

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA MER
UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE

Productions jointes et mesures de gestion des pêcheries mixtes : application à la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne.

THESE DE DOCTORAT

Mention : Sciences Economiques

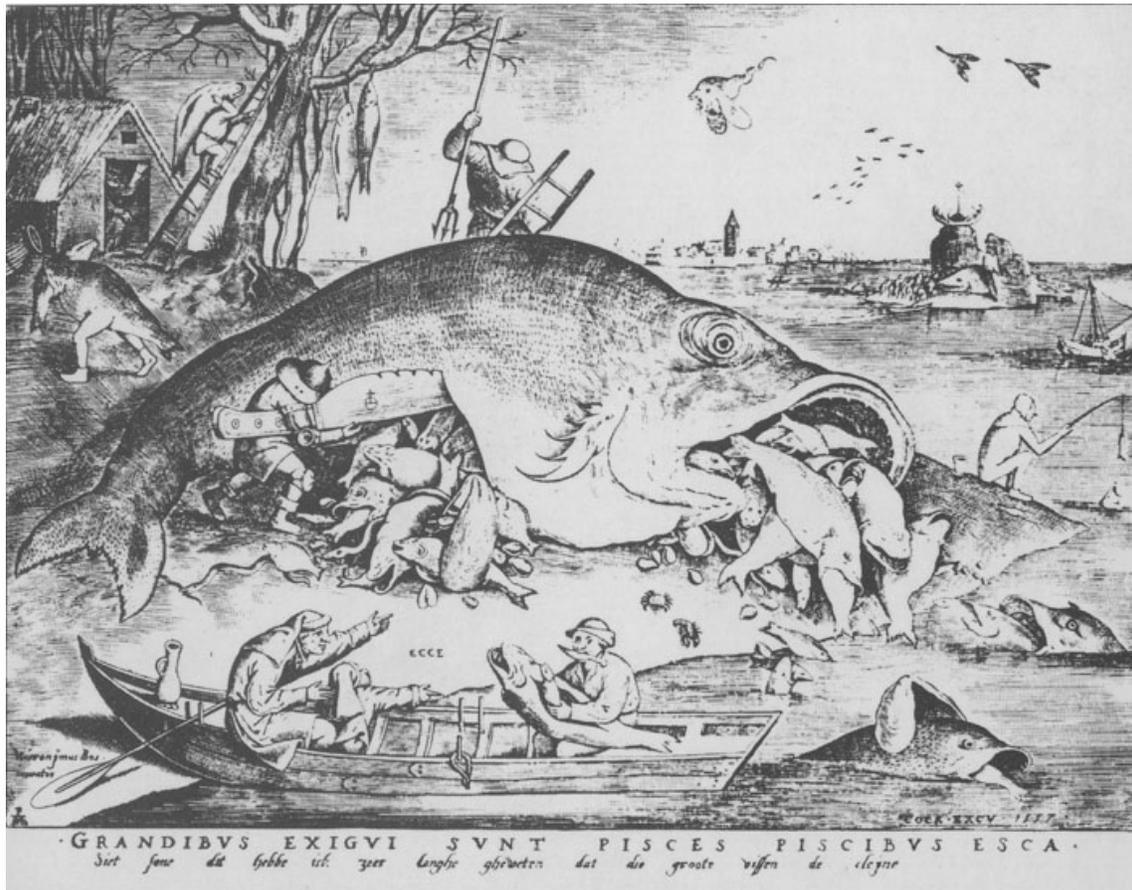
Claire Macher

Thèse présentée et soutenue publiquement

Le 30 septembre 2008

Jury :

Rapporteurs	Francesc Maynou	Chercheur Institut de Ciències del Mar, Barcelone
	Patrick Point	Directeur de Recherche CNRS GRAPE-CEEP Université Montesquieu - Bordeaux IV
Directeur de thèse	Jean Boncoeur	Professeur Université de Bretagne Occidentale, Brest
Suffragants	Christian Chaboud	Chercheur Institut de Recherche pour le Développement
	Martial Dupaigne	Professeur Université de Bretagne Occidentale, Brest
	Olivier Guyader	Chercheur Ifremer



Pieter Bruegel "l'ancien". 1557. *Grandibus exigui sunt pisces piscibus esca*. Les gros poissons mangent les petits.

Petit poisson deviendra grand
 Pourvu que Dieu lui prête vie;
 Mais le lâcher en attendant,
 Je tiens pour moi que c'est folie
 Car de le rattraper il n'est pas trop certain
 [...]

Le petit Poisson et le Pêcheur, *Jean de La Fontaine*

L'Université de Bretagne Occidentale n'entend donner aucune approbation, ni improbation aux opinions émises dans la thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

Remerciements

A l'heure de rendre ce manuscrit de thèse, je souhaite adresser mes sincères remerciements :

A Jean Boncoeur, pour l'intérêt et la patience qu'il a témoignés en suivant et en guidant ce travail, pour le temps qu'il a consacré à sa relecture et à sa correction. Merci, aussi, pour les éclairages apportés sur l'économie des pêches, qui ont contribué à me passionner, merci, enfin, de m'avoir donné le goût de la recherche.

Aux membres du jury : à Messieurs Francesc Maynou et Patrick Point pour avoir accepté d'être les rapporteurs de ce travail, à Messieurs Christian Chaboud et Martial Dupaigne, qui ont bien voulu examiné cette thèse. J'en suis très honorée.

A Olivier Guyader, pour avoir initié et encadré cette thèse, pour l'intérêt de l'aller et retour entre théorie et application qu'il a su me communiquer, et pour d'autres moments sympathiques, je pense en particulier à une arrivée de la régata du Tour du Finistère au Belon.

A Fabienne Daurès et Benoît Mesnil, membres de mon comité de thèse, disponibles et attentifs. Merci de leurs conseils et de leur aide.

Ce travail a été réalisé grâce à une allocation de recherche du Ministère au Département d'Economie Maritime de l'Ifremer de Brest dans le cadre de l'Unité Mixte de Recherche « AMURE».

Mes remerciements vont donc à Olivier Thébaud pour son accueil au sein du Département d'Economie Maritime de l'Ifremer et pour son aide et à l'ensemble des « Amuriens » ou « Amureux », du DEM et du CEDEM, qui m'ont apporté à un moment ou à un autre, aide, conseil et amitié. Je remercie en particulier Cécile, Joëlle, Michèle et Sylvie, mes deux collègues de thèse, Fabien et Bruno, Vincent et les « petits stagiaires » de passage qui ont bien animé le DEM l'été, et Nathalie, Marjolaine, Julien et Pascal.

Je souhaite également remercier chaleureusement Patrick Berthou qui a joué un rôle prépondérant dans la détermination de mes choix, et m'a encouragé tout au long de cette thèse à cultiver les deux approches, biologiques et économiques. Je remercie aussi Catherine Talidec avec qui nous avons eu l'occasion, entre autres, de partager un groupe de travail d'évaluation du stock de langoustine et une mission écossaise sur un caseyeur à langoustine, deux expériences riches et passionnantes. Je lui adresse ici toute ma sympathie et ma reconnaissance pour son soutien.

Je souhaite aussi exprimer mes remerciements les plus sincères à Spyros Fifas, Michel Bertignac, Alain Biseau, Marie-Joëlle Rochet, Isabelle Péronnet, Emilie Leblond et Philippe Gros, à Pierre Raguènes qui m'a apporté une aide précieuse lors des enquêtes au Guilvinec, à Sylvain, Loïc, Mikaël et Nicolas, Erwan, Aurélie, Mathilde, Olivier Gaudou, Pascal Larnaud, Claude Merrien, Sebastien, Martial et à tous les observateurs et enquêteurs non cités précédemment. Tous, ils ont contribué au bon déroulement de cette thèse. Je salue ici leur disponibilité et leur expérience grâce auxquelles j'ai pu mener mon projet à son terme.

Merci aussi à Stéphanie Tachouires et à Anthony Ollitraut avec qui nous avons rencontré les représentants des Organisations de Producteurs et les pêcheurs au début de ce travail, expérience ô combien formatrice et intéressante. Et bien évidemment merci aux pêcheurs qui ont accepté de me rencontrer, et à ceux qui m'ont permis d'embarquer, merci aux représentants des Organisations de Producteurs, des Comités Locaux et Régionaux et du CNPME qui m'ont consacré de leur temps, me faisant ainsi mieux mesurer les enjeux du travail.

Et puis il y a les coulisses de la thèse, non moins importants à l'aboutissement de ce travail, toutes les amitiés de longues dates et nouvelles rencontres, tous ces échanges et partages de bons moments ou de doutes, alors merci à vous tous : Mag, Madame la juge, Mathieu, ça y est on l'a fait, Fred (merci merci !), Marion, Boris, Nicolache et son class8 Resked bilou qui m'ont permis de m'échapper quand il était plus que temps de lâcher cet ordinateur, Nikos P, Aurèl, Hélène des Etats-Unis et du Chili maintenant, je t'attends pour le kite, Marie la rouge et Guillaume, Marie et Sonmatthieu, Hélène la tahitienne qui est partie trop loin, la p'tite Nath, Jeff la gifle, Jonathan le bricolo-voyageur, Olive-Opium-Ka-Karaté, XavBod et Cam, Clémentos et Cédric avec un c, Pat et Puce, Christophe et Aurélie, Sylviane et Noël, Pascal, Xav, Bran et Robin, les tahitiens, Manue, nos coca et nos perriers, les rigolades du bureau et cette édition des feux de l'Amure, la pitite Cécile Andiquoidjâ ?, Hervé et Greg pour les discussions entre copines, Corinne, la fonceuse, Vanessa, Nico Job, Nico kolo le compagnon de route, la promo des halieutes et nos we au Pouldu, Sarah, Nico, à bientôt ! Et spéciale dédicace à mon équipe de relectrices à Emilie B, à Manue et Cécile (merci aussi pour l'espace insécable et pour le F9, quelles merveilles !) et mille merci à Fred pour tout le temps qu'elle a pris pour relire cette thèse!

Un grand merci enfin à la tribu des « Macher »: aux parents, à Emi, Jean et Ju, merci pour leur soutien, merci pour tout !! Et enfin merci à Eric, ça y est, on a fini! Le plus beau bateau de la rade, Rigamachou, va pouvoir à nouveau parcourir des Milles!

Acronymes

ACFM	Advisory Committee on Fishery Management-Comité d'avis sur la gestion des pêches
ACP	Analyse en Composante Principale
AER	Annual Economic Reports
AMP	Aire Marine Protégée
CAH	Classification Ascendante Hierarchique
CNPMEM	Comité national des pêches Maritimes et des Elevages Marins
CIEM/ICES	Conseil international pour l'exploration de la mer/ International Council for the Exploitation of the Sea
CPUE	Captures par Unité d'Effort
CSTEP/ STECF	Comité Scientifique Technique et Economique de la Pêche/ Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries
DPMA	Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
EBE	Excédent Brut d'Exploitation
ENE	Excédent Net d'exploitation
EIAA	Economic Assessment of ACFM Advice
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations / Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FPC	Flotte de Pêche Communautaire
FRS Aberdeen	Fisheries Research Service Aberdeen
FU	Fisheries Units
GMS	Grandes et Moyennes Surfaces
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
LC	Longueur céphalo-thoracique
MCV	Marge sur coût variable
MSC	Marine Stewardship Council
MSY	Maximum Sustainable Yield (Rendement Maximum Durable RMD)
OBSMER	Observation des Captures en Mer
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OFIMER	Office national interprofessionnel des produits de la mer et de l'aquaculture
OP	Organisation de Producteurs
PCP	Politique Commune de la Pêche
PME	Permis de Mise en Exploitation
PPS	Permis de Pêche Spéciaux
POP	Plan d'Orientation Pluriannuel
QI(T)	Quota Individuel (Transférable)
RAP	Reste à partager
SIDEPECHE	Systèmes d'information et techniques d'observation, économie et diagnostic de l'évolution des ressources et de leurs usages
SIH	Système d'Information Halieutique
TAC	Total Admissible de Captures
TMD	Taille Minimale de Débarquement
TNMG	Torridon <i>Nephrops</i> Management Group
UMBSM	University Marine Biological Station Millport
WGNEP	Working Group on Nephrops Stocks
WGHMM	Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim
WGMHSA	Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy
WGSSDS	Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks
XSA	EXtended Survivors Analysis

Glossaire

Abondance : effectif total du stock.

Arts dormants : toute méthode de pêche où la capture est réalisée avec un engin de pêche calé (casiers, filets...).

Arts traïnants : Toute méthode de pêche où la capture est réalisée en remorquant un engin de pêche traîné sur le fond (chalut, drague...).

Capturabilité : Probabilité, pour un individu pris au hasard dans un ensemble (stock, groupe d'âge, classe de taille), d'être capturé par unité d'effort (nominal) de pêche. La capturabilité, notée q , se décompose en accessibilité, vulnérabilité (disponibilité) et efficience.

Accessibilité : correspond à une composante géographique : taux de présence physique sur les lieux de pêche. La phase accessible est limitée par l'âge de recrutement et l'âge éventuel de réforme qui correspond à l'âge auquel les individus quittent définitivement les lieux de pêche.

Vulnérabilité : dépend des interactions, in situ, entre engins et poissons, souvent liées à des problèmes de comportement. Même présents sur une zone, certains animaux ne peuvent être pêchés. La probabilité qu'il soit capturé quantifie sa vulnérabilité. La vulnérabilité peut être analysée comme le produit de deux probabilités : probabilité pour que l'animal n'évite pas le chalut et probabilité pour qu'il ne s'échappe pas : taux de rétention.

Disponibilité : Un poisson accessible et vulnérable est disponible.

Efficience ou efficacité: correspond au rapport entre le nombre d'animaux présents sur l'aire balayée et les captures. Une même unité d'effort a des effets plus ou moins importants, selon que la pêche correspondante est effectuée sur des zones ou à des moments où le poisson est plus ou moins abondant, plus ou moins vulnérable.

$$q = \text{capturabilité} \left\{ \begin{array}{l} \text{disponibilité} \\ \text{(dépend du poisson et de l'engin, indépen-} \\ \text{dant du comportement du pêcheur).} \\ \text{efficience} \\ \text{(dépend entre autres de la stratégie ou de la} \\ \text{tactique de pêche).} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{accessibilité} \\ \text{(composante géographique, déplacements} \\ \text{vers et hors des lieux de pêche).} \\ \text{vulnérabilité} \\ \text{(dominée par les problèmes de comporte-} \\ \text{ment).} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \text{souvent} \\ \text{difficiles} \\ \text{à} \\ \text{distinguer} \end{array} \right\}$$

Source : Laurec et le Guen, 1981

Cohorte : ensemble des individus nés au cours d'une saison de ponte donné et que l'on peut suivre au fil du temps. Une cohorte est caractérisée par son année de naissance.

Diagramme d'exploitation : Profil des mortalités par pêche en fonction de la taille ou de l'âge des individus.

Démersal : qualifie une espèce vivant libre à proximité du fond, c'est-à-dire sans être véritablement lié à celui-ci de façon permanente (ex : les gadidés), cet adjectif est également utilisé pour désigner les chalutiers de fond qui ciblent les espèces démersales ou chalutiers démersaux.

Effort nominal : volume de ressources destiné à la pêche, évalué en termes monétaires ou d'unités physiques (Cunningham et Whitmarsh, 1980).

Effort effectif : utilisé comme une mesure de mortalité par pêche, il est proportionnel à la biomasse extraite par la pêche comme fraction de l'abondance moyenne d'une population dans l'intervalle donné, (Cunningham et Whitmarsh, 1980).

Flottille : Une flottille désigne un groupe de navires ayant un ensemble de possibilités de production homogènes et développant une stratégie d'exploitation commune (Berthou *et al.*, 2003).

Groupe d'âge : Dans le cas le plus favorable, la reproduction prend place chaque année sur une courte période qui est la même pour l'ensemble de la population. Dans ce cas, on distingue aisément des groupes d'animaux nés la même année. A chaque année est ainsi associé ce que l'on appellera un groupe d'âge. Le groupe 0 correspond aux animaux de moins d'un an. Le groupe auquel appartient un poisson est défini par référence au nombre de "premier janvier" qu'a connu l'animal. Il arrive également qu'il soit difficile de déterminer l'âge exact des vieux animaux. Le groupe G+ désigne alors l'ensemble des animaux des groupes 6, 7, 8, etc.

Interactions techniques : interactions existant entre une ressource et des activités de pêche qui résultent de l'exploitation par plus d'une unité de pêche d'un même stock exploité comme espèce cible ou accessoire (Pope, 1979). Elles incluent toutes les interactions affectant les captures ou les performances économiques qu'une unité de pêche peut avoir sur une autre unité de pêche. Les interactions techniques ont été considérées à cause des problèmes de captures accessoires.

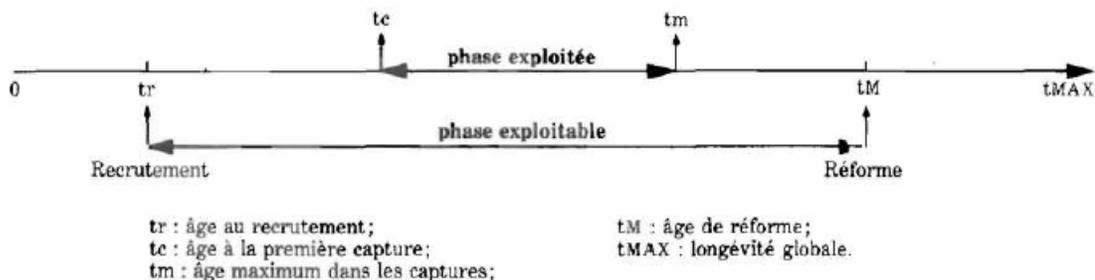
Mésexploitation : lorsqu'il est possible de tirer un meilleur partie d'un stock en réduisant l'effort de pêche et/ou en augmentant la taille des individus capturés.

Métier : correspond à la mise en œuvre d'un engin de pêche sur une ou quelques espèces cibles sur une zone donnée et/ou pendant une période donnée (Berthou *et al.*, 2003).

Pêcherie : La notion de pêcherie se rapporte aux ressources halieutiques (stock) d'un domaine géographique donné, exploitées par une flottille donnée.

Population halieutique : ensemble des individus vivant dans un écosystème déterminé et possédant des caractères communs transmissibles par hérédité (Daget et Le Guen, 1975).

Recrutement : ensemble des individus entrant chaque année dans le stock exploitable.



Source : Laurec et le Guen, 1981

Régime d'exploitation : combinaison de l'intensité de pêche et du diagramme d'exploitation.

Sélectivité : décrit les variations de capturabilité selon l'âge. L'accessibilité peut être très variable selon l'âge, de même que la vulnérabilité. Dans le cas le plus général, Le taux de rétention du chalut croît progressivement. Même après l'âge à la première capture, certains animaux peuvent s'échapper. Au-delà d'une certaine taille, l'échappement devient impossible (**âge de pleine vulnérabilité**). Au phénomène d'évitement près, un animal ayant atteint cet âge et présent sur l'aire balayée par un chalut est capturé à coup sûr. L'efficacité du chalut est totale. L'allure générale se ramène souvent à une courbe en sigmoïde, qui peut être décrite par des fonctions mathématiques particulières et, notamment, des courbes logistiques (Laurec et le Guen, 1981).

Sélectivité en tranchet, encore dite **en fil de rasoir** ou **lame de couteau** : cas théorique le plus simple dans lequel les animaux qui, avant l'âge de première capture, sont invulnérables, deviennent tout à coup pleinement vulnérables.

Surexploitation du stock : lorsque la diminution du stock parental atteint un niveau correspondant au seuil retenu pour respecter une approche de précaution Bpa en dessous duquel la probabilité d'assurer un recrutement permettant le renouvellement de la population est très faible.

Surexploitation de recrutement : taux d'exploitation trop important par rapport aux capacités de renouvellement du stock (recrutement, mortalité naturelle).

Surexploitation de croissance : taux d'exploitation trop important par rapport aux paramètres de croissance et mortalité naturelle par âge.

Surcapacité : mise en œuvre de moyens de captures excessif pour l'exploitation d'un stock donné, ou lorsque le taux de prélèvement (mortalité par pêche) dépasse le seuil retenu pour respecter une approche de précaution (Fpa) c'est-à-dire une mortalité au dessus de laquelle la biomasse de géniteurs a de fortes chances de tomber en dessous du seuil de précaution.

Stratégie de pêche : combinaison de plusieurs métiers pratiqués dans l'année

Stock : fraction exploitable d'une population. Le stock correspond à une entité, indépendante d'autres stocks de la même espèce et gérée individuellement.

Glossaire des symboles

$a = b/Z$	Constante positive, efficacité du tri à volume Z d'autres catégories donné (Chapitre 2)
A	Attractivité du casier différence de reste à partager par unité d'effort entre casier et chalut
A	Amortissement
a	Effet de la croissance pondérale et de la mortalité naturelle sur la biomasse (chapitre 3)
α	Probabilité pour un individu d'être sous la taille minimale de débarquement (Chapitre 2)
α	Paramètre d'inertie dans le changement technique (Chapitre 5)
B	Biomasse en poids
b	Coefficient de triabilité (Chapitre 2)
β	Probabilité pour un individu d'être au-dessus de la taille minimale de débarquement
C	Captures en nombre d'individus
c	taux de part équipage
CA	Chiffre d'affaires
$CD_i(D_i)$	Fonction de coût de rejet (Arnason, 1994)
$CL_i(L_i)$	Fonction de coût de débarquement (Arnason, 1994)
C_E ou C	Coût de l'effort de pêche
C_T	Coût de l'effort de tri
C_c	Coûts unitaires de carburant (par unité d'effort)
C_{ap}	Coûts d'appât
C_v	Coûts de vivre
C_g	Coûts de glace
C_e	Coût d'engin
C_a	Autres coûts
C_o	Consommation de gazole par métier en litres/h
CP	Coûts partagés
cl	Prix unitaire du travail dans un autre secteur de l'économie
CS	Surplus du consommateur
D	Rejets
d	Pourcentage de rejet
E	Effort de pêche
E_{\max}	Contrainte de durée de marée
ES	Surplus de l'Etat
F	Taux instantané de mortalité par pêche
Fr	Mortalité par pêche des captures mortes (captures moins rejets vivants)
I	Investissement
ic	Coût unitaire assurance
ir	Taux d'intérêt
iv	Taux d'investissement
K_i	Facteur de correction de la mortalité par pêche lié à la survie des rejets sur l'âge i
K	Valeur du navire, capital

K	Contrainte d'effort total
L	Débarquements
L_{\max}	Contrainte de débarquement (capacité de cale ou quota)
ℓ	Lagrangien
$l_{0.05}$	Longueur des individus en dessous de laquelle se trouvent 5% des captures
$l_{0.95}$	Longueur des individus en dessous de laquelle se trouvent 95% des captures
L50	Taille des individus à laquelle 50% des captures sont rejetées
lan	Langoustine
me	Merlu
M	Mortalité naturelle
N	Effectif du stock en nombre d'individus
NR	Chiffre d'affaires net
n	Nombre d'hommes qui trient
OL	Coût d'opportunité du travail
OK	Coût d'opportunité du capital
$ovac$	Autres coûts variables
$ovec$	Autres coût fixes
P	Prix du poisson
P_c	Prix du carburant en euros/Litre
PE	Part équipage
PA	Part armement
PS	Surplus producteur
Π	Profit
R	Recrutement
s	Paramètre technique qui traduit la sélectivité
S_i	Taux de rétention des captures d'âge i
SA	Surplus armateur
SE	Surplus équipage
SF	Facteur de sélectivité
T	Effort de tri
T_{\max}	Contrainte de temps de tri
Tm	Temps de mer
Tp	Temps de pêche
Tr	Temps de route
TMS_{ET}	Taux marginal de substitution entre effort de pêche et effort de tri
q	Capturabilité
V	Valeur débarquée
w	Poids moyen aux âges
X	Abondance en nombre
$x = T/E$	Technique (capture-tri)
Y	Capture en poids
Z	Volume des autres catégories non commercialisables
Z_i	Mortalité totale sur l'âge i

Sommaire

REMERCIEMENTS	5
ACRONYMES	7
GLOSSAIRE	8
GLOSSAIRE DES SYMBOLES	11
SOMMAIRE.....	13
INTRODUCTION GENERALE	15
1. IMPORTANCE DES PRODUCTIONS JOINTES DANS LE SECTEUR HALIEUTIQUE	16
2. PRODUCTIONS JOINTES ET CALCUL ECONOMIQUE PRIVE	21
3. EXTERNALITES ET MESURES DE GESTION EN L' ABSENCE DE PRODUCTIONS JOINTES	24
4. PRODUCTIONS JOINTES ET EXTERNALITES DANS LE SECTEUR HALIEUTIQUE	26
5. LE CAS D' APPLICATION : LA PECHERIE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE	28
6. PROBLEMATIQUE ET PLAN	31
PARTIE 1	
PROCESSUS DE PRODUCTION UTILISANT DES ENGINS DE PECHE PEU SELECTIFS : LE CAS DE LA FLOTTILLE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE.....	35
CHAPITRE 1 : LA FONCTION DE CAPTURE.....	43
1. INTRODUCTION	43
2. CARACTERISATION DE LA FLOTTILLE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE	44
3. STRATEGIES DE PECHE DE LA FLOTTILLE LANGOUSTINIERE A COURT TERME.....	58
4. EVOLUTIONS A LONG TERME DE LA FLOTTILLE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE.....	69
5. CARACTERISATION DES PRODUCTIONS JOINTES	86
6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 1	97
CHAPITRE 2 : REJETS ET COMPORTEMENTS DE TRI.....	101
1. INTRODUCTION	101
2. IMPORTANCE DU PHENOMENE DES REJETS DANS LA PECHERIE LANGOUSTINIERE	103
3. REVUE DE LITTERATURE DES MODELES MICROECONOMIQUES DE REJET	107
4. MISE EN EVIDENCE EMPIRIQUE DES FACTEURS DE REJETS	120
5. FONCTION DE TRI ET COUTS DE TRI.....	135
6. MODELE MICROECONOMIQUE DE COMPORTEMENT DE TRI DES CAPTURES	151
7. APPLICATION AUX COMPORTEMENTS DE TRI DES NAVIRES DE LA FLOTTILLE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE.....	176
8. DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 2.....	184

PARTIE 2**ANALYSE BIO-ECONOMIQUE DES MESURES DE GESTION PERMETTANT DE LIMITER LES EFFETS EXTERNES NEGATIFS DES PRODUCTIONS JOINTES.....185****CHAPITRE 3: RENTABILITE SOCIALE ET PRIVEE DE LA SELECTIVITE ET EQUILIBRE OPTIMAL DE LA PECHERIE, UN MODELE BIO-ECONOMIQUE SIMPLIFIE.....189**

1. INTRODUCTION.....189
2. HYPOTHESES DU MODELE.....190
3. IMPACTS D'UNE AMELIORATION DE LA SELECTIVITE SUR LES CAPTURES ET LA VALEUR DEBARQUEE192
4. EQUILIBRE OPTIMAL DE LA PECHERIE.....200
5. RENTABILITE SOCIALE ET RENTABILITE PRIVEE DE LA SELECTIVITE208
6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 3.....215

CHAPITRE 4 - ANALYSE COUT-BENEFICE D'UNE AMELIORATION DE LA SELECTIVITE DANS LA PECHERIE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE.....217

1. INTRODUCTION.....217
2. LE MODELE BIO-ECONOMIQUE DE SIMULATION219
3. ANALYSE COUT-BENEFICE DE MESURES D'AMELIORATION DU DIAGRAMME D'EXPLOITATION DE LA LANGOUSTINE250
4. PRISE EN COMPTE DES DYNAMIQUES D'INVESTISSEMENT ET AUGMENTATION DE LA CAPTURABILITE268
5. PRISE EN COMPTE DES MODIFICATIONS DE COMPORTEMENT DE REJET EN REPONSE A UNE AMELIORATION DE LA SELECTIVITE.....275
6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 4.....284

CHAPITRE 5 – PRODUCTIONS JOINTES ET TECHNIQUE DE PECHE ALTERNATIVE289

1. INTRODUCTION.....289
2. ESTIMATION DU COUT SOCIAL DES REJETS DE LANGOUSTINES ET MERLUS SOUS-TAILLE PAR LA FLOTTILLE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCOGNE291
3. LE CASIER A LANGOUSTINE COMME TECHNIQUE DE PECHE ALTERNATIVE AU CHALUT DE FOND : UNE ANALYSE COMPARATIVE308
4. ATTRACTIVITE DES METIERS ET INCITATIONS AU CHANGEMENT DE TECHNIQUE DE PECHE : DU CHALUT AU CASIER324
5. ANALYSE DES BENEFICES A LONG TERME DE L'ADOPTION D'UN ENGIN DE PECHE ALTERNATIF AU CHALUT 338
6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 5.....357

CONCLUSION GENERALE361**BIBLIOGRAPHIE.....366****LISTE DES FIGURES383****LISTE DES TABLEAUX.....388****TABLE DES ANNEXES392****TABLE DES MATIERES396**

Introduction générale

Les productions jointes désignent les productions qui accompagnent la production d'un bien voulu. Elles surviennent lorsqu'une entreprise produit plusieurs outputs lors d'un même processus de production (Schefold, 1987). L'analyse des productions jointes a fait l'objet de nombreux développements dans la littérature économique. Deux cas de productions jointes sont distingués : le cas de processus de production n'engendrant que des productions jointes désirées et le cas de processus de production au cours desquels au moins un bien est désiré et au moins un bien produit n'est pas voulu. Les exemples classiques de productions jointes désirées sont le cas de la production simultanée de viande et de laine dans les élevages ovins et l'exemple de la pétrochimie qui utilise les composés chimiques de base issus du pétrole pour fabriquer d'autres composés synthétiques à l'origine entre autres de matières plastiques. Les productions agricoles ou agroalimentaires donnent de nombreux exemples de productions jointes non désirés¹.

Dans les deux cas, les productions jointes ont un coût interne et posent donc un problème économique privé. L'individu cherche alors à maximiser sa satisfaction en choisissant le niveau de production optimum. Les productions jointes peuvent d'autre part poser un problème social en plus du problème privé, lorsque elles sont à l'origine de phénomènes d'externalités négatives. Les externalités désignent l'influence qu'exerce, sans compensation par le marché, l'activité d'un agent sur le revenu ou la satisfaction d'autres agents. Les pollutions environnementales peuvent ainsi être considérées comme des productions jointes non désirées d'un bien désiré, pouvant altérer l'environnement et engendrant une divergence entre le calcul privé et public. Il existe un lien fréquent entre externalités et productions jointes. Leontieff (1970) traitait ainsi les pollutions comme des productions jointes indésirables pour les autres et posant donc un problème d'économie publique. Les productions jointes sont un concept fondamental de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles, complémentaire à la notion d'externalité.

¹ On peut ainsi citer le cas de la production de maïs grain qui produit tiges et épis mais n'utilise que les grains (contrairement au maïs d'ensilage qui utilise tiges et épis pour l'alimentation des élevages) et le cas de la margine, eau végétale produite en même temps que l'huile d'olive et qui nécessite ensuite une étape de décantation ou centrifugation pour séparer les deux liquides. Le cas de l'ivraie, graminée toxique pour l'homme qui pousse dans les champs de céréales et devait être arrachée à la main pour ne pas gêner la récolte est un autre exemple de productions jointes non désirées. C'est ce qui a donné l'expression imagée « séparer le bon grain de l'ivraie ».

Le problème des productions jointes dans le secteur halieutique fait l'objet de cette thèse. Dans cette introduction générale, après avoir présenté l'importance des productions jointes dans le secteur halieutique, nous exposons le problème de choix privé lié aux coûts internes des productions jointes puis le phénomène d'externalité. Le problème des productions jointes et externalités est ensuite traité conjointement dans le cas de la pêche. L'exemple de la pêcherie chalutière langoustinière, cas d'application de cette thèse est présenté et la problématique et le plan de la thèse sont annoncés.

1. Importance des productions jointes dans le secteur halieutique

A l'échelle mondiale, la majorité des pêcheries² commerciales, artisanales et industrielles, sont caractérisées par des rejets et prises accessoires (Pascoe, 1997). Il existe néanmoins une confusion des termes et une grande variété d'interprétations parfois contradictoires du terme de prises accessoires. Le terme de rejet varie quant à lui selon les juridictions. Le Magnuson-Stevens Act des Etats-Unis (Section 3(2) 1996) assimile captures accessoires et rejets, tandis que certains travaux de la Commission Européenne (European Commission, 2002) définissent les rejets comme les espèces commerciales capturées, ramenées à bord et rejetées à la mer. Les espèces non commerciales ne sont donc pas incluses dans cette définition. La revue de littérature d'Alverson met en évidence trois sens différents pour le terme de captures ou prises accessoires (Alverson *et al.* 1994). Ce terme désigne dans certains cas la part des captures faite d'espèces non ciblées ou d'assemblages d'espèces, c'est-à-dire les captures involontaires prises en ciblant des espèces particulières. Dans d'autres cas, il peut également désigner les rejets d'espèces ciblées et non ciblées. Le terme peut enfin être utilisé pour les rejets et les captures d'espèces non ciblées retenues. Les captures accidentelles sont un autre terme pour désigner parfois les captures d'espèces non ciblées retenues et parfois les captures d'espèces non désirées rejetées pour des raisons de réglementation par exemple. D'autres sources, pour éviter la confusion, se réfèrent aux captures retenues ou rejetées. Les captures retenues sont ensuite subdivisées en captures ciblées ou captures accidentelles (FAO, 1997). Le Newport National Industry Bycatch Workshop 1992 Oregon (McCaughran, 1992) propose la terminologie suivante adoptée dans le rapport d'Alverson *et al.*(1994): la capture ciblée désigne la capture d'une espèce ou d'un assemblage d'espèces d'abord recherchée par une pêcherie, la capture accidentelle se rapporte aux captures d'espèces non ciblées retenues, la capture rejetée correspond à la portion des captures qui retourne à la mer en fonction des considérations légales, économiques et personnelles, les captures accessoires sont les captures rejetées plus les captures accidentelles et les espèces interdites désignent toute espèce qui doit par règlement retourner à la mer.

² La notion de pêcherie se rapporte aux ressources halieutiques (stock) d'un domaine géographique donné, exploitées par une flottille donnée. Par flottille, on entend un ensemble homogène de navires de pêche développant une stratégie d'exploitation commune (Berthou *et al.*, 2003).

Murawski (1990) souligne cependant l'imprécision de la notion de ciblage qui constitue un jugement de valeur : « Ce qui est capture accessoire aujourd'hui peut être ciblé demain ». Une catégorie peut passer de catégorie ciblée à catégorie accessoire en fonction de la taille, de la demande du marché ou des réglementations imposées par la gestion. La définition d'espèce cible dépend d'autre part de la pêche. Une espèce cible d'une pêche peut être une espèce accessoire d'une autre pêche. Par ailleurs, si la décision d'utiliser un engin est parfois fondée sur l'objectif de capture d'une espèce en particulier, il peut parfois ne pas y avoir de ciblage d'une espèce en particulier. Les décisions de pêche peuvent être fondées sur la valeur anticipée d'un complexe de captures, les choix étant faits d'après la composition de traits précédents ou d'après l'expérience collective. Dans ce cas, on ne définit pas à proprement parler une espèce cible.

Dans le cadre de cette thèse, nous utiliserons le terme de production jointe désirée pour désigner les catégories ciblées et les prises accessoires (captures accidentelles débarquées d'espèces ou tailles non ciblées), et le terme de rejet ou production jointe non désirée pour désigner les espèces ou tailles non ciblées et non désirées (Deweese et Ueber, 1990). Selon Nadiri (1987), la notion de productions jointes fait référence à deux cas de figure qui diffèrent par le nombre de processus de production en jeu. Dans un premier cas, les différents produits sont issus de plusieurs processus de production, la fonction de production n'est pas jointe, il s'agit d'un problème d'agrégation et non de productions jointes au sens strict. Dans un second cas, les différents produits proviennent du même processus de production, il existe un phénomène de jointure intrinsèque. Nous nous intéressons plus particulièrement, dans cette thèse, à ce deuxième cas, qui correspond à la définition plus restrictive des productions jointes retenue par Schefold (1987).

