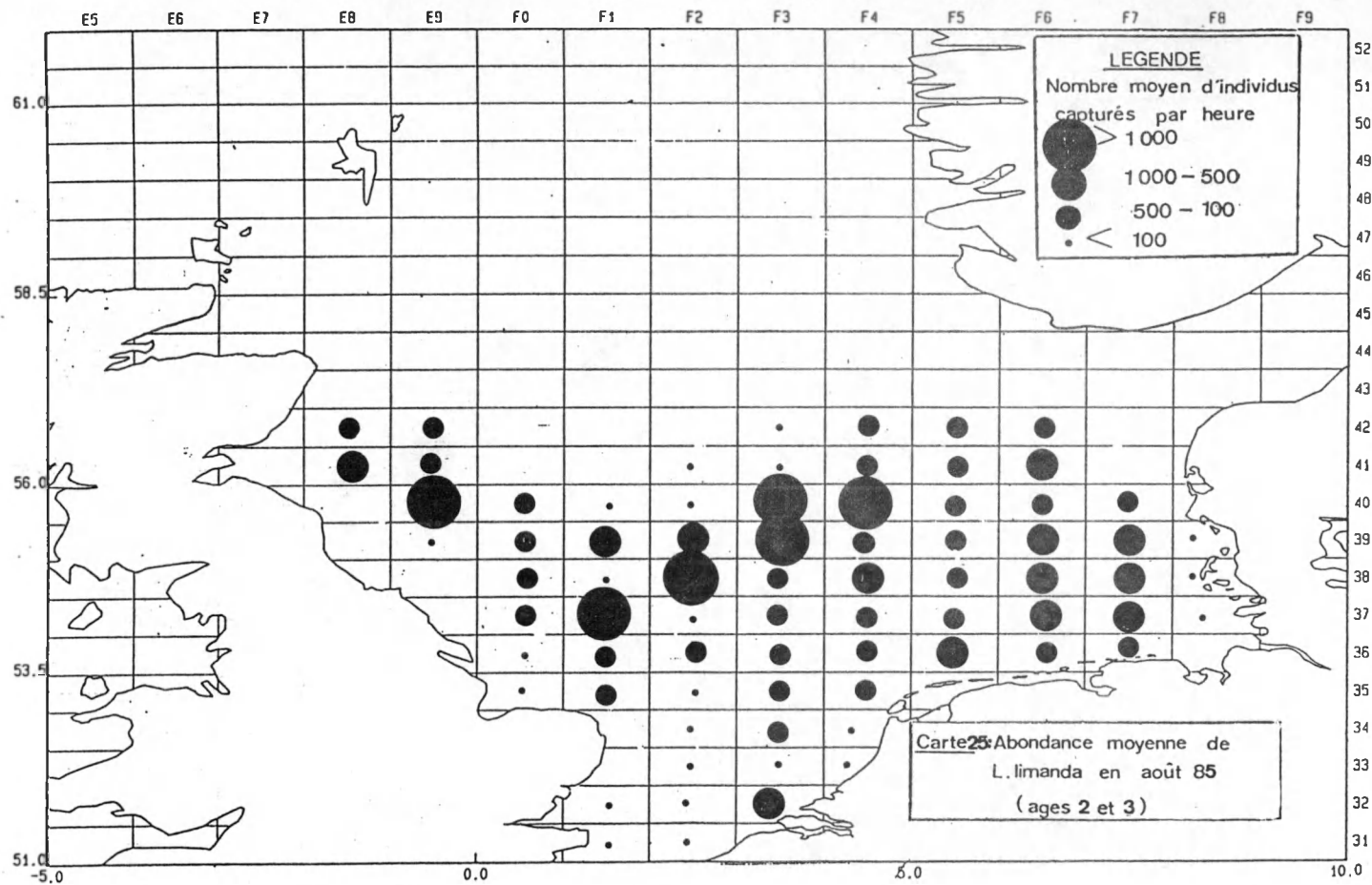


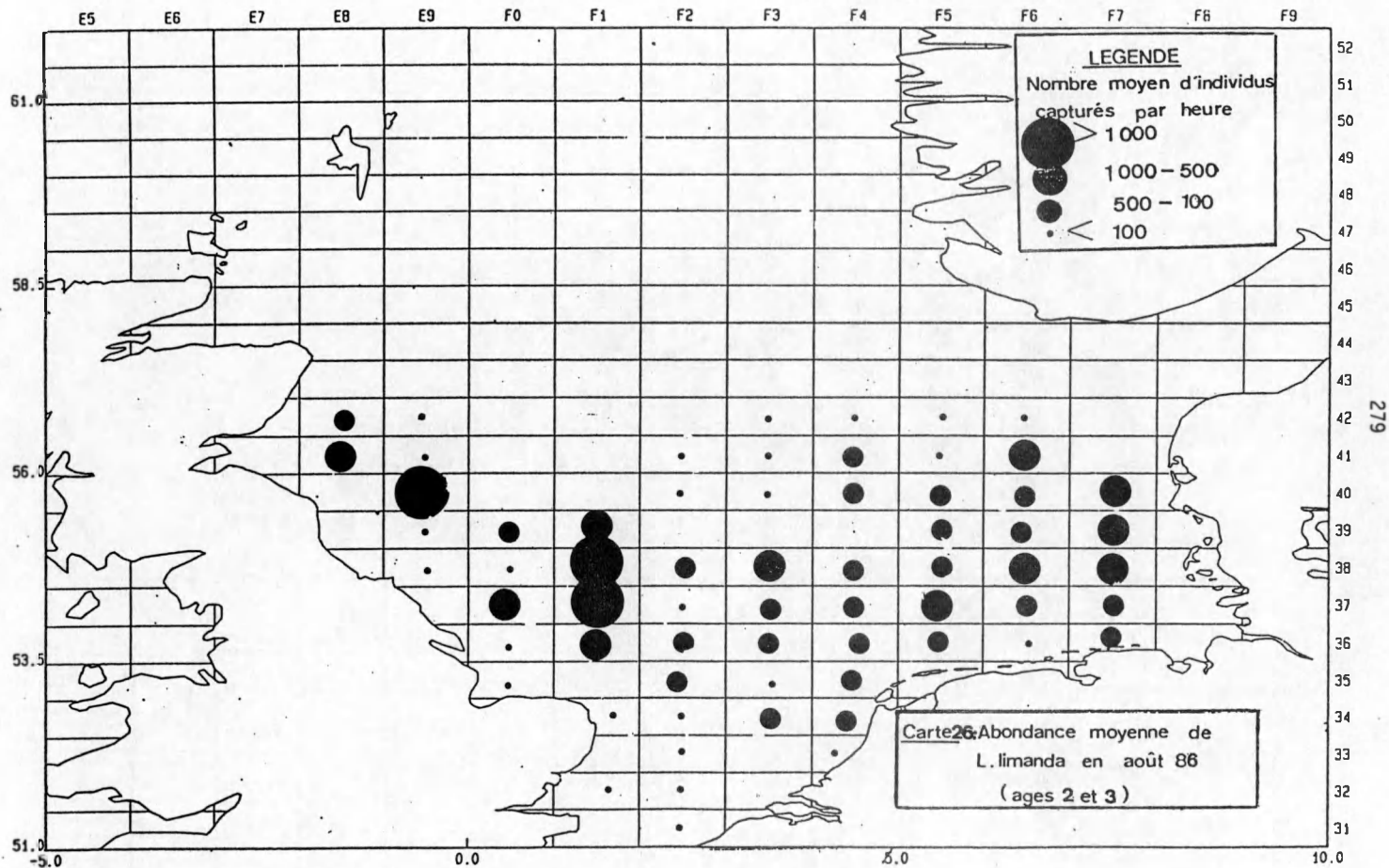


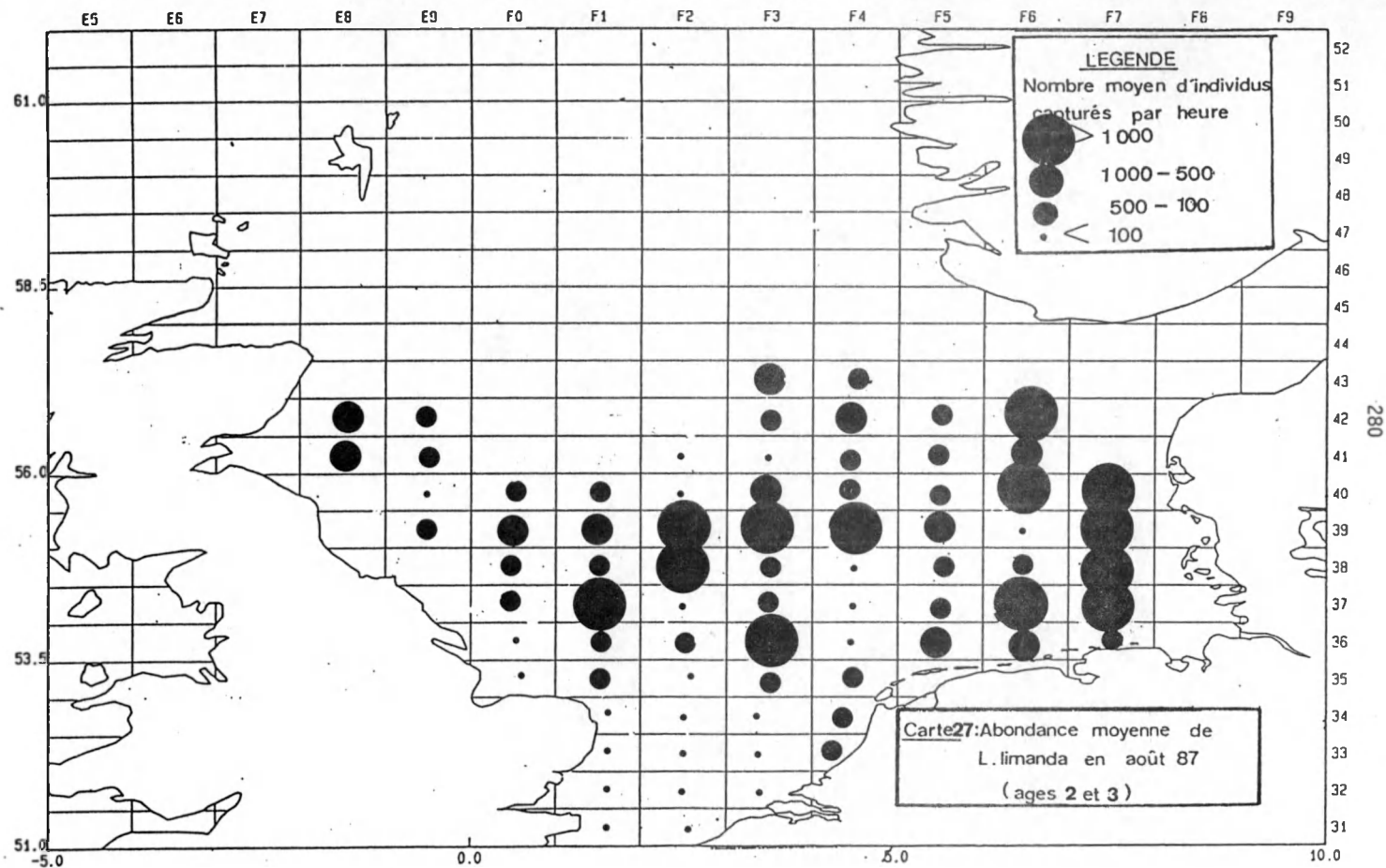


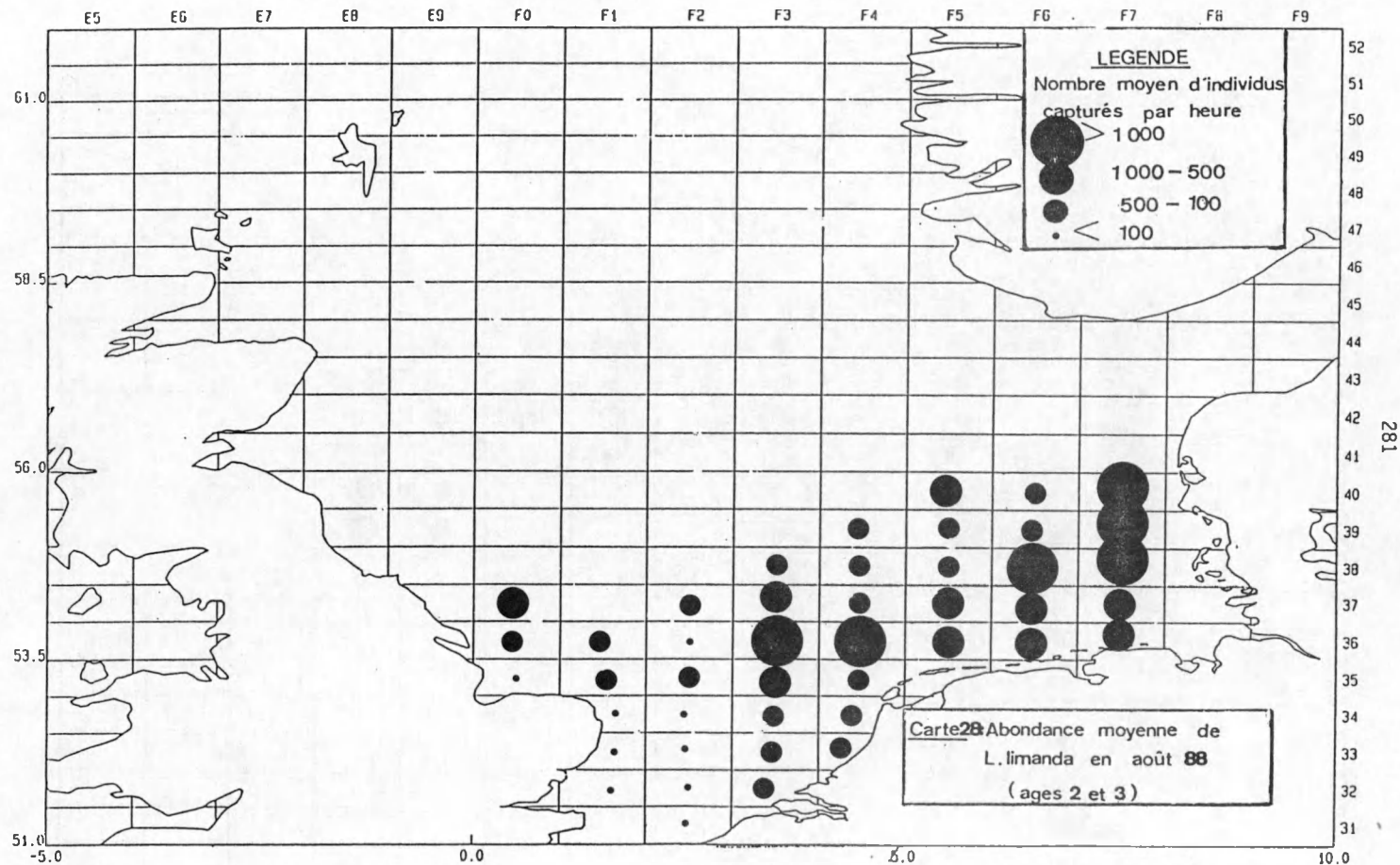




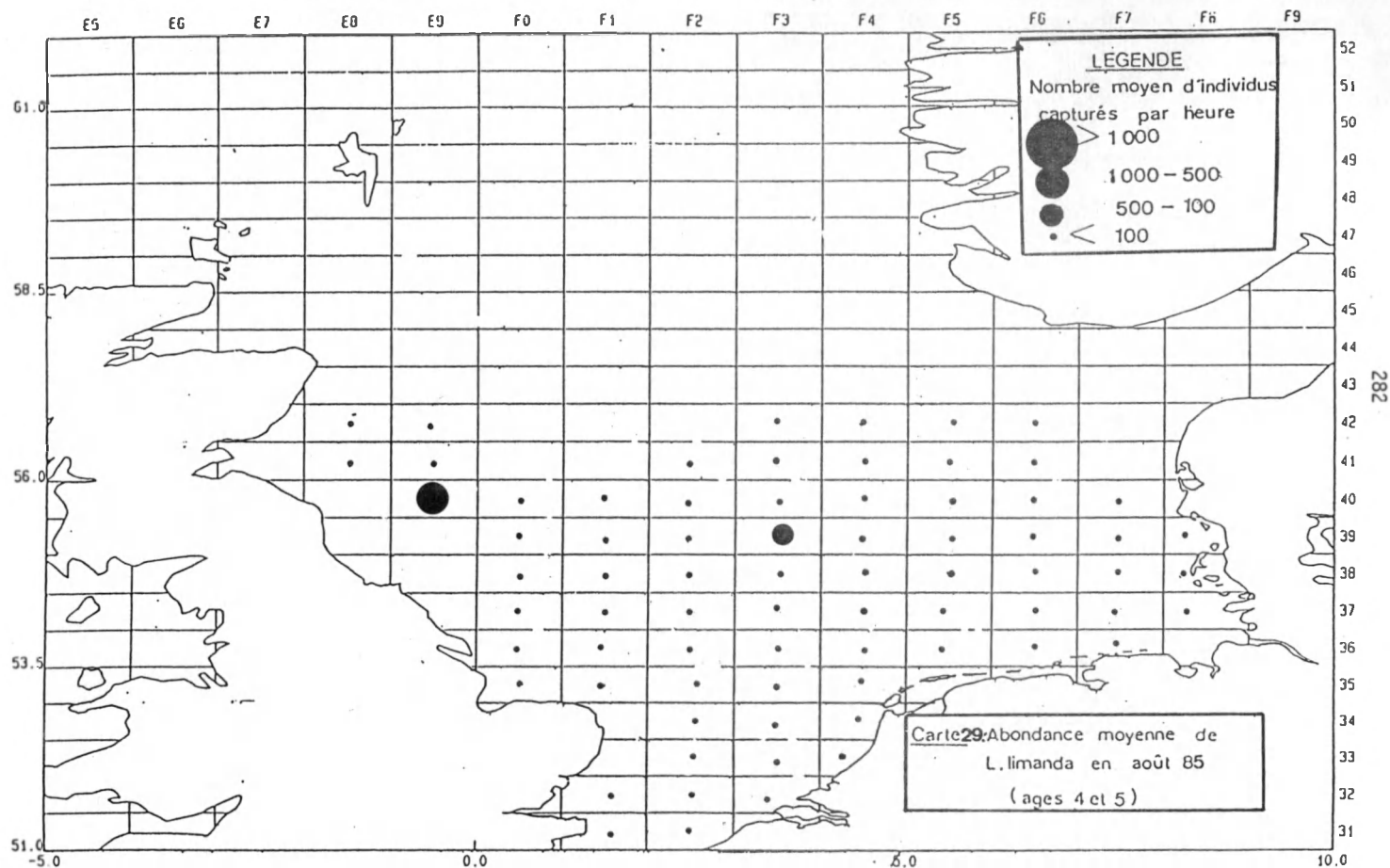


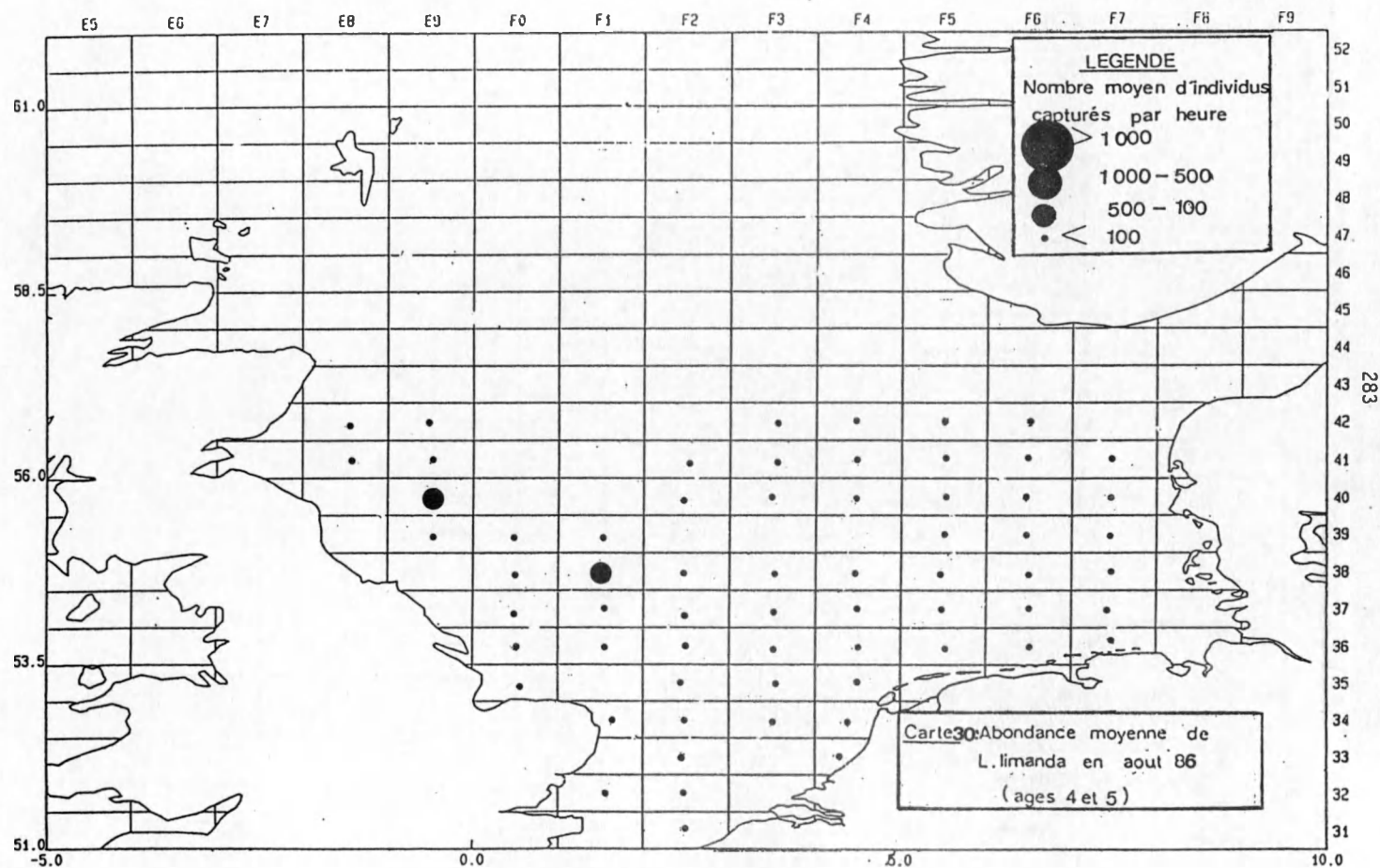


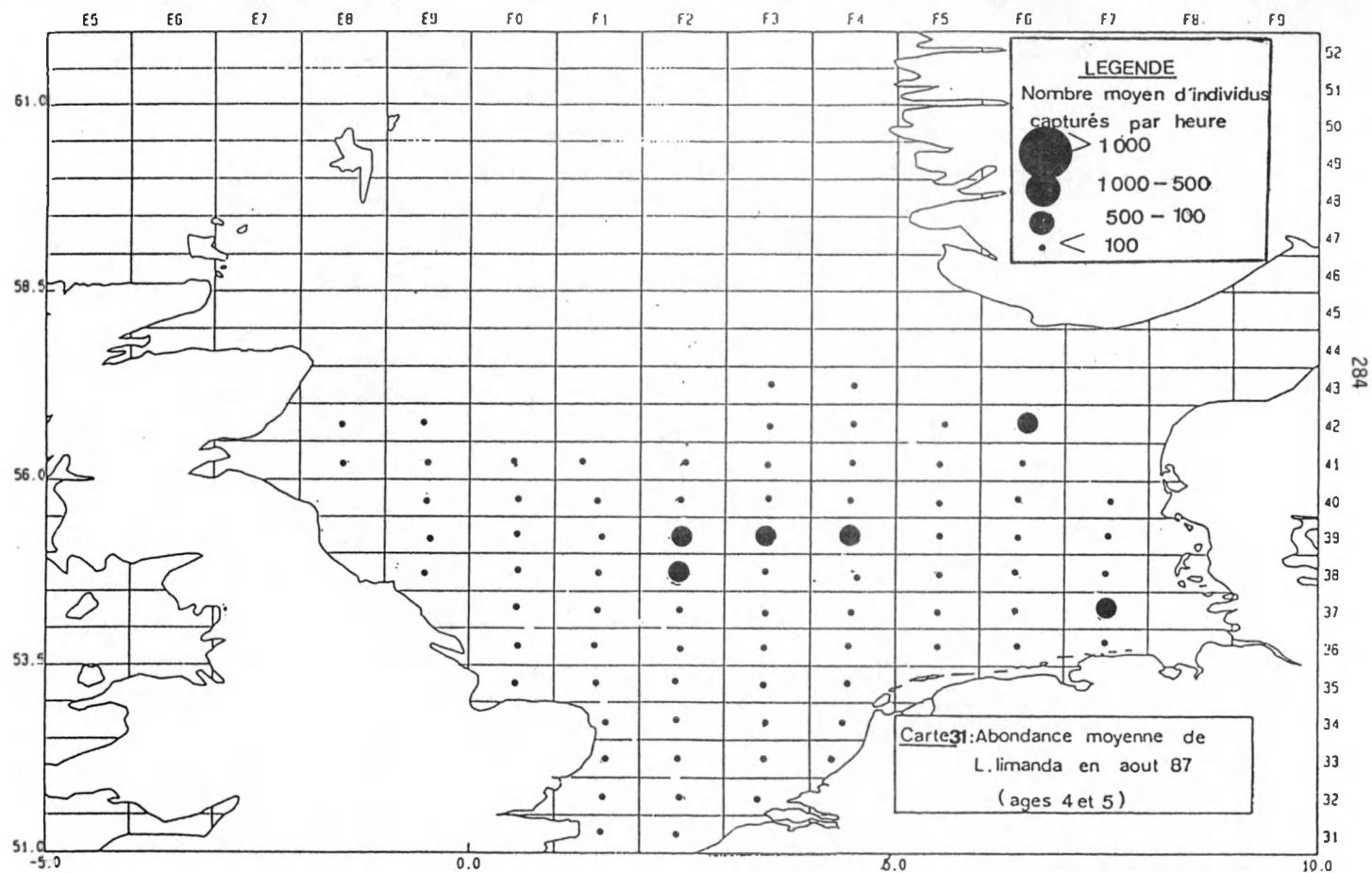


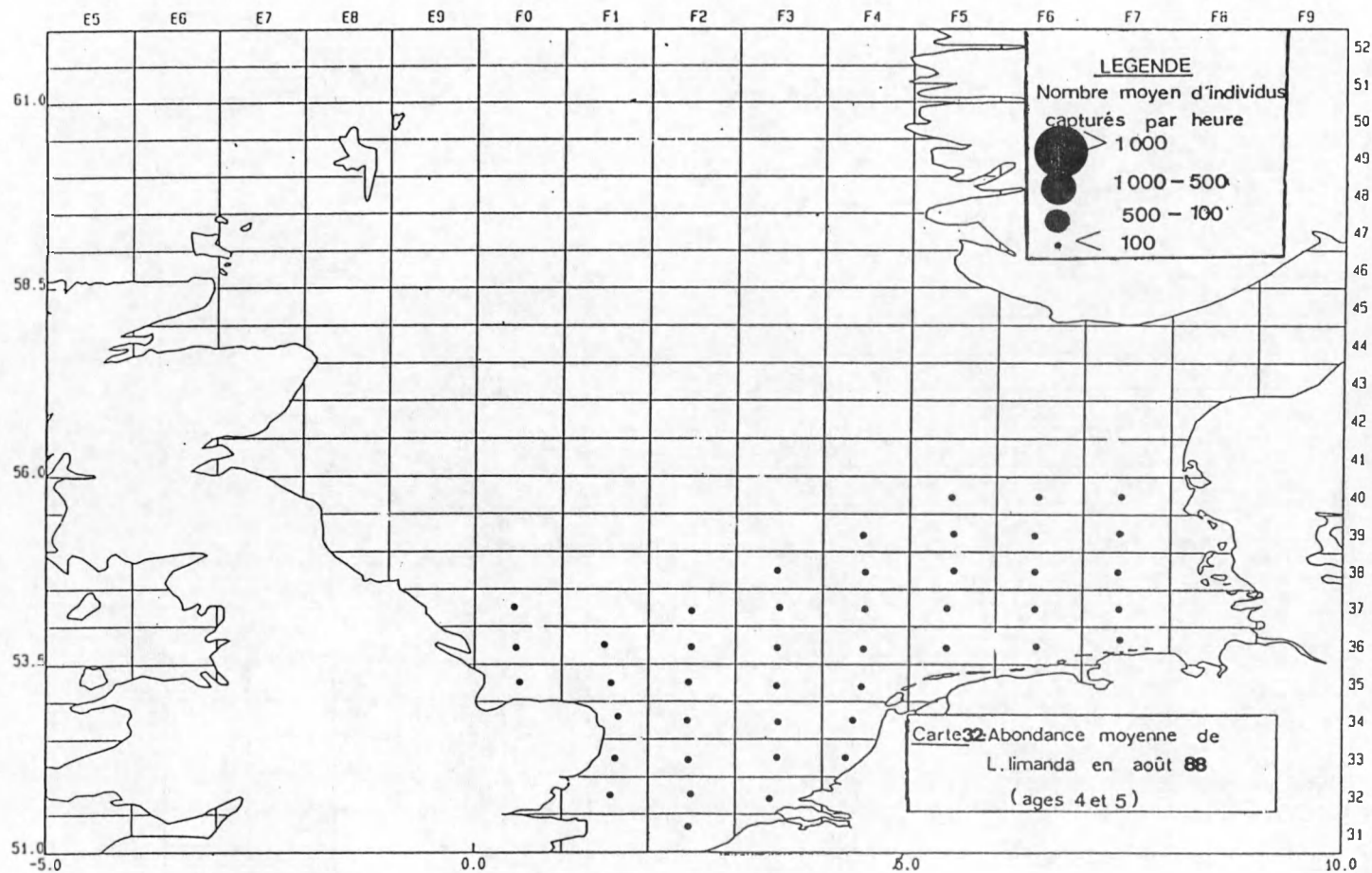


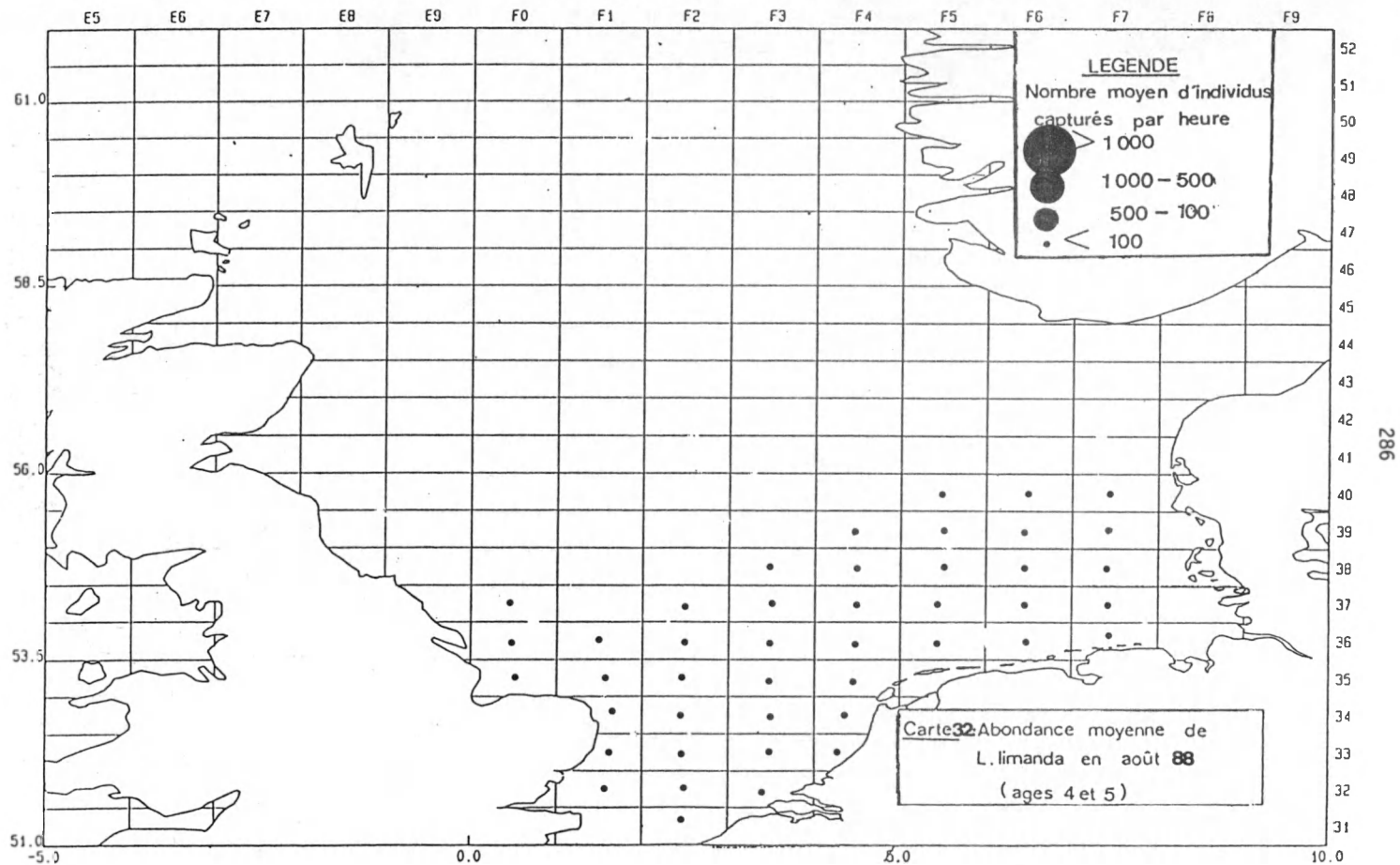


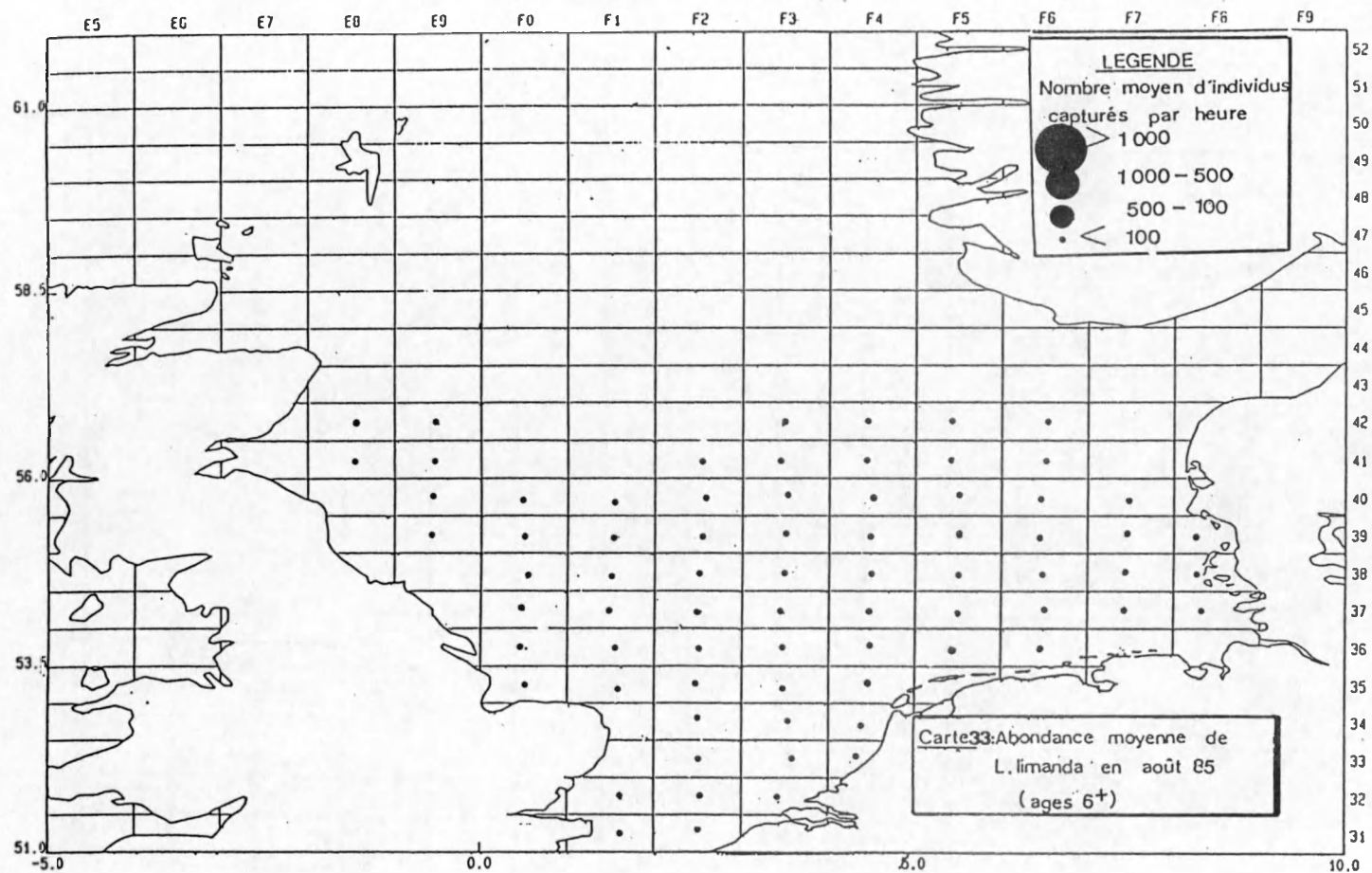


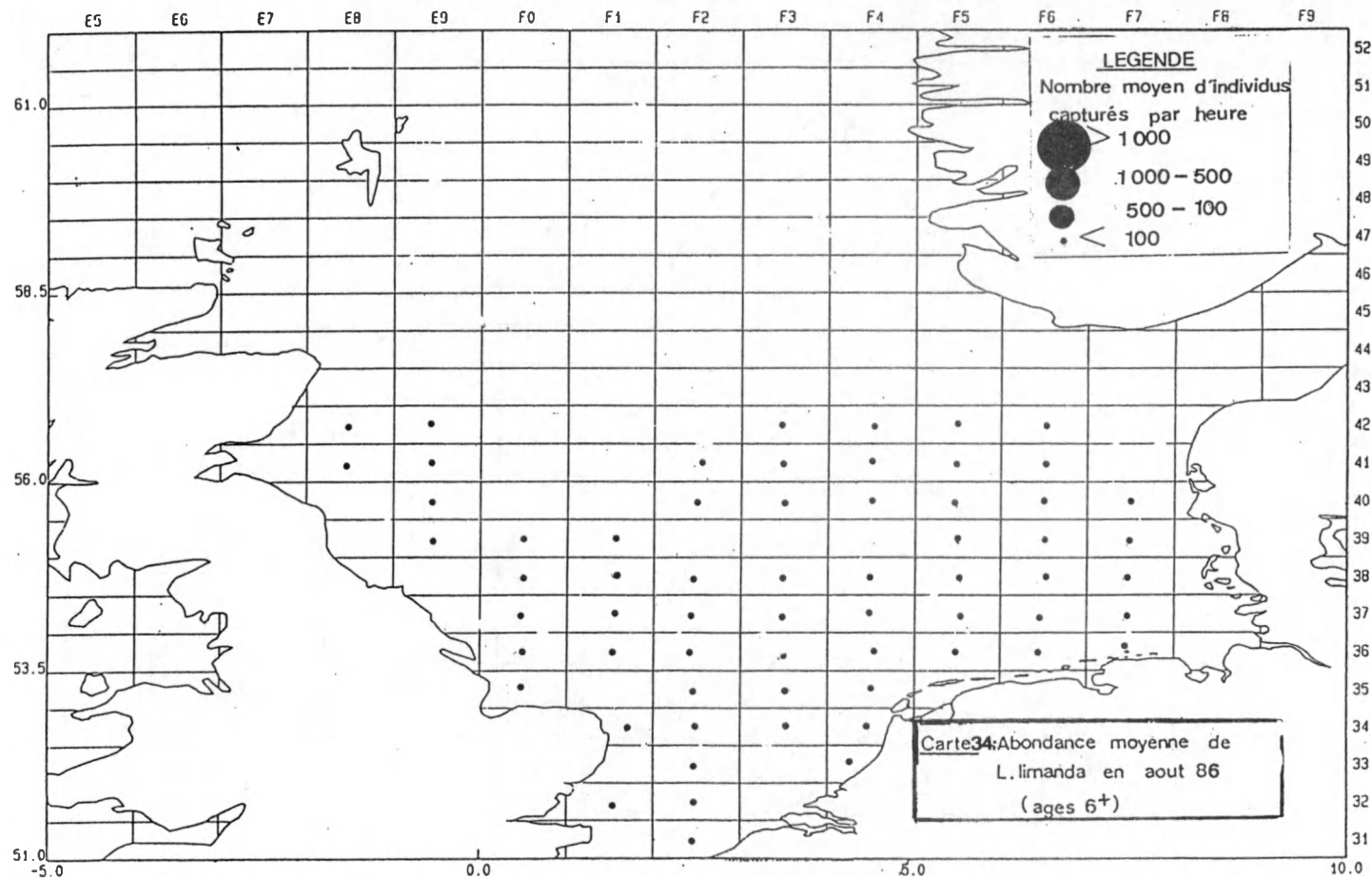


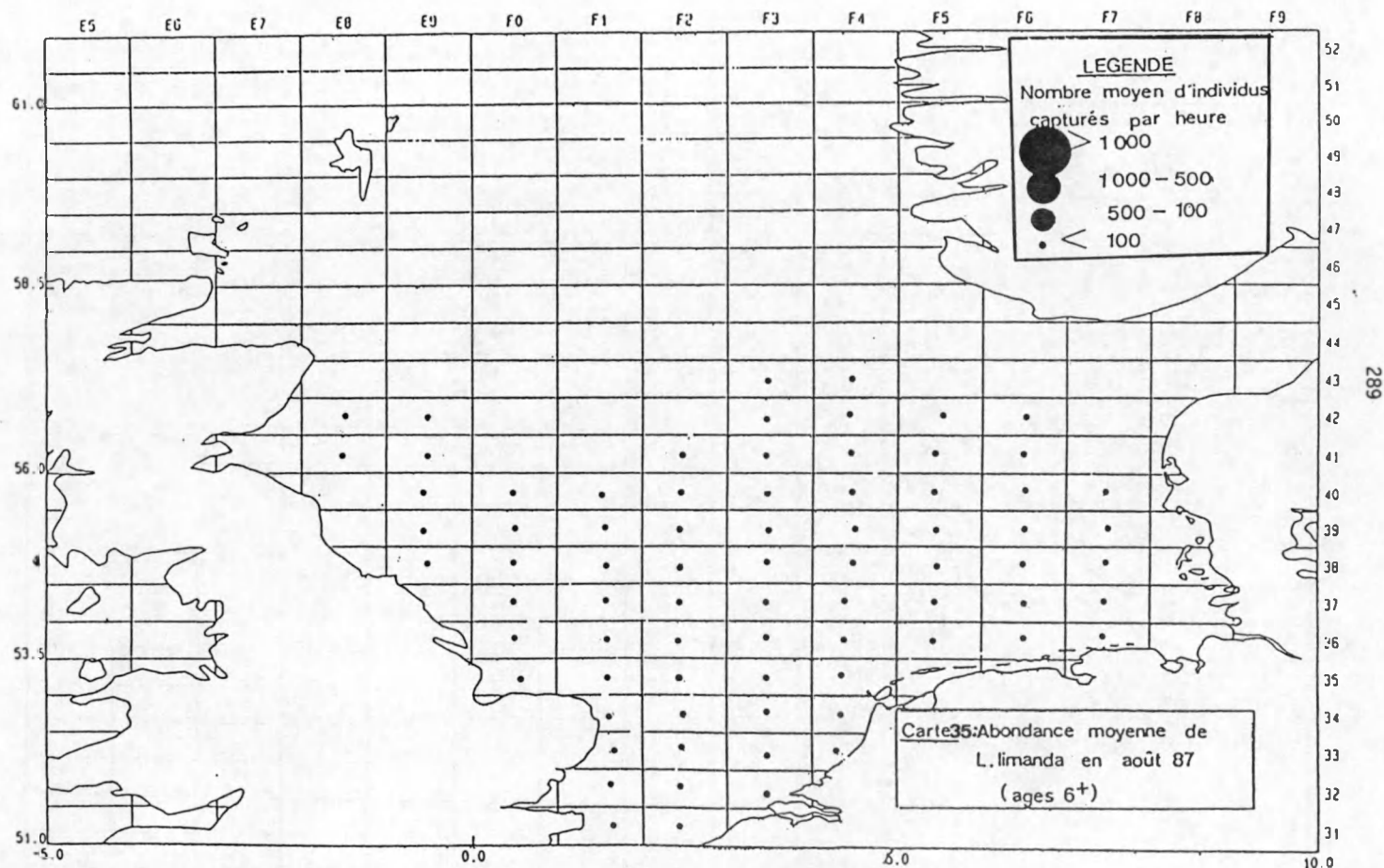




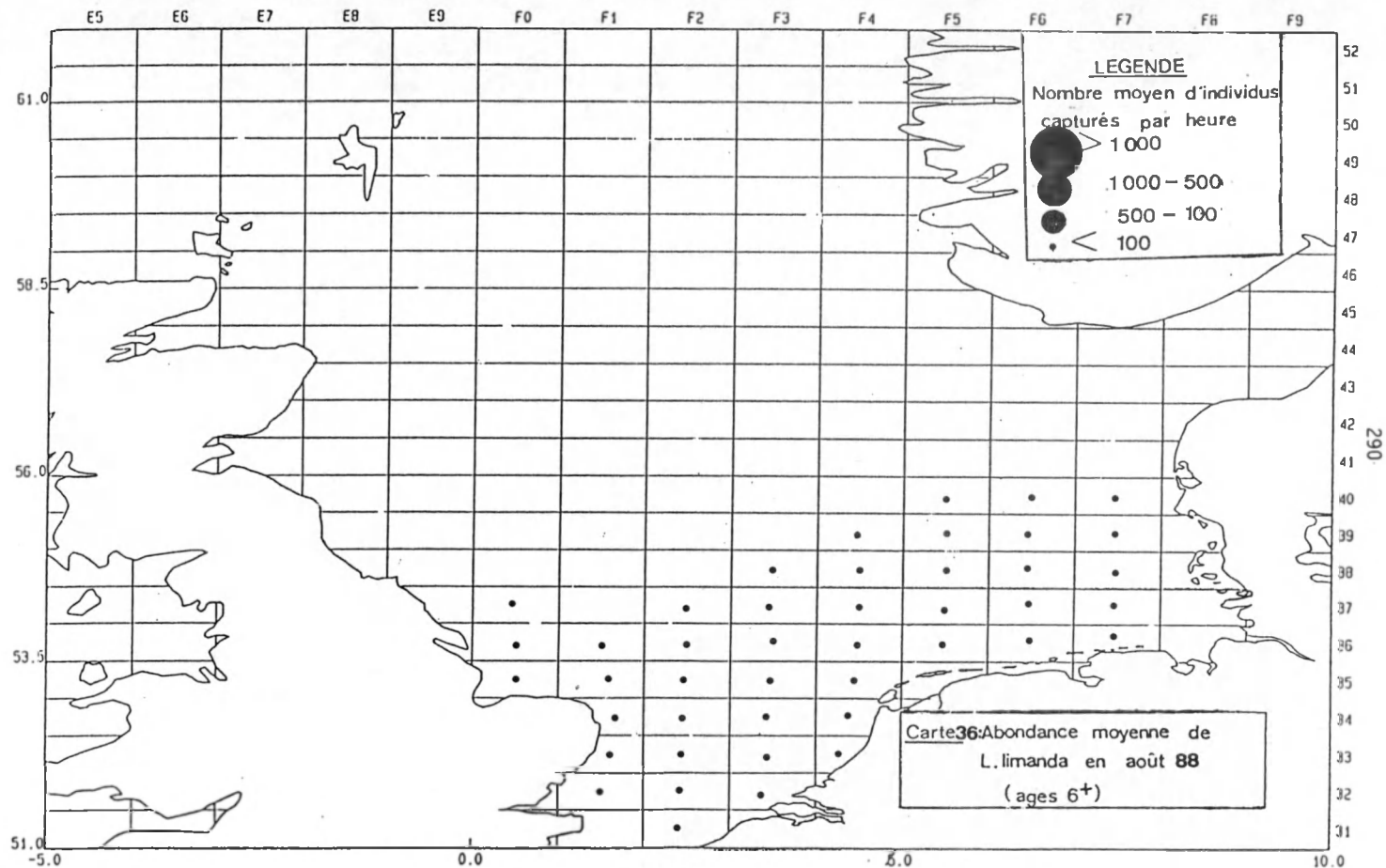












**Annexe III**  
**TABLEAUX DES CALCULS DE LA BIOMASSE**

Tableau I : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 0, année 1985).

Rectangles	A(Km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	62	2.128
32 F1	3328	2	14	777
32 F2	3810	4	4	127
32 F3	3219	2	2.040	109.446
33 F2	3790	4	0	0
33 F3	3790	2	0	0
33 F4	1530	1	84	4.284
34 F2	1530	4	0	0
34 F3	3746	2	8	499
34 F4	2653	4	48	1.061
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	20	1.239
35 F2	3716	4	10	310
35 F3	3716	2	132	8.175
35 F4	3523	2	0	0
36 F0	3578	1	18	2.147
36 F2	3680	4	8	245
36 F3	3680	2	0	0
36 F4	3680	2	20	1.227
36 F5	3680	2	0	0
36 F6	3615	2	14	844
36 F7	2392	1	18	1.435
37 F0	3614	1	32	3.855
37 F1	3614	1	0	0
37 F2	3614	2	4	241
37 F3	3614	2	176	10.601
37 F4	3614	3	88	3.533
37 F5	3614	2	6	361
37 F6	3614	2	108	6.505
37 F7	3614	2	250	15.058
37 F8	2682	2	1.152	51.494
38 F0	3570	1	36	4.284
38 F1	3570	1	0	0
38 F2	3570	1	-	-
38 F3	3570	3	360	14.280
38 F4	3570	3	40	1.586
38 F5	3570	3	312	12.376
38 F6	3570	2	170	10.115
38 F7	3570	2	78	4.641
38 F8	2400	2	2.736	109.440
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	0	0
39 F2	3512	1	24	2.810
39 F3	3512	1	0	0
39 F4	3512	3	100	3.902
39 F5	3512	3	140	5.464
39 F6	3512	3	396	15.453
39 F7	3512	2	88	5.151
39 F8	2004	2	4.176	139.478
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	0	0
40 F1	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	160	18.435
40 F4	3460	1	120	13.840
40 F5	3460	3	86	3.307
40 F6	3460	3	72	2.768
40 F7	3460	2	54	3.114
41 E8	3408	1	0	0
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	44	4.998
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	8	909
41 F5	3408	1	8	909
41 F6	3408	1	16	1.818
42 E8	3357	1	0	0
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	4	448
42 F4	3357	1	170	19.023
42 F5	3357	1	0	0
42 F6	3357	1	32	3.581

**Tableau II** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle  
Statistique (classe d'âge 1, année 1985).

292

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	189	6.487
32 F1	3328	2	94	5.214
32 F2	3810	4	11	466
32 F3	3219	2	215	11.535
33 F2	3790	4	8	253
33 F3	3790	2	156	9.854
33 F4	1530	1	309	15.759
34 F2	1530	4	5	64
34 F3	3746	2	334	20.853
34 F4	2653	4	340	7.517
35 F0	2638	1	2	176
35 F1	3716	2	305	18.890
35 F2	3716	4	228	7.060
35 F3	3716	2	736	45.583
35 F4	3523	2	222	13.068
36 F0	3578	1	244	29.101
36 F2	3680	4	158	4.845
36 F3	3680	2	439	26.925
36 F4	3680	2	182	11.163
36 F5	3680	2	1.002	61.456
36 F6	3615	2	343	20.666
36 F7	2392	1	258	20.571
37 F0	3614	1	272	32.767
37 F1	3614	1	1.408	169.618