Les productions jointes résultent des caractéristiques de la fonction de production (fonction de prélèvement) et de la capacité limitée des pêcheurs à cibler une catégorie plutôt qu'une autre dans un écosystème multi-spécifique et multi-taille (Newton, 1995). L'utilisation d'engins de pêche peu sélectifs, dont le chalut de fond ou la drague sont des exemples typiques, pour cibler une espèce, un groupe d'espèces ou une catégorie³ en particulier engendre la capture d'une combinaison de catégories, d'espèces et de tailles différentes (Alverson *et al.*, 1994). Les productions jointes peuvent être inter ou intra-spécifiques. Certaines de ces catégories, désirées, sont retenues et débarquées tandis que d'autres, non désirées, sont rejetées au cours d'une opération de tri des captures.

³ Le terme de catégorie renvoie à la notion de « catégories commerciales » au sein d'une même espèce ou entre espèces différentes. Elle désigne des biens homogènes économiquement c'est-à-dire de même prix ou engendrant les mêmes coûts de production, mêmes coûts de tri par exemple.

Les pêcheries mixtes⁴, dont font partie les pêcheries chalutières démersales, sont caractéristiques de cette situation de productions jointes. Les problèmes de productions jointes se posent également dans les pêcheries mono-spécifiques (lorsqu'une seule espèce est capturée), quand la sélectivité intra-spécifique est insuffisante et que deux catégories de la même espèce au moins sont capturées. Les productions jointes peuvent être mono-spécifiques ou pluri-spécifiques.

Le problème des engins de pêche peu sélectifs n'est pas anecdotique. Ainsi la production française des chalutiers exclusifs et non exclusifs de Mer du Nord, Manche, Atlantique représente 68% des débarquements nationaux (hors flottilles tropicales) en valeur en 2003 et atteint 73% des débarquements en valeur lorsque sont ajoutés les dragueurs (Daurès *et al.*, 2003). Les arts traînants⁵ peu sélectifs (chalut, drague) engendrent une quantité considérable de prises accessoires et de rejets dont la mortalité est très élevée. Au niveau mondial, l'ampleur des captures accessoires est considérable et le rejet d'une partie de ces captures après chaque opération de pêche est une pratique courante. La FAO estime qu'environ 8% des captures mondiales en poids sont rejetées annuellement soit 7,3 millions de tonnes de rejet par an (Kelleher, 2005). Il existe cependant des incertitudes importantes sur ces niveaux de rejet et sur leur variabilité, qui rendent difficile leur évaluation. Aussi la FAO a-t-elle revu ses évaluations de façon drastique. En 1994, Alverson et ses collaborateurs avaient estimé, en s'appuyant sur des séries de données de 1980 au début des années 1990, que le niveau de rejets dans le monde pour les pêcheries commerciales se situait entre 17,9 et 35,5 millions de tonnes par an. La meilleure estimation se situait autour de 27 millions de tonnes rejetées par an, c'est-à-dire que les rejets représentaient environ un quart des captures totales et un tiers des captures destinées à la consommation humaine (Alverson *et al.*, 1994). En 1997, la FAO a revu à la baisse la quantité de poissons rejetés, l'estimant à environ 20 millions de tonnes par an (FAO, 1997), pour 83 millions de tonnes débarquées (FAO, 1996). L'estimation de Kelleher (2005) est donc considérablement plus faible que les estimations précédentes. Outre les différences méthodologiques d'évaluation, la réduction des rejets est attribuée à l'adoption d'engins de pêche plus sélectifs et à de meilleures pratiques de pêche qui permettent de limiter les captures accessoires, au déclin de certaines pêcheries à fort rejet mais surtout au plus fort taux de rétention des captures. Des poissons autrefois rejetés sont aujourd'hui retenus notamment pour servir de farine pour l'aquaculture dans l'Asie du Sud-est et en Europe.

⁴ La notion de pêche mixte se rapporte essentiellement au fait que plusieurs espèces sont capturées. Clark (1985) distingue (i) les pêcheries mixtes au sens strict, qui se rapportent au cas de figure dans lequel différentes espèces et catégories sont capturées lors du même processus de production ; la fonction de production est une fonction de production jointe à l'échelle d'un processus de production unitaire (ii) les pêcheries multi-spécifiques dont la fonction de production est multi-spécifique à l'échelle annuelle mais peut être décomposée en plusieurs processus de production non joints, différentes espèces sont capturées au cours de processus de production distincts et séquentiels. Cette distinction rejoint les deux cas de figure de productions jointes identifiés par Nadiri (1987).

⁵ Voir glossaire

La question de la quantification des rejets n'est pas évidente comme l'illustrent les propos qui précèdent. Elle constitue pourtant un enjeu majeur pour l'évaluation des stocks d'une part, mais également en termes de gestion et d'efficacité. L'évaluation des rejets fait ainsi l'objet depuis 2000, d'un vaste programme de collecte de données mis en place par l'Union Européenne (EC No 1543/2000). Le protocole s'appuie sur une évaluation par pêcheur, plus pertinente qu'une estimation des quantités globales parce qu'elle tient compte de la variabilité des pratiques de rejet en fonction des flottilles, des engins et des zones (Kelleher, 2005). S'il semble que les rejets aient diminué ces dernières années au niveau mondial, cette tendance n'est pas vérifiée pour toutes les pêcheries et pour toutes les zones (Kelleher, 2005). L'évaluation par pêcheur fait apparaître qu'il existe encore de forts taux de rejet dans certaines d'entre elles (jusqu'à 96% des captures rejetées dans certaines pêcheries chalutières crevettières et jusqu'à 83% des captures rejetées dans certaines pêcheries chalutières démersales) (Kelleher, 2005). Les rejets représentent 43% en poids des captures totales de langoustines dans les pêcheries de langoustines ciblant le stock de mer du Nord (Catchpole *et al.*, 2005) et 70% du nombre total d'individus capturés dans la pêche chalutière à crustacés portugaise (Fonseca *et al.*, 2005). Le taux de rejet de langoustines de la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne fluctue entre 41% et 65% (en nombre d'individus) sur la période de 1987 à 2005 (ICES, 2006) avec un taux de mortalité de 70% (Guéguen et Charuau, 1975). Les pêcheries chalutières à langoustines rejettent également d'autres espèces: crustacés et échinodermes dans le cas des pêcheries du Royaume-Uni (Bergmann *et al.*, 2002); merlans en Mer du Nord (Catchpole *et al.*, 2005b); merlu, baudroies, cardines dans le golfe de Gascogne (Talidec *et al.*, 2005).

Dans un contexte de pleine, voire de surexploitation de la majorité des stocks halieutiques dans le monde (Garcia *et al.*, 2005)⁶, les débats sur l'utilisation rationnelle des ressources et sur le développement durable se sont portés sur les productions jointes que sont les rejets et les prises accessoires. Plus récemment avec l'approche écosystémique des pêches, l'accent a été mis sur les productions jointes de type environnemental et les espèces non commercialisables qui peuvent interagir avec les espèces commercialisables via les réseaux trophiques et diminuer la productivité.

Souligné à plusieurs reprises, en 1992 dans le cadre du développement de pratiques de pêche soutenables, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement à Rio, et lors de la Conférence internationale sur la pêche responsable à Cancun, le problème des productions jointes reste un problème majeur à l'échelle mondiale. L'effort d'évaluation et d'analyse des mesures visant à limiter leurs impacts en témoigne.

⁶ En 1950, la FAO estimait que plus de 95% des pêcheries présentaient encore un potentiel de développement et que seulement 2% des pêcheries étaient en déclin. 50 ans plus tard, la FAO estime que sur les 441 stocks pour l'état d'exploitation desquels elle dispose d'informations, 23% sont sous-exploités ou modérément exploités, 52% sont pleinement exploités, 17 % surexploités, 7% épuisés et 1% en reconstitution (Garcia *et al.*, 2005).

En octobre 1995, la 28^e session de la Conférence de la FAO a adopté le Code de Conduite pour une Pêche Responsable (FAO, 1995). Le Code énonce les principes et standards internationaux qui doivent être appliqués pour assurer la conservation, la gestion et le développement des ressources marines vivantes dans le respect de la biodiversité et des écosystèmes. L'utilisation durable à long terme des ressources halieutiques constitue l'objectif principal de la conservation et de l'aménagement. Les mesures adoptées dans ce but, la mise au point et l'utilisation d'engins et de techniques de pêche sélectifs, respectueux de l'environnement et rentables doivent permettre de réduire au minimum « la pollution, le gaspillage, les rejets, les captures par engin perdu ou abandonné; les captures d'espèces non visées, poissons et autres espèces ainsi que les effets sur les espèces associées et dépendantes » (FAO, 1995).

Dans le Livre Vert sur la réforme de la Politique Commune de la Pêche (Commission Européenne, 2001), l'Union Européenne a fait de la gestion multi-spécifique et de la réduction des rejets un objectif principal pour les cinq années suivantes. L'amélioration de la sélectivité des engins de pêche (ou le changement d'engin) figure comme l'une des mesures techniques permettant de contribuer à la réduction des rejets. En 2002, lors du sommet de Johannesburg, les chefs d'Etat et de gouvernement ont demandé le maintien et le rétablissement des stocks halieutiques à un niveau permettant d'obtenir un rendement maximal constant à horizon 2015.

Beaucoup de gouvernements ont intégré la réduction des rejets comme l'un des principaux objectifs de leur politique de gestion. Aux Etats-Unis, le Magnuson Act (1976) pose comme objectif clef la diminution des captures accessoires. En Norvège, seuls les rejets d'espèces dont la mortalité des rejets est faible sont autorisés (Olsen, 1995). Il est interdit de débarquer mais également de capturer des individus sous la taille minimale de débarquement ou des espèces accessoires interdites au débarquement. Si la pêcherie se trouve dans une zone riche en individus dont la capture est illégale, les pêcheurs doivent changer de zone. Au Danemark, les captures de catégories sous la taille minimale de débarquement et les captures d'espèces dont le quota est atteint sont interdites. Les pêcheurs ont donc le choix entre rejeter ou garder les prises de façon illégale. Les rejets ont souvent été interdits pour empêcher les rejets abusifs. En Australie et en Nouvelle Zélande, les programmes de gestion des prises accessoires font partie intégrante des systèmes de gestion de quotas (Baulch et Pascoe, 1994).

Dans le cadre de l'approche écosystémique des pêches (Sutinen et Soboil, 2001), l'impossibilité de mettre en place une ou plusieurs mesures permettant d'atteindre la mortalité optimale pour chacune des espèces capturées conjointement a été soulignée. Les pêcheries mixtes complexifient en effet toutes les formes de gestion dans la mesure où chaque changement de mesures peut favoriser une espèce aux dépens d'une autre. Leur gestion nécessite de prendre en compte les interactions multispécifiques. Le 27 mars 2007, la Commission européenne a adopté une communication portant

sur la réduction des captures non désirées et sur l'élimination des rejets dans les pêcheries européennes. Elle prévoit la mise en place progressive, pêche par pêche, d'une interdiction des rejets, ainsi que la fixation de normes en matière de prises accessoires maximales acceptables. Les premières mesures proposées pourraient être présentées en 2008.

Les productions jointes posent deux types de problèmes économiques : un problème de choix privé lié à leur coût interne et un problème social lié aux coûts externes qu'elles peuvent engendrer.

2. Productions jointes et calcul économique privé

Les productions jointes ont un coût interne et posent donc un problème privé. L'individu cherche à maximiser sa satisfaction en choisissant le niveau de production optimum. Le problème se pose à deux échelles : lors de la capture (les choix stratégiques de capture reposent sur un calcul économique) et lors de l'opération de tri (les captures sont triées et débarquées ou rejetées en fonction du prix des facteurs).

Les produits issus de processus de productions jointes peuvent être substituables ou complémentaires. Le problème économique ne se pose cependant que lorsqu'il y a le choix c'est-à-dire lorsqu'il existe substituabilité. En pêche, on se situe typiquement dans le cas de produits complémentaires mais où plusieurs techniques peuvent être employées. Les combinaisons linéaires des différentes techniques disponibles ramènent à une frontière de production de produits substituables. A l'échelle annuelle, le mélange d'espèces qui caractérise les débarquements est le résultat de différents processus de production combinés. Les investissements/désinvestissements et les choix techniques à long terme en réponse aux évolutions des facteurs de productions naturels, des prix des inputs et outputs et du système de gestion et à court terme, les choix d'allocation d'effort entre métiers⁷, peuvent modifier les proportions relatives des espèces capturées. Il existe un rapport fixe entre les produits, mais la combinaison des techniques permet une certaine maîtrise des productions jointes. Le pêcheur dispose d'une marge de manœuvre dans le choix de l'engin de pêche utilisé, et pour un même engin dans le choix du métier pratiqué c'est-à-dire de l'espèce ciblée (ou du groupe d'espèces cibles), de la zone de pêche et de la saison de pêche. Le chalut de fond, l'engin le plus utilisé par les navires de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne peut ainsi servir à cibler la langoustine ou le poisson, dans des zones côtières de frayères à merlu ou aux accores⁸. Pour un même métier, il existe une marge de manœuvre spatio-temporelle qui détermine l'abondance relative ou la disponibilité relative des espèces et catégories. Lorsque l'on se situe à l'échelle d'un seul processus de productions jointes (trait,

⁷ Le métier est défini par la combinaison d'une espèce (ou groupe d'espèces) cible, d'un engin de pêche d'une zone et d'une saison de pêche (Berthou *et al.*, 2003).

⁸ Tombant du plateau continental

marée ou métier selon que le terme de production jointe est entendu dans un sens plus ou moins strict), le rapport entre les captures de deux espèces pêchées est imposé par le rapport entre leurs biomasses, la sélectivité de l'engin de pêche utilisé ou la disponibilité relative des espèces.

A court terme, à l'échelle d'un processus de production jointe ou d'un métier, les interactions techniques entre espèces et, au sein d'une espèce, entre les différents âges, sont supposées constantes c'est-à-dire que l'on suppose que les capturabilités relatives entre espèces et les capturabilités relatives entre les différents âges d'une même espèce restent constantes. Toute variation des captures relatives des deux espèces est alors liée à une variation des biomasses relatives en fonction des zones en particulier. A long terme, l'évolution des abondances relatives entre stocks et les investissements et les changements techniques peuvent également modifier les capturabilités relatives entre espèces (ou catégories) et peuvent par conséquent modifier les productions jointes. Les différentes combinaisons d'allocation spatio-temporelle de l'effort de pêche entre les métiers permettent de modifier les rapports entre facteurs. Kohli (2005) désagrège la technologie en sous-technologies d'inputs et d'outputs qui sont utilisées pour définir différents types de processus de production joints ou non joints qui peuvent être assemblés de diverses façons. Typiquement en pêche, les différents engins de pêche déterminent des sous-technologies et pour un même engin de pêche, différents processus de production correspondant aux métiers (choix de zones de pêche et d'espèce cible) peuvent avoir lieu. Ces processus de production peuvent être joints ou non selon la distribution des espèces et catégories et la sélectivité de l'engin. Le choix des combinaisons de processus de production détermine les outputs obtenus.

La réflexion sur les mesures de gestion nécessite avant toute chose d'avoir repéré les productions jointes. Pascoe *et al.* (2007), discutent ainsi la question de la marge de manœuvre spatiale : si l'abondance relative des espèces ou catégorie ne varient pas d'une zone à l'autre, la capacité des pêcheurs à changer la composition de leur capture est limitée et la gestion par des Totaux Admissibles de Captures (TAC) est inappropriée.

Si l'on suppose le cas où deux espèces (espèce 1 et espèce 2) sont capturées par un engin de pêche non sélectif dans la zone A (ou à la saison A) ou dans la zone B (ou à la saison B), trois cas peuvent se présenter :

	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Zone A (Saison A)	Espèce 1	Espèces 1 et 2	Espèces 1 et 2
Zone B (Saison B)	Espèce 2	Espèces 1 et 2	Espèces 1 et 2
Aires de répartition (saisonnalité) des deux espèces	non superposées	superposées	superposées
Proportion relative entre espèces entre zones (saisons)		égales	différentes
Productions jointes	pas de production jointe : espèces capturées séparément	espèces capturées simultanément par un seul métier	espèces capturées simultanément dans chacune des zones mais en proportions différentes
Nombre de fonctions de capture = Nombre de métiers	2 fonctions de production distinctes, non jointes deux métiers différents	1 fonction de production jointe un métier	2 fonctions de production jointe deux métiers différents

Tableau 1 : Jointure et nombre de fonction de production dans le cas de deux espèces dont la répartition spatiale (ou la disponibilité saisonnière) sont parfaitement distinctes, parfaitement superposées ou superposées mais en proportion variable selon la zone (ou la saison)

Dans le troisième cas, il existe plusieurs techniques possibles. En fonction de l'allocation des facteurs entre les différentes techniques (le choix technique correspond ici au choix de la zone ou de la saison), pour un même niveau de facteurs, on pourra obtenir plus ou moins de produit Y1 (langoustine par exemple) ou Y2 (merlu par exemple).

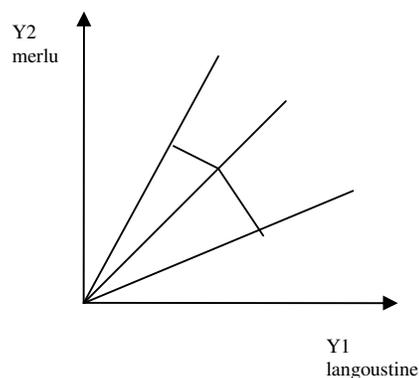


Figure 1 : Frontière de production lorsque plusieurs techniques sont disponibles.

Le problème de la régulation de l'accès ne se pose pas de la même façon selon les cas. Dans le premier cas, la gestion par un système de TAC sur les deux espèces est possible. Dans le deuxième cas, il

n'existe pas de solution de gestion mis à part la sélectivité. Dans le troisième cas, il existe une marge de manœuvre spatiale ou temporelle. La gestion peut alors s'appuyer sur des fermetures temporaires de pêche ou sur des mesures spatiales comme en Norvège où certaines zones où les rejets sont trop importants sont fermées à la pêche.

L'allocation de l'effort par engin de pêche et entre zones ou entre saisons dépend des prix des facteurs. La maîtrise des productions jointes est un problème économique et pas seulement un problème technique. Les choix techniques relèvent d'un calcul économique.

Parmi les productions jointes inter-spécifiques et/ou intra-spécifiques ainsi obtenues, certaines sont valorisables économiquement et viennent compléter le chiffre d'affaires des producteurs : ce sont les productions jointes désirées. Les autres productions jointes non désirées sont rejetées, ce sont les espèces sans valeur commerciale, les individus morts, abîmés, ou ne correspondant pas à la réglementation (Pascoe, 1997).

La distinction entre productions jointes rejetées et productions jointes débarquées n'est pas nette. Elle n'est pas nécessairement exogène. Les productions jointes sont débarquées ou rejetées en fonction d'un calcul économique au cours d'une opération de tri. Selon ce calcul économique, une catégorie pourra ainsi faire partie des productions jointes rejetées, ou être débarquée. Le problème est que la frontière entre ces deux types de productions jointes n'est pas toujours définie *a priori*. Les productions jointes posent donc le problème du tri qui relève d'un choix privé.

3. Externalités et mesures de gestion en l'absence de productions jointes

Outre le problème de coût privé qu'elles engendrent, les productions jointes peuvent poser un problème de coût social lorsqu'elles créent des externalités négatives.

Les externalités existent en pêche même en l'absence de production jointe⁹. Le statut des ressources halieutiques est en effet celui de *res nullius*. Ce sont des ressources communes non exclusives et soustractives dont l'exploitation induit l'existence d'externalités négatives : les fonctions de production individuelles des pêcheurs exploitant un même stock sont interdépendantes. La rivalité dans l'exploitation des ressources halieutiques qui en résulte est à l'origine des phénomènes de surcapacité observés dans le secteur halieutique et à plus long terme de la surexploitation des stocks. Les externalités négatives et leurs conséquences posent le problème de la régulation de l'accès aux ressources et justifie l'intervention publique, comme le soulignent Boncoeur et Troadec (2006).

⁹ Inversement, les productions jointes ne sont pas nécessairement à l'origine d'externalités négatives (cas des productions jointes désirées).

Ces auteurs classent les mesures de gestion encadrant les pêcheries selon trois critères : leur objectif, la méthode de régulation à laquelle ils font appel et la variable de contrôle qu'ils utilisent.

L'aménagement des pêcheries repose sur deux grands types de mesures selon l'objectif qu'elles poursuivent :

- (i) les mesures de conservation qui visent à préserver la productivité des stocks halieutiques ;
- (ii) les mesures de régulation de l'accès des usagers aux pêcheries qui visent à allouer la capacité productive limitée des stocks entre les entreprises de pêche.

Les mesures de conservation destinées à assurer la conservation de la productivité des stocks comprennent, d'une part, les mesures techniques, qui ont pour but de limiter les captures de juvéniles et, d'autre part, les mesures destinées à limiter la capture totale pour préserver les capacités reproductrices des stocks (Boncoeur, 2003). Ces dernières reposent principalement sur des TAC et des limitations de temps de pêche destinés à réduire la mortalité par pêche. Les mesures techniques, quant à elles, consistent généralement en des normes concernant la sélectivité des engins de pêche (taille de mailles essentiellement), des tailles minimales de débarquement imposées, des fermetures (temporaires ou non) de zones de pêche. Les mesures de régulation de l'accès visent à assurer l'ajustement des capacités de pêche au potentiel de renouvellement du stock. Elles consistent à sélectionner les entreprises autorisées à pêcher un stock donné et à déterminer la part qu'elles pourront prélever.

La variable de contrôle sur laquelle les mesures d'aménagement des pêcheries reposent est un autre critère de classification. Il peut s'agir :

- (i) d'une variable d'entrée (effort de pêche) ;
- (ii) d'une variable de sortie (captures).

Enfin, le critère de la méthode distingue :

- (i) les mesures qui relèvent de méthodes dites « administratives », qui reposent sur l'application de normes ;
- (ii) les mesures qui relèvent de méthodes dites « économiques », fondées sur des incitations et qui se divisent en méthode de taxation, et méthode basée sur les droits de propriété ou d'accès.

Les mesures de conservation relèvent essentiellement d'une gestion administrative, mais peuvent être accompagnées d'incitations économiques à l'adoption d'engins sélectifs (écolabel des produits capturés par un engin plus sélectif, ou taxation des captures de l'engin non sélectif par exemple). Les mesures de régulation de l'accès peuvent quant à elles relever des deux types de mesures, administratives ou économiques.

Parmi les différents outils de régulation de l'accès aux pêcheries, les systèmes de droits individuels doivent permettre de limiter les effets des externalités négatives. Ils posent néanmoins la question du support sur lequel fonder ces droits. Le cas des ressources halieutiques est en effet différent du cas de l'exploitation forestière ou de l'agriculture. La ressource, mobile et fugitive n'est pas bien connue- elle est au mieux connue statistiquement- et il est difficile d'envisager de mettre un droit sur une entité statistique. Cela nécessite donc de trouver des supports dérivés qui peuvent être l'effort de pêche ou les captures. L'effort de pêche, nombre indice agrégé de plusieurs inputs qui peuvent se substituer et indicateur très variable, semble peu adapté même s'il est pourtant largement utilisé. Les captures semblent donc être le meilleur support pour définir des droits. S'il n'est pas possible de mettre des droits de propriété *ex-ante* sur la ressource mobile et fugitive, l'individualisation des droits de captures correctement appliquée peut permettre en revanche de supprimer le phénomène d'externalités et donc la tendance à la surexploitation et à la surcapacité. Dans le cas de pêcheries simples ne ciblant qu'une seule espèce, la mise en place de droits individuels sur les captures permet donc de supprimer les conséquences des externalités négatives en termes de surcapacité et de surexploitation des stocks (Boncoeur et Guyader, 1995).

Le problème des externalités existe donc même en l'absence de productions jointes et justifie les mesures de gestion.

4. Productions jointes et externalités dans le secteur halieutique

En pêche, productions jointes et externalités interagissent de façon complexe. L'existence de productions jointes vient aggraver les problèmes d'externalités négatives lorsqu'il s'agit de productions jointes non désirées, donc rejetées avec un taux de mortalité généralement élevé¹⁰:

- (i) Les rejets sur les espèces commerciales créent des externalités négatives supplémentaires entre pêcheurs ;
- (ii) Les rejets sur les espèces non commerciales sont à l'origine d'externalités négatives pour la société (liées notamment à la valeur de non-usage¹¹). Ils peuvent ainsi menacer la biodiversité.

Les productions jointes indésirables en particulier peuvent poser des problèmes de pollution pour soi-même et pour les autres. Les pratiques de rejet posent d'abord un problème biologique dans la mesure où une partie des productions jointes est rejetée et engendre ainsi une mortalité inutile sur le stock. Du

¹⁰ Le problème des rejets se pose lorsque le taux de mortalité des rejets est important ce qui est le cas du chalutage de fond (taux de mortalité estimé à 100% pour les poissons, Hill et Wassenberg, 2000 ; Revill *et al.*, 2005). Dans le cas du casier, en revanche, si la fraction rejetée peut être importante, le taux de survie des rejets est de l'ordre de 100%.

¹¹ Les espèces non commerciales peuvent également avoir des valeurs d'usages pour les activités non extractives (comme la plongée par exemple).

point de vue de la conservation des ressources, cette méexploitation limite le potentiel de renouvellement et de croissance des stocks et va à l'encontre d'une utilisation rationnelle du potentiel de production des stocks. Les rejets peuvent également menacer la biodiversité spécifique et les écosystèmes benthiques. Ces pratiques soulèvent d'autre part un problème économique puisque les captures ainsi rejetées engendrent un coût interne et un coût externe.

Pascoe (1997) distingue quatre catégories d'impacts économiques liés aux rejets :

- (i) Les coûts dus à la mortalité élevée des rejets de juvéniles et d'adultes de l'espèce ciblée qui ne seront donc jamais repêchés. Ces coûts sont notamment supportés par les navires de la flottille qui les engendre;
- (ii) Les coûts externes dus aux interactions inter-flottilles (lorsque les prises accessoires d'une flottille sont ciblées par d'autres flottilles) et aux interactions intra-flottille ;
- (iii) Les coûts de rejets d'espèces non commercialisables ;
- (iv) Les coûts pour estimer et mesurer les rejets.

Le niveau de production optimum du point de vue de la satisfaction individuelle n'inclut pas les coûts externes et pose donc un problème de coût social.

Les productions jointes ne donnant pas lieu à rejet complexifient le problème de la gestion des pêcheries (en particulier mais pas uniquement dans le cas de pêcheries gérées par Quotas Individuels-QI). Les productions jointes désirées ou prises accessoires ne sont pas un problème en soi, elles constituent en effet un complément de chiffre d'affaires non négligeable dans les pêcheries mixtes. Eggert et Tveteras (2004) montre également que les prises accessoires peuvent permettre de compenser la variabilité des captures de l'espèce ciblée. Le problème des productions jointes désirées vient donc essentiellement du fait qu'elles complexifient la gestion. Le problème des externalités négatives en pêche et les solutions qui lui sont associées sont bien connus sur le plan théorique. Les mesures de gestion classiques fondées sur des droits de capture et conçues pour lutter contre les externalités sont difficilement applicables dans le cas de productions jointes. La mise en place de droits de propriétés individuels devient en effet délicate sur le plan pratique, dès lors que nous nous plaçons dans une situation de production jointe. La définition de droits nécessite alors une bonne connaissance des processus de production. Les problèmes de productions jointes liées à la sélectivité insuffisante se posent dans une pêcherie monospécifique, quand la sélectivité intra-spécifique est insuffisante et dans les pêcheries mixtes quand plusieurs espèces sont capturées conjointement. La faible sélectivité inter-spécifique engendre la capture d'espèces non commercialisables rejetées, elle peut également poser des problèmes lorsqu'il existe un système de quotas sur deux espèces et que l'un des quotas est atteint avant l'autre. L'espèce dont le quota est atteint sera alors rejetée. La définition de quotas individuels transférables peut permettre de limiter ces rejets, mais suppose de bien connaître

les productions jointes. Par ailleurs, ils n'empêchent pas les comportements d'écrémage que peuvent adopter les pêcheurs pour valoriser au mieux leur quota. Lorsque l'engin de pêche est sélectif, les solutions classiques de gestion peuvent donc fonctionner. En revanche, lorsque l'engin de pêche est peu sélectif vis-à-vis de la taille et/ou de l'espèce et produit des productions jointes, cela pose un problème biologique de conservation (les productions jointes pouvant créer une perte en soi) et complique également le problème de régulation de l'accès. Les mesures de régulation, efficaces par ailleurs, peuvent, lorsqu'elles sont mises en place sans mesures techniques, devenir inutiles ou insuffisantes et ne pas avoir les effets escomptés.

La sélectivité insuffisante des engins de pêche est à l'origine de la capture d'espèces non ciblées qui ont ou non une valeur commerciale et qui correspondent du point de vue de l'analyse économique à des productions jointes. L'amélioration du diagramme d'exploitation¹² au travers d'une meilleure sélectivité doit permettre de contribuer à la réduction des rejets et de mieux valoriser le potentiel de production. A effort de pêche constant, une amélioration de la sélectivité doit permettre de diminuer les rejets, donc d'atténuer le déficit de biomasse exploitable et d'augmenter la taille moyenne des captures. L'objectif de réduction des prises accessoires et rejets a donné lieu à une série de mesures d'amélioration de la sélectivité. Peu de mesures sélectives ont cependant prouvé leur efficacité essentiellement parce que ces mesures ont généralement été contournées (Suuronen, 2001). Compte tenu des pertes commerciales qu'engendrent l'adoption d'une mesure sélective et de la nature commune des ressources, les pêcheurs ont intérêt individuellement à se comporter en « passager clandestin » en laissant les autres améliorer leur sélectivité mais en n'adoptant pas eux-mêmes la mesure. Les mesures de sélectivité ne règlent pas non plus la question de l'allocation des droits d'usage et de la sélection des opérateurs qui doivent contribuer à ajuster les capacités de pêche (Boncoeur et Troadec, 2006).

Le problème des productions jointes en pêche vient donc de ce qu'elles compliquent le traitement des externalités et aggravent le phénomène. Elles exacerbent donc le problème social et le problème de surexploitation.

5. Le cas d'application : la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne

L'exemple de la pêcherie chalutière de langoustine (*Nephrops norvegicus*, Linné, 1758) du golfe de Gascogne, pêcherie mixte caractérisée par de forts taux de prises accessoires et rejets, a été choisi pour illustrer le processus de production peu sélectif et le problème des productions jointes. Plusieurs raisons expliquent ce choix :

¹² Distribution des mortalités par pêche par âge

- (i) La pêcherie langoustinière est l'une des pêcheries françaises les plus importantes du golfe de Gascogne. La flottille qui l'exploite représente un tiers des chalutiers du golfe et rapporte trois-quarts du chiffre d'affaires des chalutiers du golfe ;
- (ii) Le problème des productions jointes (et notamment des rejets) y est massif et diversifié ;
- (iii) Elle est relativement bien documentée ;
- (iv) Des dispositifs d'amélioration de la sélectivité y sont étudiés.

Par opposition à la flottille hauturière qui cible la langoustine en mer Celtique au cours de marées d'une quinzaine de jours, la flottille langoustinière du golfe de Gascogne est plutôt côtière. Elle cible la langoustine sur des zones de pêche côtières proches des ports de débarquements. Les marées, de plus courte durée, permettent de débarquer de la langoustine vivante.

Les navires de la flottille langoustinière utilisent essentiellement la technique de pêche au chalut de fond, simple ou jumeau. Les autres engins de pêche utilisés sont la drague et le chalut pélagique. La flottille langoustinière est particulièrement sujette au problème des productions jointes inter- et intra-spécifiques. L'utilisation du chalut de fond, engin très peu sélectif tant du point de vue de l'espèce que de la taille des prises, donne lieu à des captures de différentes espèces et d'individus de différentes tailles ciblés ou accidentels, débarqués ou rejetés. Toutes ces catégories ne sont pas pour autant capturées conjointement au cours des mêmes processus de production. Les navires de la flottille pratiquent en effet différents métiers au cours de l'année. Les métiers de chalut de fond jumeau et simple à langoustine sont les plus pratiqués. Le chalut de fond jumeau et simple à divers poissons, le chalut de fond simple et jumeau à sole, le chalut de fond simple à seiche et la drague à coquilles saint jacques sont les autres métiers les plus pratiqués. Les captures résultantes sont caractérisées par les fortes proportions de merlu, baudroies, soles, seiches et cardines en particulier, par un ensemble d'espèces non commercialisables et par de fortes proportions d'individus d'espèces commercialisables, mais de taille non commercialisable et donc rejetés.

Les rejets représentent donc une fraction importante des captures, qui a été documentée par Talidec *et al.* (2005) en ce qui concerne la langoustine et le merlu. En 2003 et 2004 (Talidec *et al.*, 2005), respectivement 57% et 61% des langoustines capturées en nombre ont été rejetées. Les rejets de merlus peuvent représenter jusqu'à 97% des captures. La flottille langoustinière opère en effet sur les zones de frayères de merlus. Ces pratiques sont à l'origine d'externalités intra- pêcherie d'une part, les rejets de langoustines sous la taille légale sont une perte pour la pêcherie ciblant cette espèce, et inter-pêcheries d'autre part via le merlu et les autres espèces capturées accessoirement par la flottille langoustinière et ciblées par d'autres flottilles. Les externalités négatives, symétriques lorsque des navires d'une pêcherie exploitent un stock avec le même diagramme d'exploitation, peuvent devenir dissymétriques dans le cas de productions jointes. Ainsi, lorsque les navires de la flottille langoustinière ciblent la langoustine et capturent conjointement des juvéniles de merlus ciblés à l'âge

adulte par les navires des flottilles merlutières, les externalités croisées négatives sont dissymétriques. La flottille langoustinière produit donc des effets externes négatifs vers les flottilles merlutières ou toute autre flottille ciblant l'une des espèces capturées accessoirement par les navires de la flottille langoustinière¹³. Il existe donc de fortes interactions entre la flottille langoustinière et ces flottilles. Les interactions techniques entre flottilles via les productions jointes modifient la manière dont se distribuent les effets externes. La gestion des pêches est alors plus complexe que dans le cas de pêcheries simples. La gestion des productions jointes représente donc un enjeu important pour cette pêcherie qui pose des problèmes de sélectivité et de régulation de l'accès. Le problème des productions jointes et de la sélectivité insuffisante des engins de pêche est suffisamment important pour que les professionnels eux-mêmes s'y soient attaqués via un programme d'amélioration de la sélectivité des chaluts du Golfe de Gascogne (ASCG) initié au niveau professionnel en collaboration avec l'Ifremer et poursuivies dans le cadre du projet NECESSITY (*Nephrops and Cetacean Species Selection Information and Technology*). Des expériences sur l'amélioration de la sélectivité ont été menées, et une étude sur le casier a récemment démarré dans le cadre de programmes de recherche menés par l'Ifremer (DEGREE¹⁴, ITIS-SQUAL¹⁵, ...). Sur un plan politique, le problème des productions jointes a parfois donné lieu à des dérives non contrôlées. Jusqu'au renforcement, depuis 2000, de la mise en application des règlements sur les tailles minimales de débarquements autorisés, des quantités importantes de merlus sous-taille (merluchons) étaient débarquées.

Une autre raison du choix de cette pêcherie est liée à la disponibilité des données et des outils nécessaires à sa connaissance. Dans le cadre du projet Système d'Informations Halieutiques (SIH), l'IFREMER a constitué un réseau d'observations des ressources halieutiques et de leurs usages regroupant des données biologiques, économiques ou techniques qui ont permis d'appréhender les problèmes de productions jointes dans le cas de la flottille langoustinière. La plupart des espèces débarquées par la flottille langoustinière sont soumises à quota (c'est le cas de la langoustine, du merlu, de la baudroie, de la sole et de la cardine) et sont débarquées en criée. L'analyse des débarquements à partir des données de vente en criée disponibles dans le cadre du SIH permet donc une bonne appréciation des débarquements de la flottille, (aux débarquements hors criée près dont il est difficile d'estimer l'importance). Compte tenu de l'importance des rejets de cette pêcherie et des enjeux liés à sa gestion, un effort d'échantillonnage des captures à bord plus important a été appliqué depuis 2002. Ces données ainsi récoltées permettent de connaître, pour quelques marées par an, l'ensemble des captures des navires de la flottille échantillonnés et d'estimer ainsi la part des captures non débarquées. La flottille langoustinière capture d'autre part des espèces qui, pour partie, font l'objet d'évaluation par le CIEM. Les données issues du programme européen TECTAC et des

¹³ Cette situation d'effets externes dissymétriques se retrouve dans les cas où un même stock est exploité par des pêcheries dont les diagrammes d'exploitation de ce stock sont différents.