37 F2	3614	2	24	1.446
37 F3	3614	2	640	38.549
37 F4	3614	3	374	15.019
37 F5	3614	2	304	18.311
37 F6	3614	2	724	43.609
37 F7	3614	2	885	53.307
37 F8	2682	2	1.696	75.811
38 F0	3570	1	259	30.821
38 F1	3570	1	-	-
38 F2	3570	1	857	101.983
38 F3	3570	3	1.205	47.799
38 F4	3570	3	495	19.635
38 F5	3570	3	497	19.715
38 F6	3570	2	979	58.251
38 F7	3570	2	650	38.675
38 F8	2400	2	505	20.200
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	81	9.482
39 F1	3512	1	705	82.532
39 F2	3512	1	724	84.757
39 F3	3512	1	1.704	199.482
39 F4	3512	3	265	10.341
39 F5	3512	3	691	26.964
39 F6	3512	3	1.252	48.856
39 F7	3512	2	1.262	73.869
39 F8	2004	2	317	10.588
40 E9	3460	1	1.278	147.396
40 F0	3460	1	46	5.305
40 F1	3460	1	64	7.381
40 F2	3460	1	1	115
40 F3	3460	1	263	30.333
40 F4	3460	1	391	45.095
40 F5	3460	3	598	22.989
40 F6	3460	3	498	19.145
40 F7	3460	2	449	25.892
41 E8	3408	1	155	17.608
41 E9	3408	1	84	9.542
41 F2	3408	1	37	4.203
41 F3	3408	1	128	14.541
41 F4	3408	1	92	10.451
41 F5	3408	1	75	8.520
41 F6	3408	1	186	21.130
42 E8	3357	1	123	13.764
42 E9	3357	1	196	21.932
42 F3	3357	1	97	10.854
42 F4	3357	1	498	55.726
42 F5	3357	1	111	12.421
42 F6	3357	1	176	19.694

**Tableau III** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangles statistiques (classe d'âge 2, année 1985).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	EN	B = A/a*EN/n (*10 <sub>3</sub> )
31 F1	2967	2	3	148
31 F2	3089	3	76	2.608
32 F1	3328	2	114	6.323
32 F2	3810	4	32	1.016
32 F3	3219	2	211	11.320
33 F2	3790	4	24	758
33 F3	3790	2	136	8.591
33 F4	1530	1	49	2.499
34 F2	1530	4	29	370