¹⁴ Programme Development of fishing Gears with Reduced Effects on the Environment.

¹⁵ Projet ITIS-SQUAL (Sélectivité QUalité des prises et techniques ALternatives).

données récoltées dans le cadre de cette thèse auprès des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne et des navires de la flottille des caseyeurs langoustiniers de Loch Torridon en Ecosse (par enquête, entretien et récolte de données) ont par ailleurs permis de compléter l'analyse.

6. Problématique et plan

Dans cette thèse, nous nous intéressons aux productions jointes et externalités dans le secteur halieutique et à leurs interactions. Les productions jointes posent un problème économique privé à deux échelles: à l'échelle du processus de capture, les choix stratégiques d'engin, zone et saison de pêche relèvent d'un calcul économique; à l'échelle de l'opération de tri, la décision de rejeter ou débarquer c'est-à-dire la distinction entre productions jointes désirées et non désirées, repose sur un calcul économique. Les productions jointes posent d'autre part un problème de coût social qui justifie la nécessité de mettre en place des mesures de gestion. Le problème des externalités en pêche existe même en l'absence de productions jointes mais les productions jointes complexifient le problème : elles aggravent le problème et rendent les solutions classiques de gestion du phénomène d'externalité difficilement applicables. Les externalités négatives produites par la nature commune des ressources halieutiques peuvent être corrigées par des mesures de régulation de l'accès, les productions jointes dues à des engins peu sélectifs peuvent être limitées par des améliorations de la sélectivité mais le traitement du seul problème des productions jointes sans traiter le problème des externalités ne résout pas le problème de gestion qui se pose. Le problème vient des interactions entre productions jointes et externalités qui nécessitent de traiter ces deux aspects conjointement. Les mesures techniques et les mesures de régulation de l'accès doivent se compléter.

Cette thèse a pour objet l'étude des interactions entre productions jointes et effets externes en pêche et s'appuie sur:

- (i) La caractérisation bio-économique des processus de production d'engins de pêche peu sélectifs dont résultent les productions jointes inter-spécifiques ou intra-spécifiques, débarquées ou rejetées ;
- (ii) L'analyse du point de vue privé et du point de vue collectif des mesures de gestion permettant de limiter les effets externes négatifs des productions jointes.

Une des originalités méthodologiques de la thèse repose sur la décomposition du processus de production en deux étapes : une fonction de captures qui mène aux captures jointes à partir d'un effort de pêche appliqué aux stocks, et une fonction de tri qui mène aux débarquements et rejets à partir d'un effort de tri appliqué aux captures. Cette approche permet de considérer le tri comme une raison de rejet. Les rejets sont appréhendés comme la résultante d'une opération de tri, ce qui modifie les

conditions du calcul économique par rapport aux modèles microéconomiques classiques de rejet (voir par exemple : Arnason, 1994, Anderson, 1994).

Cette thèse contribue d'autre part à la réflexion sur les mesures de gestion permettant de limiter les effets externes des productions jointes. En particulier, la prise en compte des comportements des pêcheurs de court terme et de long terme en réponse aux mesures de gestion (dynamiques d'investissement, comportements de rejet), permet l'analyse de la complémentarité entre mesures techniques et mesure de régulation de l'accès et constitue un enjeu majeur pour les politiques publiques de gestion des pêcheries.

L'analyse se focalise sur les impacts directs des productions jointes d'espèces et de tailles commercialisées. Des productions jointes de type environnemental peuvent également exister via les impacts physiques des engins sur les habitats (Bourillet *et al.* 2005), les impacts indirects liés aux modifications des interactions trophiques (Le Loc'h, 2004) et les impacts sur les espèces non commercialisées à valeur de non-usage. En raison de la complexité du problème et du peu de données disponibles à ce jour pour aborder la problématique des impacts via les écosystèmes, cette thèse se limitera cependant à l'analyse des productions jointes d'espèces ou tailles commercialisables capturées, retenues ou rejetées, aux impacts directs de ces productions jointes et aux interactions techniques inter- et intra-flottes via les espèces commercialisables.

Le point de vue bio-économique est présenté. La thèse relève à la fois de l'économie des ressources naturelles, de l'économie publique et de la microéconomie. Elle présente d'autre part des applications numériques du cas de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne et relève donc également de l'économie appliquée.

La **première partie** de la thèse, qui comprend les deux premiers chapitres, s'intéresse au processus de production d'engins de pêche peu sélectifs décrit comme la résultante de deux fonctions de productions jointes imbriquées.

Le **chapitre 1** décrit l'étape de production des captures à partir d'un effort de pêche appliqué à un écosystème multisécifique. Nous nous intéressons d'une part à la description et à la caractérisation de la flotte langoustinière du golfe de Gascogne et d'autre part à l'analyse et au repérage des productions jointes. Les différentes stratégies de pêche de la flotte langoustinière sont caractérisées et les évolutions de la technologie de production sont décrites à l'échelle inter-annuelle et intra-annuelle. L'analyse des productions jointes s'appuie sur des statistiques descriptives, des analyses multivariées et des estimations de Captures Par Unité d'Effort (CPUE).

Le **chapitre 2** décrit l'étape de production des rejets et des débarquements à partir d'un effort de tri appliqué aux captures jointes. Les facteurs de variabilité du tri ou facteurs de rejet sont examinés à partir d'une analyse empirique qualitative et quantitative des raisons de rejet (identifiés lors d'enquêtes réalisées auprès des observateurs en mer), d'analyses de données et d'une revue de la littérature. Nous spécifions dans ce chapitre une fonction de tri des captures. Un modèle microéconomique de tri de très courte période (à captures exogènes) et de courte période (à captures endogènes) est décrit et permet d'analyser les comportements de rejet sous différentes hypothèses. Les deux premiers chapitres de la thèse décrivent les productions jointes, l'un du point de vue des productions jointes désirées, l'autre du point de vue des productions jointes non désirées.

La **deuxième partie** de la thèse, qui comprend les chapitres 3, 4 et 5, est centrée sur l'analyse des mesures de gestion ou des incitations économiques qui permettent de limiter les impacts bio-économiques liés aux effets externes négatifs qu'engendrent les productions jointes.

Les différents enjeux d'une amélioration de la sélectivité sont d'abord discutés d'un point de vue théorique dans le **chapitre 3** à partir d'un modèle bio-économique simplifié. La rentabilité sociale d'une amélioration de la sélectivité est analysée en fonction du niveau de l'effort de pêche et nous mettons ensuite en évidence la divergence entre bénéfice collectif et privé de la sélectivité et ses conséquences.

Le **chapitre 4** présente les résultats d'une analyse coût-bénéfice de différents scénarios d'amélioration de la sélectivité par rapport à la taille des langoustines dans le cas appliqué de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne. Cette analyse s'appuie sur un modèle bio-économique de simulation de mesures de gestion de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne développé dans le cadre de cette thèse et capable de simuler les impacts pour les producteurs, les consommateurs et l'état de mesures de gestion et d'intégrer les comportements des pêcheurs en termes d'investissement et de tri. Nous montrons les effets de la prise en compte des dynamiques d'investissement et d'augmentation de la capturabilité dans un contexte d'effort peu contrôlé (scénario réaliste pour le golfe de Gascogne) et nous nous posons la question de l'effet de la somme des comportements microéconomiques de tri de court terme sur le long terme en endogénéisant les comportements de tri. La fonction de production est ici appréhendée dans son ensemble comme la résultante d'une fonction de capture et d'une fonction de tri. La complémentarité des mesures techniques d'amélioration de la sélectivité et des mesures de régulation de l'accès est soulignée.

Le **chapitre 5** étend l'analyse à l'estimation du coût social des rejets de langoustines et merlus sous-taille. La question du changement de technique de production (passage du chalut au casier) est ensuite examinée à partir de l'exemple de la pêcherie au casier à langoustine de Loch Torridon (Ecosse). Les

mécanismes incitatifs et plus largement des mécanismes de gouvernance permettant d'assurer la durabilité de l'exploitation (système de gestion adapté, mesures économiques, organisation institutionnelle...) sont discutés. Les bénéfices potentiels d'un changement de technique de pêche de la flottille chalutière langoustinière sont ensuite analysés (i) en supposant un scénario extrême d'adoption du casier à langoustine à la place du chalutage de fond à langoustine qui permet de tester la rentabilité de cette activité étant donné la structure du stock de langoustine actuelle et la durée de la phase de transition vers des CPUE rentables puis (ii) en supposant que la mise en place de mesures incitatives peut permettre de favoriser l'émergence de techniques de pêche alternatives.

Partie 1

Processus de production utilisant des engins de
pêche peu sélectifs : le cas de la flottille
chalutière langoustinière du golfe de Gascogne

Le problème économique de la gestion des productions jointes dans le secteur halieutique présenté dans l'introduction générale met en évidence la nécessité de comprendre et caractériser les mécanismes de production qui mènent aux productions jointes. Les productions jointes naissent des aspects technologiques du processus de production (Pascoe *et al.*, 2007). L'utilisation d'engins de pêche peu sélectifs dans un écosystème multi-spécifique et multi-taille engendre la capture simultanée de plusieurs espèces ou catégories qui constituent les productions jointes. Les productions jointes peuvent être de différentes natures, inter-spécifiques ou intra-spécifiques, désirées ou non désirées et donc rejetées. Dans le domaine halieutique, le problème des productions jointes est généralement traité sous l'angle des rejets et de leurs facteurs de variabilité principalement dans un objectif d'évaluation de stock (Rochet et Trenkel, 2005) et sous l'angle des interactions techniques¹⁶ (Laurec *et al.*, 1991, Ulrich *et al.*, 2001), c'est-à-dire des interactions entre ressource et activité de pêche générées par l'exploitation d'un même stock ciblé ou capturé accessoirement par au moins deux navires (Pope, 1979). Les navires peuvent exploiter un même stock avec des diagrammes d'exploitation différents et peuvent cibler une espèce et capturer accessoirement des espèces ciblées par d'autres navires. Du point de vue de l'analyse économique, le problème des productions jointes a été traité sous l'angle des comportements microéconomiques de rejet (Arnason, 1994, Anderson, 1994, Vestergaard, 1996) et de la maîtrise des productions jointes étudiée à partir de l'estimation de fonction de productions jointes et d'élasticités de substitution entre espèces (Pascoe *et al.*, 2007).

Les caractéristiques des fonctions de productions jointes sont décrites dans Squires (1987), Boncoeur et Guyader (1995) et Kohli (2005). Plusieurs outputs sont produits simultanément au cours d'un même processus de production c'est-à-dire dans un sens plus ou moins strict au cours de la pratique d'un même métier¹⁶, au cours d'une même marée ou au cours d'une même opération de pêche. L'hypothèse d'indépendance des produits, sur laquelle a classiquement reposé la gestion des pêches, nécessitait au contraire de définir une fonction de production séparée pour chaque espèce ou groupe d'espèces et permettait alors de réguler l'une ou l'autre espèce sans affecter les autres espèces. Les systèmes de TAC et quotas par espèce reposent typiquement sur cette hypothèse. La gestion des pêches s'est basée sur des fonctions de production par espèce sans considérer les jointures éventuelles entre espèces. Les interactions techniques ont rarement été prises en compte du fait de la complexité des relations entre mortalité par pêche sur les espèces cibles et accessoires et de la nécessité de décrire l'ensemble du système de façon exhaustive pour permettre de prendre en compte les interactions techniques existantes (Laurec *et al.*, 1991). D'autre part, les comportements des pêcheurs ont généralement été supposés exogènes dans l'analyse des politiques publiques.

¹⁶ Voir glossaire

Squires (1987) attribuait ainsi l'échec de la régulation publique à une compréhension imparfaite du processus de production multi-produit à l'échelle de l'entreprise. L'analyse empirique de Squires (1984) sur la validité des hypothèses classiques sur lesquelles reposent les modèles bio-économiques, infirme ainsi l'hypothèse d'indépendance entre outputs dans le cas des pêcheries chalutières de Nouvelle Angleterre. Pascoe *et al.* (2007) quantifient les interactions techniques par l'estimation d'une fonction de production multi-output dans le cas des pêcheries chalutières anglaises de mer du Nord et montrent que la mise en place de quotas par espèce est inappropriée dans le cas de captures jointes. Ils montrent que la substituabilité entre espèces est généralement faible, ce qui traduit la capacité limitée des pêcheurs à cibler une espèce plutôt qu'une autre. Ce type de mesures aboutit donc à des débarquements illégaux ou à des rejets. La revue de littérature de Pascoe (1997) sur les comportements de rejet souligne la nécessité pour l'analyse des politiques publiques de tenir compte des comportements des pêcheurs en réponse aux contraintes économiques ou de gestion.

Dans cette première partie, nous nous intéressons à l'analyse et à la description des processus de production d'engins de pêche imparfaitement sélectifs (type chalut de fond) dont résultent les productions jointes désirées ou non désirées et donc rejetées. L'exemple de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne sur lequel s'appuie cette thèse, permet de caractériser la technologie de production mise en œuvre dans ce type de pêcheries mixtes et les comportements des pêcheurs qui ont pu modifier les possibilités de productions et les productions jointes à court terme et à plus long terme.

Une des originalités méthodologiques de cette thèse est de décomposer le processus de production d'engins de pêche peu sélectifs en deux fonctions de productions jointes (Figure 1. 1) :

- Une **fonction de capture** décrit le processus de production qui mène aux captures à partir d'un effort de pêche appliqué aux stocks. La fonction de capture fait correspondre à l'ensemble d'inputs constitués de l'effort de pêche et des stocks, un ensemble d'outputs, ensemble de produits ou catégories qui constitue les captures.
- Une **fonction de tri** qui par analogie avec la fonction de capture, produit les débarquements et rejets à partir d'un effort de tri appliqué aux captures produites lors de l'étape précédente. Les inputs de la fonction de tri sont les captures et le travail de tri ou effort de tri¹⁷. Les outputs sont les débarquements triés par espèce-catégorie et les rejets.

Le processus de production d'engins peu sélectifs est donc décrit par deux fonctions de productions jointes imbriquées (Figure 1. 1).

¹⁷ Le capital utilisé dans la fonction de tri est négligeable dans le cas de la pêcherie langoustinière.

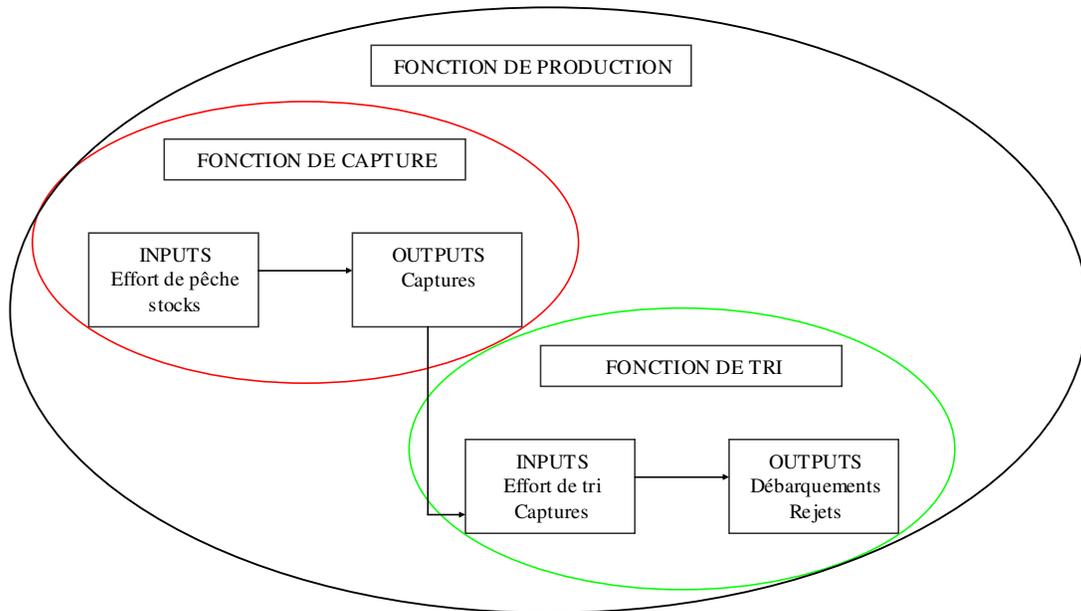


Figure 1. 1 : Processus de production d'engins imparfaitement sélectifs. Source : Elaboration personnelle.

La fonction de capture d'une entreprise de pêche utilisant un engin peu sélectif peut être formalisée par la fonction implicite suivante :

$$g(E, B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_p, Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_q) = 0$$

avec

$E, B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_p$, les inputs de la fonction

E étant l'effort de pêche de l'entreprise

$B_i, i \in [1, p]$ étant la part de la ressource B de catégorie i dont elle peut disposer

$Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_q$, les outputs de la fonction

$Y_j, j \in [1, q]$ étant la quantité de catégorie j capturée

L'effort de pêche (nombre indice synthétisant les facteurs de production anthropiques) appliqué aux stocks¹⁸ (facteurs de production naturels) produit, lors d'un même processus de production, les outputs de la fonction de capture que sont les captures de différentes espèces et tailles ou catégories. L'une des difficultés de l'analyse bio-économique des pêches vient de la notion d'effort de pêche et de la relation entre effort de pêche effectif et effort nominal. Pour le biologiste, l'effort de pêche est entendu au sens effort de pêche effectif et correspond à un indicateur d'activité. Lorsque l'indicateur d'activité et la mortalité par pêche sont proportionnels dans certaines conditions, le coefficient de proportionnalité

¹⁸ La fonction de capture utilise les stocks à chaque pas de temps. La ressource durable correspond donc à une production jointe d'un pas de temps utilisée au pas de temps suivant comme inputs. Sraffa (1960) propose un traitement formel du capital fixe pour traiter les spécificités de ces inputs réutilisables dont un exemple connu est celui de la charrue réutilisée chaque année.

correspond à la capturabilité. L'effort de pêche effectif E est donné par la relation: $E = F/q$, avec q , une constante appelée coefficient de capturabilité et F , le taux instantané de mortalité par pêche, défini par la relation : $F = \frac{dX / dt}{X}$, avec X le stock et dX / dt , la variation du stock due à la pêche sur l'intervalle de temps dt . Pour l'économiste, l'effort de pêche E' correspond, si le théorème de Léontieff (1947) sur la séparabilité des inputs est vérifié, à un nombre indice synthétisant les facteurs de production anthropiques (A_1, \dots, A_n) qu'utilisent les pêcheurs, $E' = f(A_1, \dots, A_n)$. D'après le théorème de Léontieff, les inputs anthropiques peuvent être agrégés en un nombre indice, l'effort de pêche, si le taux marginal de substitution de tout couple de facteurs anthropiques est indépendant des variations des facteurs naturels (donc de la taille des stocks dans le cas de la fonction de production halieutique). Si ce théorème est vérifié, alors le choix de la technique de capture est indépendant du niveau de la biomasse. Hannesson (1983) montre, à partir de l'exemple de pêcheries de morue, que l'hypothèse de séparabilité des inputs est vérifiée pour deux des six pêcheries étudiées. Les hypothèses sur lesquelles repose l'agrégation en un nombre indice effort de pêche sont également décrites dans Squires (1987). L'analyse de la technologie de production dans le cas de la pêcherie chalutière de fond de Nouvelle Angleterre menée par Squires (1984) a également permis de tester empiriquement à partir d'une estimation de la fonction translog de profit multi-produit, la possibilité de construire des index agrégés d'inputs et ainsi de valider empiriquement la séparabilité entre inputs. Le théorème de Léontieff s'applique généralement lorsque l'on raisonne à courte période et parfois également à longue période dans le cas de quelques pêcheries. Dans la suite du travail, nous supposons que le théorème de Léontieff est vérifié et que le problème d'agrégation de l'effort est réglé.

Dans le cas de la fonction de capture, les caractéristiques des inputs (partage des mêmes habitats par différentes espèces et différentes cohortes) et la technique de production (sélectivité limitée des engins de pêche) sont à l'origine des productions jointes. La spécificité de la fonction de production halieutique est qu'il s'agit d'une fonction de prélèvement qui dépend donc de la composition des inputs naturels : des stocks et des caractéristiques des inputs anthropiques. Lorsque les engins de pêche sont sélectifs, ils permettent d'extraire seulement certaines des espèces ou catégories présentes dans l'écosystème multi-spécifique, multi-taille. En revanche, lorsque les engins de pêche sont peu sélectifs, leur utilisation se traduit par la capture simultanée de plusieurs catégories de biens: différentes espèces valorisées de manière différente et au sein d'une même espèce, différentes catégories de tailles ayant des prix unitaires hétérogènes (Pascoe *et al.*, 2007). Toutes choses égales par ailleurs, un même engin peut d'autre part capturer différentes espèces selon l'utilisation qui en est faite. Par analogie avec la fonction de capture, la fonction de tri des captures d'une entreprise de pêche peut être formalisée par la fonction implicite suivante :

$$g(T, Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_q, L_1, L_2, \dots, L_k, \dots, L_m, D_1, \dots, D_r, \dots, D_n) = 0$$

avec

$T, Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_p$, les inputs de la fonction de tri

T étant l'effort de tri ou temps de tri cumulé de l'entreprise qui tient compte du nombre d'hommes à bord participant au tri et du temps passé à trier

$Y_j, j \in [1, q]$ étant les captures de catégorie j à trier.

$L_k, \dots, L_m, D_1, \dots, D_r, \dots, D_n$, les outputs de la fonction de tri,

$L_k, k \in [1, m]$ étant la quantité débarquée par catégorie,

$D_r, r \in [1, n]$ étant la quantité rejetée par catégorie

Il s'agit là encore d'une fonction de productions jointes fournissant différents outputs, les débarquements et les rejets par espèce-catégorie à partir d'un ensemble d'inputs constitué pour partie des outputs de la fonction de capture. De même que la fonction de capture, la fonction de tri est supposée continue et dérivable. Les productivités marginales des facteurs de production sont supposées positives mais décroissantes. Chaque navire ne peut débarquer ou rejeter plus de captures qu'il n'en a capturé. De l'application de l'effort de tri aux captures de différentes espèces-tailles résultent les outputs de la fonction de tri que sont les débarquements et les rejets par espèce-taille. Parmi les catégories capturées, certaines sont retenues et débarquées, d'autres sont rejetées au cours d'une opération de tri des captures. C'est lors de cette étape qu'est déterminée la nature des productions jointes désirées (ciblées), non indésirables (capturées accessoirement et débarquées) ou non désirées (rejetées). La distinction entre ces différents types de productions jointes n'est pas nette. Elle peut être exogène, fixée a priori dans le cas d'une réglementation interdisant le débarquement de certaines espèces ou de certaines tailles par exemple, ou endogène, la distinction entre les différents types de productions jointes est alors le résultat d'un calcul économique.

La variabilité spatio-temporelle des abondances relatives entre espèces peut se traduire par des modifications significatives des productions à technique de pêche donnée. Outre les évolutions liées aux variations relatives d'abondance et de structure en taille des stocks, les productions jointes évoluent en réponse aux comportements des pêcheurs de long terme, investissements, désinvestissements et changements techniques et de court terme, choix d'allocation de l'effort par métier¹⁹, réponses aux mesures de gestion en vigueur et comportements de rejet (Figure 1. 2). Ces stratégies d'exploitation reposent sur un calcul économique. Les pêcheurs sont supposés rationnels et déterminent leurs choix de captures dans le but de maximiser leur profit sous contrainte des conditions d'exploitation.

¹⁹ Voir glossaire

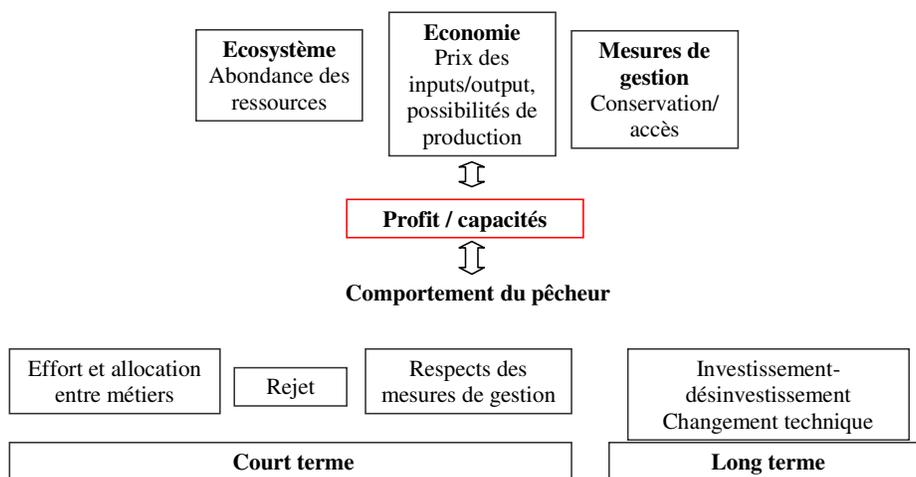


Figure 1. 2 : Comportements de court et long terme des pêcheurs. Source : TECTAC, Marchal (ed), 2005.

Une telle représentation du processus de production d'engins de pêche peu sélectifs met en évidence la nécessité de considérer le processus de production dans son ensemble en y intégrant la fonction de tri. Cette décomposition de la fonction de production en deux étapes permettra, dans la deuxième partie de cette thèse, de préciser l'impact de mesures de gestion destinées à limiter les conséquences économiques des productions jointes.

En s'appuyant sur l'exemple de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne, l'analyse de la fonction de production et de ses évolutions est traitée dans cette première partie en relation avec les comportements des pêcheurs de court et long terme. La première étape du processus de production, la fonction de capture, fait l'objet du premier chapitre. Compte tenu du peu de données disponibles sur l'ensemble des captures, le chapitre 1 analysera essentiellement les productions commercialisées, c'est-à-dire les productions jointes désirées. Le chapitre 1 s'intéresse à la caractérisation de la flottille langoustinière et de ses productions et aux évolutions de long terme et de court terme de la technologie de production et des stratégies de pêche¹⁹. Nous mettons en évidence dans ce chapitre que les navires de la flottille langoustinière ont recours à différents processus de production. Toutes les productions obtenues ne sont pas jointes. Les navires utilisent plusieurs engins de pêche et pratiquent différents métiers⁴ dans différentes zones et à différentes saisons. Nous soulignons la nécessité de procéder au repérage des productions jointes. Le chapitre 2, quant à lui, traite les productions jointes non désirées et analyse le processus de production qui donne lieu à des rejets. Il s'intéresse à l'étape de tri des captures qui produit les débarquements et les rejets à partir des captures et d'un effort de tri. Les comportements de rejet qui constituent une étape stratégique dans le processus de production y sont analysés. Ils déterminent en partie les impacts des productions jointes étudiés dans la deuxième partie de la thèse. Les deux chapitres traitent le problème des productions jointes et de leurs évolutions, l'un du point de vue des productions jointes désirées (débarquées et commercialisées), l'autre du point de vue des productions jointes non désirées (rejetées après une opération de tri).

Chapitre 1 : La fonction de capture

1. Introduction

La production des captures jointes constitue la première étape du processus de production des entreprises de pêche utilisant des engins de pêche peu sélectifs. Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'analyse de la fonction de capture dans le cas des navires de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne.

La sélectivité insuffisante des engins de pêche donne lieu à des productions jointes qui ne se résument pas aux rejets. Plusieurs espèces ou catégories sont produites en même temps et débarquées. Ces productions jointes désirées posent des problèmes en termes d'aménagement des pêcheries. Les mêmes espèces peuvent être produites conjointement ou séparément selon les choix des pêcheurs. Ce chapitre contribue à la caractérisation des productions jointes en s'appuyant sur l'analyse descriptive des évolutions de la technologie de production multi-produit de la flottille langoustinière à long terme et à court terme et sur une analyse des jointures entre espèces. La caractérisation des productions jointes s'appuie sur plusieurs types d'analyses destinées à préciser les processus de production et leurs évolutions en relation avec les comportements des pêcheurs. Une analyse descriptive des caractéristiques de la flottille langoustinière et une analyse multi-variée de ses productions permettent d'identifier différentes stratégies de pêche. Une analyse descriptive des évolutions de long terme de la technologie de production met en évidence les effets d'évolution des facteurs de production à long terme sur les débarquements. Une analyse en composantes principales des captures par trait permet de caractériser les productions jointes à l'échelle de l'opération de pêche.

Après avoir présenté les données utilisées pour l'analyse et les critères de sélection des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne, nous caractérisons la flottille du point de vue des techniques de pêche employées et métiers pratiqués. Nous montrons que ses productions sont multi-spécifiques et multi-tailles. Nous décrivons la variété des processus de production employés par la

flottille langoustinière et la diversité des espèces et des catégories produites. Les différents métiers de la flottille langoustinière et les grandes stratégies de pêche employées nous amènent à distinguer plusieurs sous-flottilles. Les inputs et les outputs de la fonction de capture et les évolutions de la technologie de production sont décrits à long terme pour permettre de prendre en compte les évolutions des possibilités de production et les comportements des pêcheurs de longue période. L'analyse est ensuite centrée sur le repérage et la caractérisation des productions jointes. L'analyse des captures par unité d'effort fait l'objet de la dernière section de ce chapitre et le lien avec le chapitre suivant puisque les captures produites par la fonction de captures sont les inputs de la fonction de tri.

2. Caractérisation de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne

L'analyse de la fonction de capture des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne s'appuie sur différentes sources de données. Leur couplage permet d'analyser les inputs et les outputs de la fonction de capture des navires langoustiniers à l'échelle inter-annuelle et intra-annuelle et d'identifier les changements de long terme et de court terme. Nous décrivons dans cette section les sources de données utilisées et leurs limites. Nous présentons ensuite les critères de définition des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne sur la période 1990-2003 et les caractéristiques de la flottille à partir de l'analyse des données 2001-2003.

2.1. Données utilisées et limites

Dans le cadre du projet Système d'Informations Halieutiques (SIH) de son programme SIDEPECHE, l'IFREMER a constitué depuis 1998 un « réseau pérenne opérationnel et pluridisciplinaire » d'observations des ressources halieutiques et de leurs usages. Un réseau d'observateurs répartis le long du littoral (mer du Nord, Manche, Atlantique et Méditerranée) collecte, en relation étroite avec les professionnels, des données de nature biologique, économique ou technique, à terre et en mer, selon des composantes méthodologiques standardisées et validées au niveau national (Daurès *et al.*, 2003). La base de données du SIH est constituée à partir des données ainsi récoltées par l'Ifremer et du flux déclaratif et administratif transmis par la Direction des Pêches maritimes et de l'Aquaculture (DPMA) du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche dans le cadre de la convention Ifremer-DPMA « Statistiques de pêche ». Elle centralise cinq grands groupes d'informations (Figure 1. 3):

1/ Les **statistiques de pêche** et activité des flottilles rassemblent dans une base centralisée les données recueillies sur l'activité de pêche maritime (flotte, métiers, effort de pêche, production) via le système déclaratif et administratif géré par la DPMA (données déclaratives des livres de bord ou « logbooks » et fiches de pêche, données administratives) et le réseau des enquêteurs du SIH (données d'activité). Les ventes enregistrées en criée sont gérées par l'Ofimer et envoyées ensuite à l'Ifremer via la DPMA.

2/ La base relative aux **données économiques** rassemble les données collectées au cours d'enquêtes économiques réalisées par les enquêteurs du SIH sur tout le littoral français.

3/ Les **données d'échantillonnage des captures à bord des navires de pêche professionnelle**

4/ Les **données d'échantillonnage biologique** des débarquements en criées.

5/ Les données récoltées au cours des **campagnes scientifiques** (navires océanographiques).

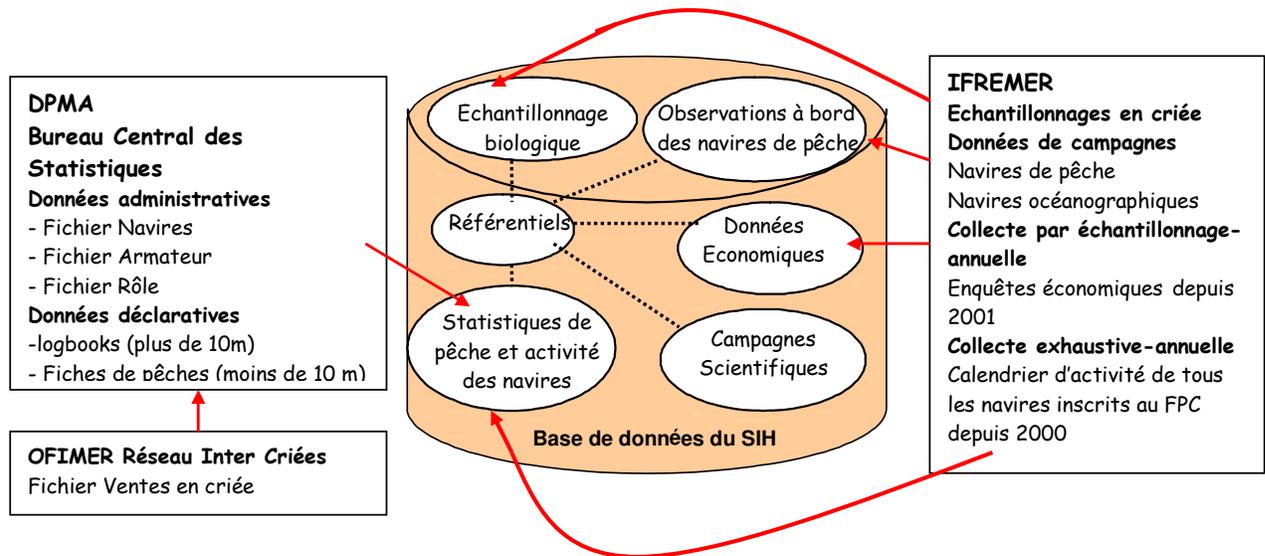


Figure 1. 3 : Système d'Informations Halieutiques. Sources: IFREMER/SIH.

Les trois premiers groupes d'information ont été utilisés dans le cadre de cette thèse. Les données statistiques de pêche et activité des navires, les données d'observations des captures en mer et les données issues du projet TECTAC (Technological developments and tactical adaptations of important EU fleets) (Marchal (ed), 2005) sont utilisées dans cette partie pour analyser la fonction de production (fonction de capture et fonction de tri) des langoustiniers. Les données économiques et les données d'échantillonnage biologique permettront de paramétrer le modèle utilisé dans les chapitres 3 et 4 de la deuxième partie. Outre les données disponibles dans le cadre du SIH, les données du programme européen TECTAC ont été utilisées pour décrire les évolutions inter-annuelles des inputs de la fonction de capture (Marchal (ed), 2005). Le Tableau 1. 1 recense les principales bases de données utilisées dans le cadre de cette thèse, l'origine des données, le type de données contenues dans la base, le mode de collecte et le taux d'échantillonnage lorsqu'il est disponible.

Source	Type de données	Mode de collecte	Taux d'échantillonnage	Série	Echelle des données
Administrations: Affaires Maritimes DPMA	Flottes de Pêche Communautaires caractéristiques techniques des navires quartiers d'immatriculation, longueur, puissance, engins Armateurs Caractéristiques, âge, Rôle Nombre d'hommes embarqués par mois	Déclaratif		depuis 1971	Annuelle par navire
Ofimer	Données de Ventés Données de débarquements par navire en quantité et valeur par espèce et catégorie	Enregistrées en Criée gérées par l'Ofimer et envoyées à l'Ifremer via la DPMA		depuis 1990	Par espèce par mois depuis 1990. Par espèce, catégorie et date de vente à partir de 1999
IFREMER/SIH	Données d'Activité Données sur le calendrier d'activité par navire par mois: métiers pratiqués, deux principales zones de pêche fréquentées par métier, nombre de jours de mer et de pêche, rayon d'action des navires (gradient côte-large).	Enquête directe ou indirecte. Complément des statistiques officielles.	Exhaustivité du calendrier d'activité pour l'ensemble des navires de pêche professionnels français	depuis 2000	Mensuelle par navire
IFREMER/SIH	Données d'effort de pêche des navires langoustiniers de la partie sud de la pêcherie : rythmes de marées, nombre de traits et durée de traits.	Enquête en 2005	Navires langoustiniers du sud de la pêcherie	sur 2004	Annuelle par navire
IFREMER/SIH	Données économiques environ 60 variables par navire permettant l'analyse et le suivi des performances économiques des flottilles et des indicateurs généraux du secteur des pêches (production, capital investi, emploi, marchés, coûts...)	Collectées au cours d'enquêtes économiques réalisées par les enquêteurs du SIH	Plan d'échantillonnage stratifié et taux d'échantillonnage d'environ 15% des navires enregistrés au fichier de flotte de l'année précédent les enquêtes soit 850 navires enquêtés par an	depuis 2000	Annuelle par navire
IFREMER/SIH	Données d'Observation des Captures en Mer (Obsmer). Données de distribution en longueur et poids moyen de l'ensemble des espèces capturées par trait échantillonné	Echantillonnages des captures à bord des navires de pêche professionnelle par les observateurs en mer	Environ 40 marées par an et en moyenne 3 traits échantillonnés par marée	depuis 2002	Par trait et navire
TECTAC	Bases de données TECTAC Données sur les changements technologiques et de stratégie de pêche : évolutions de nombre de jours de mer par an, de la durée des marées, du nombre de traits et de la durée des traits moyens de production mis en œuvre (engin de pêche utilisé, innovations technologiques ou nombre d'hommes à bord).	Données récoltées par enquête en 2004.	65 navires identifiés comme langoustiniers (dont 25 navires du panel) enquêtés	de 1985 à 2004	Annuelle par navire
Macher, 2004 et 2007	Données de rythmes de travail de la pêcherie langoustinière et d'organisation du travail à bord.	Données récoltées par enquêtes en 2004 et 2007	23 enquêtes + 6 enquêtes		Par navire
CIEM	Données des groupes de travail sur l'évaluation des stocks du golfe de Gascogne capturés par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne : évolutions des stocks, biomasse, recrutement et évolutions des structures de captures en âge ou taille	Données d'évaluation de stock		fonction des stocks	Annuelle par stock

Tableau 1. 1: Bases de données utilisées, origine, types de données, mode de collecte et taux d'échantillonnage. Source : Elaboration personnelle.

Le manque de données de captures ne permet pas d'analyser la fonction de capture dans son ensemble. Les données dont nous disposons à l'échelle de la flottille sont essentiellement des données de débarquements. Seules quelques données de captures sont disponibles pour les navires qui ont été échantillonnés dans le cadre du programme d'observation des captures à bord des navires de pêche professionnelle. Nous nous intéressons donc dans ce chapitre plus particulièrement aux productions jointes non indésirables et donc débarquées et commercialisées pour lesquelles nous disposons de séries de données de débarquement. Il ne s'agit donc là que d'une partie des captures, l'autre partie ayant été rejetée lors du deuxième processus de production, le tri. Nous montrons que le problème des productions jointes existe même en l'absence de rejet.

2.2. Définition de la flottille des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne 1990-2003

Dans le golfe, la capture de la langoustine s'effectue presque exclusivement sur la Grande Vasière²⁰ située dans les divisions CIEM VIIIa,b (Figure 1. 4) sur des fonds sablo-vaseux²¹ de 60 à 120 mètres. Le stock de langoustines du golfe est pêché par des navires utilisant comme technique de pêche le chalutage de fond.



Figure 1. 4 : Pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne, divisions CIEM VIIIa,b. Source : IFREMER.

²⁰ Vasière sous-marine de grande étendue sur la plateforme continentale qui s'étend au sud de la Bretagne et à l'ouest de la Vendée.

²¹ La nature du fond est en effet primordiale dans le choix de l'habitat terricole de la langoustine (Charreau, 1988).

Une flottille désigne un groupe de navires ayant un ensemble de possibilités de production homogènes (Berthou *et al.*, 2003). Les critères de définitions de la flottille des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne retenus pour l'analyse ont été choisis de façon à prendre en compte l'ensemble des productions possibles des chalutiers ciblant la langoustine dans la zone du golfe de Gascogne et les possibilités de modifications de leurs productions. Nous avons fait le choix d'une définition large de cette flottille. D'autre part, le choix d'analyse d'une flottille et non pas d'un métier en particulier permet de prendre en compte les choix de combinaisons de métiers pratiqués au cours de l'année par les navires de la flottille. Ces différentes stratégies de pêche sont susceptibles de modifier les captures et les jointures entre espèces.

Pour les années 2001 à 2003, pour lesquelles nous disposons des données d'enquête activité, la flottille langoustinière du golfe de Gascogne est définie comme l'ensemble des entreprises de pêche ayant déclaré, dans les enquêtes activité, pratiquer au moins un mois le chalut de fond franc ou jumeau à langoustine dans le golfe de Gascogne et ayant débarqué plus de 1500 kg de langoustines vivantes dans l'année. A partir des données de débarquement détaillées par type de présentation, les navires ayant débarqué plus de 1500 kg de langoustines vivantes sont ajoutés à cette liste. Cela permet d'identifier des navires pêchant de la langoustine dans la division VIIIa,b mais n'ayant pas été référencés en métier langoustine dans l'activité (par exemple les chalutiers pratiquant le chalut de fond à divers poissons ou le chalut de fond à soles). Le critère de production de 1500 kg a été retenu au regard du critère fixé pour l'obtention de la licence langoustine (Permis de Pêche Spécial PPS mis en place à partir de 2004). Les navires devaient justifier des débarquements de langoustines supérieurs à 2 tonnes l'une des trois années précédant l'attribution du PPS. Nous avons choisi un critère moins contraignant pour inclure les navires dont les débarquements hors criée auraient été importants²² et prendre en compte les navires qui ciblent la langoustine très occasionnellement.

Pour les années antérieures aux enquêtes activité, de 1990 à 2000, la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne a été définie à partir des données de débarquement et du fichier FPC (Flottes de Pêche Communautaire). La classe de longueur du navire, le gradient d'action côte-large et un critère de production de langoustines ont été retenus comme critères pour définir les navires qui ciblent la langoustine une partie de l'année dans le golfe de Gascogne (dans les divisions CIEM VIIIa,b). Le gradient est utilisé pour distinguer la flottille langoustinière du golfe de Gascogne de la flottille langoustinière de mer Celtique. La flottille du golfe de Gascogne effectue des marées de courte durée sur des zones proches des ports de débarquements et débarque de la langoustine vivante tandis que les navires de la flottille de mer Celtique effectuent des marées d'une quinzaine de jours et débarquent de la langoustine glacée. L'absence de données d'activité pour la série 1990-2000 ne permet pas de

²² Daurès *et al.* (2003) estiment ainsi que 35% de la production française en valeur échappe au système déclaratif.

définir la flottille avec autant de précision que sur la période 2001-2003. En particulier, les données disponibles sur le gradient côte-large et la taille des navires ne permettent pas d'exclure totalement les navires langoustiniers de la flottille de mer Celtique. Le nombre de navires identifiés comme langoustiniers du golfe de Gascogne sur la série 1990-2000 risque donc d'être surestimé.

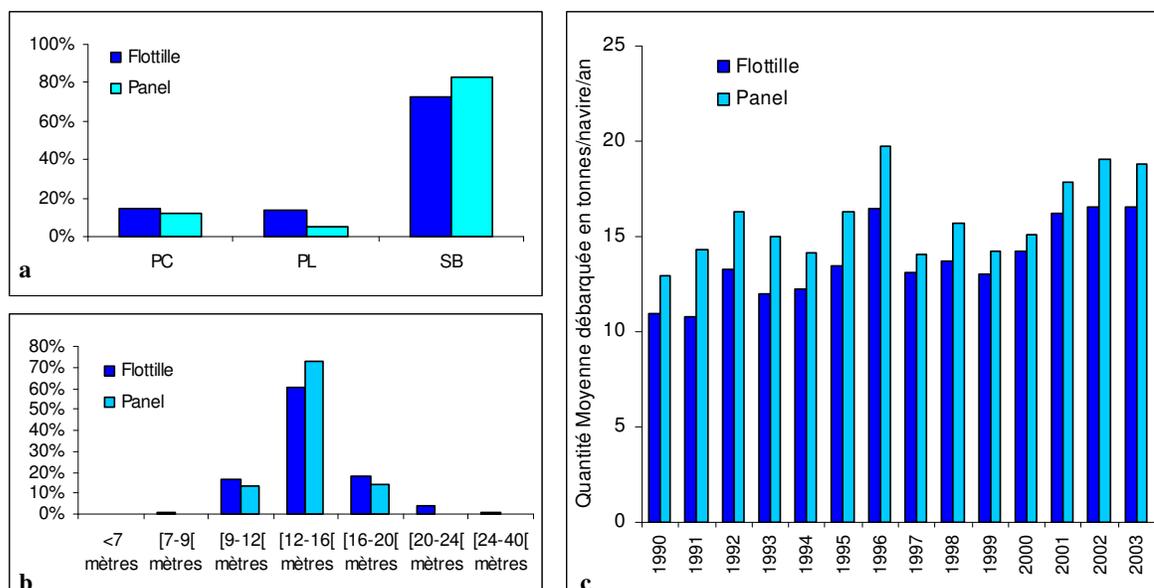
Dans le cas de la pêcherie langoustinière du golfe, les données de « logbook » (journaux de bord)²³ issues du système déclaratif géré par la DPMA sont considérées comme inexploitable compte tenu de l'irrégularité des rendus et de l'hétérogénéité des données. En 2003, sur 234 chalutiers langoustiniers opérant dans le golfe de Gascogne, 211 ont rendu un logbook au moins une fois et 108 patrons ont rempli leurs logbooks pour 2 à 50 sorties. 4625 marées ont été renseignées pour 25404 ventes (18%) et 2135 tonnes de langoustines ont été déclarés dans les logbooks contre 3742 tonnes vendues en criées (57%). 14 884 séquences de pêche ont été saisies dans les logbooks pour environ 130000 traits effectués par cette flottille. En 2004, seulement 16 % des ventes en criée ont pu être reliées aux données de logbook. Les logbooks disponibles ne peuvent donc pas être considérés comme représentatifs de la pêcherie et ne pourront pas être utilisés pour décrire les évolutions d'effort de pêche sur la période.

La flottille langoustinière définie sur la période 1990-2003 permet d'identifier un panel de 105 navires présents sur l'ensemble de la série. A l'échelle inter-annuelle, l'analyse des productions des navires du panel permet de raisonner à structure de la flottille constante²⁴.

L'analyse de la distribution en classes de longueur, quartiers maritimes et volumes de langoustines débarqués du panel de navires par rapport à la flottille langoustinière totale met en évidence que les navires de Sud-Bretagne et les navires de [12 ;16] mètres sont légèrement sur-représentés dans l'échantillon des navires du panel par rapport à l'ensemble de la population (Figure 1. 5). Historiquement la flottille langoustinière est très ancrée dans cette région et très spécialisée sur la langoustine par rapport au reste de la flottille. Cela explique que les navires du panel identifiés comme langoustiniers tout au long de la série se retrouvent dans cette région. Les navires du panel ont d'autre part une production de langoustine annuelle plus importante que les navires de la population : les navires de Sud-Bretagne sont généralement plus spécialisés sur la langoustine qu'ils ciblent la majeure partie de l'année.

²³ Conformément à la réglementation communautaire, les logbooks doivent être remplis par les pêcheurs quotidiennement pour les navires de 10 mètres et plus ; ils indiquent les quantités de chaque espèce capturée, le lieu de ces captures, le type d'engin utilisé, la date de la marée. Pour les navires de moins de 10 mètres, des fiches de pêche se substituent aux logbooks.

²⁴ La capturabilité peut en revanche évoluer avec le progrès technique et l'investissement.



PC : Poitou Charentes, PL : Pays de Loire, SB : Sud-Bretagne

Figure 1. 5 : Comparaison des distributions du panel et de la flottille langoustinière a) par région, b) en classes de longueur, c) en quantité moyenne débarquée. Source : d'après données IFREMER/SIH.

2.3. La flottille langoustinière du golfe de Gascogne : Situation en 2001-2003

Les grandes caractéristiques de la flottille langoustinière sont décrites dans cette section à partir des données 2001-2003.

2.3.1. Caractéristiques techniques de la flottille

La flottille des chalutiers langoustiniers est l'un des segments les plus importants de la flottille française dans le golfe de Gascogne. Elle représente environ un quart des chalutiers français opérant dans cette zone (Leblond *et al.*, 2007). En 2003, la flottille des chalutiers de fond ayant pêché la langoustine dans les Divisions CIEM VIIIa,b au moins un mois et ayant capturé plus de 1500 kg de langoustines dans l'année était composée de 234 navires répartis entre les régions Bretagne, Pays de Loire et Poitou-Charente. La flottille est composée de chalutiers de 15 mètres en moyenne et d'une puissance de 235 kW. L'équipage moyen est de trois hommes en 2003. La flottille est représentée dans 9 quartiers maritimes du littoral Atlantique avec une prédominance de la Bretagne, et particulièrement de la Bretagne Sud ; 67 % des chalutiers langoustiniers et au moins 64 % de l'emploi associé se concentrent en effet dans cette région.

L'activité totale de ces navires a généré en 2003 un chiffre d'affaires total estimé à 82.4 millions d'euros pour une valeur ajoutée de 45 M€ (Leblond *et al.*, 2007). En 2003, 3900 tonnes de langoustines ont été débarquées pour une valeur de 33.2 millions d'euros²⁵. La productivité en langoustine par homme embarqué est de 4,8 tonnes. Un navire moyen débarque environ 17 tonnes de langoustines par an pour une valeur de 142000 euros environ et un chiffre d'affaires total de 352000 euros. Il existe cependant une grande variabilité en fonction de la taille des navires ou du nombre d'hommes à bord²⁶ (Tableau 1. 2).

Catégories d'équipage	Nombre de navires	Longueur moyenne (m)	Nombre moyen de jours de mer par an	Valeur moyenne des navires (k Euros)	Chiffres d'affaires total (millions Euros)	Chiffre d'affaires moyen par navire (k Euros)
[1,2]	53	12	199	191	8	153
]2;3]	70	15	199	304	19	279
]3;4]	54	16	201	368	18	343
]4;5]	50	17	217	532	24	482
]5;]	10	18	225	801	6	630

Tableau 1. 2: Distribution des navires par catégories d'effectifs et indicateurs physiques et économiques clés moyens 2001-2003. Source : d'après données IFREMER/SIH/DPMA.

Les chalutiers langoustiniers passent environ 200 jours en mer par an et la durée de la marée varie de 12 heures à trois jours. Les navires opérant depuis les ports de Sud-Bretagne, proches des zones de pêche effectuent des sorties journalières. Les navires des autres régions, plus éloignés des zones de pêche à langoustine dans le sud de la pêcherie notamment, effectuent des marées de plusieurs jours. Le rythme des marées, le temps de pêche, le nombre d'opération de pêche par marée varient ainsi en fonction de la provenance des navires.

2.3.2. *Engins utilisés, métiers pratiqués et zones fréquentées*

Les navires de la flottille langoustinière utilisent au cours de l'année plusieurs engins de pêche et pratiquent plusieurs métiers. Plus de 50% de la flottille n'utilise qu'un seul engin par an, et plus de 80% utilise au plus deux engins par an (moyenne 2001-2003). La technique de production reste principalement le chalut de fond simple ou jumeau. La drague et le chalut pélagique sont les autres engins utilisés. En moyenne, les navires de la flottille ont utilisé 1,6 engins par an et ont pratiqué 3,1 métiers par an (moyenne 2001-2003).

²⁵ Presque toutes les langoustines débarquées sont capturées par les chalutiers français. 96% du TAC langoustine de cette zone sont alloués à la France, le reste étant attribué à l'Espagne.

²⁶ La segmentation de la flottille s'appuie sur des classes d'effectifs plutôt que sur des classes de longueur pour permettre de prendre en compte l'effort de tri dans un second temps. Nombre d'hommes à bord et longueur des navires sont cependant très corrélés. Cette segmentation permet d'améliorer l'homogénéité des chiffres d'affaires et des structures de coût (Macher *et al.* 2007).

L'analyse des principaux métiers pratiqués montre que les métiers de chalut de fond jumeau et simple à langoustine sont les plus pratiqués. Le chalut de fond à langoustine est pratiqué en moyenne 9 mois sur 11 à 12 mois d'activité annuelle par les navires de la flottille langoustinière. Outre le métier de chalut de fond à langoustine, la flottille pratique différents métiers dans différentes zones au cours de l'année. Le nombre de métiers pratiqués par an varie entre un et dix. 84% des navires pratiquent au plus cinq métiers au cours de l'année. Le chalut de fond jumeau et simple à divers poissons, le chalut de fond simple et jumeau à sole, le chalut de fond simple à seiche et la drague à coquilles Saint-Jacques sont les autres métiers les plus pratiqués (Tableau 1. 3). Une soixantaine d'autres métiers sont pratiqués par les navires de la flottille de façon plus marginale (moins de trente navires par métier). Cette flottille côtière est caractérisée par une certaine polyvalence et une diversité des stratégies de pêche ou stratégies de captures mise en évidence par la variabilité des calendriers d'activité en termes de métiers pratiqués et de zones fréquentées.

METIER	nb navires (moyenne 2001-2003)
Chalutage de fond à langoustine (au chalut jumeau)	160
Chalutage de fond à langoustine (au chalut simple)	74
Chalutage de fond à divers poissons (au chalut jumeau)	54
Chalutage de fond à sole (au chalut simple)	46
Chalutage de fond à seiche (au chalut simple)	37
Drague à coquille Saint-Jacques	35
Chalutage de fond à sole (au chalut jumeau)	34
Chalutage de fond à divers poissons (au chalut simple)	34
60 autres métiers	242

Tableau 1. 3 : Nombre de navires moyen par métier pratiqué. Sources : d'après données d'activité IFREMER/SIH.

En moyenne, sur 2001-2003, la flottille a totalisé 2030 mois d'activité sur la langoustine (métier de chalutage de fond à langoustine déclaré dans les enquêtes activité) sur un total de 2683 mois d'activité soit 76% de son activité annuelle globale. L'importance de l'activité langoustine dans le golfe de Gascogne varie selon les navires. Pour 58% des navires, elle constitue l'essentiel de l'activité annuelle (plus de 9 mois d'activité). 35% de la flotte l'a exercé à temps partiel (3 à 9 mois) dont 17% entre 3 et 6 mois. Enfin pour 4% des navires, elle a constitué une activité très épisodique moins de 3 mois par an (moyenne de l'activité 2001-2003). La Figure 1. 6 met en évidence une saisonnalité de l'utilisation des engins de pêche et de la pratique des métiers, liée en particulier à la disponibilité des espèces ou à l'ouverture de saison de pêche.

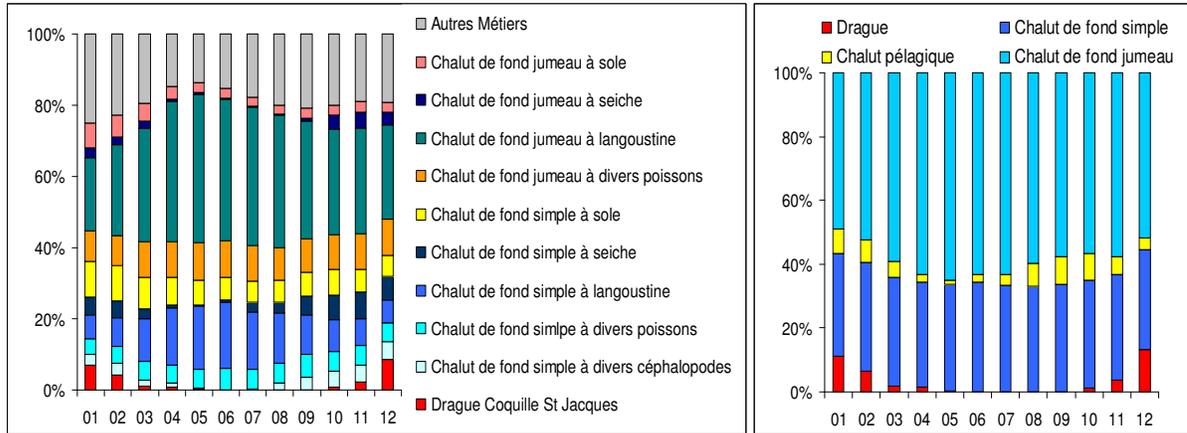


Figure 1. 6 : Pourcentage de navires par métier pratiqué par mois et pourcentage de navires par engin utilisé par mois moyenne 2001-2003. Sources : d'après données d'activité IFREMER/SIH.

Des variations d'intensité d'activité s'observent également au cours de l'année, le minimum de l'activité se situant en janvier (170 navires actifs). L'intensité de l'activité progresse régulièrement au cours du printemps pour culminer au mois de mai, décliner ensuite durant les mois de juillet et août et finalement chuter les mois suivants. L'intensité de la pêche à la langoustine varie au cours de l'année en fonction des variations saisonnières de disponibilité de l'espèce ciblée plus élevée au printemps et en été. La période d'avril à août qui correspond à une disponibilité importante de la langoustine est marquée par une utilisation massive du chalut de fond simple ou jumeau. De septembre à avril l'utilisation des chaluts est remplacée par la drague par certains navires. La drague permet entre autres de cibler la coquille Saint-Jacques dont la pêche est ouverte à cette époque de l'année. La saisonnalité des métiers de chalut de fond à langoustine et de drague à coquilles Saint-Jacques apparaît distinctement sur la Figure 1. 6.

Les stratégies de pêche s'expriment également dans le choix des zones de pêche (ici décrit en termes de fréquentation des rectangles statistiques). Les navires de la flottille langoustinière exercent leur activité dans les 26 rectangles statistiques de la Divisions VIIIa,b et plus exactement sur la Grande Vasière. Les navires fréquentent en moyenne un à deux rectangles statistiques par mois et pratiquent 1 à 4 métiers-zone. La répartition mensuelle des navires entre les dix principaux rectangles statistiques est représentée en annexe 1.1. Les rectangles statistiques qui correspondent aux zones côtières du Sud-Bretagne où se concentre la grande majorité des navires langoustiniers sont les plus fréquentés par la flottille (24^E5 et 24^E6). Les zones de pêche du sud de la pêche (22^E6 et 21^E7) sont beaucoup fréquentées entre avril et septembre. Cette période correspond à la saison de forte disponibilité de la langoustine qui est donc davantage ciblée. Les navires langoustiniers du sud de la pêche exercent ainsi le métier de chalutage de la langoustine à cette saison.

L'effort de pêche se distribue au cours de l'année entre les différents engins de pêche utilisés par la flottille et les différentes zones. Les données de la base activité permettent d'allouer les données d'effort mensuel entre les différents engins et métiers déclarés par mois et les différentes zones selon la méthodologie décrite dans Macher (2005) et détaillée en annexe 1.2. La distribution spatio-temporelle de l'effort en nombre de jours de mer par trimestre permet de visualiser les principales zones de pêche par trimestre et les reports d'activité entre zones au cours de l'année (Figure 1. 7). L'effort de pêche est concentré sur la grande vasière et plus particulièrement dans la partie nord de la Grande Vasière située près des côtes bretonnes.

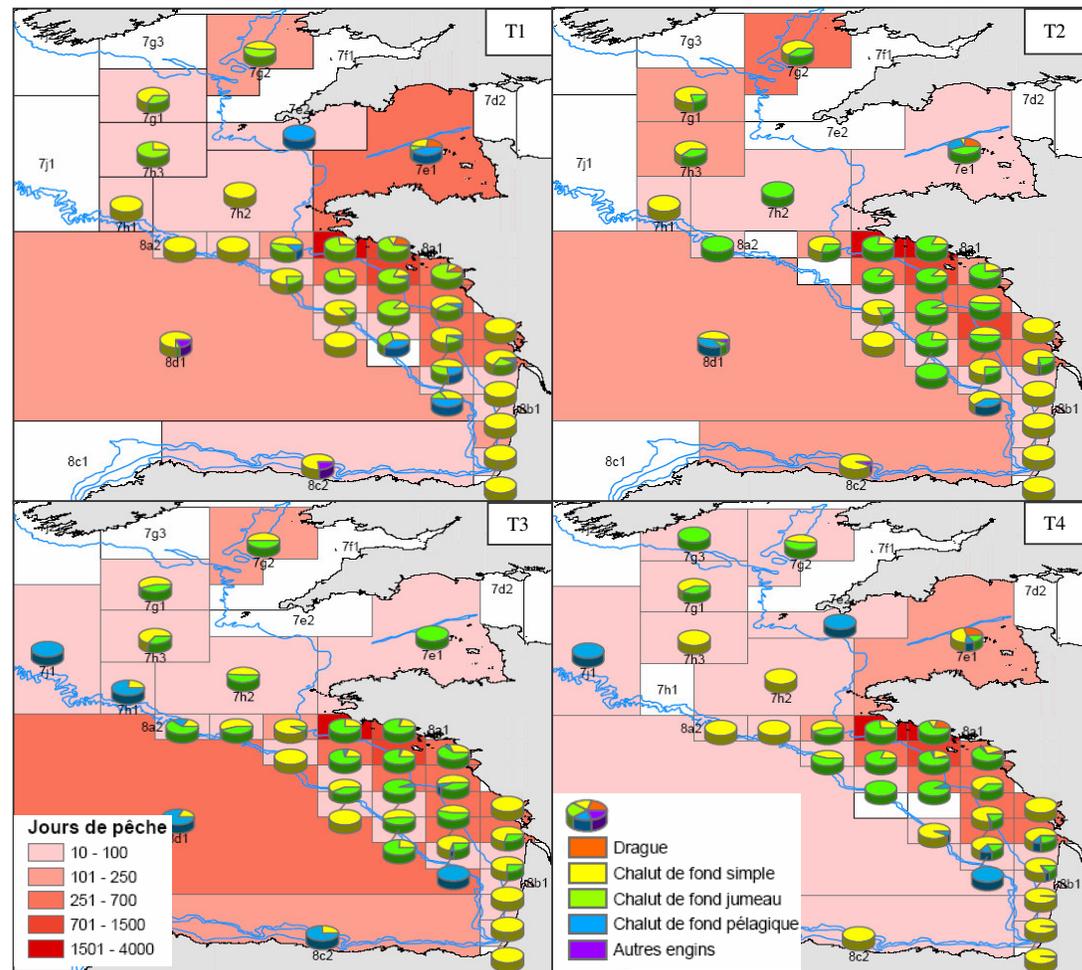


Figure 1. 7: Distribution spatio-temporelle de l'effort de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne en nombre de jours de mer par trimestre et répartition de l'effort entre les engins de pêche par zone en 2003. Source : Macher (2005) d'après données d'activité IFREMER/SIH.

Les chaluts de fond jumeau et simple prédominent dans toutes les zones des Divisions VIIIab et à tous les trimestres. L'activité de dragage apparaît en début et fin d'année et une activité de chalutage pélagique est également présente dans la partie sud du golfe.

2.3.3. Des productions multi-spécifiques et multi-tailles

La pratique des ces différents métiers dans le golfe de Gascogne au cours de l'année produit des captures multi-spécifiques et multi-tailles. En 2003, les débarquements de langoustines par les navires langoustiniers ont ainsi représenté 34% des débarquements en quantité et 57% en valeur. Les débarquements de merlu et de baudroie ont représenté 10% des débarquements en quantité et respectivement 7% et 8% en valeur et les débarquements de sole et seiche ont représenté 5% des débarquement en quantité et respectivement 10% et 2% en valeur. Le reste des débarquements est constitué d'une centaine d'autres espèces qui représentent 36% des débarquements en quantité et 15% en valeur.

Espèce	Total flottille en tonnes	Moyenne en tonnes/navire	% des débarquements en quantité	Total flottille en keuros	Moyenne en keuros/navire	% des débarquements en valeur
Langoustine	3879	17	34%	33386	143	57%
Merlu	1132	5	10%	4366	19	7%
Baudroie	1113	5	10%	4900	21	8%
Seiches	541	2	5%	979	4	2%
Sole	532	2	5%	6028	26	10%
Petite roussette	472	2	4%	247	1	0%
Tacaud	394	2	3%	232	1	0%
Chincharde	359	2	3%	219	1	0%
Cardine	275	1	2%	1297	7	2%
Emissole	258	1	2%	308	1	1%
Autres espèces	2364	24	21%	6634	60	11%

Tableau 1. 4 : Composition spécifique des débarquements en quantité et valeur pour les dix principales espèces débarquées par les navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne en 2003, total pour toute la flottille et moyenne par navire. Source : d'après données IFREMER/SIH.

L'utilisation par la flottille langoustinière des différents engins au cours de l'année et la pratique des différents métiers produisent des profils de débarquements qui varient en fonction des zones et des trimestres. La méthodologie d'allocation des débarquements par engin métier et zone à partir du croisement des données mensuelles de débarquements et des données de la base activité est décrite dans Macher (2005). Le détail est donné en annexe 1.3 et les cartes de profils de débarquement par engin zone et par trimestre sont présentées en annexe 1.4:

- Au premier trimestre, les débarquements sont très variés et les autres espèces (agrégation des espèces n'appartenant pas aux principales espèces débarquées en poids) dominant. Une activité de chalut de fond à seiche et à langoustine est pratiquée.
- Au deuxième trimestre la quasi-totalité de la flottille pratique le métier de chalutage de fond à langoustine. Les débarquements sont donc dominés par la langoustine et deux espèces accessoires de la langoustine, le merlu et la baudroie

- Le troisième trimestre est caractérisé par les débarquements de langoustine et de merlu provenant de l'activité de chalut de fond à langoustine, et par la présence d'anchois qui vient de l'exercice du métier de chalutage pélagique par une partie de la flottille au trimestre 3.
- Le quatrième trimestre est dominé par la présence de seiches, de langoustines et de baudroies. Les mois d'hiver, la flottille langoustinière cible le poisson en parallèle d'une petite activité langoustine au mois de décembre pour alimenter le marché des fêtes.

Les données de débarquements allouées par engin et par zone pour l'année 2003 permettent de décrire la variabilité spatio-temporelle des productions qui résultent de l'utilisation d'un même engin de pêche pour les principaux engins utilisés par la flottille langoustinière. Les cinq premières espèces débarquées en tonnage représentent 91% des débarquements totaux dans le cas du chalutage pélagique et 93% des débarquements totaux dans le cas de la drague. Elles représentent seulement 54% et 65% des débarquements totaux dans le cas du chalutage de fond simple et jumeau respectivement. Ces chiffres traduisent la capacité limitée du chalut de fond à cibler certaines espèces en particulier et mettent en évidence la proportion importante de productions jointes dans les débarquements résultant de ce processus de production peu sélectif. Les profils de débarquements par zone sont décrits dans la Figure 1. 8 dans le cas du chalut de fond jumeau. Les profils de débarquement par zone des engins, chalut de fond simple, drague et chalut pélagique sont présentés en annexe 1.5.

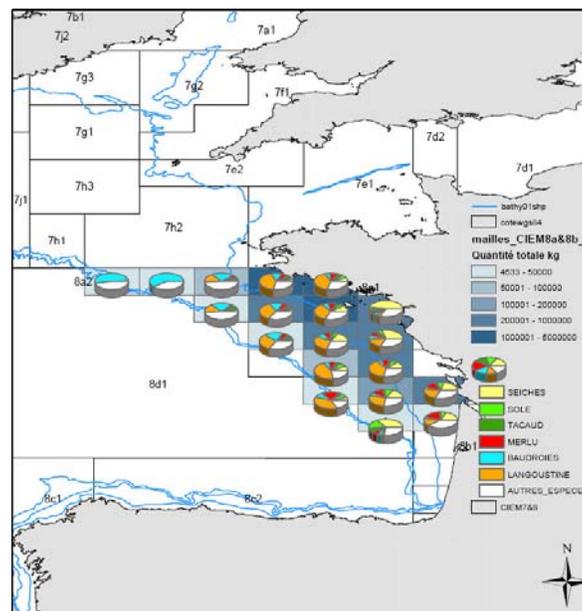
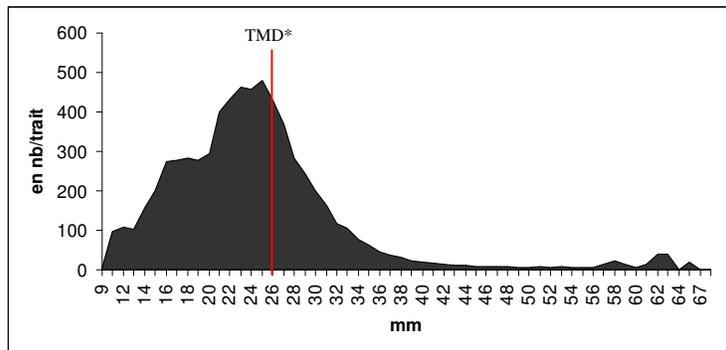


Figure 1. 8 : Profils de débarquements par zone en 2003 du chalut de fond jumeau pour la flottille langoustinière du golfe de Gascogne. Source : d'après données activité et production IFREMER/SIH.

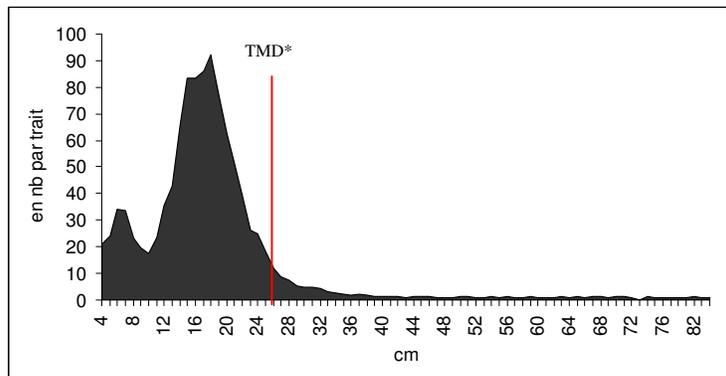
Le chalut de fond jumeau est utilisé par la flottille dans toute la partie nord et médiane du golfe de Gascogne qui correspond à la Grande Vasière. Aux accores²⁷, dans la partie nord-ouest du golfe, les débarquements sont caractérisés par la présence de baudroies. Les débarquements des autres zones sont dominés par la langoustine, le merlu, la seiche et la sole.

Les productions de la flottille langoustinière sont composées de différentes espèces mais également d'individus de différentes tailles au sein d'une même espèce comme en témoignent les structures des captures de langoustines et de merlus des navires de la flottille langoustinière (Figures 1.9 et 1.10).



* TMD=Taille Minimale de Débarquement

Figure 1. 9 : Distribution moyenne en longueur (Longueur céphalothoracique en mm) des captures de langoustines par trait. Profils établis à partir des données de captures de 242 traits échantillonnés de 2003 à 2005 au cours de 109 marées sur des navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine. Source : d'après données Obsmer IFREMER//SIH.



* TMD=Taille Minimale de Débarquement

Figure 1. 10 : Distribution moyenne en longueur des captures de merlu par trait. Profils établis à partir des données de captures de 242 traits échantillonnés de 2003 à 2005 au cours de 109 marées sur des navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine. Source : d'après données Obsmer IFREMER//SIH.

La flottille langoustinière est donc caractérisée par l'utilisation d'engins de pêche peu sélectifs (chalut de fond simple et jumeau, drague) et la pratique de différents métiers dans différentes zones dont

²⁷ Tombant du plateau continental

résultent des captures de différentes catégories. Ces catégories peuvent se distinguer d'un point de vue biologique (différentes espèces, différentes tailles, différents sexes...) et économique (différents prix).