34 F3	3746	2	372	23.225
34 F4	2653	4	286	6.323
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	719	44.530
35 F2	3716	4	417	12.913
35 F3	3716	2	608	37.656
35 F4	3523	2	995	58.572
36 F0	3578	1	171	20.395
36 F2	3680	4	382	11.715
36 F3	3680	2	423	25.944
36 F4	3680	2	284	17.419
36 F5	3680	2	971	59.544
36 F6	3615	2	285	17.171
36 F7	2392	1	255	20.332
37 F0	3614	1	613	73.846
37 F1	3614	1	2.735	329.477
37 F2	3614	2	25	1.506
37 F3	3614	2	521	31.382
37 F4	3614	3	445	53.608
37 F5	3614	2	431	25.961
37 F6	3614	2	1.106	66.618
37 F7	3614	2	1.027	61.860
37 F8	2682	2	2	89
38 F0	3570	1	427	47.781
38 F1	3570	1	-	-
38 F2	3570	1	916	109.004
38 F3	3570	3	1.192	47.282
38 F4	3570	3	1.586	62.912
38 F5	3570	3	1.097	43.515
38 F6	3570	2	1.107	65.867
38 F7	3570	2	1.563	92.999
38 F8	2400	2	26	1.040
39 E9	3512	1	5	585
39 F0	3512	1	234	27.394
39 F1	3512	1	779	91.195
39 F2	3512	1	630	73.752
39 F3	3512	1	2.986	349.562
39 F4	3512	3	511	19.940
39 F5	3512	3	805	31.413
39 F6	3512	3	1.494	58.299
39 F7	3512	2	1.835	107.409
39 F8	2004	2	99	3.307
40 E9	3460	1	6.940	800.411
40 F0	3460	1	98	11.303
40 F1	3460	1	62	7.151
40 F2	3460	1	9	1.038
40 F3	3460	1	804	92.728
40 F4	3460	1	1.112	128.250
40 F5	3460	3	901	34.638
40 F6	3460	3	645	24.797
40 F7	3460	2	610	35.177
41 E8	3408	1	550	63.433
41 E9	3408	1	174	19.766
41 F2	3408	1	26	2.954
41 F3	3408	1	49	5.566
41 F4	3408	1	104	11.814
41 F5	3408	1	289	32.830
41 F6	3408	1	690	78.384
42 E8	3357	1	322	36.032
42 E9	3357	1	231	25.849
42 F3	3357	1	45	5.036
42 F4	3357	1	153	17.121
42 F5	3357	1	171	19.135
42 F6	3357	1	350	39.165