3. Stratégies de pêche de la flottille langoustinière à court terme

L'analyse des profils de débarquements par engin et zone et par saison met en évidence la variabilité des productions. A l'échelle annuelle, les productions varient en fonction du calendrier d'activité choisi et des zones fréquentées : les stratégies de pêche des navires, c'est-à-dire les choix d'allocation de l'effort de pêche par métier et, pour un même métier, les choix d'allocation de l'effort de pêche par zone, modifient les productions. Les navires de la flottille langoustinière mettent en œuvre différentes stratégies de pêche qui font l'objet de cette section. A partir des profils de débarquement, nous cherchons à distinguer, à l'échelle annuelle et à l'échelle d'un métier, le métier de chalutage de fond à langoustine, des groupes de navires pour lesquels la stratégie de pêche déployée et les productions sont homogènes.

3.1. Méthodologie

L'Analyse en Composante Principale ou ACP, est une méthode factorielle utilisée pour l'analyse des bases de données du type individus – variables quantitatives (Saporta, 1990). Cette méthode consiste à calculer un ensemble réduit de combinaisons linéaires des variables initiales qui résumant ces variables en minimisant la perte d'information due à cette réduction. Il s'agit donc d'obtenir le résumé le plus pertinent possible des données initiales. Les combinaisons linéaires des variables actives forment les « composantes principales » (ou axes factoriels) qui structurent le nuage de points des individus. L'utilisation d'analyses en composantes principales permet de garder les relations non linéaires entre variables, la projection conservant les positions relatives des points. Les coordonnées des individus sur les composantes principales retenues permettent ensuite de regrouper les individus en « groupes homogènes » et de créer une typologie d'individus en utilisant une méthode de classification couplée à l'ACP. Ce type d'analyse est donc très adapté à la description des profils de débarquements où le nombre de variables est important et difficile à analyser. Les stratégies de pêche définies par les espèces cibles, les engins utilisés, les zones de pêche fréquentées et la saison de pêche ont été classiquement décrites par des méthodes d'analyses en composantes principales et de classification des profils de débarquements. Biseau et Gondeaux (1988) sont parmi les premiers à utiliser ces méthodes pour décrire les flottilles de mer Celtique et du Mor-braz²⁸. Ils montrent l'intérêt des méthodes d'analyses en composantes principales pour définir des groupes de navires homogènes

²⁸ Baie qui s'étend de Quiberon à Piriac.

du point de vue des métiers pratiqués et ainsi diminuer le nombre de sous-flottes nécessaires à la modélisation bio-économique des pêcheries. Ces méthodes sont ensuite utilisées par Laurec *et al.* (1991), pour établir une typologie des activités de pêche de la pêcherie de poissons de fond de la mer Celtique en s'appuyant sur des ACP sur les compositions de captures par navire. Biseau *et al.* (1999) caractérisent les différents métiers pratiqués par les pêcheries bigoudènes à partir d'analyses multivariées. Pelletier et Ferraris (2000) s'appuient sur une approche multi-variée en deux étapes : une ACP et une Classification Ascendante Hiérarchique sur des profils de débarquements par marée, puis une analyse des correspondances multiples appliquée aux profils de captures, zones de pêche, engins et mois, pour identifier les différentes tactiques de pêche des pêcheries sénégalaises. Holley et Marchal (2004) utilisent cette même technique sur les profils de débarquements annuels de la flottille des chalutiers de fond hauturiers d'Atlantique nord pour décrire les stratégies de pêche et leurs évolutions sur la période 1985-2002. Maynou *et al.* (2003) utilisent ACP et classification sur les moyennes mensuelles de Captures par Unité d'Effort (CPUE) en kg par jour par espèce pour identifier les différentes stratégies de captures de langoustines et de crevettes rouges par les pêcheries catalanes et analyser les facteurs de variabilité des CPUE par stratégie. L'utilisation des tactiques de pêche permet en effet d'avoir une meilleure approximation des CPUE (Pelletier et Ferraris, 2000 et Maynou *et al.*, 2003).

Des analyses multi-variées (analyses en composantes principales et classifications) sont réalisées sur des données de débarquements des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne. Elles permettent de caractériser les différentes stratégies de pêche (choix des combinaisons de métiers pratiqués au cours de l'année, choix pour un même métier des saisons et des zones de pêche) qui vont déterminer la structure des débarquements à plusieurs échelles et de caractériser les relations entre espèces. L'objectif de ces analyses est de mettre en évidence les espèces structurant les profils de débarquement et les relations entre espèces, et de construire des groupes de profils homogènes. La caractérisation de groupes de navires homogènes du point de vue de la structure de leurs débarquements (de stratégie homogène) permet de définir quelles sous-flottes doivent être distinguées dans l'analyse du processus de production et modélisées pour l'analyse des impacts de mesures de gestion.

Deux ACP couplées à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ont été réalisées et appliquées à deux matrices de données pour décrire des groupes homogènes de navires du point de vue de leurs profils de débarquements à différentes échelles

- Une ACP sur les profils de débarquements annuels en volume des navires de la flottille langoustinière de 2001 à 2003 destinée à identifier des groupes de navires ayant une stratégie de production homogène à l'échelle annuelle (même calendrier d'activité).

- Une ACP sur les profils mensuels de débarquements en volume des navires-mois de la flottille ayant pratiqué le métier de chalut de fond à langoustines les mois retenus. Cette ACP permet d'identifier au sein d'un même métier, des groupes de navires dont les profils de débarquements sont homogènes et de décrire les caractéristiques de ces groupes (espèces dominantes, zones fréquentées, saisons, ...)

Les données de débarquements sont analysées en pourcentage des débarquements totaux en volume et non en valeur absolue afin de regrouper les navires ayant des profils semblables et de gommer l'effet puissance du navire ou effort de pêche sur les quantités capturées (Biseau et Gondeaux, 1988). L'utilisation de profils de captures permet de réduire la variabilité et aplatit le nuage sur les axes. Les ACP sont non normées pour éviter d'écraser les différences entre variables et conserver la structure des captures et l'importance relative entre les espèces. L'ACP non normée conduit à privilégier les variables les plus dispersées²⁹. L'ACP normée aurait donné le même poids à toutes les espèces et ne permettrait donc pas de décrire les profils de captures. Le tableau des corrélations entre les axes et les variables initiales permet d'associer à chaque axe des groupes de variables et de donner une interprétation aux axes. Deux éléments sont à prendre en compte : le niveau de corrélation de la variable avec l'axe et le sens de la corrélation, positif ou négatif. Le classement des valeurs tests qui comparent pour chaque variable l'écart observé entre la valeur sur la classe et la valeur prise sur la totalité permet de déterminer les variables les plus caractéristiques de chacun des axes. Le signe des valeurs-tests permet de mettre en évidence les oppositions entre variables construisant les différents axes factoriels de notre analyse. Les CAH sont conduites sur les mêmes matrices de données à partir des coordonnées factorielles des individus sur les dix premiers axes. La mesure de distance choisie est une distance euclidienne. Le critère d'identification des classes de la CAH repose sur le critère de variance minimale de Ward (1963).

Les résultats de la première analyse des profils de débarquements à l'échelle annuelle sont résumés rapidement. Ils permettent d'identifier des groupes de navires de stratégies homogènes à l'échelle de l'année. Nous détaillons en revanche les résultats de l'analyse multi-variée des profils mensuels de débarquement correspondant à la pratique du métier de chalutage de fond à langoustines qui nous intéressent davantage pour l'analyse des productions jointes. Les débarquements analysés dans la deuxième ACP sont en effet produits au cours d'un même processus de production.

²⁹ L'ACP normée est intéressante quand les variables sont hétérogènes. La réduction permet alors de donner la même importance à toutes les variables quelle que soit leur dispersion.

3.2. Analyse multi-variée des profils de débarquements annuels

La première ACP est réalisée sur 710 profils de débarquements annuels en volume de la flottille langoustinière des années 2001 à 2003. Les profils sont décrits par 30 espèces ou groupes d'espèces présentés en annexe 1.6. La codification des espèces a été établie en tenant compte des espèces accessoires importantes pour cette pêcherie mixte, des espèces sous quotas, des espèces importantes en valeur et/ou volume. Les variables explicatives sont les données d'activité (nombre de mois-zones de pêche et nombre de mois-métiers pratiqués) et les caractéristiques des navires (quartier maritime et sous-région d'exploitation, longueur, puissance, effectif embarqué). Les résultats de l'ACP et de la CAH sont détaillés en annexe 1.7.

Le premier axe de l'ACP distingue les profils de débarquement annuels en fonction de leur spécialisation sur la langoustine. L'axe 2 distingue les profils des navires qui débarquent de l'anchois en proportion supérieure aux autres navires. L'axe 3 distingue les navires dont la proportion de coquilles Saint-Jacques est importante dans les débarquements. L'axe 4 oppose les navires dont les profils de débarquements sont caractérisés par des proportions plus importantes de baudroies aux navires plutôt caractérisés par des proportions supérieures à la moyenne de divers céphalopodes, langoustines et anchois.

La meilleure partition proposée est la partition en cinq classes qui permet d'expliquer environ 61% de l'inertie totale, c'est-à-dire de la variance inter-classe. Les 39% inexpliqués restants sont dus à la variance intra-classe.

La CAH distingue des 4 autres classes, une classe regroupant 46% des profils de débarquement et caractérisée par une forte spécialisation sur la langoustine. Les navires de cette classe ciblent la langoustine plus de 9 mois par an et cette espèce représente 43% de leurs débarquements. Cette classe correspond aux profils de navires de Bretagne Sud de 12-16 mètres qui opèrent dans le nord de la pêcherie. Ces navires débarquent dans les quartiers du Guilvinec et de Concarneau en particulier.

Deux classes de profils se distinguent des autres parce que les navires de ces classes utilisent la drague et le chalut pélagique :

- La classe 2 qui regroupe 25 profils correspondant à des navires chalutiers pélagiques de plus de 16 mètres qui opèrent depuis Auray pour 36% d'entre eux. Les débarquements sont caractérisés par une proportion supérieure à la moyenne d'anchois, de bars et de chinchards capturés au cours des activités de chalutage pélagiques exercés 7 mois par an.
- La classe 3 qui correspond à la classe des chalutiers dragueurs qui ciblent la coquille Saint-Jacques en Bretagne-Nord 6 mois par an et la langoustine en Sud-Bretagne les 6 autres mois de l'année. Elle regroupe 12 profils.

Pour un même engin, les profils sont différents selon les métiers pratiqués et les zones fréquentées, deux classes de navires utilisant principalement le chalut de fond mais ne pratiquant pas les mêmes métiers et ne fréquentant pas les mêmes zones sont ainsi distinguées :

- La classe 4 regroupe 215 profils et correspond à des navires de plus de 16 mètres de Lorient pour 27% d'entre eux et plus généralement des navires opérant depuis d'autres quartier que le Guilvinec qui pratiquent le chalutage de fond à baudroie et sole et dont les débarquements sont caractérisés par des proportions supérieures à la moyenne de baudroies, raies, squales et divers gadidés.
- La classe 5 regroupe 141 profils et correspond à des navires du sud de la pêcherie (d'Oléron, Saint-Nazaire et La Rochelle) qui pratiquent le chalut de fond à divers céphalopodes et à seiche 4 mois de l'année et le chalut de fond à sole cinq mois de l'année en plus du chalutage de fond à langoustine. Les débarquements sont caractérisés par des proportions importantes de divers céphalopodes.

La classification distingue les classes de profils de débarquement en fonction des engins de pêche utilisés, des métiers pratiqués et des zones fréquentées. Le pourcentage de variance intra-classe reste très important et montre la forte variabilité des profils de débarquements pour une même stratégie de pêche. Trois espèces structurent les axes : la langoustine, l'anchois et la coquille Saint-Jacques. Ces espèces ne sont pas des productions jointes. Elles sont ciblées au cours de processus de production distincts qui mettent en œuvre différents engins de pêche : le chalut de fond dans le cas de la langoustine, le chalut pélagique pour l'anchois et la drague pour la coquille Saint Jacques. L'utilisation d'un même engin de pêche, le chalut de fond, peut d'autre part se traduire par la capture de groupes d'espèces différents selon son utilisation : selon les espèces ciblées, les zones fréquentées et la saison. Toutes les espèces capturées par les navires de la flottille langoustinière ne sont donc pas des productions jointes. Les profils de débarquement annuels sont le résultat de différents processus de production mis en œuvre au cours de l'année.

3.3. Analyses multi-variées des profils de débarquements mensuels du métier de chalutage de fond à langoustine

Des analyses multi-variées sont ensuite menées sur les profils mensuels de débarquement de navires-mois ayant pratiqué le métier de chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne. Ces analyses permettent d'identifier des groupes de navires-mois dont les profils de débarquements sont homogènes et de caractériser la structure des débarquements d'un même métier en termes d'espèces accessoires. Les données mensuelles de débarquements de la flottille langoustinière de 2001 à 2003 ont été utilisées pour l'analyse. Les profils de débarquement des navires-mois pratiquant le métier de chalutage de fond à langoustine ont été extraits de la base de données. Seuls les profils où la

langoustine représentait plus de 10% des débarquements ont été gardés pour éviter de prendre en compte des erreurs de renseignements des métiers dans les bases activité. La matrice de données ainsi construites comprend 5915 individus (navire-mois) décrits par les 30 espèces ou groupes d'espèces. Les variables illustratives sont les classes de longueur et d'effectif des navires, la puissance des navires, les zones fréquentées, les mois et, les sous-régions et quartiers maritimes d'appartenance.

3.3.1. Axes factoriels

L'analyse des différences troisièmes montre l'existence d'un palier au deuxième et au cinquième axe. L'histogramme des valeurs propres indique que les cinq premiers axes expliquent environ 79 % de l'inertie totale. Les données sont donc très variables. Les 5 premiers axes sont donc décrits.

Le **premier axe** factoriel explique plus de 45% de la variabilité observée entre les individus. Il oppose les navires-mois qui débarquent de la langoustine (espèce cible) en proportion importante de leurs débarquements (coordonnées négatives sur l'axe 1) aux navires-mois qui débarquent moins de langoustines en proportion et débarquent différentes autres espèces accessoires (divers céphalopodes, gadidés, gros crustacés et squalés). Il n'existe pas de groupes distincts mais un gradient le long de l'axe. Les coordonnées des variables illustratives sur les axes indiquent que l'axe 1 oppose les mois d'avril à août où les langoustines sont débarquées en proportion plus importante aux autres mois de l'année. L'axe 1 oppose par ailleurs les navires-mois qui pratiquent le chalut de fond jumeau à gauche de l'axe aux navires-mois qui pratiquent le chalut de fond simple dont la capacité de ciblage de la langoustine est moindre. L'axe 1 distingue enfin les navires de Bretagne sud de 12-16 mètres pêchant dans le nord de la Grande Vasière, très spécialisés sur la langoustine qu'ils ciblent la majeure partie de l'année, des navires du sud de la pêcherie de plus de 16 mètres qui capturent davantage d'espèces accessoires. **L'axe 2** oppose les profils caractérisés par une forte proportion de merlu (coordonnées négatives) aux profils qui capturent plutôt de la baudroie et diverses autres espèces accessoires. Cet axe distingue les navires de Poitou-Charentes (Oléron en particulier) opérant dans le sud de la pêcherie de juin à octobre et utilisant un chalut simple aux navires des autres régions (du Guilvinec essentiellement) de plus de 12 mètres qui pratiquent plutôt le chalut jumeau et pêchent au sud de la pointe de Penmarch.

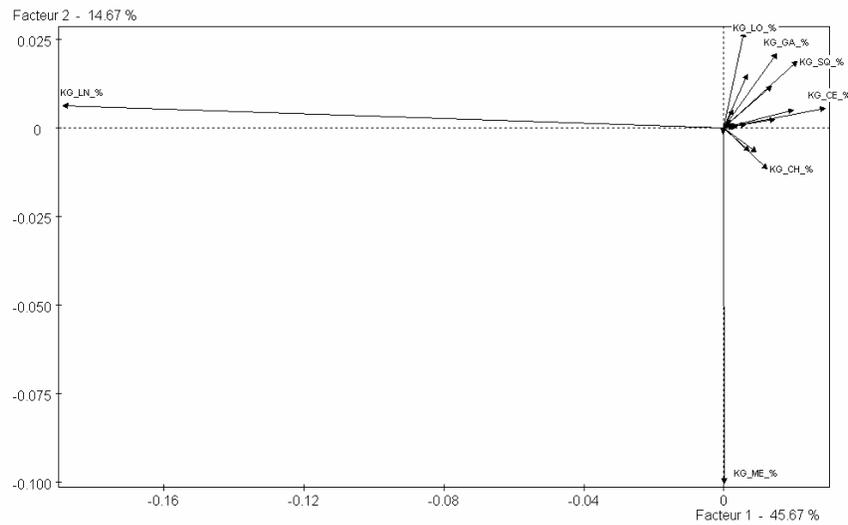


Figure 1. 11 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 1*2. Sources : d'après données IFREMER/SIH.

Le **plan factoriel 1*2** distingue donc les navires-mois en fonction de leur degré de spécialisation sur la langoustine et de leurs captures accessoires : merlu ou baudroie et autres espèces. Les profils de débarquements caractérisés par des proportions de langoustine et merlu plus importantes que la moyenne sont obtenus principalement avec le chalut de fond jumeau pendant la saison de la langoustine d'avril à octobre. Ce plan met en évidence la place prépondérante de la langoustine et du merlu dans la structuration des groupes de profils de débarquements. Les pourcentages de ces espèces permettent d'expliquer une grande partie de l'information contenue dans la matrice de données.

L'axe 3 distingue les navires-mois dont les profils sont caractérisés par la baudroie, le merlu et la cardine (coordonnées négatives) des profils où la proportion de divers céphalopodes (et de sole et gros crustacés dans une moindre mesure) est plus importante. L'axe oppose les mois de juillet à novembre (à gauche de l'axe) aux autres mois. Les coordonnées négatives correspondent plutôt à des navires de Sud-Bretagne, de plus de 16 mètres opérant dans le sud de Penmarch et les coordonnées positives correspondent à des navires de Pays de Loire de 9-12 mètres opérant plus à la côte dans le nord de la Grande Vasière.

L'axe 4 distingue les profils où le chinchard est en proportion importante (coordonnées négatives). Il s'agit essentiellement de navires de Sud-Bretagne opérant avec des chaluts jumeaux dans le nord de la Grande Vasière les mois de février à avril et de septembre à novembre (c'est-à-dire en dehors de la saison de la langoustine).

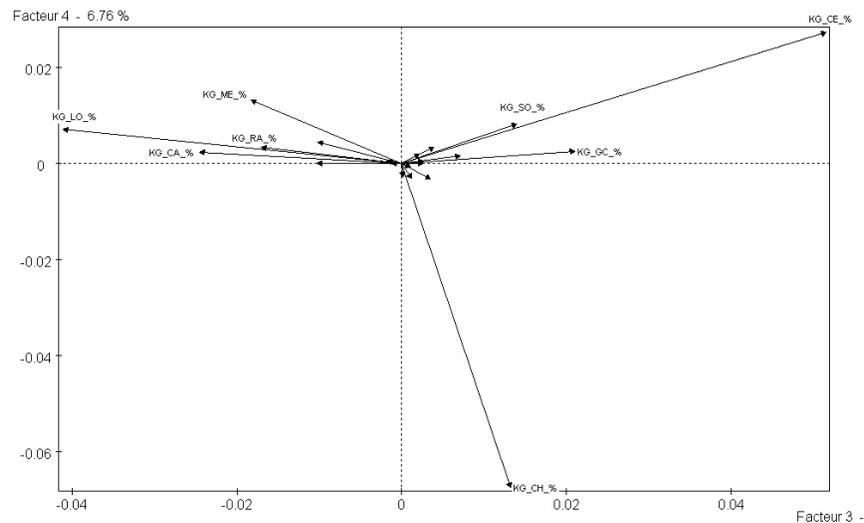


Figure 1. 12 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 3*4. Sources : d'après données IFREMER/SIH.

L'analyse du **plan factoriel 3*4** permet donc de distinguer les groupes de navires-mois en fonction des espèces accessoires capturées ; baudroie, merlu et cardine, chinchard ou céphalopodes. Le plan distingue des groupes de profils de captures en fonction des espèces accessoires qui dépendent de l'engin de pêche utilisé, chalut simple ou jumeau, des zones fréquentées et des mois d'activité, saison langoustine ou non.

3.3.2. Typologie des profils de débarquements

La meilleure partition est la partition en cinq classes (voir l'histogramme des indices de niveau en annexe 1.8) qui distingue en réalité trois classes principales classes (1, 3 et 5) et deux classes dont les effectifs sont plus réduits. La partition en cinq classes n'explique cependant que environ 56% de l'inertie totale, c'est-à-dire de la variance inter-classe. Les données sont très variables.

La **première classe** regroupe les profils de débarquements des navires de sud Bretagne hors saison langoustine c'est-à-dire des mois de février à avril et novembre et décembre. Les profils sont caractérisés par les prises accessoires de baudroie, cardines, divers gadidés et squales. La zone de pêche principale de cette classe est le rectangle 24^E4 situé dans l'ouest de Penmarch.

La **deuxième** classe distingue les profils de débarquements non spécialisés sur la langoustine et caractérisés par la proportion de merlu importante. Cette classe regroupe des navires de Concarneau, Oléron et Lorient utilisant le chalut de fond simple plutôt que le chalut jumeau. Les profils correspondent au troisième trimestre, c'est-à-dire à la fin de la saison de la langoustine lorsque les

chalutiers se diversifient sur des espèces accessoires pour compenser la disponibilité réduite de la langoustine.

La **classe 3** correspond aux navires-mois dont les profils sont caractérisés par la proportion importante de langoustine (60% en moyenne). Cette classe regroupe essentiellement des navires de Sud-Bretagne très spécialisés sur la langoustine et les mois d'avril à juillet pendant lesquels la langoustine, très disponible³⁰, est ciblée par toute la flottille. Le chalut jumeau est l'engin le plus utilisé et les zones 23^E7, 23^E5 et 22^E6 sont les plus fréquentées par cette classe.

De même que les classes 1 et 2, la **classe 4** regroupe des profils de débarquements correspondant à la saison de faible disponibilité de la langoustine. Les profils se distinguent de ceux de la première et deuxième classe par la proportion de chinchard capturée. Les navires proviennent des quartiers de Lorient et Saint Nazaire principalement et pêchent dans les rectangles 24^E6, 23^E6 et 23^E7 c'est-à-dire dans les rectangles côtiers de Sud-Bretagne.

La **cinquième classe** quant à elle, regroupe les profils des navires du sud de la pêcherie pendant les mois d'hiver où la langoustine est moins ciblée. Les profils sont caractérisés par les proportions de captures de seiche et autres céphalopodes, raies, sole et squales et se distinguent donc des profils des navires de Bretagne sud pendant la période de faible disponibilité de la langoustine dont les captures accessoires sont des baudroies et cardines, du merlu ou du chinchard.

La classification distingue donc les profils de débarquements dans le cas du métier de chalutage de fond à langoustine :

- entre deux saisons : saison langoustine d'avril à septembre et hors saison langoustine les mois d'hiver
- entre Bretagne-Sud et autres régions et selon l'engin de pêche (chalut jumeau et chalut simple), les espèces accessoires structurantes changent
- pour la Bretagne-Sud, selon les zones de pêche les captures accessoires diffèrent : merlu ou baudroie et cardine ou chinchard

Pour un même métier, le chalutage de fond à langoustine, il existe une grande variabilité dans les profils de captures selon les stratégies de captures. Les proportions de captures cibles et de captures « accidentelles » varient en fonction des zones fréquentées et de la saison de pêche. Les zones de pêches dépendent du quartier maritime d'appartenance et plus généralement de la sous-flottille (Bretagne-Sud ou autres régions). Cette analyse permet donc de distinguer des groupes de navires-

³⁰ Voir glossaire pour une définition de la disponibilité

mois qui capturent essentiellement l'espèce cible langoustine de groupes de navires-mois pour lesquels les captures « accidentelles » sont importantes. Les saisons et l'appartenance à la sous-flottille Sud-Bretagne ou à la sous-flottille autres régions distinguent des profils de débarquements homogènes. L'analyse des profils de débarquement à l'échelle du métier montre qu'il existe une certaine maîtrise des productions jointes par les stratégies de pêche. Les profils de débarquements traduisent les variations d'abondance de la langoustine et de la distribution spatiale des stocks (céphalopodes et sole au Sud et baudroie et cardine au Nord). Le choix de l'engin de pêche permet de cibler plus ou moins la langoustine. Le chalut de fond jumeau capture ainsi moins de captures accessoires. L'analyse met d'autre part en évidence des associations d'espèces : baudroies et cardines sont capturées ensemble et de même seiche ou autres céphalopodes et sole sont associées dans les profils de débarquements. Une des limites à l'analyse a été la disponibilité de données de captures correspondant à la mise en œuvre d'un seul processus de production. Des données de débarquements mensuels ont été utilisées. Au cours d'un même mois, et même d'une même marée, les langoustiniers pratiquent cependant plusieurs métiers. Au cours d'une même marée, un chalutier langoustinier peut ainsi pratiquer le chalutage de fond à langoustine le jour et le chalutage de fond à poisson la nuit.

3.4. Conclusions

L'analyse des données de débarquement montre que les débarquements de la flottille langoustinière sont constitués de plusieurs espèces et de plusieurs catégories par espèce (catégories de taille en particulier). Toutes ces productions ne sont pas jointes. Les productions non indésirables (désirées) observées à l'échelle annuelle sont les résultats de différents processus de production et des stratégies de pêche mises en œuvre par la flottille. Les analyses des profils de débarquements mettent en évidence que les divers processus de production mis en œuvre par la flottille langoustinière (dragage, chalut de fond jumeau ou simple, chalut pélagique..) structurent les captures de la flottille à un premier niveau. A l'échelle d'un processus de production unitaire correspondant à la pratique d'un métier, le chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne, les profils de débarquement sont structurés par la saison de pêche, la zone de pêche et le quartier maritime de provenance corrélé lui-même aux zones de pêche fréquentées. Selon la répartition de l'effort de pêche par zone, saison, engin de pêche et selon l'espèce ciblée (ou groupe d'espèces ciblés), les productions sont différentes. La flottille utilise plusieurs engins de pêche et les navires peuvent d'autre part pratiquer plusieurs métiers avec un même engin de pêche. Le chalut de fond par exemple peut servir à cibler la langoustine ou à cibler les poissons. Cette analyse met en évidence que les stratégies de pêche permettent une certaine maîtrise des productions jointes que traduit la forte variabilité des profils de débarquement.

Les classes distinguées par la CAH permettent de mettre en évidence les différentes stratégies des navires et d'analyser les caractéristiques des groupes de navires de production homogène. En toute rigueur, ces classes devraient être retenues pour distinguer les sous-flottes et l'échelle de l'analyse bio-économique menée par la suite. Néanmoins, les données disponibles et la complexité de ce type d'analyse ne permettent pas une modélisation bio-économique spatialisée et mensuelle ou par saison, ni de prendre en compte les caractéristiques technico-économiques des différentes sous-flottes correspondant aux classes.

L'analyse des profils de débarquements à l'échelle annuelle et pour le métier de chalutage de fond à langoustine nous amène donc à distinguer deux grandes sous-flottes aux stratégies de pêche différentes et qui permettent de prendre en compte les différentes zones de pêche fréquentées et le calendrier d'activité:

- une sous-flotte « Sud-Bretagne », très spécialisée sur la langoustine. Les chalutiers langoustiniers du Sud-Bretagne pratiquent le métier de chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne la majeure partie de l'année : 85% des navires de cette sous-flotte pratiquent le métier langoustine plus de six mois par an. Ils capturent 60% à 70% des langoustines débarquées. Leur chiffre d'affaires dépend beaucoup de cette espèce. Les navires de cette sous-flotte ciblent la langoustine dans la partie de nord de la grande vasière, dans des zones proches des ports d'exploitation au cours de marées journalières.
- une sous-flotte « autres régions », moins spécialisée sur la langoustine, 45% des navires de cette sous-flotte pratiquent le métier langoustine plus de six mois par an. Les navires de cette sous-flotte ciblent la langoustine seulement une partie de l'année dans le sud de la grande vasière et complètent leur activité par du chalutage de fond ciblant d'autres espèces (sole, baudroie...). Les captures de cette sous-flotte sont plus diversifiées. Son chiffre d'affaires provient pour plus de la moitié d'autres espèces capturées accessoirement lors du ciblage de la langoustine ou ciblées au cours d'autres processus de production. Les navires de cette sous-flotte, plus éloignés des zones de pêche de la langoustine effectuent des marées supérieures à 12h.

La langoustine contribue ainsi pour environ 40% au chiffre d'affaires total de la flotte mais ce pourcentage varie du Nord au Sud de la pêcherie. La part moyenne de langoustines dans le chiffre d'affaires est de 51% dans le nord de la pêcherie (navires opérant depuis les quartiers du Guilvinec, Lorient et Concarneau dans le Sud-Bretagne) et de 25% dans les autres régions. L'autre part du chiffre d'affaires provient des débarquements des autres espèces capturées conjointement ou au cours de processus de productions distincts par la flotte langoustinière (Tableau 1. 5).

	Tonnes			kEuros			% du CA*		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Bretagne Sud									
Baudroie	579	738	1126	3186	3683	4819	7%	8%	10%
Langoustine	3113	3043	3003	23481	25582	25917	51%	53%	52%
Merlu	962	963	877	3692	3142	3390	8%	7%	7%
Sole	337	319	339	3444	3551	3980	8%	7%	8%
Autres espèces	5641	5601	5001	11851	12046	11659	26%	25%	23%
Total Bretagne Sud	10632	10664	10345	45654	48004	49765			
Autres Regions									
Baudroie	142	180	482	934	1136	2384	3%	5%	7%
Langoustine	884	841	894	6720	7427	7241	25%	30%	22%
Merlu	381	657	487	1653	1979	1914	6%	8%	6%
Sole	490	427	443	4992	3971	4451	19%	16%	14%
Autres espèces	5431	4364	6783	12603	10660	16638	47%	42%	51%
Total Autres Regions	7327	6469	9088	26901	25173	32627			

*CA=Chiffres d'affaires total

Tableau 1. 5 : Composition spécifique en quantité, valeur et pourcentage du chiffre d'affaires pour les navires de Sud-Bretagne et les navires des autres régions. Sources : d'après données IFREMER/SIH.

Les différences de captures entre les deux sous-flottes sont liées aux zones de pêche fréquentées. Les saisons de pêche, saison langoustine d'avril à octobre ou hors saison langoustine, structurent d'autre part les captures. Ces éléments permettent de préciser l'échelle d'analyse de la fonction de capture et les facteurs de variabilité des captures et d'identifier les sous-flottes à prendre en compte dans l'analyse bio-économiques des mesures de limitation des effets externes des productions jointes menées dans la deuxième partie de cette thèse.

4. Evolutions à long terme de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne

A l'échelle inter-annuelle, la plupart des facteurs de production de la flottille langoustinière sont variables. Ces évolutions des facteurs de production naturels et conditions d'exploitation ont pu modifier les possibilités de productions et avoir des conséquences en termes d'espèces ciblées et de composition des captures, ces dernières n'étant pas seulement expliquées par des variations d'abondance relatives entre espèces. Les choix d'investissement/désinvestissement et les choix de technique de pêche des pêcheurs en réponse aux mesures de gestion et aux variations des facteurs de production naturels ont pu modifier la fonction de capture et expliquent les productions observées.

Nous montrons que la technologie de production est évolutive à long terme et nous mettons en évidence la difficulté de la définition d'une frontière entre espèces cibles et accessoires.

4.1. Evolution des caractéristiques techniques de la flottille

L'histoire de la flottille est marquée par un certain nombre d'évolutions qui traduisent les choix d'investissement/désinvestissement et les choix techniques des pêcheurs. L'analyse de l'évolution du nombre de navires de la flottille langoustinière sur la période 1990-2003 (Figure 1. 13) montre ainsi une diminution qui s'est accentuée à la fin des années 1990. Les plans de sorties de flottes expliquent en partie cette diminution de 400 navires ciblant la langoustine à 230 navires environ. Des mouvements vers d'autres pêcheries ont également été mis en évidence (Guyader *et al.*, 2004) qui expliquent la diminution importante du nombre de navire de cette pêcherie. Cependant, la diminution du nombre de navires a pu être compensée en partie du moins par l'augmentation de la puissance motrice (Figure 1. 13) et les gains d'efficacité des navires dus au progrès technique (Guyader *et al.*, 2005a). Le Floc'h (1998) également que les sorties de flotte ont concerné les navires les moins efficaces ne réduisant pas proportionnellement les capacités de pêche. Marchal *et al.* (2007) montre que les changements d'engin et de technologie ont pu avoir des impacts significatifs sur les taux de capture et que leur prise en compte pour décrire l'effort de pêche et ses évolutions permet d'améliorer la relation entre effort et mortalité par pêche.

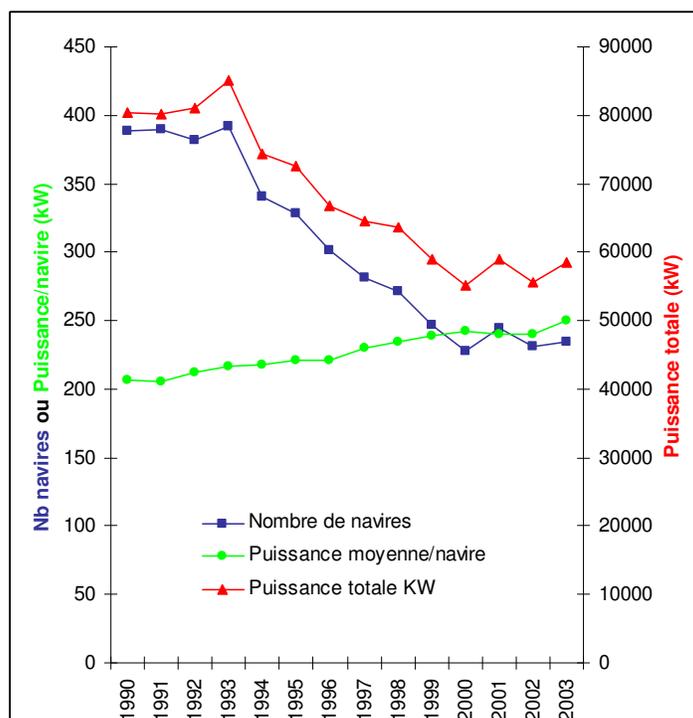


Figure 1. 13: Evolution du nombre de navire, de la puissance moyenne par navire et de la puissance totale des navires de la flottille langoustinière. Source : données IFREMER/SIH/DPMA.

L'analyse des flottilles de petite pêche côtière dans le cadre du projet européen Small scale coastal fleets (SSCF), montre que puissances motrices et puissance de pêche ne sont pas équivalentes ; les

progrès techniques provoquent une augmentation de la capacité de capture et de la mortalité par pêche (Guyader *et al.*, 2007).

Si les navires de 12-16 mètres restent largement majoritaires, la part relative des navires de 9-12 mètres a diminué au cours des années 1990 tandis que celle des navires de 16-20 mètres augmentait. La taille moyenne des navires de la flottille a augmenté d'environ 1 mètre au cours de la période ce qui peut expliquer également l'augmentation de puissance moyenne de pêche. L'évolution de l'âge des navires indique d'autre part un vieillissement de la flottille. L'âge moyen des navires était de 13 ans en 1990, il est de 19 ans en 2003. Une partie de la diminution de l'effort nominal a pu être compensée par les changements techniques et innovations. Ces modifications ont pu engendrer d'autre part des variations de productions jointes et d'espèces cibles que nous analyserons par la suite. Au cours des années 1990, les chaluts de fond jumeaux ont progressivement remplacé les chaluts de fond simple pour cibler la langoustine (Figure 1. 14). Le chalut jumeau augmente 30% à 40% les surfaces balayées (Marchal (ed), 2005). Une heure de pêche au chalut de fond jumeau est donc différente en termes de pression de pêche d'une heure de pêche au chalut de fond simple.

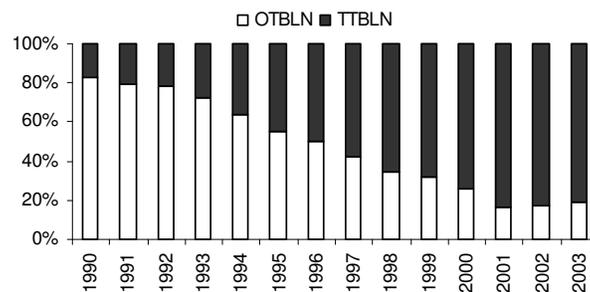


Figure 1. 14: Taux d'utilisation du chalut simple à langoustine (OTBLN) et du chalut jumeau à langoustine (TTBLN). Sources : d'après données TECTAC (Marchal (ed), 2005). Navires langoustiniers panel.