**Tableau IV** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 3, année 1985).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	EN	B = A/a*EN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	2	98
31 F2	3089	3	162	5.560
32 F1	3328	2	24	1.331
32 F2	3810	4	48	1.524
32 F3	3219	2	33	1.770
33 F2	3790	4	96	3.032
33 F3	3790	2	69	4.358
33 F4	1530	1	76	3.876
34 F2	1530	4	44	561
34 F3	3746	2	81	5.057
34 F4	2653	4	65	1.437
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	79	4.893
35 F2	3716	4	74	2.291
35 F3	3716	2	118	7.308
35 F4	3523	2	174	10.243
36 F0	3578	1	11	1.312
36 F2	3680	4	43	1.319
36 F3	3680	2	158	9.691
36 F4	3680	2	130	7.973
36 F5	3680	2	190	11.653
36 F6	3615	2	96	5.784
36 F7	2392	1	83	6.618
37 F0	3614	1	96	11.565
37 F1	3614	1	490	59.029
37 F2	3614	2	124	7.469
37 F3	3614	2	142	8.553
37 F4	3614	3	255	10.240
37 F5	3614	2	156	9.396
37 F6	3614	2	156	9.396
37 F7	3614	2	161	9.698
37 F8	2682	2	0	0
38 F0	3570	1	90	10.710
38 F1	3570	1	-	-
38 F2	3570	1	78	9.282
38 F3	3570	3	237	9.401
38 F4	3570	3	267	10.591
38 F5	3570	3	288	11.424
38 F6	3570	2	180	10.710
38 F7	3570	2	860	51.170
38 F8	2400	2	2	80
39 E9	3512	1	36	4.214
39 F0	3512	1	96	11.238
39 F1	3512	1	83	9.717
39 F2	3512	1	49	5.736
39 F3	3512	1	477	55.841
39 F4	3512	3	61	2.380
39 F5	3512	3	237	9.248
39 F6	3512	3	252	9.834
39 F7	3512	2	188	11.004
39 F8	2004	2	27	902
40 E9	3460	1	1.816	209.440
40 F0	3460	1	9	1.038
40 F1	3460	1	5	577
40 F2	3460	1	11	1.269
40 F3	3460	1	350	40.367
40 F4	3460	1	447	51.554
40 F5	3460	3	192	7.381
40 F6	3460	3	153	5.882
40 F7	3460	2	94	5.421
41 E8	3408	1	262	29.763
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	1	114
41 F3	3408	1	2	227
41 F4	3408	1	35	3.976
41 F5	3408	1	81	9.202
41 F6	3408	1	321	36.466
42 E8	3357	1	96	10.742
42 E9	3357	1	64	7.162
42 F3	3357	1	34	3.805
42 F4	3357	1	93	10.407
42 F5	3357	1	58	6.490
42 F6	3357	1	262	29.318

**Tableau V : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 4, année 1985).**

295

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	1	49
31 F2	3089	3	8	275
32 F1	3328	2	10	555
32 F2	3810	4	8	254
32 F3	3219	2	20	1.073
33 F2	3790	4	3	95
33 F3	3790	2	20	1.263
33 F4	1530	1	22	1.122
34 F2	1530	4	7	89
34 F3	3746	2	94	5.869
34 F4	2653	4	144	3.194
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	21	1.301
35 F2	3716	4	30	929
35 F3	3716	2	118	7.308
35 F4	3523	2	182	10.714
36 F0	3578	1	2	239
36 F2	3680	4	15	460
36 F3	3680	2	90	5.520
36 F4	3680	2	112	6.869
36 F5	3680	2	196	12.021
36 F6	3615	2	42	2.531
36 F7	2392	1	15	1.196
37 F0	3614	1	51	6.144
37 F1	3614	1	433	52.162
37 F2	3614	2	6	361
37 F3	3614	2	42	2.530
37 F4	3614	3	159	6.385
37 F5	3614	2	42	2.530
37 F6	3614	2	66	3.975
37 F7	3614	2	136	8.192
37 F8	2682	2	0	0
38 F0	3570	1	6	714
38 F1	3570	1	-	-
38 F2	3570	1	57	6.783
38 F3	3570	3	72	2.856
38 F4	3570	3	162	6.426
38 F5	3570	3	144	5.712
38 F6	3570	2	66	3.927
38 F7	3570	2	190	11.305
38 F8	2400	2	1	40
39 E9	3512	1	3	351
39 F0	3512	1	24	2.810
39 F1	3512	1	36	4.214
39 F2	3512	1	23	2.693
39 F3	3512	1	194	22.711
39 F4	3512	3	23	898
39 F5	3512	3	270	10.536
39 F6	3512	3	282	11.004
39 F7	3512	2	150	8.780
39 F8	2004	2	48	5.678
40 E9	3460	1	488	56.283
40 F0	3460	1	93	346
40 F1	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	41	9.803
40 F4	3460	1	93	10.726
40 F5	3460	3	162	6.228
40 F6	3460	3	231	8.881
40 F7	3460	2	55	3.172
41 E8	3408	1	68	7.725
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	31	3.522
41 F5	3408	1	98	11.133
41 F6	3408	1	98	11.133
42 E8	3357	1	81	9.064
42 E9	3357	1	61	6.826
42 F3	3357	1	82	9.176
42 F4	3357	1	13	336
42 F5	3357	1	42	4.700
42 F6	3357	1	92	10.295

**Tableau VI : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle Statistique (classe d'âge 5, année 1985).**

296

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	EN	B = A/a*EN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	3	103
32 F1	3328	2	1	55
32 F2	3810	4	1	32
32 F3	3219	2	5	268
33 F2	3790	4	1	32
33 F3	3790	2	2	126
33 F4	1530	1	0	0
34 F2	1530	4	1	13
34 F3	3746	2	14	874
34 F4	2653	4	32	707
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	15	929
35 F2	3716	4	4	124
35 F3	3716	2	10	619
35 F4	3523	2	10	587
36 F0	3578	1	1	119
36 F2	3680	4	12	368
36 F3	3680	2	6	368
36 F4	3680	2	0	0
36 F5	3680	2	14	859
36 F6	3615	2	2	121
36 F7	2392	1	0	0
37 F0	3614	1	6	723
37 F1	3614	1	51	6.144
37 F2	3614	2	0	0
37 F3	3614	2	0	0
37 F4	3614	3	12	482
37 F5	3614	2	12	723
37 F6	3614	2	190	11.444
37 F7	3614	2	164	9.878
37 F8	2682	2	0	0
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	-	-
38 F2	3570	1	65	7.735
38 F3	3570	3	246	9.758
38 F4	3570	3	192	7.616
38 F5	3570	3	99	3.927
38 F6	3570	2	174	10.353
38 F7	3570	2	176	10.472
38 F8	2400	2	0	0
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	6	702
39 F1	3512	1	94	11.004
39 F2	3512	1	4	468
39 F3	3512	1	31	3.629
39 F4	3512	3	2	78
39 F5	3512	3	186	7.251
39 F6	3512	3	144	5.619
39 F7	3512	2	182	10.653
39 F8	2004	2	3	100
40 E9	3460	1	80	9.226
40 F0	3460	1	1	115
40 F1	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	62	7.150
40 F4	3460	1	73	8.419
40 F5	3460	3	246	9.457
40 F6	3460	3	162	6.228
40 F7	3460	2	142	8.188
41 E8	3408	1	67	7.611
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	0	0
41 F5	3408	1	3	341
41 F6	3408	1	8	909
42 E8	3357	1	4	448
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	0	0
42 F5	3357	1	0	0
42 F6	3357	1	8	895



**Tableau VII** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 6\*, année 1985).

297

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	3	103
32 F1	3328	2	0	0
32 F2	3810	4	2	64
32 F3	3219	2	2	107
33 F2	3790	4	1	32
33 F3	3790	2	1	63
33 F4	1530	1	0	0
34 F2	1530	4	0	0
34 F3	3746	2	3	187
34 F4	2653	4	4	88
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	5	310
35 F2	3716	4	2	62
35 F3	3716	2	3	186
35 F4	3523	2	3	177
36 F0	3578	1	2	239
36 F2	3680	4	4	123
36 F3	3680	2	0	0
36 F4	3680	2	0	0
36 F5	3680	2	1	61
36 F6	3615	2	3	184
36 F7	2392	1	0	0
37 F0	3614	1	3	239
37 F1	3614	1	18	2.168
37 F2	3614	2	0	0
37 F3	3614	2	0	0
37 F4	3614	3	123	4.939
37 F5	3614	2	30	1.807
37 F6	3614	2	42	2.530
37 F7	3614	2	70	4.216
37 F8	2682	2	0	0
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	-	-
38 F2	3570	1	19	2.261
38 F3	3570	3	93	3.689
38 F4	3570	3	237	9.401
38 F5	3570	3	162	6.426
38 F6	3570	2	144	8.568
38 F7	3570	2	96	5.721
38 F8	2400	2	0	0
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	33	3.863
39 F2	3512	1	10	1.171
39 F3	3512	1	6	702
39 F4	3512	3	3	117
39 F5	3512	3	0	0
39 F6	3512	3	72	2.810
39 F7	3512	2	66	3.863
39 F8	2004	2	1	33
40 E9	3460	1	69	7.958
40 F0	3460	1	1	115
40 F1	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	57	6.574
40 F4	3460	1	80	9.226
40 F5	3460	3	57	2.191
40 F6	3460	3	0	0
40 F7	3460	2	182	10.495
41 E8	3408	1	87	9.883
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	0	0
41 F5	3408	1	0	0
41 F6	3408	1	13	1.477
42 E8	3357	1	27	3.021
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	0	0
42 F5	3357	1	0	0
42 F6	3357	1	1	112

**Tableau VIII** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 0, année 1986).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	3	0	0
32 F1	3328	2	16	887
32 F2	3810	2	2	127
33 F2	3790	1	0	0
33 F4	1530	2	408	10.404
34 F1	1530	2	4	175
34 F2	1530	3	0	0
34 F3	3746	3	86	3.580
34 F4	2653	2	198	8.755
35 F0	2638	1	2	175
35 F1	3716	2	252	15.607
35 F2	3716	2	26	1.610
35 F3	3716	1	80	9.909
35 F4	3532	2	210	12.362
36 F0	3578	1	24	2.862
36 F2	3680	3	4	163
36 F3	3680	1	32	3.925
36 F4	3680	3	220	8.995
36 F5	3680	3	456	18.645
36 F6	3615	3	1.016	40.810
36 F7	2392	2	180	7.176
37 F0	3614	1	240	28.912
37 F1	3614	1	0	0
37 F2	3614	2	2	120
37 F3	3614	2	272	16.384
37 F4	3614	3	120	4.819
37 F5	3614	2	448	26.985
37 F6	3614	3	928	37.264
37 F7	3614	3	608	24.415
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	0	0
38 F2	3570	1	0	0
38 F3	3570	1	0	0
38 F4	3570	3	192	7.616
38 F5	3570	3	302	11.979
38 F6	3570	3	2.248	89.170
38 F7	3570	3	228	9.044
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	6	702
39 F1	3512	1	48	5.619
39 F5	3512	3	304	11.862
39 F6	3512	3	1.492	58.221
39 F7	3512	3	1.592	62.124
40 E9	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	0	0
40 F4	3460	1	0	0
40 F5	3460	3	276	10.611
40 F6	3460	3	612	23.528
40 F7	3460	2	2.560	147.626
41 E8	3408	1	0	0
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	128	14.541
41 F5	3408	1	8	909
41 F6	3408	1	60	6.714
42 E8	3357	1	0	0
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	16	1.790
42 F4	3357	1	0	0
42 F5	3357	1	2	224
42 F6	3357	1	4	448

**Tableau IX : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 1, année 1986).**

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	3	26	892
32 F1	3328	2	117	6.490
32 F2	3810	2	27	1.715
33 F2	3790	1	10	1.263
33 F4	1530	2	837	21.344
34 F1	1530	2	4	107
34 F2	1530	3	32	544
34 F3	3746	3	827	34.422
34 F4	2653	2	670	29.625
35 F0	2638	1	9	786
35 F1	3716	2	801	49.609
35 F2	3716	2	590	36.541
35 F3	3716	1	1.427	52.891
35 F4	3532	2	1.986	116.909
36 F0	3578	1	127	15.147
36 F2	3680	3	92	3.762
36 F3	3680	1	477	58.512
36 F4	3680	3	504	20.608
36 F5	3680	3	2.025	82.800
36 F6	3615	3	985	39.564
36 F7	2392	2	1.363	54.338
37 F0	3614	1	1.272	153.234
37 F1	3614	1	128	15.420
37 F2	3614	2	26	1.566
37 F3	3614	2	379	28.828
37 F4	3614	3	242	9.722
37 F5	3614	2	1.385	83.423
37 F6	3614	3	2.687	107.899
37 F7	3614	3	2.077	83.403
38 F0	3570	1	5	595
38 F1	3570	1	128	15.232
38 F2	3570	1	91	10.829
38 F3	3570	1	419	49.861
38 F4	3570	3	344	13.646
38 F5	3570	3	1.265	50.179
38 F6	3570	3	1.949	77.311
38 F7	3570	3	3.140	124.554
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	31	3.629
39 F1	3512	1	644	75.391
39 F5	3512	3	957	37.344
39 F6	3512	3	1.794	70.006
39 F7	3512	3	3.871	151.055
40 E9	3460	1	144	16.608
40 F2	3460	1	4	461
40 F3	3460	1	10	1.153
40 F4	3460	1	96	11.072
40 F5	3460	3	1.519	58.397
40 F6	3460	3	1.696	65.201
40 F7	3408	2	3.028	174.614
41 E8	3408	1	420	47.712
41 E9	3408	1	52	5.907
41 F2	3408	1	39	4.430
41 F3	3408	1	33	3.749
41 F4	3408	1	556	63.162
41 F5	3408	1	40	4.544
41 F6	3408	1	444	50.438
42 E8	3357	1	156	17.456
42 E9	3357	1	29	3.245
42 F3	3357	1	77	8.616
42 F4	3357	1	225	25.178
42 F5	3357	1	47	5.259
42 F6	3357	1	50	5.595

**Tableau X** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 2, année 1986).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	3	177	6.075
32 F1	3328	2	188	10.428
32 F2	3810	2	134	8.509
33 F2	3790	1	87	9.651
33 F4	1530	2	72	1.836
34 F1	1530	2	8	213
34 F2	1530	3	189	3.213
34 F3	3746	3	1.335	55.566
34 F4	2653	2	736	32.543
35 F0	2638	1	135	16.101
35 F1	3716	2	1.482	91.785
35 F2	3716	2	952	58.961
35 F3	3716	1	90	9.909
35 F4	3532	2	952	56.041
36 F0	3578	1	135	16.101
36 F2	3680	3	294	12.021
36 F3	3680	1	393	48.208
36 F4	3680	3	1.209	49.435
36 F5	3680	3	1.299	53.115
36 F6	3615	3	291	11.689
36 F7	2392	2	703	28.026
37 F0	3614	1	955	115.040
37 F1	3614	1	1.919	231.170
37 F2	3614	2	178	10.722
37 F3	3614	2	786	47.344
37 F4	3614	3	861	34.574
37 F5	3614	2	620	37.348
37 F6	3614	3	1.488	59.752
37 F7	3614	3	1.434	57.583
38 F0	3570	1	92	10.948
38 F1	3570	1	1.854	220.620
38 F2	3570	1	415	49.385
38 F3	3570	1	829	98.651
38 F4	3570	3	1.053	41.769
38 F5	3570	3	985	39.071
38 F6	3570	3	1.257	49.861
38 F7	3570	3	2.775	108.280
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	416	48.700
39 F1	3512	1	906	106.060
39 F5	3512	3	1.095	42.729
39 F6	3512	3	1.350	52.680
39 F7	3512	3	2.492	95.804
40 E9	3460	1	1.895	218.550
40 F2	3460	1	90	10.380
40 F3	3460	1	52	5.997
40 F4	3460	1	441	50.862
40 F5	3460	3	957	36.791
40 F6	3460	3	1.063	40.866
40 F7	3460	2	1.664	94.515
41 E8	3408	1	836	94.970
41 E9	3408	1	95	10.792
41 F2	3408	1	73	8.293
41 F3	3408	1	54	6.134
41 F4	3408	1	319	36.238
41 F5	3408	1	85	9.656
41 F6	3408	1	443	49.572
42 E8	3357	1	406	45.431
42 E9	3357	1	85	9.511
42 F3	3357	1	58	6.490
42 F4	3357	1	95	10.631
42 F5	3357	1	57	6.378
42 F6	3357	1	67	7.497

**Tableau XI : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 3, année 1986).**

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	EN	B = A/a*EN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	3	246	9.919
32 F1	3328	2	130	7.210
32 F2	3810	2	110	6.985
33 F2	3790	1	93	11.749
33 F4	1530	2	0	0
34 F1	1530	2	2	53
34 F2	1530	3	19	323
34 F3	3746	3	294	12.237
34 F4	2653	2	186	11.612
35 F0	2638	1	3	262
35 F1	3716	2	227	14.059
35 F2	3716	2	180	11.148
35 F3	3716	1	86	10.653
35 F4	3532	2	146	8.595
36 F0	3578	1	10	1.193
36 F2	3680	3	201	8.219
36 F3	3680	1	99	12.144
36 F4	3680	3	276	11.285
36 F5	3680	3	279	11.408
36 F6	3615	3	165	6.628
36 F7	2392	2	134	5.342
37 F0	3614	1	97	11.685
37 F1	3614	1	458	55.174
37 F2	3614	2	114	6.867
37 F3	3614	2	136	8.192
37 F4	3614	3	177	7.108
37 F5	3614	2	160	9.637
37 F6	3614	3	270	10.842
37 F7	3614	3	221	8.875
38 F0	3570	1	53	6.307
38 F1	3570	1	466	5.545
38 F2	3570	1	95	11.305
38 F3	3570	1	83	9.877
38 F4	3570	3	243	9.639
38 F5	3570	3	276	10.948
38 F6	3570	3	228	9.044
38 F7	3570	3	270	10.710
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	79	9.248
39 F1	3512	1	90	10.536
39 F5	3512	3	252	9.834
39 F6	3512	3	288	11.238
39 F7	3512	3	1.467	57.246
40 E9	3460	1	483	56.052
40 F2	3460	1	49	5.651
40 F3	3460	1	226	26.065
40 F4	3460	1	92	10.611
40 F5	3460	3	162	6.228
40 F6	3460	3	267	10.265
40 F7	3460	2	124	7.151
41 E8	3408	1	426	48.394
41 E9	3408	1	50	5.680
41 F2	3408	1	467	53.051
41 F3	3408	1	82	9.315
41 F4	3408	1	86	9.770
41 F5	3408	1	66	7.498
41 F6	3408	1	55	6.248
42 E8	3357	1	73	8.169
42 E9	3357	1	819	91.646
42 F3	3357	1	62	6.938
42 F4	3357	1	326	36.479
42 F5	3357	1	53	5.931
42 F6	3357	1	91	10.183

**Tableau XII : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 4, année 1986).**

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	3	159	5.457
32 F1	3328	2	5	277
32 F2	3810	2	184	11.684
33 F2	3790	1	53	6.696
33 F4	1530	2	0	0
34 F1	1530	2	2	53
34 F2	1530	3	11	187
34 F3	3746	3	267	11.113
34 F4	2653	2	114	5.041
35 F0	2638	1	2	174
35 F1	3716	2	60	3.716
35 F2	3716	2	174	10.776
35 F3	3716	1	70	8.671
35 F4	3532	2	190	11.185
36 F0	3578	1	3	358
36 F2	3680	3	27	1.104
36 F3	3680	1	81	9.936
36 F4	3680	3	192	7.851
36 F5	3680	3	243	9.936
36 F6	3615	3	156	6.266
36 F7	2392	2	154	6.139
37 F0	3614	1	80	9.637
37 F1	3614	1	55	6.626
37 F2	3614	2	7	422
37 F3	3614	2	84	5.059
37 F4	3614	3	264	10.601
37 F5	3614	2	130	7.830
37 F6	3614	3	273	10.962
37 F7	3614	3	105	4.216
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	391	46.529
38 F2	3570	1	85	10.115
38 F3	3570	1	12	1.428
38 F4	3570	3	13	515
38 F5	3570	3	195	7.735
38 F6	3570	3	156	6.188
38 F7	3570	3	36	143
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	43	5.034
39 F1	3512	1	90	10.536
39 F5	3512	3	174	6.790
39 F6	3512	3	195	7.609
39 F7	3512	3	276	10.770
40 E9	3460	1	460	53.053
40 F2	3460	1	12	1.384
40 F3	3460	1	0	0
40 F4	3460	1	83	9.573
40 F5	3460	3	42	1.615
40 F6	3460	3	165	6.343
40 F7	3460	2	48	2.768
41 E8	3408	1	65	7.384
41 E9	3408	1	2	227
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	86	9.770
41 F5	3408	1	6	682
41 F6	3408	1	48	5.453
42 E8	3357	1	5	560
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	0	0
42 F5	3357	1	56	6.264
42 F6	3357	1	15	1.679

**Tableau XIII : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 5, année 1986).**

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3098	3	1	34
32 F1	3328	2	0	0
32 F2	3810	2	1	64
33 F2	3790	1	2	253
33 F4	1530	2	0	0
34 F1	1530	2	1	27
34 F2	1530	3	9	153
34 F3	3746	3	24	999
34 F4	2653	2	36	1.415
35 F0	2638	1	1	87
35 F1	3716	2	10	619
35 F2	3716	2	8	495
35 F3	3716	1	6	743
35 F4	3532	2	6	353
36 F0	3578	1	0	0
36 F2	3680	3	10	408
36 F3	3680	1	6	736
36 F4	3680	3	36	1.472
36 F5	3680	3	7	286
36 F6	3615	3	57	2.290
36 F7	2392	2	1	40
37 F0	3614	1	2	241
37 F1	3614	1	2	241
37 F2	3614	2	1	60
37 F3	3614	2	0	0
37 F4	3614	3	1	120
37 F5	3614	2	1	120
37 F6	3614	3	249	9.999
37 F7	3614	3	291	11.685
38 F0	3570	1	90	10.710
38 F1	3570	1	96	11.424
38 F2	3570	1	83	9.877
38 F3	3570	1	52	6.188
38 F4	3570	3	183	7.259
38 F5	3570	3	222	8.806
38 F6	3570	3	159	6.307
38 F7	3570	3	273	10.829
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	71	8.312
39 F5	3512	3	201	7.843
39 F6	3512	3	7	273
39 F7	3512	3	25	975
40 E9	3460	1	98	11.303
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	0	0
40 F4	3460	1	97	11.187
40 F5	3460	3	0	0
40 F6	3460	3	99	3.806
40 F7	3460	2	70	4.037
41 E8	3408	1	53	6.021
41 E9	3408	1	56	6.362
41 F2	3408	1	30	3.408
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	92	10.451
41 F5	3408	1	62	7.043
41 F6	3408	1	13	1.477
42 E8	3357	1	65	7.274
42 E9	3357	1	77	8.616
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	86	9.623
42 F5	3357	1	31	3.469
42 F6	3357	1	78	8.728

**Tableau XIV** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 6<sup>+</sup>, année 1986).

Rectangles	A (km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	3	0	0
32 F1	3328	2	0	0
32 F2	3810	2	1	64
33 F2	3790	1	0	0
33 F4	1530	2	0	0
34 F1	1530	2	1	27
34 F2	1530	3	4	68
34 F3	3746	3	5	209
34 F4	2653	2	2	88
35 F0	2638	1	0	0
35 F1	3716	2	6	372
35 F2	3716	2	4	248
35 F3	3716	1	3	372
35 F4	3532	2	0	0
36 F0	3578	1	0	0
36 F2	3680	3	6	245
36 F3	3680	1	1	123
36 F4	3680	3	3	123
36 F5	3680	3	2	82
36 F6	3615	3	0	0
36 F7	2392	2	0	0
37 F0	3614	1	0	0
37 F1	3614	1	0	0
37 F2	3614	2	0	0
37 F3	3614	2	0	0
37 F4	3614	3	1	40
37 F5	3614	2	0	0
37 F6	3614	3	129	5.180
37 F7	3614	3	291	11.685
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	78	9.282
38 F2	3570	1	65	7.735
38 F3	3570	1	0	0
38 F4	3570	3	249	9.877
38 F5	3570	3	273	10.829
38 F6	3570	3	159	6.307
38 F7	3570	3	201	7.973
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	73	8.546
39 F5	3512	3	0	0
39 F6	3512	3	201	7.843
39 F7	3512	3	273	10.653
40 E9	3460	1	94	10.841
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	0	0
40 F4	3460	1	36	4.152
40 F5	3460	3	0	0
40 F6	3460	3	39	1.499
40 F7	3460	2	50	2.883
41 E8	3408	1	14	1.590
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	0	0
41 F5	3408	1	81	9.202
41 F6	3408	1	0	0
42 E8	3357	1	0	0
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	0	0
42 F5	3357	1	0	0
42 F6	3357	1	4	448



**Tableau xv** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 0, année 1987).

305

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	68	2.344
32 F1	3328	2	6	333
32 F2	3810	4	2	64
32 F3	3219	3	3.112	111.664
33 F1	1600	2	8	213
33 F2	3790	4	6	189
33 F3	3790	3	0	0
33 F4	1530	2	288	7.344
34 F2	3746	4	4	125
34 F3	3746	2	20	1.249
34 F4	2653	3	132	5.837
35 F0	2638	2	0	0
35 F1	3716	2	0	0
35 F2	3716	4	450	13.935
35 F3	3716	3	1.376	56.814
35 F4	3512	3	64	2.511
36 F0	3578	1	492	58.679
36 F1	3680	2	18	1.104
36 F2	3680	4	108	3.312
36 F3	3680	2	1.280	78.507
36 F4	3680	3	664	27.150
36 F5	3680	3	264	10.795
36 F6	3615	3	2.014	80.873
36 F7	2392	2	384	15.309
37 F0	3614	1	96	11.565
37 F1	3614	1	224	26.985
37 F2	3614	1	12	482
37 F3	3614	3	160	6.425
37 F4	3614	3	66	2.650
37 F5	3614	3	364	14.616
37 F6	3614	3	960	38.549
37 F7	3614	3	208	8.250
38 F0	3570	1	16	1.904
38 F1	3570	1	48	5.712
38 F2	3570	1	0	0
38 F3	3570	1	0	0
38 F4	3570	1	6	714
38 F5	3570	3	524	20.786
38 F6	3570	3	304	12.058
38 F7	3570	3	0	0
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	32	3.746
39 F2	3512	1	256	29.969
39 F3	3512	1	64	7.492
39 F4	3512	1	0	0
39 F5	3512	2	768	44.954
39 F6	3512	3	14	547
39 F7	3512	3	2.592	101.146
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	0	0
40 F1	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	4	461
40 F3	3460	1	0	0
40 F4	3460	1	40	4.613
40 F5	3460	3	228	8.765
40 F6	3460	3	1.828	70.276
40 F7	3460	2	1.240	71.506
41 E8	3408	1	192	21.811
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	6	682
41 F4	3408	1	24	2.726
41 F5	3408	1	0	0
41 F6	3408	1	160	18.176
42 E8	3357	1	0	0
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	72	8.057
42 F5	3357	1	8	895
42 F6	3357	1	0	0
43 F3	3303	1	176	19.378
43 F4	3303	1	96	10.570