Récemment, l'augmentation du prix du gazole a incité certains pêcheurs à adopter à nouveau le chalut simple qui permet de consommer moins de gazole que le chalut jumeau. L'analyse des données TECTAC a mis également en évidence que les bourrelets simples avaient peu à peu disparu au profit de dispositifs du type rockhopper (annexe 1.9). En termes d'innovations technologiques, la période est marquée par l'adoption du GPS (GPS simple ou GPS connecté à un ordinateur). L'adoption du GPS et des rockhoppers ou autres dispositifs permettant l'accès aux zones rocheuses a permis l'extension de la pêche à de nouvelles zones de pêche inaccessibles auparavant (Marchal (ed), 2005; Ollittraut, 2005). Parallèlement à ces changements techniques et innovations, l'équipage moyen par navire a diminué d'environ un homme sur la période (Figure 1. 15).

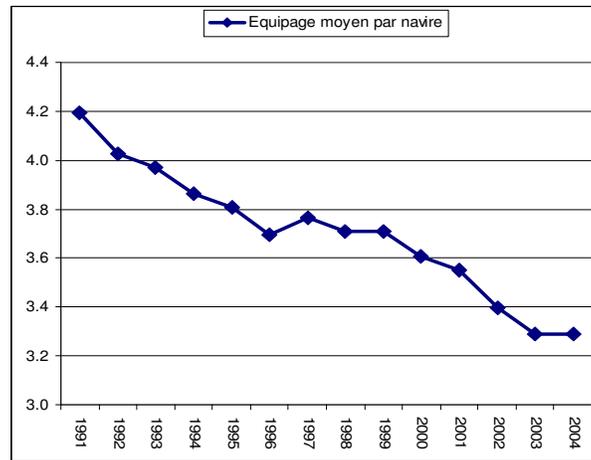


Figure 1.15 : Evolution du nombre d'hommes à bord des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne. Sources : Données TECTAC, (Marchal (ed), 2005)

Ces évolutions témoignent d'un processus de substitution entre les facteurs travail et capital (Guyader *et al.*, 2005a) qui a pu influencer sur la fonction de tri en diminuant l'effort de tri disponible comme nous le développerons dans le chapitre suivant sur les comportements de tri.

4.2. Evolution des facteurs de production naturels

La disponibilité des facteurs naturels à l'échelle inter-annuelle et les variations d'abondance relatives entre espèces et variations de structure en taille des stocks modifient les possibilités de production. Les données des groupes de travail du CIEM³¹ ont été utilisées pour créer une base rassemblant les abondances, recrutements, Totaux Admissibles de Captures et quotas (lorsqu'il y en a) et captures annuelles sur la période 1990-2003 des stocks de :

- sole (*Solea solea*) des Divisions CIEM VIIIa,b,d
- baudroies (*Lophius piscartorius* et *Lophius budegassa*) des Divisions CIEM VIIIb-k et VIIIa,b
- langoustine (*Nephrops norvegicus*) des Divisions CIEM VIIIab
- merlu (*Merluccius merluccius*) stock nord des Divisions CIEM IIIa, IV, V, VI, VII et VIIIabde
- cardine franche (*Lepidorhombus whiffiagonis*) de mer Celtique et du golfe de Gascogne des Divisions CIEM VIIbc,e-k et VIIIabd
- chinchard (*Trachurus trachurus*) des Divisions CIEM IIa, IVa, Vb, VIa, VIIa-c,e-k, VIIIa-e

³¹; ICES, 2006a: Report of the Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy; ICES, 2006b: Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks ICES, 2006c: Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim.

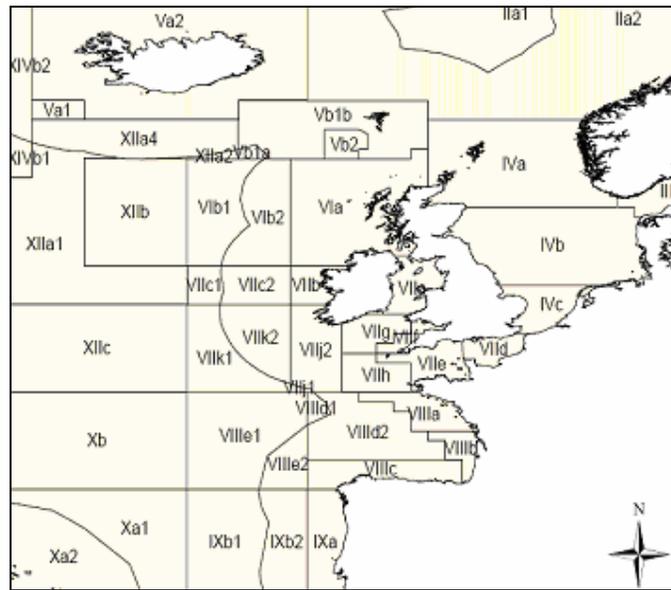


Figure 1. 16 : Carte des divisions CIEM. Source : ICES, 2006.

Les évaluations de stocks sont menées à l'échelle de répartition des stocks. Les échelles sont généralement plus larges que le golfe de Gascogne c'est-à-dire que les divisions CIEM VIIIa,b, aire d'exploitation de la langoustine par la flottille langoustinière que nous considérons ici (Figure 1. 16). L'évolution des stocks ne peut donc pas être décrite à une échelle homogène mais les grandes tendances sont néanmoins mises en évidence. Les évolutions des abondances et recrutements des principaux stocks évalués dans le golfe de Gascogne et capturés par la flottille langoustinière sont décrites en annexe 1.10. L'évolution de la structure en âge est également présentée dans le cas de la langoustine et du merlu.

Après une période de fluctuation dans les années 1990, l'analyse de l'évolution de l'abondance des stocks met en évidence que les biomasses de langoustine, baudroie, merlu et cardine montrent une tendance à l'augmentation depuis 2000, tandis que la biomasse de sole continue de diminuer (Figure 1. 17). Les recrutements de langoustine ont diminué jusqu'en 1998 et sont plus élevés depuis. Ces recrutements ont modifié la structure du stock. Les âges 1 à 3 représentent ainsi une part importante du stock ces dernières années. Dans le cas du merlu, une forte classe est observée en 2002. 80% des individus appartiennent aux quatre premiers groupes d'âges. Les baudroies blanches et noires ont connu une période de forts recrutements entre 1999 et 2001 et les recrutements de cardine ont été élevés en 2000 et 2002. Les recrutements de sole en revanche restent faibles (très faible en 2001 en particulier).

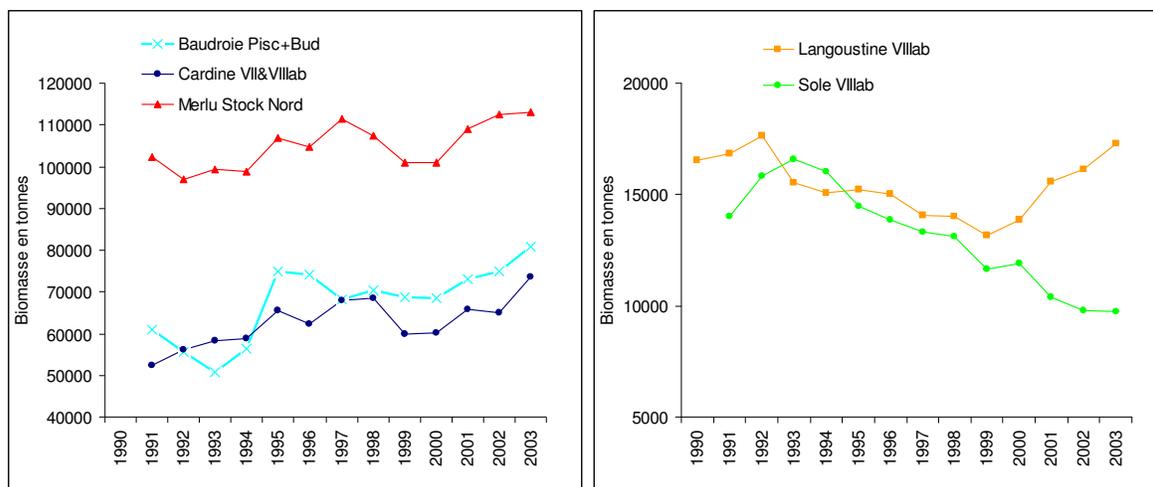


Figure 1. 17 : Evolution des biomasses en tonnes des principaux stocks exploités par la flottille dans le golfe de Gascogne et évalués. Sources : d'après données ICES 2006abc.

A l'échelle intra-annuelle, il existe des variations de disponibilité³² et de répartition spatiale des espèces qui peuvent modifier la capturabilité. La langoustine est ainsi peu disponible entre septembre et avril. Il existe également des variations journalières de disponibilité des espèces liées à leurs comportements (migrations nyctémérales³³, comportements de nutrition...). La langoustine quitte ainsi son terrier à la recherche de nourriture durant les périodes de faibles éclaircissement, à l'aube et au crépuscule. Cette variation de capturabilité modifie les possibilités de production.

4.3. Evolution du système de gestion

Les mesures de gestion qui encadrent la pêcherie langoustinière sont présentées dans cette section en s'appuyant sur la classification des mesures de gestion de Boncoeur et Troadec (2004) décrite dans l'introduction et qui distingue deux types de mesures selon l'objectif poursuivi : les mesures techniques et de limitation des captures dont l'objectif est la conservation de la ressource et les mesures de régulation de l'accès des usagers aux pêcheries visant à allouer la capacité productive limitée des stocks entre les entreprises de pêche. Le système de gestion qui encadre la pêcherie langoustinière du golfe, repose essentiellement sur des mesures de conservation (Guyader *et al.*, 2005b) qui s'appliquent aux différents stocks capturés par les navires de la flottille et peuvent contraindre les possibilités de production de la flottille.

³² Voir glossaire

³³ Migrations associées à l'alternance du jour et de la nuit, qui suivent la variation de luminosité du jour et de la nuit.

4.3.1. Mesures techniques

Plusieurs mesures d'augmentation du maillage des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne ont été adoptées successivement ces dernières années. Jusqu'en 1989, le maillage minimal des chalutiers langoustiniers opérant dans le golfe de Gascogne était de 50 mm; une augmentation est intervenue en 1990, le nouveau maillage autorisé (55 mm) restant toutefois inférieur à celui prévu pour la pêche du poisson de fond dans le golfe (65 mm). A partir de janvier 2000, suite à la promulgation du nouveau règlement sur les mesures techniques (Règlement (CEE) No 850/98), la langoustine a été classée dans la catégorie des organismes marins devant être capturés avec un maillage minimal de 70 mm pour les arts traînants (comme la plupart des poissons de fond dans le golfe de Gascogne). Dans le golfe de Gascogne, le maillage minimal est donc depuis 2000 de 70mm pour tous les chalutiers à l'exception de ceux ciblant le merlu (plus de 20% de merlu), pour lesquels le maillage minimal est de 100 mm depuis le plan d'urgence merlu en 2001(Règlement (CE) No 11622/2001, No 2602/2001 et No 494/2002).

Deux zones ont également été définies (une dans le golfe de Gascogne, l'autre en mer Celtique) dans lesquelles un maillage minimal de 100 mm est requis quelles que soient les captures de merlu (la carte du Box merlu figure en annexe 1.11). Le plan d'urgence pour le merlu du nord a été suivi d'un plan de restauration en 2004 (Règlement (CE) No 811/2004) qui a ensuite augmenté le maillage des chalutiers à 100 mm dans une grande partie du golfe de Gascogne. En 2006, les chalutiers langoustiniers ont été autorisés, pour un an, à pêcher dans le box merlu avec leur maillage de 70mm s'ils adoptaient une fenêtre à mailles carrées³⁴ de 100mm.

Dans le cadre du plan d'urgence merlu, le Règlement (CE) No 1954/2003 a établi des mesures pour la gestion de l'effort de pêche dans les zones « biologiquement sensibles » des divisions VIIb, VIIj, VIIg et VIIh. L'effort de pêche mis en oeuvre dans ces zones « biologiquement sensibles » par les navires de chaque Etat Membre ne doit pas excéder la moyenne annuelle de l'effort (calculé sur la période 1998-2002). Ces mesures ne concernent cependant pas le golfe de Gascogne. L'objectif de ce plan de restauration est de reconstruire la biomasse de géniteurs au dessus de 140 000 t (Bpa). Cet objectif doit être atteint en limitant la mortalité par pêche à 0.25 et en autorisant une variation du TAC d'au plus 15% par an. Depuis 2006, un plan de gestion de la sole (Règlement CE n°388/2006) a également été adopté. L'objectif est la restauration de la quantité de reproducteurs (au-dessus de 13 000 t) en 2008. Une fois cet objectif atteint, une mortalité par pêche cible devra être fixée ainsi que le taux de réduction de la pression de pêche pour l'atteindre.

En 2001, le CNPMMEM a initié avec les professionnels et l'Ifremer un programme d'amélioration de la sélectivité des chaluts du Golfe de Gascogne (ASCG) visant à faciliter l'échappement des merlus sous la taille légale et des petites langoustines dans les pêcheries langoustinières. Des dispositifs sélectifs

³⁴ Dispositif sélectif mis au point dans le cadre du programme ASCGG et permettant l'échappement de petits merlus, chinchard et merlan bleu.

ont été testés au cours de ce programme : système de « fenêtre à mailles carrées » et grille à langoustines. Depuis 2006, l'attribution de la licence langoustine est subordonnée à l'adoption du panneau à mailles carrées. La grille à langoustine devrait également être rendue obligatoire prochainement.

Les principaux stocks capturés par la flottille langoustinière sont d'autre part gérés par des Totaux Admissibles de Captures (TAC) fixés annuellement. Le TAC langoustine pour la sous-zone CIEM VIII existe ainsi depuis 1987. Jusqu'en 2000, le système de TAC était peu contraignant et ne constituait pas un réel outil de gestion dans la mesure où les TAC étaient toujours très largement supérieurs aux débarquements (Figure 1. 18).

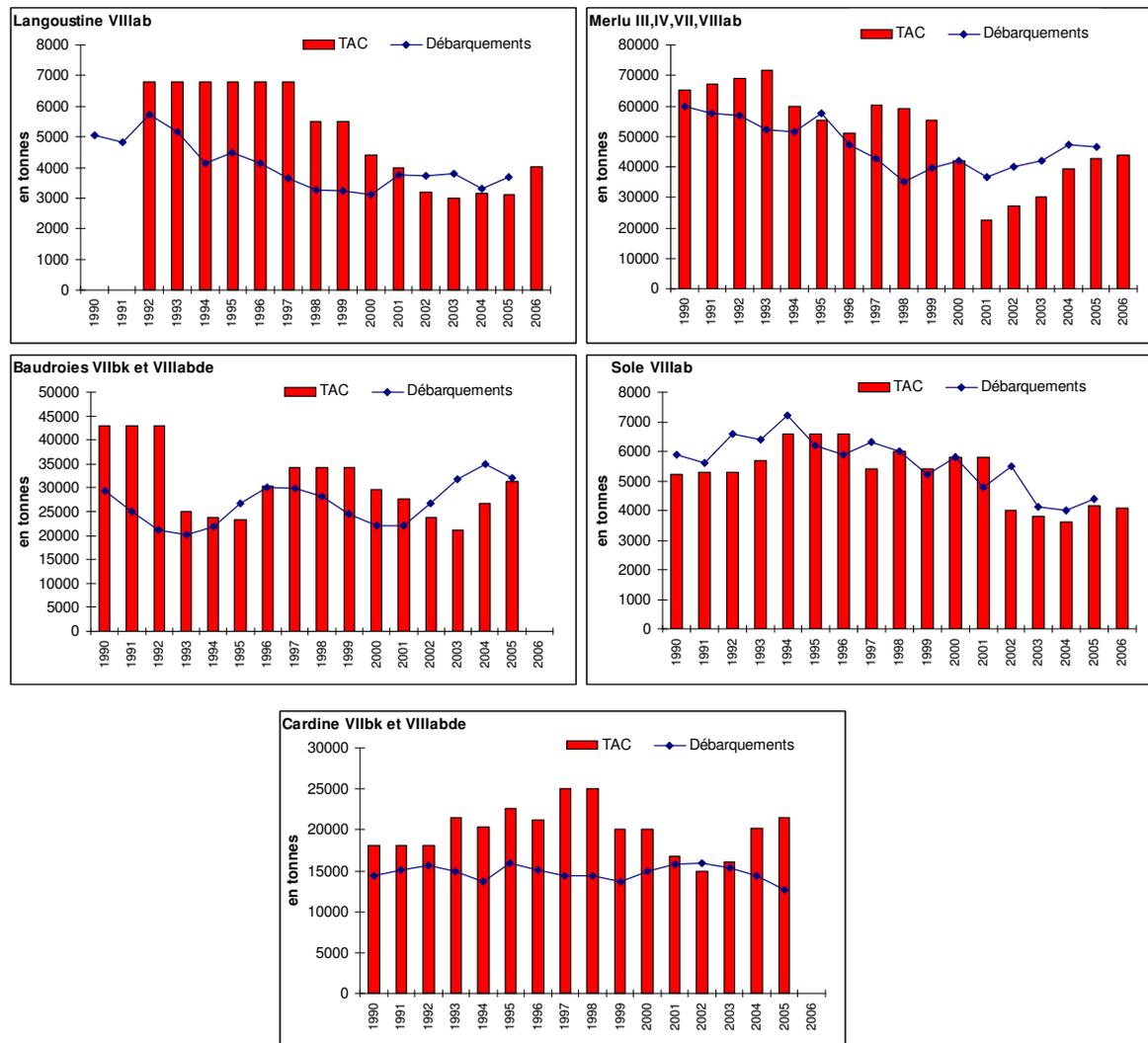


Figure 1. 18 : Evolution des TAC des principales espèces capturées par la flottille langoustinière et débarquements totaux de l'ensemble des flottilles par an (Synthèse des évolutions des TAC en annexe 1.12).

Sources : d'après données ICES, 2006abc.

Le diagnostic de surexploitation a amené le CIEM à proposer de fortes réductions des taux d'exploitation des stocks au début des années 2000 pour minimiser les risques d'effondrement des stocks. En 2002, le TAC langoustine a ainsi été fixé par le Conseil des ministres de l'Union européenne à 3200 tonnes ce qui représentait une réduction de 20 % par rapport au TAC adopté l'année précédente. Néanmoins les figures représentant les débarquements constatés et les TAC en vigueur montrent que les TAC ont été peu respectés. Dans le cas de la langoustine et de la sole, les TAC ont été systématiquement dépassés depuis 2002. Les débarquements de langoustines ont ainsi atteint 3700 tonnes en 2002 (TAC langoustine 2002 = 3200 tonnes). Les diminutions de TAC au début des années 2000 ont pu conduire les flottilles à augmenter leurs rejets ou à de mauvaises déclarations de captures qui lissent les dépassements de quotas. Les TAC sont alloués par pays sur la base de droits historiques généralement. Le quota français pour la langoustine représente ainsi 94% du TAC (TAC langoustine 2004=3150 tonnes, quota 2004 pour la France= 2961 tonnes). Des échanges de quotas avec l'Espagne permettent d'augmenter (légèrement) les possibilités de pêche françaises. Le quota français est ensuite réparti entre les Organisations de Producteurs (OP). En 2005, le TAC a été atteint en août et les pêcheurs ont obtenu de pouvoir entamer le TAC 2006. Les débarquements totaux ont donc atteint 3690 tonnes. En 2006, le TAC a été augmenté à 4 035 tonnes pour que les pénalités de dépassement de quota constaté en 2005 puissent être déduites de cette valeur. En 2006, les OP ont mis en place un plan de gestion limitant le nombre de sorties en mer consacrées à la langoustine ou limitant la quantité totale par navire et par jour semaine ou mois de façon à réguler la consommation du quota de langoustine et l'étaler sur l'année. A ce jour, il n'existe cependant pas officiellement d'allocation individuelle du quota national ou du sous-quota par OP.

La pêcherie langoustinière est encadrée par des tailles minimales de débarquement (TMD) autorisées, mesure technique destinée à inciter à adopter des engins de pêche plus sélectifs. Les TMD ont été fixées par la réglementation européenne à l'exception de la langoustine du golfe de Gascogne pour laquelle la TMD fixée à 7 cm de longueur totale (20 mm de longueur céphalothoracique) par la réglementation européenne a été augmentée à 8.5cm de longueur totale (26 mm de longueur céphalothoracique) et 9cm depuis 2005 par les Organisations de producteur essentiellement pour des raisons commerciales.

	Langoustine VIIIab	Merlu III,IV,VI, VIIa b	Baudroies VIIbk et VIIIabde	Cardine VIIbk et VIIIabde	Sole VIIIab	Chinchard IIa, IVa, Vb, VIa, VIIa-c,e-k, VIIIa-e	Merlan
TMD	8,5 cm 9 cm depuis fin 2005	27 cm	500g	25 cm 20 cm depuis 2000	24 cm	15 cm	27 cm

Tableau 1. 6 : Tailles minimales de débarquements. Sources : Réglementation française (Organisation de Producteurs) pour la langoustine, réglementation Communautaire pour les autres espèces (Règlement (CEE) No 2406/96 et Règlement (CE) No 850/98).

Les baudroies ne sont pas soumises à une taille minimale de débarquement, mais la réglementation fixant les normes de commercialisation des produits de la pêche impose un poids minimal de commercialisation (500g) (Règlement (CEE) No 2406/96 et Règlement (CE) No 850/98). Les tailles minimales ont fait partie des premières mesures mises en place dans le cadre de la Politique Commune de la Pêche à partir de 1983. Elles ont ensuite évolué notamment en fonction des contraintes de marché. Ces dernières années, l'application du règlement sur les tailles minimales de débarquement s'est durcie. Jusqu'en 1999, les flottilles débarquaient des proportions importantes de merluchons sous la taille minimale de débarquement (65% des merlus capturés étaient immatures et environ la moitié sous la taille légale de commercialisation, en 1998 toutes pêcheries confondues). A partir de 1999, les informations disponibles montrent une quasi-disparition des merlus sous la taille minimale de débarquement. Ces mesures contraignent la part des captures qui pourra être débarquée en criée et non pas les captures totales. Le marché des « sous-tailles » n'a pas disparu. Une part des espèces sous la taille minimale de débarquement est encore vendue en direct, mais cette part est difficile à estimer.

4.3.2. Mesures de Régulation de l'accès

La pêcherie langoustinière est soumise aux politiques publiques non spécifiques : Permis de Mise en Exploitation (PME) national et plans de sortie de flotte. Des mesures de réduction des capacités de captures via les programmes d'orientation pluriannuels des flottes et plans de sorties de flotte encadrent la pêcherie. Jusqu'en 2004, la pêcherie était en libre accès sous réserve d'un PME. En 2004, le Comité national des pêches a entériné l'instauration d'un système de licence pour la langoustine (Permis de Pêche Spéciaux-PPS). Ce permis a été attribué initialement pour un an à tous ceux qui pouvaient justifier dans les divisions VIIIabde, de la pêche de 2 tonnes de langoustines pour l'une des trois années de référence (2000-2001-2003). Le renouvellement est annuel. Les prises accessoires de langoustines sont limitées à 100kg par jours de pêche avec un plafond de 1999kg par an. Un *numerus clausus* de 250 chalutiers langoustiniers a été adopté qui ne contraint pas pour l'instant l'accès à la pêcherie puisque 234 navires langoustiniers ont été identifiés comme langoustiniers en 2003. Cependant cette mesure ne s'est accompagnée d'aucune régulation de l'effort de pêche (nombre de marées par navire, temps de pêche ...) des engins ou des captures individuelles. Le temps de pêche est cependant généralement soumis à d'autres contraintes que la gestion administrative de l'effort. Le temps de pêche est ainsi limité par la disponibilité de la langoustine (élevée au lever du jour mais faible la nuit) et par l'heure de la criée. Les heures de départ et retour de marée sont ainsi décidées pour que les navires soient sur les zones de pêche au lever du jour et de retour pour l'heure de la criée.

Les évolutions des systèmes de gestion au cours de la période, plans de reconstitution, mesures techniques de sélectivité (changement de maillage 55mm à 70 mm, panneau à mailles carrées), diminutions des TAC et durcissement de l'application des règlements ont pu modifier les stratégies de

pêche et contraindre le domaine des possibles de production des chalutiers langoustiniers ces dernières années ou se traduire par des reports d'effort qui ont défini de nouvelles limites de productions possibles. Deux périodes semblent se distinguer: avant et après 2000. Depuis 2000 en effet l'encadrement des pêcheries est devenu plus contraignant.

4.4. Evolution des productions

Les évolutions à long terme des productions sont décrites à partir de l'analyse des données de débarquements par espèce et par mois des navires langoustiniers sur la période 1990-2003. Ces données ont été agrégées à différents niveaux, débarquements par espèce par navire par an ou débarquement par espèce par an pour la flottille. La base de données ainsi obtenue contient les données de débarquements par espèce de 46523 navires-mois correspondant à 4261 navires-an. Les données de débarquement utilisées correspondent aux données de vente en criées. Elles ne comprennent donc qu'une partie des informations puisqu'une part non négligeable des captures est vendue hors criée (35% des débarquements en valeur échappent au système déclaratif en France, Daurès *et al.* 2003). Les données de logbook permettraient d'estimer la part des captures vendues hors criée mais le faible taux de remplissage des logbooks les rend inutilisables dans le cas de la pêche langoustinière. Les bases de données ainsi constituées permettent de caractériser les évolutions des débarquements à l'échelle inter-annuelle sur la période 1990-2003. L'évolution inter-annuelle des productions est d'abord décrite en termes de nombre de biens ou catégories dans les captures, puis de compositions spécifiques ou compositions en taille. Les modifications de structures de production sont mises en relation avec les évolutions des facteurs de productions décrites dans les sections précédentes. Ces évolutions montrent que la technologie de production est évolutive à long terme et mettent évidence l'ambiguïté des termes d'espèces cibles et accessoires et l'opportunisme d'un certain nombre de comportements.

4.4.1. Evolution du nombre de catégories dans les captures

Le nombre d'espèces débarquées par an par la flottille langoustinière a peu évolué au cours de la série. 166 espèces différentes ont été débarquées au moins une fois sur la période et en moyenne 122 espèces sont débarquées par an. L'analyse du nombre d'espèces débarquées par navire en revanche montre une diversification des espèces débarquées ces dernières années. Si le nombre d'espèces débarquées par la flottille par an n'a pas évolué, en revanche le nombre de navires débarquant un nombre d'espèces élevé a augmenté. Alors qu'en 1990, 50% de la flottille débarquait moins de 30 espèces, en 2003, seulement 20% de la flottille débarque moins de 30 espèces. Les contraintes de gestion grandissantes

et l'état des stocks ainsi que la diversification des marchés des produits de la mer ont pu expliquer cette modification des stratégies de pêche vers une diversification des espèces débarquées permettant d'absorber une part des risques de mauvais recrutement ou de changements de conditions d'accès aux pêcheries. Les débarquements ne traduisent pas toute la diversité des captures, certaines espèces comme le merlan bleu continuent en effet d'être rejetées quasi systématiquement par les navires de cette pêcherie. Cette espèce n'apparaît donc pas dans les données de débarquement dont nous disposons mais elle est présente dans les données de captures (données Obsmer, IFREMER/SIH).

L'analyse du nombre de catégories commerciales débarquées par espèce dans le cas de la langoustine et du merlu montre une évolution vers un nombre plus restreint de catégories. La mise en application ces dernières années des normes européennes destinées à homogénéiser les catégories commerciales peut être une explication. Néanmoins, les appellations, définitions des catégories et nombre de catégories restent souvent propres à chaque port en particulier dans le cas de la langoustine. Les ports bigoudens débarquent généralement deux catégories de langoustines, les petites et les moyennes classées en taille 40 et 20 ou 40 et 30 alors que la Cotinière distingue quatre catégories en accord avec les normes européennes (langoustine taille 10, 20, 30 et 40). Les limites d'une catégorie à l'autre ont été souvent dictées par les prix de retrait. Ce point sera développé dans le troisième chapitre en relation avec le modèle de formation des prix.

4.4.2. Evolution de la composition annuelle des productions, profils et quantités

Seuls les débarquements des navires langoustiniers présents tout au long de la période (navires du panel) ont été retenus de sorte que les évolutions de la flottille langoustinière de moyen et long terme, entrée-sortie de navires, ne sont pas prises en compte. Cette sélection permet d'analyser les évolutions des productions sans tenir compte des modifications des caractéristiques techniques des navires (structure en longueur ou puissance des navires de la flottille), c'est-à-dire en supposant qu'une partie des facteurs de production anthropiques est constante.

Si le nombre d'espèces débarquées a peu évolué au cours du temps, l'analyse met cependant en évidence des changements dans la composition spécifique des débarquements (Figure 1. 19).

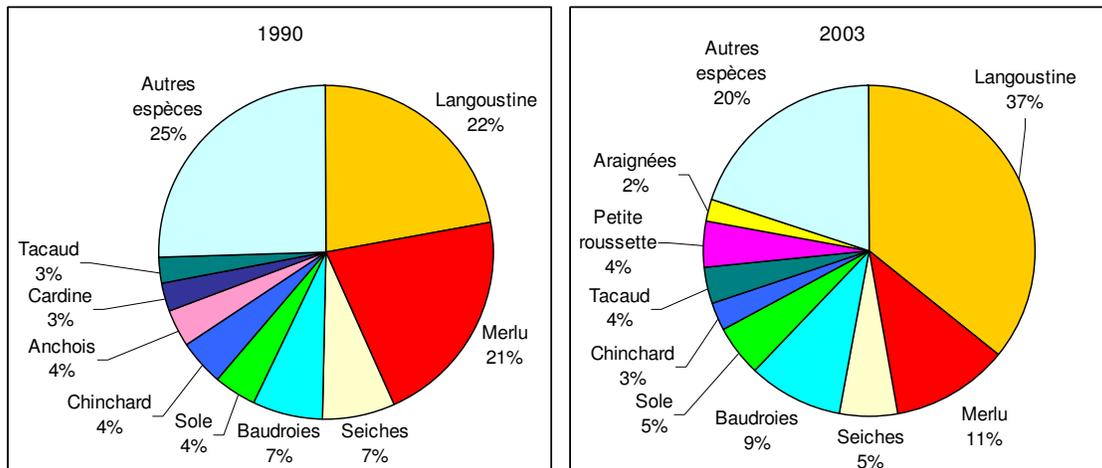


Figure 1. 19 : Profils des débarquements des principales espèces en quantité des navires du panel en 1990 et en 2003. 9 premières espèces en volume retenues, agrégation des autres espèces. Source : d'après données IFREMER/SIH.

L'évolution inter-annuelle des débarquements des principales espèces débarquées de 1990 à 2003 est présentée en annexe 1.13. L'analyse inter-annuelle de l'évolution de la composition spécifique des débarquements des navires du panel met ainsi en évidence une spécialisation croissante sur la langoustine qui représentait 22% des débarquements en quantité et 40% en valeur en 1990 et représente, en 2003, 37% des débarquements en quantité et 55% en valeur. Alors que les débarquements de merlu et langoustine étaient du même ordre de grandeur en 1990 (environ 13 tonnes par navire), les débarquements de langoustines représentent en 2003, environ trois fois les quantités de merlu débarquées. Les débarquements de merlu représentaient ainsi en 1990, 21% des débarquements totaux, ils ne représentent plus que 11% des débarquements en 2003. Au début des années 1990, le merlu était en effet une espèce cible au même titre que la langoustine. L'évolution de l'état de ce stock (ICES, 2006c), la contrainte du quota et les contrôles des tailles minimales de débarquements ont conduit les pêcheurs langoustiniers à limiter les débarquements de cette espèce qu'ils capturent essentiellement sous la taille minimale de débarquement. Cela a également pu se traduire par une augmentation des rejets de merlus. D'autre part le changement de technique de pêche du chalut simple au chalut jumeau s'est traduit par un ciblage plus précis de la langoustine. Les espèces accessoires de la langoustine débarquées, si elles sont plus diversifiées, représentent en revanche une part plus faible des débarquements. Les débarquements moyens de baudroies, sole et seiches sont fluctuants et ne présentent pas de tendance particulière sur la série. Les débarquements de la catégorie agrégée « autres espèces » ont diminué de moitié en revanche, de 16 tonnes par navire moyen par an en 1990, à moins de 9 tonnes au début des années 2000.

D'autre part, les espèces débarquées par la flottille langoustinière ont évolué au cours de la période comme dans le cas des petites roussettes ou de l'émissole qui apparaissent dans les débarquements en 1997 et 2003 respectivement. Le développement d'un marché pour ces espèces incite le pêcheur à les débarquer. Ces aspects seront traités dans le deuxième chapitre de cette partie qui s'intéresse à la fonction de tri et non plus à la fonction de capture. D'autres espèces en revanche comme l'anchois disparaissent des débarquements au cours de la période en raison de l'état de ce stock (ICES, 2006a) et des modifications des conditions d'accès à la pêcherie d'anchois. La pêcherie langoustinière qui pratiquait encore il y a quelques années une activité de chalutage pélagique à anchois a du reporter son activité sur d'autres métiers. On observe également des variations dans le débarquement de certaines espèces comme le chinchard qui semblent compenser des débarquements plus faibles d'espèces cibles. Ainsi, en 1997 et 1998, les pourcentages de langoustine dans les débarquements ont été les plus bas de la série et ceux de chinchard les plus élevés de la série. Ces années correspondent à des périodes de faibles abondance et recrutement pour la langoustine et mettent en évidence la dépendance de la pêcherie au recrutement soulignée par le groupe de travail (ICES, 2004). Cette diminution des débarquements de langoustines a donc pu être en partie compensée par une augmentation des captures « accidentelles » et en particulier des débarquements de chinchard en 1997 et 1998.

Ces évolutions mettent en évidence l'ambiguïté des notions d'espèces cibles et accessoires. Certaines espèces ont ainsi pu passer d'une catégorie à l'autre en fonction de la technique de pêche, en fonction des conditions réglementaires (l'application du règlement sur la taille minimale des débarquements de merlu et le passage au chalut jumeau a ainsi fait passer le merlu d'espèce cible à accessoire), en fonction de l'abondance relative des espèces (le chinchard généralement rejeté serait ainsi débarqué pour compenser une diminution des captures de langoustines ou autres espèces), en fonction du marché (certaines espèces peu valorisées autrefois et donc rejetées peuvent devenir des espèces « cibles » s'il existe un marché pour ces espèces).

4.4.3. Evolution de la structure en taille des captures de langoustine et merlu

L'analyse montre que l'évolution des compositions spécifiques décrite ci-dessus s'est également accompagnée d'une évolution des tailles capturées. La Figure 1. 20 représente la composition en âge des captures de langoustine et merlu d'après les données des groupes de travail (ICES, 2006c).

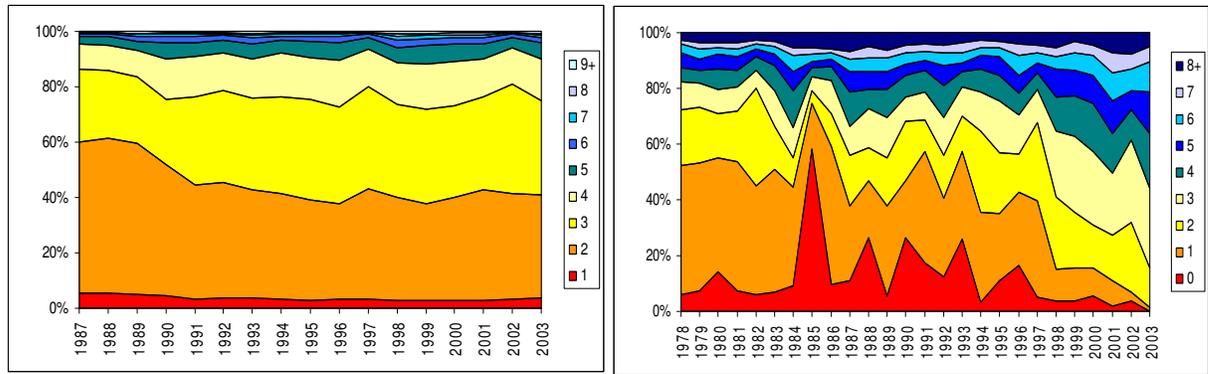


Figure 1. 20 : Evolution de la composition en âge des captures de langoustines (à gauche) et merlus (à droite)

Source : d'après données ICES, 2006c.