**Tableau XVI** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 1, année 1987).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	42	1.442
32 F1	3328	2	14	777
32 F2	3810	4	4	127
32 F3	3219	3	140	5.008
33 F1	1600	2	24	640
33 F2	3790	4	17	537
33 F3	3790	3	76	3.200
33 F4	1530	2	860	21.930
34 F2	3746	4	99	3.090
34 F3	3746	2	115	7.180
34 F4	2653	3	2.697	119.252
35 F0	2638	2	1	44
35 F1	3716	2	1	62
35 F2	3716	4	471	14.585
35 F3	3716	3	4.330	178.781
35 F4	3532	3	760	29.825
36 F0	3578	1	735	87.661
36 F1	3680	2	526	32.261
36 F2	3680	4	1.016	31.157
36 F3	3680	2	3.612	221.537
36 F4	3680	3	819	33.488
36 F5	3680	3	1.451	59.330
36 F6	3615	3	4.953	198.891
36 F7	2392	2	932	37.156
37 F0	3614	1	615	74.087
37 F1	3614	1	706	85.050
37 F2	3614	3	22	883
37 F3	3614	3	950	38.148
37 F4	3614	3	139	5.581
37 F5	3614	3	972	39.031
37 F6	3614	3	3.183	127.815
37 F7	3614	3	2.793	112.155
38 F0	3570	1	74	8.806
38 F1	3570	1	378	44.982
38 F2	3570	1	873	103.887
38 F3	3570	1	59	7.021
38 F4	3570	1	24	2.856
38 F5	3570	3	1.056	41.888
38 F6	3570	3	1.686	66.878
38 F7	3570	3	12.732	505.036
39 E9	3512	1	108	12.643
39 F0	3512	1	184	21.540
39 F1	3512	1	1.661	194.448
39 F2	3512	1	2.369	277.331
39 F3	3512	1	1.620	189.649
39 F4	3512	1	153	17.911
39 F5	3512	2	3.408	199.482
39 F6	3512	3	81	3.161
39 F7	3512	3	19.459	759.335
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	152	17.531
40 F1	3460	1	129	14.878
40 F2	3460	1	41	4.729
40 F3	3460	1	492	56.744
40 F4	3460	1	194	22.375
40 F5	3460	3	1.152	44.288
40 F6	3460	3	3.418	131.402
40 F7	3460	2	1.007	58.070
41 E8	3408	1	564	64.070
41 E9	3408	1	76	8.634
41 F2	3408	1	70	7.952
41 F3	3408	1	66	7.498
41 F4	3408	1	456	51.802
41 F5	3408	1	558	63.389
41 F6	3408	1	874	99.286
42 E8	3357	1	460	51.474
42 E9	3357	1	96	10.742
42 F3	3357	1	94	10.519
42 F4	3357	1	1.071	119.845
42 F5	3357	1	120	13.428
42 F6	3357	1	276	30.884
43 F3	3303	1	688	75.749
43 F4	3303	1	436	48.004

Tableau XVII : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge , année 1987).

307

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	EN	B = A/a*EN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	4	198
31 F2	3089	3	56	1.922
32 F1	3328	2	62	3.439
32 F2	3810	4	28	889
32 F3	3219	3	83	2.862
33 F1	1600	2	50	1.333
33 F2	3790	4	32	1.011
33 F3	3790	3	181	7.622
33 F4	1530	2	235	5.993
34 F2	3746	4	201	6.275
34 F3	3746	2	56	3.496
34 F4	2653	3	465	20.826
35 F0	2638	2	8	352
35 F1	3716	2	453	28.056
35 F2	3716	4	275	8.516
35 F3	3716	3	1.273	52.560
35 F4	3532	3	1.528	59.965
36 F0	3578	1	266	31.725
36 F1	3680	2	53	3.251
36 F2	3680	4	804	24.779
36 F3	3680	2	1.955	119.907
36 F4	3680	3	1.134	46.368
36 F5	3680	3	1.783	72.905
36 F6	3615	3	2.411	96.816
36 F7	2392	2	451	17.754
37 F0	3614	1	496	59.752
37 F1	3614	1	937	112.878
37 F2	3614	3	94	3.774
37 F3	3614	3	1.252	50.274
37 F4	3614	3	196	8.066
37 F5	3614	3	1.203	48.307
37 F6	3614	3	3.927	157.691
37 F7	3614	3	3.784	151.949
38 F0	3570	1	203	24.157
38 F1	3570	1	408	48.552
38 F2	3570	1	2.491	296.429
38 F3	3570	1	112	13.328
38 F4	3570	1	37	4.403
38 F5	3570	3	882	34.986
38 F6	3570	3	719	28.521
38 F7	3570	3	9.342	370.566
39 E9	3512	1	178	20.838
39 F0	3512	1	507	59.353
39 F1	3512	1	771	90.259
39 F2	3512	1	1.582	185.200
39 F3	3512	1	2.342	274.171
39 F4	3512	1	956	111.916
39 F5	3512	2	1.149	67.255
39 F6	3512	3	120	4.683
39 F7	3512	3	5.164	198.526
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	97	11.187
40 F1	3460	1	159	18.338
40 F2	3460	1	65	7.497
40 F3	3460	1	765	88.230
40 F4	3460	1	222	25.604
40 F5	3460	3	941	36.177
40 F6	3460	3	2.126	81.733
40 F7	3460	2	857	49.420
41 E8	3408	1	847	96.219
41 E9	3408	1	130	14.768
41 F2	3408	1	11	1.250
41 F3	3408	1	16	1.818
41 F4	3408	1	141	16.017
41 F5	3408	1	433	49.189
41 F6	3408	1	822	93.379
42 E8	3357	1	745	83.366
42 E9	3357	1	116	12.980
42 F3	3357	1	117	13.092
42 F4	3357	1	551	61.657
42 F5	3357	1	192	21.485
42 F6	3357	1	819	91.646
43 F3	3303	1	717	78.942
43 F4	3303	1	400	44.040

**Tableau XVIII : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 3, année 1987).**

308

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	12	593
31 F2	3089	3	24	824
32 F1	3328	2	48	2.662
32 F2	3810	4	48	1.524
32 F3	3219	3	23	823
33 F1	1600	2	42	1.120
33 F2	3790	4	36	1.137
33 F3	3790	3	67	2.821
33 F4	1530	2	98	2.499
34 F2	3746	4	96	2.997
34 F3	3746	2	28	1.748
34 F4	2653	3	84	3.714
35 F0	2638	2	6	88
35 F1	3716	2	92	5.698
35 F2	3716	4	92	2.849
35 F3	3716	3	237	9.785
35 F4	3532	3	426	16.718
36 F0	3578	1	84	10.027
36 F1	3680	2	90	5.520
36 F2	3680	4	96	2.944
36 F3	3680	2	462	28.336
36 F4	3680	3	444	18.155
36 F5	3680	3	490	20.175
36 F6	3615	3	486	19.516
36 F7	2392	2	90	3.588
37 F0	3614	1	94	11.324
37 F1	3614	1	459	55.294
37 F2	3614	3	78	3.132
37 F3	3614	3	405	16.263
37 F4	3614	3	66	2.650
37 F5	3614	3	426	17.106
37 F6	3614	3	483	19.395
37 F7	3614	3	903	36.261
38 F0	3570	1	69	8.211
38 F1	3570	1	91	10.829
38 F2	3570	1	487	57.953
38 F3	3570	1	75	8.925
38 F4	3570	1	18	2.142
38 F5	3570	3	93	3.689
38 F6	3570	3	96	3.808
38 F7	3570	3	426	16.898
39 E9	3512	1	18	2.107
39 F0	3512	1	138	16.155
39 F1	3512	1	94	11.004
39 F2	3512	1	258	30.203
39 F3	3512	1	271	31.725
39 F4	3512	1	204	23.882
39 F5	3512	2	320	18.731
39 F6	3512	3	30	1.171
39 F7	3512	3	489	18.799
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	4	461
40 F1	3460	1	7	807
40 F2	3460	1	21	2.422
40 F3	3460	1	432	49.824
40 F4	3460	1	75	10.957
40 F5	3460	3	91	3.460
40 F6	3460	3	462	17.761
40 F7	3460	2	306	17.646
41 E8	3408	1	97	11.019
41 E9	3408	1	6	682
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	24	2.726
41 F5	3408	1	90	10.224
41 F6	3408	1	98	11.133
42 E8	3357	1	96	10.742
42 E9	3357	1	42	4.700
42 F3	3357	1	15	1.679
42 F4	3357	1	98	10.966
42 F5	3357	1	78	8.728
42 F6	3357	1	492	55.055
43 F3	3303	1	82	9.028
43 F4	3303	1	34	3.743

**Tableau XIX** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 4, année 1987).

309

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	2	99
31 F2	3089	3	18	618
32 F1	3328	2	12	666
32 F2	3810	4	36	1.143
32 F3	3219	3	19	680
33 F1	1600	2	6	160
33 F2	3790	4	28	884
33 F3	3790	3	34	1.432
33 F4	1530	2	60	1.530
34 F2	3746	4	204	6.368
34 F3	3746	2	12	749
34 F4	2653	3	81	2.388
35 F0	2638	2	114	6.867
35 F1	3716	2	29	1.796
35 F2	3716	4	96	2.973
35 F3	3716	3	117	4.831
35 F4	3532	3	432	16.954
36 F0	3578	1	6	716
36 F1	3680	2	48	2.944
36 F2	3680	4	122	4.048
36 F3	3680	2	108	6.624
36 F4	3680	3	222	9.077
36 F5	3680	3	288	11.776
36 F6	3615	3	288	11.565
36 F7	2392	2	10	399
37 F0	3614	1	57	6.867
37 F1	3614	1	98	11.806
37 F2	3614	3	17	683
37 F3	3614	3	126	5.060
37 F4	3614	3	27	10.842
37 F5	3614	3	234	9.396
37 F6	3614	3	273	10.962
37 F7	3614	3	1.008	40.477
38 F0	3570	1	12	1.428
38 F1	3570	1	92	10.948
38 F2	3570	1	497	59.143
38 F3	3570	1	36	4.284
38 F4	3570	1	9	1.071
38 F5	3570	3	117	4.641
38 F6	3570	3	72	2.856
38 F7	3570	3	294	11.662
39 E9	3512	1	6	702
39 F0	3512	1	21	2.458
39 F1	3512	1	48	5.619
39 F2	3512	1	142	16.624
39 F3	3512	1	100	11.708
39 F4	3512	1	93	10.887
39 F5	3512	2	114	6.673
39 F6	3512	3	9	351
39 F7	3512	3	180	10.380
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	2	231
40 F1	3460	1	2	231
40 F2	3460	1	6	692
40 F3	3460	1	97	11.187
40 F4	3460	1	24	2.768
40 F5	3460	3	72	2.768
40 F6	3460	3	460	13.840
40 F7	3460	2	114	6.574
41 E8	3408	1	42	4.771
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	6	682
41 F5	3408	1	51	5.794
41 F6	3408	1	69	7.838
42 E8	3357	1	92	10.295
42 E9	3357	1	9	1.007
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	45	5.036
42 F5	3357	1	18	2.014
42 F6	3357	1	470	52.593
43 F3	3303	1	38	4.184
43 F4	3303	1	8	881

**Tableau XX** : Résultats des calculs de a biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 5, année 1987).

310

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	0	0
32 F1	3328	2	0	0
32 F2	3810	4	244	7.747
32 F3	3219	3	9	143
33 F1	1600	2	6	53
33 F2	3790	4	12	95
33 F3	3790	3	18	337
33 F4	1530	2	6	153
34 F2	3746	4	76	2.372
34 F3	3746	2	60	3.746
34 F4	2653	3	120	5.306
35 F0	2638	2	0	0
35 F1	3716	2	9	557
35 F2	3716	4	28	867
35 F3	3716	3	27	1.115
35 F4	3532	3	90	3.532
36 F0	3578	1	1	119
36 F1	3680	2	18	1.104
36 F2	3680	4	40	1.227
36 F3	3680	2	30	1.840
36 F4	3680	3	36	1.472
36 F5	3680	3	36	1.472
36 F6	3615	3	144	5.782
36 F7	2392	2	3	120
37 F0	3614	1	9	1.084
37 F1	3614	1	33	3.975
37 F2	3614	3	9	361
37 F3	3614	3	9	361
37 F4	3614	3	8	322
37 F5	3614	3	285	11.444
37 F6	3614	3	273	10.962
37 F7	3614	3	255	10.240
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	79	9.401
38 F2	3570	1	92	10.948
38 F3	3570	1	60	7.140
38 F4	3570	1	30	3.570
38 F5	3570	3	183	7.259
38 F6	3570	3	243	9.639
38 F7	3570	3	123	8.449
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	95	11.121
39 F2	3512	1	55	6.439
39 F3	3512	1	14	1.640
39 F4	3512	1	22	2.575
39 F5	3512	2	60	3.512
39 F6	3512	3	0	0
39 F7	3512	3	147	5.736
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	0	0
40 F1	3460	1	1	115
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	84	8.688
40 F4	3460	1	0	0
40 F5	3460	3	183	7.035
40 F6	3460	3	264	10.149
40 F7	3460	2	104	5.997
41 E8	3408	1	48	5.453
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	0	0
41 F5	3408	1	33	3.749
41 F6	3408	1	0	0
42 E8	3357	1	93	10.407
42 E9	3357	1	54	6.043
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	92	10.295
42 F5	3357	1	0	0
42 F6	3357	1	95	10.631
43 F3	3303	1	8	881
43 F4	3303	1	1	110

**Tableau XXI : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 6<sup>+</sup>, année 1987).**

-3-

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	EN	B = A/a*EN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F1	2967	2	0	0
31 F2	3089	3	0	0
32 F1	3328	2	0	0
32 F2	3810	4	0	0
32 F3	3219	3	1	35
33 F1	1600	2	0	0
33 F2	3790	4	2	63
33 F3	3790	3	6	253
33 F4	1530	2	0	0
34 F2	3746	4	144	4.495
34 F3	3746	2	1	62
34 F4	2653	3	5	221
35 F0	2638	2	0	0
35 F1	3716	2	6	372
35 F2	3716	4	60	1.858
35 F3	3716	3	2	83
35 F4	3532	3	10	392
36 F0	3578	1	0	0
36 F1	3680	2	4	245
36 F2	3680	4	14	429
36 F3	3680	2	0	0
36 F4	3680	3	8	328
36 F5	3680	3	18	736
36 F6	3615	3	14	563
36 F7	2392	2	0	0
37 F0	3614	1	3	361
37 F1	3614	1	6	723
37 F2	3614	3	1	40
37 F3	3614	3	0	0
37 F4	3614	3	150	6.023
37 F5	3614	3	147	5.903
37 F6	3614	3	0	0
37 F7	3614	3	249	9.999
38 F0	3570	1	0	0
38 F1	3570	1	72	8.568
38 F2	3570	1	90	10.710
38 F3	3570	1	59	7.021
38 F4	3570	1	0	0
38 F5	3570	3	225	8.925
38 F6	3570	3	204	8.092
38 F7	3570	3	0	0
39 E9	3512	1	0	0
39 F0	3512	1	0	0
39 F1	3512	1	82	9.599
39 F2	3512	1	30	3.512
39 F3	3512	1	0	0
39 F4	3512	1	10	1.171
39 F5	3512	2	0	0
39 F6	3512	3	0	0
39 F7	3512	3	282	11.004
40 E9	3460	1	0	0
40 F0	3460	1	0	0
40 F1	3460	1	0	0
40 F2	3460	1	0	0
40 F3	3460	1	67	7.727
40 F4	3460	1	0	0
40 F5	3460	3	7	308
40 F6	3460	3	249	9.573
40 F7	3460	2	126	7.266
41 E8	3408	1	79	8.974
41 E9	3408	1	0	0
41 F2	3408	1	0	0
41 F3	3408	1	0	0
41 F4	3408	1	0	0
41 F5	3408	1	55	6.248
41 F6	3408	1	0	0
42 E8	3357	1	66	7.385
42 E9	3357	1	0	0
42 F3	3357	1	0	0
42 F4	3357	1	31	3.469
42 F5	3357	1	0	0
42 F6	3357	1	93	10.408
43 F3	3303	1	2	224
43 F4	3303	1	1	110

**Tableau XXII** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 0, année 1988).

Réctangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	1	2	206
32 F1	3328	4	6	166
32 F2	3810	5	104	2.642
32 F3	3219	3	3.174	113.523
33 F1	1600	6	10	89
33 F2	3790	6	8	189
33 F3	3790	3	72	3.032
33 F4	1530	3	2.744	46.648
34 F1	1530	2	2	51
34 F2	3746	6	10	85
34 F3	3746	3	0	0
34 F4	2653	3	7.152	210.824
35 F0	2638	2	2	88
35 F1	3716	2	70	4.335
35 F2	3716	4	202	6.255
35 F3	3716	3	336	13.873
35 F4	3532	3	226	8.869
36 F0	3578	1	424	50.569
36 F2	3680	3	56	2.290
36 F3	3680	2	0	0
36 F4	3680	3	456	18.645
36 F5	3680	3	1.495	61.170
36 F6	3615	3	0	0
36 F7	2392	2	864	34.445
37 F2	3614	1	4	482
37 F3	3614	2	126	7.589
37 F4	3614	2	18	1.084
37 F5	3614	2	96	5.782
37 F6	3614	3	104	4.177
37 F7	3614	3	44	1.767
38 F3	3570	2	0	0
38 F4	3570	2	64	3.808
38 F5	3570	2	175	10.413
38 F6	3570	2	96	5.712
38 F7	3570	3	800	31.734
39 F4	3512	2	36	2.107
39 F5	3512	2	480	28.096
39 F6	3512	2	1.000	58.534
39 F7	3512	3	6.048	236.007
40 F5	3460	2	240	13.840
40 F6	3460	2	2.608	150.394
40 F7	3460	2	2.375	136.958



**Tableau XXIII** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 1, année 1988).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	1	0	0
32 F1	3328	4	43	1.193
32 F2	3810	5	21	533
32 F3	3219	3	6.254	223.685
33 F1	1600	6	39	347
33 F2	3790	6	10	211
33 F3	3790	3	1.025	43.164
33 F4	1530	3	4.525	76.840
34 F1	1530	2	10	267
34 F2	3746	6	45	383
34 F3	3746	3	1.401	58.313
34 F4	2653	3	4.705	138.692
35 F0	2638	2	7	308
35 F1	3716	2	646	40.009
35 F2	3716	4	838	25.950
35 F3	3716	3	3.884	160.367
35 F4	3532	3	1.554	60.986
36 F0	3578	1	919	109.606
36 F2	3680	3	200	8.178
36 F3	3680	2	2.927	179.584
36 F4	3680	3	3.267	133.584
36 F5	3680	3	5.067	207.185
36 F6	3615	3	1.108	44.504
36 F7	2392	2	2.756	109.872
37 F2	3614	1	10	1.205
37 F3	3614	2	1.401	84.387
37 F4	3614	2	254	15.299
37 F5	3614	2	1.783	71.597
37 F6	3614	3	2.945	118.259
37 F7	3614	3	1.824	73.244
38 F3	3570	2	309	18.386
38 F4	3570	2	849	50.516
38 F5	3570	2	1.164	69.258
38 F6	3570	2	1.231	73.245
38 F7	3570	3	13.988	554.858
39 F4	3512	2	629	36.818
39 F5	3512	2	2.975	174.137
39 F6	3512	2	1.538	90.025
39 F7	3512	3	10.804	421.597
40 F5	3460	2	2.001	115.391
40 F6	3460	2	6.726	387.865
40 F7	3460	2	4.323	249.292

**Tableau XXIV** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 2, année 1988).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	1	11	1.133
32 F1	3328	4	85	2.357
32 F2	3810	5	51	1.295
32 F3	3219	3	971	34.730
33 F1	1600	6	54	480
33 F2	3790	6	44	926
33 F3	3790	3	438	18.445
33 F4	1530	3	401	6.817
34 F1	1530	2	72	1.920
34 F2	3746	6	111	944
34 F3	3746	3	388	16.149
34 F4	2653	3	435	12.823
35 F0	2638	2	60	2.638
35 F1	3716	2	726	44.964
35 F2	3716	4	628	19.447
35 F3	3716	3	1.484	61.273
35 F4	3532	3	1.043	40.932
36 F0	3578	1	604	72.037
36 F2	3680	3	292	11.939
36 F3	3680	2	3.447	211.417
36 F4	3680	3	4.033	164.905
36 F5	3680	3	2.741	112.077
36 F6	3615	3	1.744	62.459
36 F7	2392	2	1.630	64.982
37 F2	3614	1	81	9.758
37 F3	3614	2	1.263	76.075
37 F4	3614	2	350	21.082
37 F5	3614	2	1.655	99.686
37 F6	3614	3	1.860	74.690
37 F7	3614	3	2.533	101.714
38 F3	3570	2	690	41.055
38 F4	3570	2	385	22.789
38 F5	3570	2	846	50.337
38 F6	3570	2	2.008	119.476
38 F7	3570	3	8.205	325.465
39 F4	3512	2	523	30.613
39 F5	3512	2	719	42.086
39 F6	3512	2	701	41.032
39 F7	3512	3	3.886	151.640
40 F5	3460	2	1.649	95.092
40 F6	3460	2	685	39.502
40 F7	3460	2	1.932	111.412

**Tableau XXV** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 3, année 1988).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	b = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	1	14	1.441
32 F1	3328	4	40	1.109
32 F2	3810	5	23	584
32 F3	3219	3	24	858
33 F1	1600	6	27	240
33 F2	3790	6	25	527
33 F3	3790	3	66	2.779
33 F4	1530	3	29	493
34 F1	1530	2	72	1.836
34 F2	3746	6	82	697
34 F3	3746	3	27	1.124
34 F4	2653	3	79	2.328
35 F0	2638	2	46	2.022
35 F1	3716	2	129	7.989
35 F2	3716	4	131	4.057
35 F3	3716	3	95	3.923
35 F4	3532	3	161	6.319
36 F0	3578	1	56	6.679
36 F2	3680	3	163	6.664
36 F3	3680	2	224	13.739
36 F4	3680	3	295	12.062
36 F5	3680	3	304	12.431
36 F6	3615	3	428	17.191
36 F7	2392	2	386	15.388
37 F2	3614	1	52	6.264
37 F3	3614	2	140	8.433
37 F4	3614	2	68	4.096
37 F5	3614	2	414	24.937
37 F6	3614	3	372	14.938
37 F7	3614	3	536	21.523
38 F3	3570	2	123	7.497
38 F4	3570	2	58	3.451
38 F5	3570	2	194	11.543
38 F6	3570	2	318	18.921
38 F7	3570	3	1.298	51.487
39 F4	3512	2	66	3.863
39 F5	3512	2	24	1.405
39 F6	3512	2	138	8.078
39 F7	3512	3	638	24.895
40 F5	3460	2	166	9.573
40 F6	3460	2	64	3.691
40 F7	3460	2	564	32.524

**Tableau XXVI** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 4, année 1988).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	$\Sigma N$	B = A/a* $\Sigma N$ /n (*10 <sub>3</sub> )
31 F2	3089	1	5	605
32 F1	3328	4	6	166
32 F2	3810	5	13	320
32 F3	3219	3	12	429
33 F1	1600	6	10	89
33 F2	3790	6	16	337
33 F3	3790	3	28	1.179
33 F4	1530	3	12	204
34 F1	1530	2	29	740
34 F2	3746	6	39	332
34 F3	3746	3	100	4.158
34 F4	2653	3	104	3.066
35 F0	2638	2	19	835
35 F1	3716	2	29	1.796
35 F2	3716	4	51	1.579
35 F3	3716	3	170	7.023
35 F4	3532	3	252	9.890
36 F0	3578	1	20	2.453
36 F2	3680	3	60	2.453
36 F3	3680	2	82	5.029
36 F4	3680	3	67	2.739
36 F5	3680	3	275	11.242
36 F6	3615	3	46	1.847
36 F7	2392	2	49	1.953
37 F2	3614	1	14	1.687
37 F3	3614	2	39	2.349
37 F4	3614	2	50	3.012
37 F5	3614	2	45	2.711
37 F6	3614	3	73	2.931
37 F7	3614	3	198	7.951
38 F3	3570	2	45	1.785
38 F4	3570	2	40	2.380
38 F5	3570	2	84	4.998
38 F6	3570	2	52	3.094
38 F7	3570	3	158	6.268
39 F4	3512	2	7	410
39 F5	3512	2	100	5.853
39 F6	3512	2	155	9.073
39 F7	3512	3	156	6.087
40 F5	3460	2	120	6.920
40 F6	3460	2	50	2.883
40 F7	3460	2	78	4.498

**Tableau XXVII** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 5, année 1988).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	1	2	461
32 F1	3328	4	2	55
32 F2	3810	5	5	127
32 F3	3219	3	7	250
33 F1	1600	6	3	27
33 F2	3790	6	6	126
33 F3	3790	3	8	337
33 F4	1530	3	2	34
34 F1	1530	2	10	255
34 F2	3746	6	14	118
34 F3	3746	3	15	626
34 F4	2653	3	24	707
35 F0	2638	2	5	220
35 F1	3716	2	7	434
35 F2	3716	4	14	434
35 F3	3716	3	10	415
35 F4	3532	3	21	824
36 F0	3578	1	4	477
36 F2	3680	3	20	818
36 F3	3680	2	6	184
36 F4	3680	3	12	491
36 F5	3680	3	14	573
36 F6	3615	3	12	482
36 F7	2392	2	0	0
37 F2	3614	1	3	361
37 F3	3614	2	2	120
37 F4	3614	2	0	0
37 F5	3614	2	57	3.433
37 F6	3614	3	150	6.023
37 F7	3614	3	230	9.240
38 F3	3570	2	160	9.520
38 F4	3570	2	120	7.140
38 F5	3570	2	60	3.570
38 F6	3570	2	135	7.735
38 F7	3570	3	190	7.533
39 F4	3512	2	0	0
39 F5	3512	2	110	6.439
39 F6	3512	2	96	2.107
39 F7	3512	3	90	3.512
40 F5	3460	2	104	5.997
40 F6	3460	2	100	5.767
40 F7	3460	2	120	6.920

**Tableau XXVIII** : Résultats des calculs de la biomasse par rectangle statistique (classe d'âge 6<sup>+</sup>, année 1988).

Rectangles	A(km <sup>2</sup> )	Nb de traits (n)	ΣN	B = A/a*ΣN/n (*10 <sup>3</sup> )
31 F2	3089	1	3	309
32 F1	3328	4	0	0
32 F2	3810	5	2	51
32 F3	3219	3	2	72
33 F1	1600	6	3	27
33 F2	3790	6	3	63
33 F3	3790	3	3	126
33 F4	1530	3	2	34
34 F1	1530	2	6	153
34 F2	3746	6	12	102
34 F3	3746	3	9	375
34 F4	2653	3	1	29
35 F0	2638	2	2	88
35 F1	3716	2	1	62
35 F2	3716	4	8	248
35 F3	3716	3	4	165
35 F4	3532	3	19	745
36 F0	3578	1	5	596
36 F2	3680	3	8	328
36 F3	3680	2	0	0
36 F4	3680	3	9	368
36 F5	3680	3	2	82
36 F6	3615	3	4	160
36 F7	2392	2	0	0
37 F2	3614	1	0	0
37 F3	3614	2	1	60
37 F4	3614	2	80	4.819
37 F5	3614	2	15	602
37 F6	3614	3	100	4.024
37 F7	3614	3	112	4.497
38 F3	3570	2	60	3.570
38 F4	3570	2	142	8.449
38 F5	3570	2	100	5.950
38 F6	3570	2	86	5.117
38 F7	3570	3	160	6.347
39 F4	3512	2	0	0
39 F5	3512	2	0	0
39 F6	3512	2	20	1.171
39 F7	3512	3	60	2.341
40 F5	3460	2	30	1.730
40 F6	3460	2	0	0
40 F7	3460	2	45	2.595