L'analyse de l'évolution de la composition en âge des captures de langoustine fait apparaître les effets du changement de maillage de 50 mm à 55 mm intervenu en 1990. A partir de 1990, les captures d'âge 2 sont en partie remplacées par des captures d'âge 3 et 4. Les variations d'abondance et recrutement ne peuvent être la cause de ce changement de structure des captures. Le deuxième changement de maillage de 55 mm à 70 mm intervenu en 2000 ne s'est en revanche pas traduit par une modification apparente de la distribution en âge des captures. La structure en âge des captures (ICES, 2006c) reste relativement stable. Les recrutements de 1999 et 2000 peuvent avoir gommé les effets de la mesure. Dans le cas de la distribution en âge des captures de merlu, le durcissement du règlement sur les tailles minimales s'est traduit par une diminution importante des captures d'âge 0, 1 et 2. Ces données concernent l'ensemble des flottilles capturant du merlu. L'évolution de la composition des débarquements par catégorie commerciale est difficile à interpréter compte tenu du caractère très local de la définition des catégories et des multiples changements d'appellation au cours du temps.

4.4.4. Impacts des changements de conditions d'exploitation sur les productions

Les évolutions des facteurs de production anthropiques sur la période 1990-2003 sont marquées par trois grandes étapes qui ont pu modifier les possibilités de production et les stratégies de capture:

- le changement de maillage de 55 mm à 70 mm intervenu en 2000
- le passage progressif au chalut jumeau à langoustine qui remplace le chalut simple, à partir de 2000, 80% des navires langoustiniers utilisent le chalut jumeau
- la diminution des TAC des principales espèces du golfe de Gascogne qui rend les TAC plus contraignants ces dernières années.

Deux périodes 1996-1999 et 2000-2003 ont été distinguées et traduisent des périodes de conditions d'exploitation différentes. Des tests de comparaison de moyennes des débarquements en quantité et pourcentage par navire-an des principales espèces débarquées par les navires du panel de la flottille

langoustinière entre les deux périodes sont présentées en annexe 1.14. Ils indiquent que pour toutes les espèces testées, excepté le tacaud, les moyennes de débarquements en quantités des deux groupes sont significativement différentes. Entre les deux périodes, les quantités de Merlu, Baudroies Sole, Chinchard et Cardine ont diminué de façon significative (au seuil de 5%). Les quantités de langoustine et petites roussettes ont augmenté et les quantités de tacaud sont inchangées entre les deux périodes. La quantité totale moyenne capturée par les navires langoustiniers du panel a diminué significativement. La langoustine, la petite roussette et le tacaud ont augmenté significativement dans les captures en termes de pourcentage, tandis que la cardine et le chinchard ont diminué significativement. La diminution des quantités de baudroies et merlu dans les captures en quantité n'est pas significative en termes de pourcentage des captures. Certaines espèces augmentent en quantité et pourcentage des captures, d'autres espèces diminuent dans les captures mais restent stables en termes de pourcentage des captures. Une part de ces variations non symétriques peut être due à des variations d'abondances relatives néanmoins sur la période considérée, les abondances de baudroie merlu et cardine augmentent à partir de 2000. La diminution des quantités de ces espèces peut donc être interprétées comme le résultat de modifications de facteurs de productions anthropiques relevant d'une stratégie de capture.

L'effet du remplacement du chalut simple par le chalut jumeau peut être mis en évidence à partir des données TECTAC concernant les navires de la flottille langoustinière. Deux groupes de navires sont distingués :

- les navires-an qui utilisent le chalut simple
- les navires-an qui utilisent le chalut jumeau

Les tests de comparaisons de moyenne (Tableau 1. 7) mettent en évidence que les navires utilisant le chalut de fond jumeau capturent davantage de langoustine (34% contre 25% avec le chalut de fond simple) et moins de merlu, sole et chinchard. Ils capturent en revanche plus de baudroie, cardine et roussette. Les pourcentages de cardine et baudroie significativement plus élevées pour les navires utilisant le chalut jumeau peuvent être expliqués par l'augmentation de la biomasse de ces stocks à partir de 2000 en même temps que la diffusion accélérée de la technique au chalut jumeau. Nous n'observons pas ici uniquement l'effet du passage au chalut jumeau sur la structure des captures mais également les effets combinés des autres modifications de facteurs de productions intervenues au cours de la période (changement de maillage, variations d'abondances...). Compte tenu de la faible variabilité de l'abondance du stock de langoustine ces dernières années, la spécialisation plus grande sur la langoustine peut cependant être attribuée au changement de technique.

	p-value	Moy OTBLN	Moy TTBLN
Langoustine	0.0000	25%	34%
Merlu	0.0022	13%	11%
Baudroie	0.0193	7%	8%
Sole	0.0285	5%	4%
Chinchard	0.0020	5%	3%
Cardine	0.0041	4%	5%
Tacaud	0.0928	3%	3%
Seiche	0.4201	5%	5%
Pte roussette	0.0040	2%	3%

Tableau 1. 7 : Test de comparaison de moyenne de débarquements des principales espèces des navires utilisant le chalut de fond simple à langoustine (OTBLN) et des navires utilisant le chalut de fond jumeau à langoustine (TTBLN) en pourcentage des débarquements totaux. Source : d'après données IFREMER/SIH et données TECTAC (Marchal (ed.), 2005).

L'adoption du GPS et des bourrelets a pu avoir des effets également sur la structure des captures, en permettant notamment de pêcher dans des zones inaccessibles auparavant, comme les zones de roche par exemple (Ollittraut, 2005).

Deux groupes de débarquements de langoustine par mois des navires du panel ont été constitués pour tester l'effet des TAC sur les captures:

- un groupe constitué des débarquements par navire-mois des mois pour lesquels le TAC de la langoustine était encore disponible
- un groupe constitué des débarquements par navire-mois des mois pour lesquels le TAC de la langoustine était dépassé (mois de la fin d'année)

Seuls les débarquements des mois de septembre à décembre ont été sélectionnés pour gommer les effets saisons.

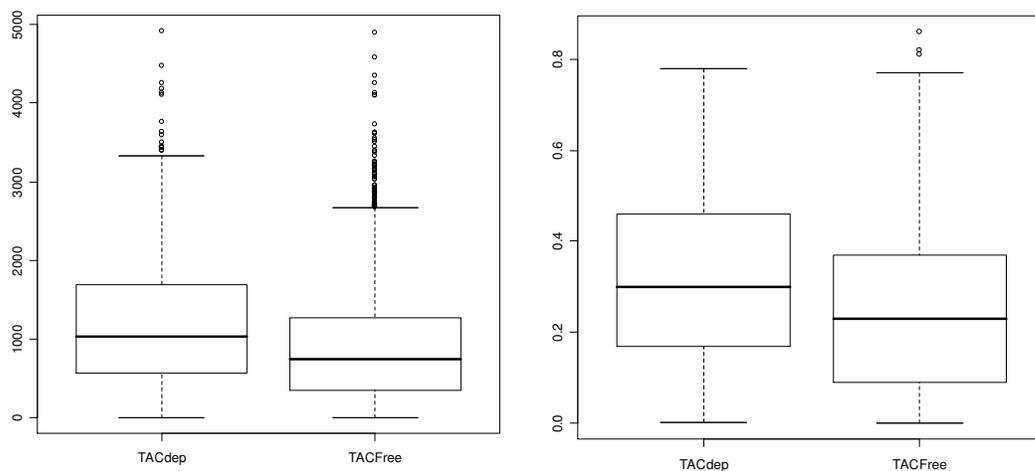


Figure 1. 21 : Boxplot des quantités (figure de gauche) et pourcentages (figure de droite) moyens de langoustine débarquée les mois où le TAC était dépassé (TAC dep) par rapport aux mois où le TAC était libre (TAC free). Source : d'après données IFREMER/SIH et données ICES (2006c).

Les boxplots et tests d'égalité de moyenne mettent en évidence une différence significative (p -value < $2.2e-16$) entre les débarquements de langoustine en quantité et pourcentage des mois où le TAC n'était pas encore consommé (TACfree) et des mois où le TAC était dépassé (TAC dep) (Figure 1. 21). Les débarquements de langoustines sont supérieurs en quantité et pourcentage les mois où le TAC est dépassé. Les quantités moyennes de langoustines par navire-mois des navires du panel les mois où le TAC était dépassé sont de 1209 kg (32% des débarquements) et de 889 kg (25% des débarquements) les mois où le TAC n'était pas encore atteint. Le TAC dépassé, dans le cas de la langoustine du moins, ne semble pas avoir incité à capturer moins de langoustine.

4.5. Conclusions

L'analyse de l'évolution des profils de captures en quantité et pourcentage en fonction des évolutions de facteurs de production met en évidence que ces évolutions ne sont pas seulement expliquées par les variations d'abondances relatives entre espèces. Le changement de maillage, le passage au chalut jumeau et l'évolution du système de gestion ont pu modifier les jointures entre espèces et la structure de production.

L'analyse de la composition des débarquements de la flottille langoustinière permet de mettre en évidence des modifications de la structure des productions au cours de la période et notamment une tendance à la spécialisation sur la langoustine. Une modification de la structure en âge des captures de langoustine et merlu est également illustrée en relation avec des modifications des conditions d'exploitation. Cette analyse met d'autre part en évidence que la frontière entre espèce ciblée et productions jointes non indésirables (ou capture accessoire) ou entre tailles ciblées et tailles accessoires dans les débarquements totaux n'est pas nette et évolue en fonction des conditions d'exploitation, de la réglementation et du marché. Il existe un certain opportunisme dans les choix de production. Le chalutage de fond à langoustine-merlu du début de la période d'analyse est ainsi devenu progressivement le chalutage de fond à langoustine depuis les contraintes imposées sur les débarquements de merlu. Des espèces comme la roussette, autrefois peu valorisée, sont maintenant débarquées.

5. Caractérisation des productions jointes

Parmi l'ensemble des catégories, d'espèces ou de tailles différentes débarquées par les navires de la flottille langoustinière, toutes ne sont pas capturées simultanément au cours des mêmes processus de production. Le problème qu'on se pose ici est celui du repérage et de la caractérisation des productions

jointes. Certaines catégories sont capturées conjointement lors d'une même opération technique (c'est-à-dire dans un sens plus ou moins strict, par un même métier, lors d'une même marée ou lors d'une même opération de pêche), d'autres peuvent être capturées au cours de processus de production différents, mis en œuvre séquentiellement. L'erreur serait de croire que toutes ces productions sont des productions jointes. L'exemple le plus parlant est celui de la coquille Saint-Jacques et de la langoustine, capturés par certains navires de la flottille langoustinière mais qui ne sont pas des productions jointes. Ces deux espèces sont capturées par des techniques de pêche différentes : le chalut pour la langoustine et la drague pour la coquille Saint-Jacques. Un navire peut ainsi cibler au cours d'un même mois ou d'une même marée³⁵ des espèces différentes avec le même engin ou cibler les mêmes espèces avec des engins de pêche différents (Figure 1. 22). Ces espèces ne constituent pas alors des productions jointes au sens strict.

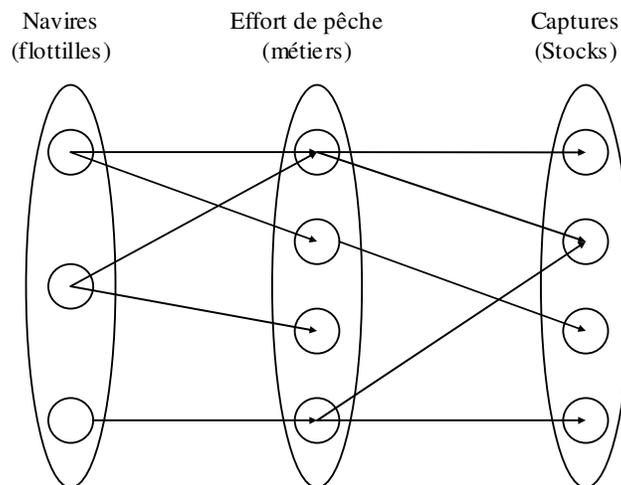


Figure 1. 22 : Représentation schématique des interactions techniques au sein d'une pêcherie complexe. Source : Le Gallic *et al.*, 2000.

L'existence d'une seule fonction de capture dans le cas d'espèces capturées conjointement ou de plusieurs fonctions de captures dans le cas d'espèces capturées séparément est essentielle du point de vue de la gestion des pêches. Les solutions de gestion classiques basées sur des droits de capture par espèce sont en effet applicables dans le cas de fonctions de captures distinctes, elles deviennent difficiles à mettre en œuvre lorsque les productions sont jointes.

Dans cette section, nous nous appuyons sur les données de capture par trait échantillonné à bord des navires de la flottille langoustinière pratiquant le métier de chalutage de fond à langoustine au cours de

³⁵ Les navires de la flottille langoustinière qui effectuent des marées de plus de 12 h ciblent généralement la langoustine le jour (période de disponibilité élevée de la langoustine) et le poisson, la nuit.

ces traits (données Obsmer), pour caractériser les productions jointes. Les données de captures par trait utilisées permettent de travailler sur l'ensemble des productions jointes : désirées, non indésirables et rejetées et non plus seulement sur les deux premiers types de productions jointes présentes dans les données de débarquements dont nous disposons pour les séries temporelles plus complètes.

Une analyse en composante principale et une classification ascendante hiérarchique sont menées sur les profils de captures par trait puis nous estimons une fonction de capture de courte période à partir des données de captures par unité d'effort par espèce et nous montrons la variabilité des productions jointes.

5.1. Analyses multi-variées des profils de capture par trait

Une Analyse en Composante Principale et une classification (CAH) sont menées sur les données de profils de captures par trait des navires pratiquant le métier de chalutage de fond à langoustine échantillonnés lors des embarquements à bord des navires de pêche professionnelle. Ces analyses multi-variées permettent de distinguer et caractériser des groupes de profils de captures homogènes et les associations entre espèces à l'échelle d'un processus de production unitaire, le trait, pour le métier de chalut de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne et d'illustrer la maîtrise relative des productions jointes.

5.1.1. Méthodologie

Les analyses ont été menées sur une matrice des profils de captures par traits des navires pratiquant le chalutage de fond à langoustine et ayant été échantillonnés pour l'ensemble des captures pour mettre en évidence les stratégies en jeu à l'échelle du trait en tenant compte également de la part des captures rejetée. Les profils de 252 traits pour lesquels l'ensemble des captures a été échantillonné de façon exhaustive ont été conservés pour l'analyse. Ces traits ont été échantillonnés au cours de 11 marées à bord de 78 navires. Seules les trente premières espèces capturées en pourcentage moyen des captures en poids des traits échantillonnés (sur les 95 espèces capturées) ont été gardées comme variables continues actives dans l'Analyse en Composante Principale. Les variables nominales illustratives sont : les quartiers maritimes, les sous-régions d'appartenance, la classe de longueur et d'effectif à bord, le rectangle statistique, l'année et le mois de la marée et le numéro d'ordre du trait. La puissance des navires, la durée de la marée en jour, le nombre de traits par marée, le nombre d'hommes embarqués, et des variables relatives au trait (durée du trait, heure de début de trait, profondeur et numéro d'ordre du trait, la capture totale du trait) sont choisies comme variables continues illustratives.

5.1.2. Axes factoriels et associations d'espèces

La méthode des différences troisièmes met en évidence un palier au troisième et au cinquième axe. Les cinq premiers axes permettent d'expliquer environ 87% de l'inertie totale (Histogramme des 30 premières valeurs propres). Le premier axe factoriel explique plus de 47% de la variabilité observée entre les individus. Les trois premiers axes sont généralement des axes triviaux essentiellement construits autour d'un ou deux groupes d'espèces. Or nous cherchons ici à regrouper des profils de captures similaires décrivant la production multi-spécifique de la pêcherie langoustinière. Nous choisirons donc de décrire les cinq premiers axes.

L'axe 1 est structuré par la proportion de langoustines dans les captures. Il oppose les traits pour lesquels la proportion de langoustines dans les captures est importante (coordonnées négatives sur l'axe 1) aux traits pour lesquels la proportion de chinchard dans les captures est supérieure à la moyenne. A gauche de l'axe, on retrouve des navires des quartiers de Lorient et Marennes ainsi que des navires immatriculés dans le Nord Bretagne ou en Basse Normandie mais pêchant sur les zones de Sud-Bretagne une partie de l'année. Ce sont des navires de 9-12 mètres en majorité opérant pendant les mois de janvier à avril, le mois de juillet et les mois de novembre et décembre. Les mois hors saison langoustine sont sur-représentés ainsi que les rectangles 24^{E5}, 24^{E6}, 20^{E8}. A droite de l'axe, on trouve plutôt les navires d'Auray, Saint Nazaire, le Guilvinec, opérant pendant les mois de septembre et octobre. Cet axe distingue les navires dont les traits sont relativement spécialisés sur la langoustine. L'axe oppose les traits caractérisés par de faibles captures accessoires et donc par une proportion de langoustine importante aux traits pour lesquels la proportion des autres espèces est importante dans les captures.

L'axe 2 oppose les traits pour lesquels la proportion de merlu est plus importante que la moyenne (coordonnées négatives) aux traits caractérisés par du merlan bleu, de la galathée, du petit tacaud en proportion supérieure à la moyenne. L'axe distingue les traits des navires du Guilvinec de 12-16 mètres opérant dans la zone 24^{E5} qui capturent moins de merlu en proportion de leur captures (coordonnées positives), des traits effectués pendant les mois de printemps et hiver des navires des autres quartiers, du sud de la pêcherie en particulier, qui opèrent plutôt dans les zones 21E7, 20E8 et 22E6 (correspondant aux zones de pêche de la flottille langoustinière du sud et des concarnois). Cet axe permet donc de distinguer les traits caractérisés par une proportion de capture accessoire de merlu plus ou moins importante.

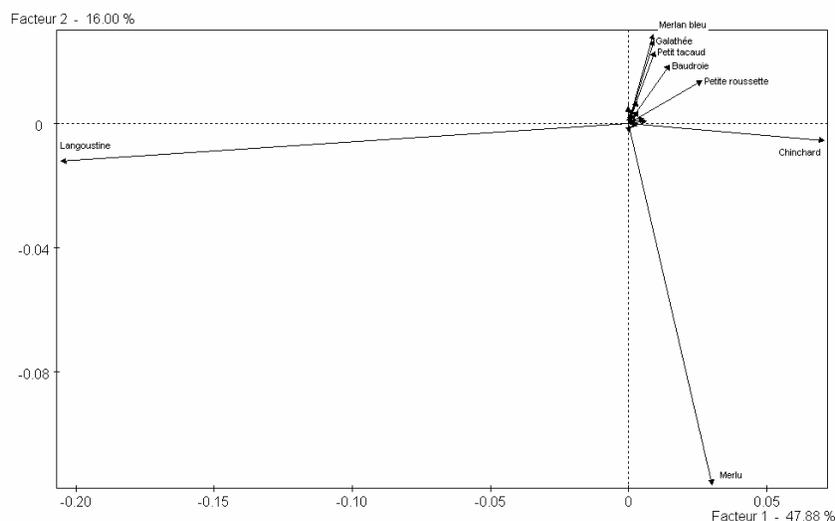


Figure 1. 23 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 1*2. Sources : d'après données Obsmer, IFREMER/SIH. 242 traits 2003-2005.

Le **plan factoriel 1*2** distingue donc quatre grands groupes:

- des groupes de traits caractérisés par des proportions de langoustine et merlu importantes
- des groupes de traits spécialisés sur la langoustine et caractérisés par des proportions de merlan bleu, galathée, la baudroie, petites roussettes plus importantes que la moyenne
- des groupes caractérisés par une proportion importante de merlu et chinchard et donc moins de langoustine en proportion
- des groupes de traits moins spécialisés sur la langoustine et constitués de chinchard, merlan bleu, galathée, baudroie, petites roussettes en proportion supérieure à la moyenne

Les rôles structurant du chinchard et du merlu sont mis en évidence. Le plan factoriel montre d'autre part l'existence d'associations d'espèces entre le merlan bleu et le petit tacaud en particulier. La prise en compte de l'ensemble des captures met en évidence des espèces structurantes (comme le chinchard) qui était moins discriminantes dans l'analyse des débarquements car fortement rejetées.

L'axe 3 distingue les traits constitués de chinchard en proportion importante (et langoustine dans une moindre mesure (coordonnées négatives), des traits où les captures accessoires de merlu, petit tacaud galathée, baudroie sont relativement importantes. A gauche de l'axe, on retrouve des navires de Lorient et Saint Nazaire opérant dans la zone 23^E6 qui s'opposent aux navires du Guilvinec, de Concarneau et du sud de la pêcherie qui opèrent plutôt dans le 23^E5. L'axe 3 permet donc de distinguer les traits caractérisés par une proportion de chinchard plus ou moins importante.

L'axe 4 oppose les traits pour lesquels la proportion de merlan bleu est importante (coordonnées positives) aux autres traits. Il oppose les navires du Guilvinec, de Concarneau et d'Oléron opérant dans les zones 24^E5 et 22^E6 dont les traits sont caractérisés par les prises accessoires de merlan bleu,

aux navires des autres quartiers plutôt caractérisés par des captures de petite roussette. Le merlan bleu apparaît ici comme une espèce structurante.

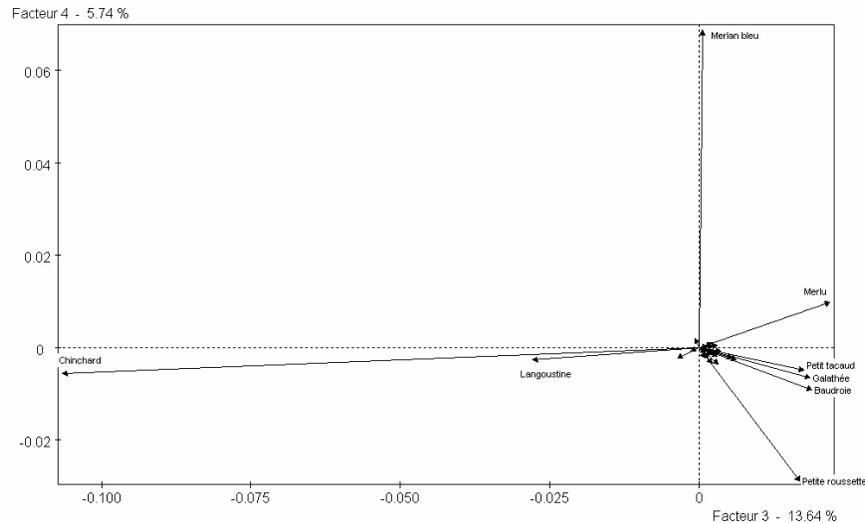


Figure 1. 24 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 3*4. Sources : d'après données Obsmer, IFREMER/SIH. 242 traits 2003-2005.

L'analyse du **plan factoriel 3*4** permet donc de distinguer les groupes de traits en fonction des prises accessoires qui les structurent, chinchard ou merlan bleu. Ces captures de faible valeur commerciale sont rejetées en grande proportion et n'apparaissent donc pas dans les analyses précédentes menées sur les données de débarquement. L'analyse des captures totales met en évidence leur rôle structurant.

L'axe 5 distingue les traits en fonction de la proportion de petites roussettes dans les captures et oppose les navires du Guilvinec qui capturent de la roussette en proportion importante aux navires des autres quartiers dont les traits sont caractérisés par d'autres captures accessoires.

Les trois premiers axes expliquent à eux seuls plus de 77% de l'inertie totale du nuage. Ils permettent en effet de mettre en évidence les grandes oppositions qui existent au sein du nuage de points considéré et de distinguer les profils des navires en fonction de leur quartier d'appartenance ou de leur sous-région Sud-Bretagne ou autres régions dont les stratégies de pêche, les caractéristiques techniques et donc les profils de captures sont différents. L'analyse des axes 4 et 5 permet de mettre en évidence des différences de profils de captures entre les navires du Sud-Bretagne et de révéler des oppositions moins triviales que la spécialisation sur la langoustine et la proportion de captures de merlu et chinchard à partir des proportions de petite roussette et merlan bleu dans les captures.

5.1.3. Typologie des profils de captures

Compte tenu du nombre de données de l'analyse et des objectifs de la typologie des profils par trait, on retient la partition en quatre classes qui explique environ 56% de l'inertie totale, c'est-à-dire de la variance inter-classe (voir l'histogramme des indices de niveau de la classification hiérarchique en annexe 1.15). Les classes 1 et 4 regroupent la majorité des profils de captures : elles comprennent 37% et 38% des traits respectivement.

La **première classe** correspond à la classe des traits composés de petits tacauds, baudroie, galathée, merlan bleu et petites roussettes, chacune de ces espèces représentant 7 à 8% des captures en poids. La langoustine ne représente que 27% des captures pour cette classe. Cette classe regroupe donc les traits au cours desquels la langoustine a été ciblée mais les captures d'espèces accessoires ont été conséquentes. Les navires de cette classe sont plutôt des navires de Sud-Bretagne, immatriculés au Guilvinec pour 87% d'entre eux. Ils opèrent dans le 22^{E5} et ce sont des navires de 12-16 mètres pour 90% d'entre eux.

La **deuxième classe** comprend les traits où le merlu est en proportion importante, il représente 35% des captures en moyenne. La langoustine représente en moyenne 32% des captures dans cette classe. Les profils de captures de la classe 2 sont réalisés par des navires du sud de la pêcherie immatriculés dans les Pays de Loire pour 37% d'entre eux et dans les autres quartiers que le Guilvinec. Ce sont des navires de 16-20 mètres pour 37% d'entre eux avec 4 à 5 hommes à bord et qui opèrent dans le 22^{E6}.

La **classe 3** correspond aux traits caractérisés par une proportion dans les captures de chinchard plus importante que la moyenne (40% en moyenne, contre 6% dans l'ensemble des traits analysés) et une proportion de langoustines de 13% c'est-à-dire plus faible que la moyenne. Ces traits correspondent à des traits réalisés au mois de septembre et octobre, à la fin de la saison langoustine. Les volumes capturés sont plus importants que la moyenne des traits mais très largement constitués de chinchard. Cette espèce capturée par la flottille langoustinière est rejetée massivement pendant la saison langoustine au profit d'autres espèces plus intéressantes commercialement mais peut permettre de compenser la diminution des captures de langoustines hors saison langoustine. Les navires de cette classe ne sont pas caractérisés par une classe de longueur ou une zone de pêche particulière.

La **classe 4** est caractérisée par une proportion de langoustine très importante dans les captures, 61% en moyenne, et moins de merlu (10% au lieu de 15% en moyenne dans les traits échantillonnés) et d'autres espèces accessoires (chinchard, baudroie, petite roussette...). Cette classe regroupe en particulier des navires du Guilvinec et de Lorient et moins de navires du sud de la pêcherie.

La classification distingue donc les profils de captures des traits très spécialisés sur la langoustine (réalisés dans le Sud-Bretagne principalement) et parmi les autres traits deux classes de traits caractérisés par des proportions de prises accessoires importantes se distinguent par la nature des prises accessoires et la provenance des navires : les traits des navires de Sud-Bretagne riches en petit tacaud, petite roussette, baudroie, merlan bleu ; les traits du sud de la pêcherie plutôt caractérisés par la présence de merlu. Une dernière classe distingue les traits de la fin de saison langoustine riche en chinchard indépendamment de la provenance des navires ou de la zone de pêche. Ces analyses multivariées mettent en évidence qu'il existe une certaine maîtrise des productions jointes qui dépend à court terme des choix d'allocation d'effort par saison et zone, et à plus long terme de la technologie de production, des caractéristiques techniques des navires et de leur sous-flottille d'appartenance qui déterminent leurs possibilités de production.

5.2. Productions jointes et estimation des captures par unité d'effort

5.2.1. Co-occurrence des espèces

L'analyse des captures par trait échantillonné permet de décrire les productions jointes de la langoustine dans le cas du métier de chalutage de fond à langoustine. La Figure 1. 25 présente les espèces capturées en même temps que la langoustine dans plus de 50% des traits échantillonnés et le taux d'apparition dans les traits. Cette analyse des co-occurrences d'espèces dans les données de captures par trait montre que le merlu est systématiquement capturé en même temps que la langoustine (il est présent dans tous les traits échantillonnés). Parmi les autres productions jointes, la sole, la baudroie, la seiche et la galathée (productions jointes commercialisées de la langoustine) et le callionyme, le petit tacaud, l'arnoglosse (productions jointes non commerciales de la langoustine), sont présents dans plus de 80% des traits échantillonnés. Le tacaud, le merlan bleu, le chinchard, la petite roussette, le grondin et la petite argentine, autres productions jointes de la langoustine, se retrouvent dans 60 à 80 % des traits échantillonnés.

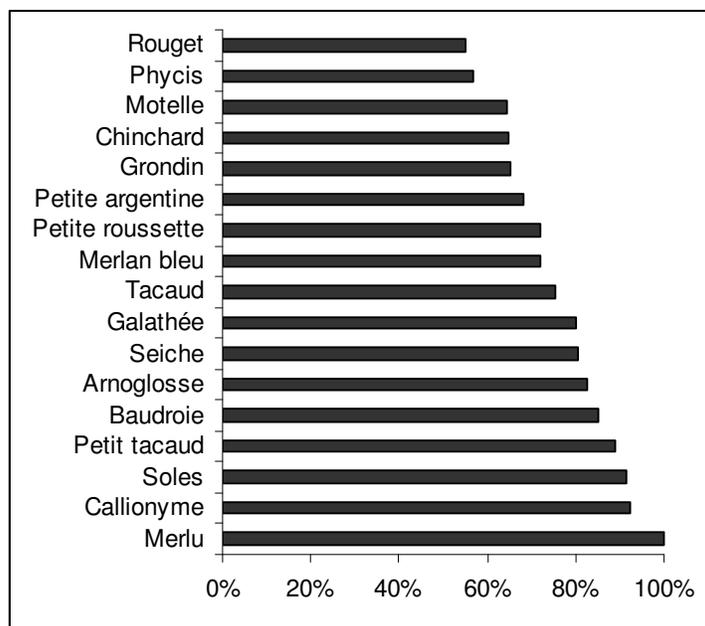


Figure 1. 25 : Espèces présentes en même temps que la langoustine dans plus de 50% des traits échantillonnés, et taux d'apparition dans les traits. Métier de chalutage de fond à langoustine. Sources : d'après données Obsmer, IFREMER/SIH. 242 traits 2003-2005.

L'analyse du taux d'apparition des espèces dans les traits échantillonnés met en évidence qu'il existe une variabilité importante des productions jointes de la langoustine. L'échantillonnage des traits pour un même métier montre ainsi que mise à part le merlu, systématiquement présent en même temps que la langoustine, les autres productions jointes varient (taux de présence inférieur à 100%). La variabilité des productions jointes vient en particulier du fait que la fonction de capture est une fonction de prélèvement qui traduit la disponibilité des espèces dans l'écosystème. Les variations relatives d'abondance ou de disponibilité des différentes espèces en fonction des zones, de l'heure du jour, de la saison modifient les productions jointes et les relations entre espèces.

5.2.2. *Fonction de capture de courte période*

Une fonction de capture de courte période est estimée dans ce chapitre à partir de captures par unité d'effort par espèce en s'appuyant sur les données de la base Obsmer qui permettent d'avoir une information précise de l'effort d'une part et des captures d'autre part. Les captures par unité d'effort estimées seront utilisées dans le chapitre suivant comme inputs de la fonction de tri.

Les captures par unité d'effort (CPUE) sont présentées par espèce à l'échelle annuelle puis en distinguant deux sous-flottes, sous-flotte Sud-Bretagne et sous-flotte autre région, et en

distinguant ensuite pour la flottille sud-bretonne qui pratique ce métier toute l'année, les captures par unité d'effort par espèce pendant la saison langoustine et hors saison langoustine.

L'analyse des captures par unité d'effort en kg/heure de pêche (Figure 1. 26) met en évidence que les quatre principales espèces capturées en volume sont la langoustine, le merlu, le chinchard et le merlan bleu (respectivement 25 kg/h, 9 kg/h, 5 kg/h, 4 kg/h sur l'ensemble de traits échantillonné pour le métier de chalutage de fond à langoustine) avec néanmoins une forte variabilité selon les traits.

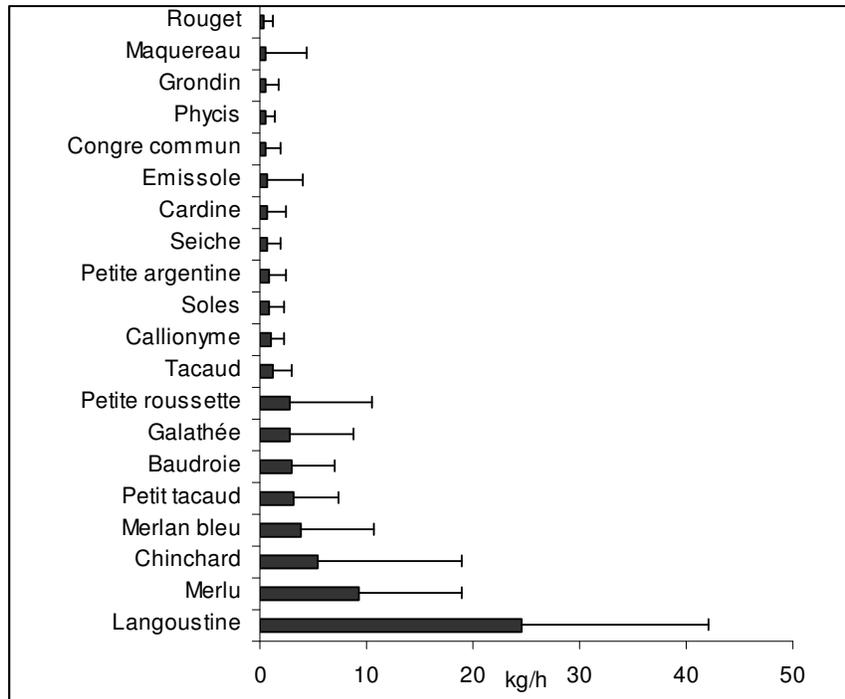


Figure 1. 26 : Captures par unité d'effort en kg/h moyennes et écart type des 20 principales espèces capturées en volume sur tous les traits échantillonnés pour l'ensemble des captures pour le métier de chalutage de fond à langoustine. Sources : d'après données Obsmer, IFREMER/SIH. 242 traits 2003-2005.

Les analyses ont montré que les profils de capture variaient en fonction de la sous-flottille d'appartenance, de la saison de pêche (saison langoustine ou hors saison langoustine) et de la zone de pêche. Compte tenu des fortes corrélations entre zones de pêche fréquentées et sous-flottilles (annexe 1.16), la seule description des profils de capture par sous-flottille permet de prendre en compte une partie de la dimension spatiale. La distinction entre les deux sous-flottilles, sous-flottille de Sud-Bretagne et sous-flottille autres régions met en évidence que la sous-flottille sud-bretonne est plus spécialisée sur la langoustine pour laquelle elle obtient des CPUE plus importantes que celles obtenues par la sous-flottille autre région (Figure 1. 27). Néanmoins il existe une grande variabilité des CPUE pour la langoustine dans le cas de la sous-flottille autre région. Cette sous-flottille capture d'avantage de merlu et moins de chinchard et de merlan bleu.

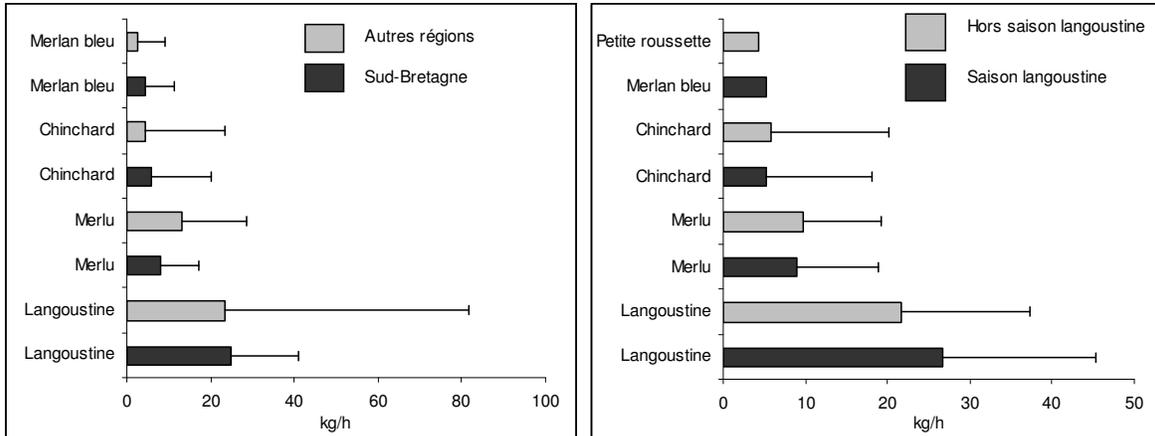


Figure 1. 27 : Comparaison des CPUE et écart-type des 4 principales espèces capturées en volume entre la sous-flottille sud-bretonne et la sous-flottille autre région (à gauche) et entre la saison de forte disponibilité de la langoustine d’avril à août (saison langoustine) et la saison de plus faible disponibilité, de septembre à mars (hors saison langoustine) (à droite). Sources : d’après données Obsmer, IFREMER/SIH. 242 traits 2003-2005.

La comparaison des CPUE entre la saison de forte disponibilité de la langoustine (d’avril à août) et la saison de faible disponibilité de la langoustine (de septembre à mars) met en évidence une substitution entre langoustine, et merlu et chinchard entre les deux saisons : hors saison langoustine, les CPUE de langoustine sont plus faibles, celles de merlu et chinchard sont plus élevées. D’autre part il existe une modification des productions jointes, la petite roussette devient la quatrième espèce capturée en volume pendant la période de faible disponibilité de la langoustine. Pendant la saison langoustine, le merlan bleu occupe le quatrième rang.

L’analyse met en évidence une forte variabilité des captures par unité d’effort d’un trait à l’autre qui peut se traduire par des réponses en termes de tri des captures.

Les sous-flottilles prises en compte par la suite seront segmentées par classe d’effectifs à bord pour deux raisons :

- prendre en compte la puissance de pêche des navires qui est corrélée au nombre d’hommes à bord et au volume capturé (annexe 1.17)
- prendre en compte l’effort de tri appliqué aux captures, dépendant du nombre d’hommes qui trient

5.3. Discussion

L’analyse en composante principale met en évidence que pour un même métier pratiqué, le chalutage de fond à langoustines dans le golfe de Gascogne, les productions jointes peuvent varier en fonction de la saison de pêche et des zones fréquentées. On retrouve la distinction entre la sous-flottille sud-bretonne et la sous-flottille qui opère depuis les ports du sud du golfe de Gascogne. Les différences de

productions jointes entre ces deux flottilles sont liées aux zones de pêche fréquentées et aux saisons de pêche c'est-à-dire à la disponibilité des espèces dans les zones de pêche. Une classe distingue ainsi des traits réalisés par des navires du sud de la pêcherie dans des zones de frayères à merlus et caractérisés par des proportions de merlu et langoustines importantes. Une autre classe distingue des navires opérant dans des zones plus au large et caractérisés par des captures très multi-spécifiques (petits tacauds, baudroies galathées, merlan bleu) qui reflètent la présence de ces espèces dans ces zones. L'aspect saison modifie également sur la structure des captures notamment de chinchard, capturé en proportion plus importante en fin d'année, hors saison langoustine. L'analyse des captures permet de mettre en évidence des espèces structurantes comme le chinchard et le merlan bleu qui n'apparaissent pas dans les débarquements car elles sont rejetées en grande proportion.

La variabilité importante de la fonction de capture estimée à partir de captures par unité d'effort montre qu'il existe une certaine maîtrise des productions jointes qui dépend à long terme de l'évolution des abondances relatives entre espèces, des choix d'investissement et des choix techniques. Les caractéristiques techniques des navires peuvent limiter la marge de manœuvre spatiale. Les navires exploitant la langoustine depuis les ports du sud de la pêcherie n'ont pas accès aux mêmes zones de pêche que les navires de Sud-Bretagne plus proches des zones de pêche de la langoustine. La taille des navires limite d'autre part l'accès aux zones les plus éloignées. A court terme, les productions jointes dépendent des choix de zone, de saison de pêche et d'heure de pêche. Les choix de long terme et court terme peuvent modifier les jointures entre espèces.

6. Discussion et conclusions du chapitre 1

L'analyse menée dans ce chapitre permet de caractériser la flottille langoustinière, flottille polyvalente qui utilise différents engins de pêche peu sélectifs et pratique différents métiers dans différentes zones dont résultent des captures multi-spécifiques et multi-tailles. L'analyse de la fonction de capture d'engins de pêche peu sélectifs, première étape du processus de production, montre l'existence de productions inter-spécifiques et intra-spécifiques et illustre la variabilité des captures à différentes échelles :

- à l'échelle inter-annuelle, les évolutions des facteurs de production anthropiques et naturels (évolution des abondances relatives des stocks, du système de gestion et changements techniques) modifient la structure des captures et les relations entre espèces. Les changements des conditions d'exploitation et en particulier du système de gestion ont modifié les stratégies de pêche et les relations entre espèces. La période est ainsi caractérisée par une spécialisation croissante sur la langoustine. L'adoption du chalut jumeau à langoustine a joué un rôle important dans cette évolution. L'analyse de longue période de la fonction de capture met en évidence que la technologie de production est évolutive.

- à l'échelle intra-annuelle, les choix stratégiques d'engins de pêche, de métier, de zones fréquentées et de saisons d'activité déterminent la structure des captures. Les productions varient en fonction des combinaisons d'engins utilisés ou combinaison des processus de production mis en œuvre et pour un même métier ou même processus de production peu sélectif (métier de chalutage de fond à langoustine), les zones fréquentées et mois d'activité font varier la structure des captures. La méthodologie d'allocation des débarquements par zone, engin et mois que nous avons développée permet de décrire la variabilité spatio-temporelle des productions.

Les modifications d'inputs anthropiques ou naturels à long terme et à court terme modifient les possibilités de production et les jointures entre espèces ou catégories d'une même espèce. Il existe donc une certaine maîtrise des productions jointes.

L'analyse des stratégies de pêche met en évidence deux grandes stratégies de captures à l'échelle de la flottille langoustinière et montre donc la nécessité de distinguer deux sous-flottilles, la sous-flottille sud-bretonne et la sous-flottille autres régions pour prendre en compte la diversité de la structure des captures. Les différentes combinaisons de processus de production mis en œuvre par ces deux sous-flottilles langoustinières structurent les captures à un premier niveau. A l'échelle d'un processus de production correspondant à l'utilisation d'un engin de pêche et la pratique d'un métier, le chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne, les captures des deux sous-flottilles se distinguent en raison des saisons de pêche de pêche d'activité et des zones de pêche fréquentées.

Les données disponibles ne permettent pas de descendre à des niveaux d'analyse qui prennent en compte tous les facteurs de variabilité. Cependant, la distinction en deux sous-flottilles sera utilisée dans la modélisation de la pêcherie pour prendre en compte les différences de structures de débarquement ainsi que les différences de mortalité par pêche sur la langoustine et le merlu (espèces modélisées) liées aux stratégies de pêche des deux sous-flottilles. La distinction de ces deux sous-flottilles segmentées géographiquement et opérant sur des zones de pêche différentes tient également compte de la variabilité spatiale des productions. D'autre part, nous distinguerons des sous-flottilles par classe de nombre d'hommes à bord ce qui permet de prendre en compte les possibilités de production liées à la taille des navires (corrélée au nombre d'hommes à bord) et l'effort de tri.

L'ambiguïté dans la distinction entre espèce cible et espèce accessoire est illustrée dans ce chapitre. La pêcherie langoustinière (autrefois appelée pêcherie de langoustine-merlu) ciblait ainsi les deux espèces, merlu et la langoustine, jusqu'à la mise en application de la réglementation sur les tailles minimales. Les petits merlus sont depuis rejetés et font maintenant partie des productions jointes non désirées, non ciblées. Pour d'autres espèces, le ciblage revêt un caractère opportuniste. La langoustine

est l'espèce ciblée principalement quand les pêcheurs pratiquent le métier de chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne mais ils ciblent en même temps un ensemble d'espèces qui contribuent à la formation du chiffre d'affaires et sans lesquelles l'activité n'aurait pas le même intérêt.

Nous montrons dans ce chapitre que parmi les productions des navires de la flottille langoustinière, toutes ne sont pas jointes. Les différentes espèces ou catégories peuvent être capturées au cours de processus de production distincts. L'analyse des données de capture par trait permet de procéder au repérage des productions jointes et met en évidence une forte variabilité des productions jointes qui traduit l'existence d'une certaine marge de manoeuvre (spatio-temporelle notamment). Ceci souligne les enjeux liés à la prise en compte des dimensions spatiales et temporelles pour l'analyse de l'aménagement des pêcheries.

Un des prolongements de ce travail est l'estimation d'élasticité de substitution entre outputs qui permettrait de mieux quantifier l'impact de mesures de gestion sur les productions jointes. Une revue de littérature des méthodes d'estimation des fonctions de production et du traitement des outputs multiples est proposée dans Pascoe *et al.*(2007). Ils relatent plusieurs études ayant recours à la méthode DEA (Data Envelopment Analysis) pour estimer l'efficacité technique et l'utilisation des capacités (Feltoven, 2002, Tingley *et al.*, 2003, Pascoe et Mardle, 2005). Cette méthode permet d'incorporer les outputs multi-spécifiques mais ne permet pas d'estimer l'impact de variations des inputs sur les outputs ou les relations entre outputs. La méthode d'estimation de fonctions de production multi-output (Alvarez et Orea, 2001) qui consiste en une régression d'un output par rapport aux autres outputs et à l'ensemble des inputs pose un problème d'asymétrie du rôle joué par l'output choisi. La fonction de distance output orientée permet d'éviter ces problèmes d'asymétrie et est retenue par Pascoe *et al.*(2007) pour estimer les élasticités de substitution entre outputs dans le cas de la pêcherie chalutière de Mer du Nord.

Une des limites de l'analyse est l'absence de données de captures à l'échelle inter-annuelle. Les données de débarquements, outputs de l'ensemble de la fonction de production (fonction de capture+ fonction de tri) ont été utilisées par défaut et montrent que le problème de productions jointes existe même en l'absence de rejet. L'estimation de la fonction de capture en termes de captures par unité d'effort est en revanche réalisée à partir des données de captures provenant des échantillonnages à bord des navires professionnels. L'analyse des captures par unité d'effort par trait met en évidence une grande variabilité, susceptible d'influencer le tri, objet du chapitre suivant. Ces données de captures seront utilisées dans le chapitre suivant pour permettre de décrire les comportements de tri et analyser quelles réponses de tri entraîne la variabilité de la structure des captures produites par un engin de pêche peu sélectif.

Chapitre 2 : Rejets et comportements de tri

1. Introduction

L'analyse des productions jointes débarquées faisait l'objet du premier chapitre. Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'analyse des productions jointes rejetées au cours de la deuxième étape du processus de production d'engins de pêche peu sélectifs, le tri. L'objectif est de compléter l'analyse du processus de production par l'analyse des comportements de tri pour être en mesure d'étudier dans la deuxième partie de la thèse, les options de gestion permettant de limiter les effets externes négatifs des productions jointes en tenant compte des comportements des producteurs. Ce chapitre décrit la deuxième composante de la fonction de production, la fonction de tri des captures.

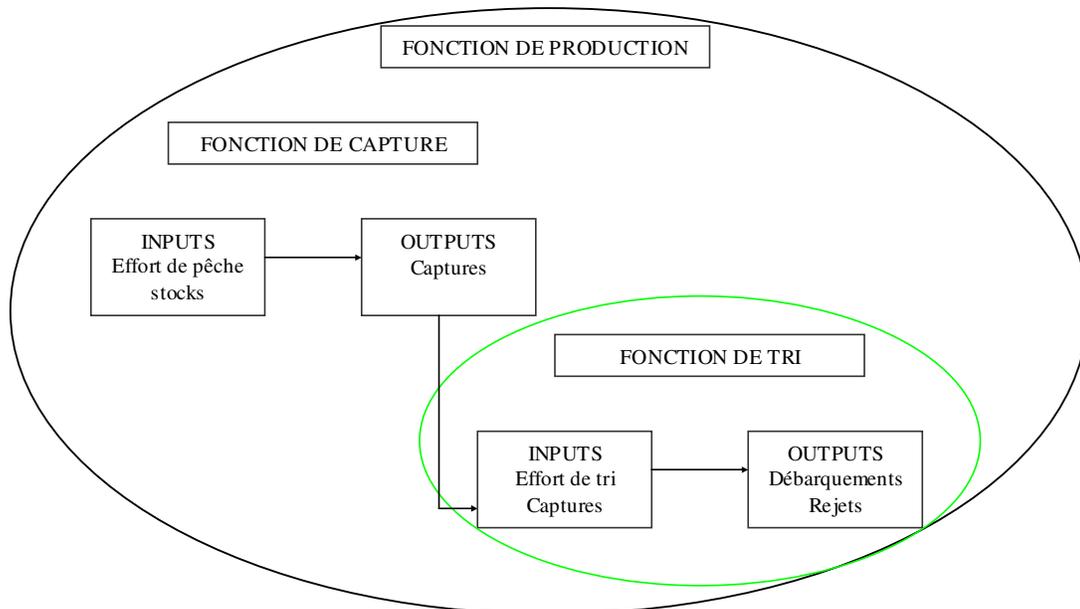


Figure 2. 1 : Fonction de tri : deuxième étape du processus de production. Source : Elaboration personnelle

La fonction de capture d'engins de pêche peu sélectifs donne comme outputs les captures composées de catégories hétérogènes d'un point de vue économique, pouvant appartenir, ou non, à la même espèce. Une opération de tri des captures intervient ensuite pendant la marée. Cette opération permet

d'extraire des captures les catégories commercialisables qui sont triées par espèce et catégorie. Ces catégories sont débarquées et le reste des captures est rejeté avec généralement un taux de mortalité élevé. L'opération de tri peut avoir lieu lorsqu'une seule espèce est capturée mais qu'il existe plusieurs catégories non homogènes du point de vue économique ou réglementaire pour cette espèce (tailles différentes en particulier).

Le tri est la principale activité à bord dans le cas de la pêche chalutière langoustinière (Macher, 2004) et c'est une étape essentielle de la production au cours de laquelle s'expriment les stratégies de production. C'est lors du tri en effet que les pêcheurs déterminent ce qui, parmi les captures jointes, sera débarqué ou rejeté. Le tri différencie ainsi les productions jointes désirées ou prises accessoires qui contribuent à la formation du chiffre d'affaires, des productions jointes non désirées et donc rejetées (dont nous montrerons dans la deuxième partie de la thèse qu'elles ont un coût social important). L'effort de tri alloué à chaque catégorie détermine la nature des productions jointes et donc leur impact. Les comportements de tri peuvent modifier d'autre part l'efficacité attendue de mesures de gestion. L'analyse et la prise en compte des comportements de tri est donc un enjeu majeur pour l'aménagement des pêcheries et l'évaluation des politiques publiques.

Dans cette thèse, les rejets et débarquements sont abordés sous l'angle de la résultante d'un travail (ou effort) de tri. Le processus de production, décrit par la fonction de tri, a comme inputs les captures par catégorie et un effort de tri et comme outputs, les débarquements et rejets par espèce-catégorie. Le pêcheur décide donc de l'effort de tri (nombre d'hommes qui trient, durée du tri) et de sa répartition entre les différentes catégories qui maximisent le profit. Une telle représentation permet notamment de prendre en compte des raisons de rejet liées à des contraintes de tri rarement prises en compte dans la littérature comme nous le montrerons (cf infra section 3.).

Après avoir montré l'importance du phénomène des rejets dans le cas de la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne, nous présentons le calcul économique sur lequel repose la décision de rejet. Les hypothèses et contraintes prises en compte classiquement dans les modèles microéconomiques de comportement de rejet sont ensuite détaillées. L'analyse empirique des raisons de rejet et des facteurs de variabilité du tri met cependant en évidence d'autres raisons de rejet rarement prises en compte dans la littérature : l'importance du tri dans la décision de rejeter. Les caractéristiques de la fonction de tri sont précisées par analogie avec la fonction de capture et les coûts d'opportunité attachés au travail de tri sont détaillés. Nous décrivons ensuite un modèle microéconomique de comportement de rejet qui intègre les raisons de rejet classiquement décrites dans la littérature mais nous y ajoutons une originalité qui est de tenir compte des contraintes de tri comme raison de rejet. Une application à la pêche langoustinière du golfe de Gascogne est ensuite

présentée et les impacts en analyse statique comparative de différentes contraintes sur les comportements de rejet sont analysés.

2. Importance du phénomène des rejets dans la pêcherie langoustinière

La pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne est caractérisée par de forts taux de captures accidentelles. Ces captures peuvent être débarquées et participer à la formation du chiffre d'affaires ou être rejetées comme c'est le cas pour les captures non commercialisées de langoustine et de merlu. La mortalité des productions jointes non désirées et donc rejetées est généralement importante dans ce type de pêcherie. Guégen et Charuau (1975) ont estimé que 70% des langoustines rejetées sont rejetées mortes; la mortalité des poissons rejetés est plus importante encore, de l'ordre de 100% (Hill et Wassenberg, 2000 ; Revill *et al.*, 2005).

Talidec *et al.* (2005) ont estimé les rejets de langoustine et merlu de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne à partir des données de la base Obsmer récoltées en 2003 et 2004 dans le cadre du programme d'observation des captures à bord des navires professionnels. La méthodologie décrite dans Rochet *et al.* (2006) est utilisée pour élever les rejets observés lors des marées échantillonnées à l'ensemble de la flottille. Talidec *et al.* (2005) estiment que les rejets de langoustines par la flottille langoustinière ont été de 1875 tonnes en 2003 (pour 3792 tonnes débarquées) et de 1940 tonnes en 2004 (pour 3290 tonnes débarquées) et les rejets de merlus par la flottille sont estimés à 1035 tonnes en 2003 et 1360 tonnes en 2004. Les résultats des élévations indiquent qu'en 2003 et 2004, respectivement 57% et 61% des langoustines capturées en nombre (33% et 37% en poids) ont été rejetées par la flottille langoustinière. Sur la période 1987-2005, le taux de rejet de langoustines en nombre a fluctué entre 41% et 65% (en nombre d'individus) (ICES, 2006a).

Les rejets des autres espèces commerciales et non commerciales capturées par la flottille sont également très élevés. Les données d'échantillonnage des captures de la base Obsmer permettent de compléter la connaissance des rejets de la flottille langoustinière du golfe et d'établir les pourcentages rejetés en poids et nombre des principales espèces capturées par trait moyen échantillonné. En dehors du merlu et de la langoustine, nous ne disposons pas des élévations des rejets à l'ensemble de la flottille. Les profils représentés en Figure 2. 2 correspondent donc aux profils moyens de débarquement et rejet par espèce en poids et nombre par trait du métier chalutage de fond à langoustine établis à partir des traits échantillonnés. Les profils de la Figure 2. 2 montrent la part relative des productions jointes débarquées et rejetées dans les captures (productions jointes désirées et non-désirées).

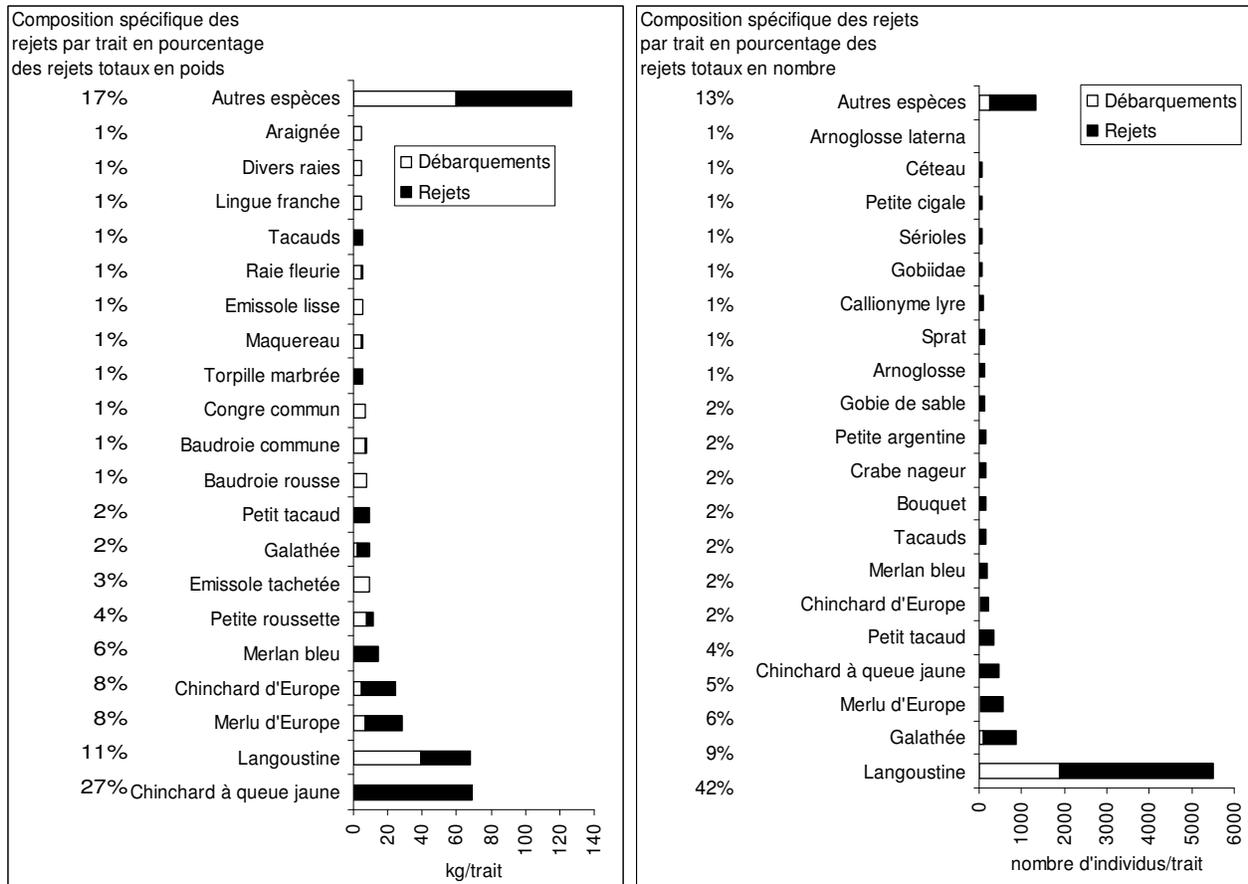


Figure 2. 2 : Composition spécifique moyenne des rejets par trait en pourcentage des rejets totaux en poids (à gauche) et en nombre (à droite) et débarquements et rejets moyens par trait en kg/ trait (à gauche) et nombre/trait (à droite) pour les 20 principales espèces capturées par les navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine échantillonnés. Source : IFREMER/Obsmer. Profils établis à partir des données de captures de 242 traits échantillonnés au cours de 109 marées.

Les données d'échantillonnage des 242 traits indiquent que sur 196 kg de captures par trait en moyenne (toutes espèces confondues), 112 kg sont rejetés. 57% des captures en poids sont donc rejetées toutes espèces confondues. En nombre, ce sont 74% des captures qui sont rejetées (synthèse des données par trait moyen de la Figure 2. 2). L'analyse de la composition spécifique des rejets en poids et nombre (Figure 2. 2) met en évidence la prédominance du chinchard, de la langoustine, du merlu, du merlan bleu, du petit tacaud et de la galathée qui constituent l'essentiel des rejets en poids pour le métier de chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne. Certaines espèces comme le chinchard, le merlan bleu ou le petit tacaud sont rejetées en quasi totalité. Les rejets d'espèces non commercialisables comme les callionymes lyres ou petites argentines atteignent 100% des captures. Pour d'autres espèces comme la langoustine et le merlu, seule une partie des captures est rejetée.

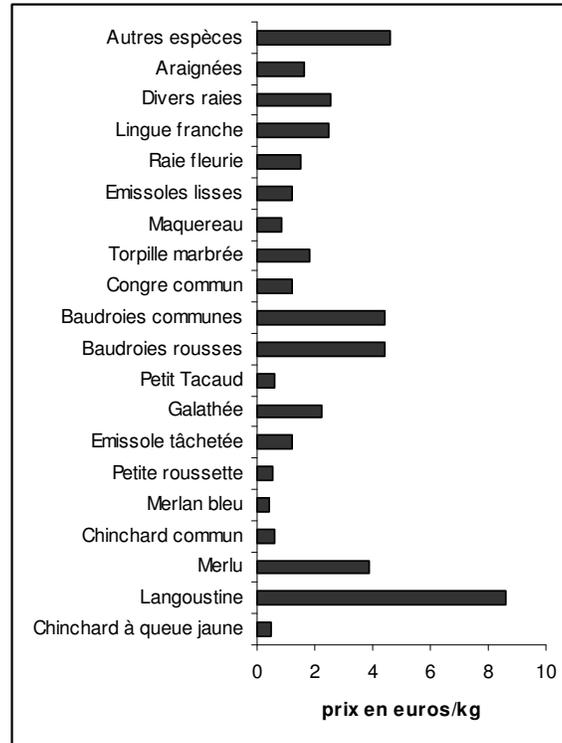


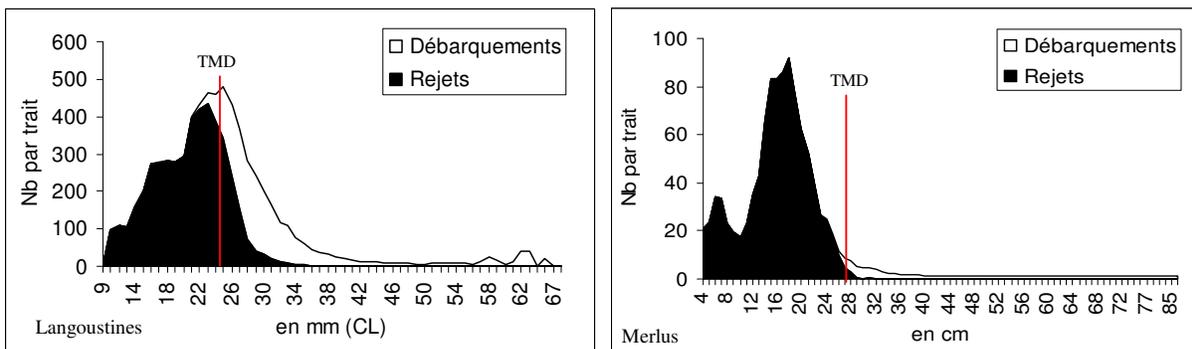
Figure 2. 3 : Prix moyen en euros/kg des principales espèces capturées commercialisables échantillonnées lors des embarquements à bord des navires langoustiniers. Source : IFREMER/SIH/Obsmer et IFREMER/SIH/données ventes des navires de la flottille langoustinière en 2003.

Les espèces rejetées en proportion importante en poids ou valeur sont :

- les espèces sans valeur commerciale (gobidés, callionyme lyre...) ou de faible valeur (chinchard merlan bleu) (Figure 2. 3).
- les espèces soumises à des mesures de gestion type taille minimale de débarquement ou quotas que nous avons présentées dans le chapitre 1 (langoustine, merlu et baudroies).

L'analyse comparée des profils en poids et en nombre de la Figure 2. 2 met en évidence dans le cas des espèces commercialisables que les rejets sont constitués essentiellement d'individus de petite taille. Nous nous intéressons plus spécifiquement dans cette thèse aux impacts directs des rejets d'espèces commercialisables et en particulier de langoustine et merlu, espèces commercialisables rejetées en proportion importante par les navires de la flottille langoustinière. Le pourcentage des captures de langoustines rejeté et le pourcentage des captures de merlus rejeté en nombre sont ainsi nettement supérieurs aux pourcentages des captures de langoustine et merlu respectivement rejetés en poids. Les histogrammes de rejet et débarquement de langoustines et merlus en longueur (Figure 2. 4) établis à partir des données d'échantillonnage des captures de la base Obsmer indiquent en effet que les rejets de langoustines et merlus de la flottille langoustinière sont essentiellement constitués d'individus de petite taille. Les rejets de langoustine sont constitués d'individus de 10 à 30 mm de longueur céphalothoracique, la taille minimale de débarquement (TMD) étant fixée à 25mm de

longueur céphalothoracique (26 mm depuis 2005). De même, les données d'échantillonnage des captures à bord des navires langoustiniers mettent en évidence que les merlus capturés par les navires de la flottille langoustinière sont essentiellement des merlus sous la taille minimale de débarquement fixée à 27 cm et sont donc rejetés depuis la mise en application de la réglementation sur les tailles minimales à partir de 2000 (Perez, 2001)³⁶. Les zones de pêche de la flottille langoustinière se superposent en effet avec les nurseries de merlus, donnant lieu à d'importantes captures de juvéniles. Dans le cas de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne, 97% des merlus capturés ont été rejetés (en poids) en 2004 avec un taux de mortalité proche de 100%.



TMD : Taille Minimale de Débarquement

CL : Longueur Céphalothoracique

Figure 2. 4 : Distribution en longueur des rejets et débarquements de langoustines par trait moyen (à gauche) et de merlus par trait moyen (à droite) en nombre. Source : IFREMER/Obsmer. Profils établis à partir des données de captures de 242 traits échantillonnés au cours de 109 marées sur des navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine.

La structure des captures de merlu des autres flottilles (Figure 2. 5) met en évidence les conséquences des rejets de merlus sous tailles par les navires de la flottille langoustinière pour les autres flottilles qui ciblent des tailles plus grandes de cette espèce. Le coût social des pratiques de rejet de merlu et langoustine sous-tailles sera analysé dans la deuxième partie de la thèse.

³⁶ Ces tailles de merlu étaient commercialisées avant 2000

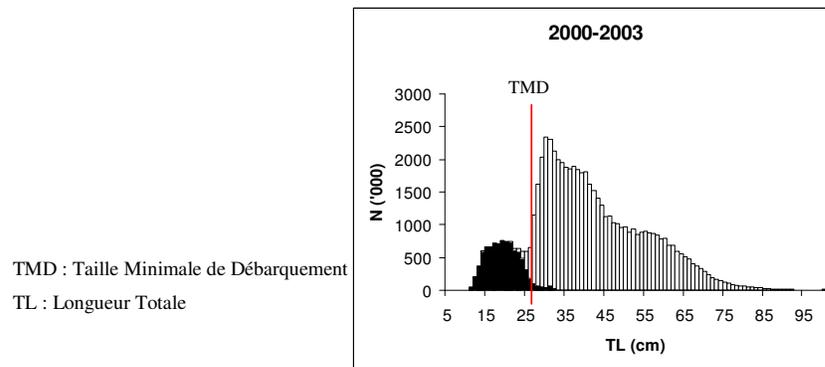


Figure 2. 5 : Distribution en longueur des rejets et débarquements totaux de merlus du stock Nord moyenne 2000-2003 en nombre. Source : ICES, 2007

L'exemple de la pêcherie langoustinière montre que le phénomène des rejets est considérable, environ la moitié des captures est rejetée (en poids). Ces productions jointes non désirées sont constituées de différentes espèces et au sein d'une même espèce, de différentes catégories de taille. Certaines espèces sont parfois rejetées en totalité (espèces sans valeur commerciale) tandis que d'autres ne sont rejetées qu'en partie (espèces dont le prix varie en fonction de la catégorie considérée et espèces soumises à des mesures de gestion). De même certaines catégories de taille sont rejetées en totalité, pour d'autres catégories, les rejets ne concernent qu'une partie des captures de cette catégorie. La mise en évidence des raisons de rejet et facteurs de variabilité des rejets fait l'objet des deux sections suivantes.

3. Revue de littérature des modèles microéconomiques de rejet

Il existe une littérature abondante sur l'analyse du phénomène des rejets qui s'est classiquement appuyée sur l'analyse microéconomique des comportements de rejet. La littérature antérieure à 1997 a été recensée par Pascoe (1997). L'analyse des comportements des entreprises de pêche, comme celle de tout autre entreprise, repose sur l'hypothèse fondamentale selon laquelle l'entreprise cherche à maximiser son profit sous contraintes des conditions dans lesquelles elle opère. Plusieurs études portant sur l'analyse des comportements des pêcheurs valident cette hypothèse et montrent que leurs comportements répondent à des incitations économiques (Opaluch et Bockstael, 1984, Pascoe et Mardle, 2005; Robinson et Pascoe, 1997; Pascoe et Tingley, 2006). L'analyse microéconomique des comportements de rejet montre que le processus de rejet est une activité économique et met en évidence que les rejets naissent d'un calcul économique (Arnason, 1994). Les modèles microéconomiques de comportement de rejet que nous présentons supposent ainsi que les pêcheurs sont rationnels et décident du niveau de rejet leur permettant de maximiser leur profit étant donnés les

coûts et bénéfices relatifs des rejets et débarquements et sous contrainte des conditions d'exploitation (Arnason, 1994 et 1995; Anderson, 1995; Pascoe, 1997).

Cette section présente une revue de littérature des travaux ayant été menés sur le sujet. Cette revue ne vise pas l'exhaustivité mais a pour objectif de présenter les fondements des modèles microéconomiques de comportement de rejet et les différentes raisons de rejeter considérées dans la littérature. Après avoir présenté le calcul économique sous-jacent à la décision de rejet à partir du modèle de rejet de référence d'Arnason (1994), nous détaillons les différentes contraintes (ou raisons de rejet) prises en compte dans les modèles microéconomiques existants.

3.1. La décision de rejet : un calcul économique

Les captures d'engins peu sélectifs sont composées de plusieurs catégories économiques caractérisées par différents prix, différents coûts de débarquement ou de rejet. Ces catégories sont généralement associées à des caractéristiques détectables par le pêcheur (espèce, taille, état, qualité...) qui choisit ensuite de les débarquer ou de les rejeter. Le modèle d'Arnason (1994) montre, dans le cas d'une pêcherie différenciée (capturant plus d'une catégorie), que les comportements de rejet relèvent d'un calcul économique et dépendent du prix du poisson sur le marché, de coûts de débarquement et de coûts de rejets. Une catégorie est rejetée lorsque les bénéfices du rejet deviennent supérieurs aux bénéfices du débarquement. Les règles de rejet sont décrites ici à partir du modèle décrit par Arnason (1994) simplifié pour ne prendre en compte que les comportements de rejets. On raisonne à stock et effort de pêche exogènes (à captures exogènes). Nous décrivons les comportements de rejets individuels.

On suppose un pêcheur capturant différentes catégories i de poissons, $i \in [1;n]$, obtenant un prix p_i sur le marché.

Y_i est la capture de catégorie i

L_i sont les débarquements de catégorie i tels que $L_i = Y_i - D_i$ avec D_i les rejets de catégorie i

Le profit³⁷ instantané du pêcheur est donné par :

$$\Pi = \sum_i p_i L_i - \sum_i CL_i(L_i) - \sum_i CD_i(D_i) \quad \text{Eq. 1}$$

On suppose, comme dans le modèle d'Arnason, les hypothèses suivantes sur les coûts de débarquement et rejet :

³⁷ abstraction faite du coût de capture, traité comme une variable exogène

$CL_i(L_i)$ est la fonction de coût des débarquements de catégorie i , qui croît avec la quantité de débarquements de cette catégorie et telle que : $CL_i(0) \geq 0$. La fonction de coût de débarquement tient compte des coûts associés au fait de retenir les captures et de les débarquer. Ces coûts comprennent les coûts de première transformation à bord, de manipulation et d'éviscération, de stockage (glace) et conservation ainsi que les taxes de débarquement.

$CD_i(D_i)$ est la fonction de coût des rejets de catégorie i qui croît avec la quantité de rejet de catégorie i et telle que : $CD_i(0) \geq 0$. Ce coût de rejet correspond en fait essentiellement à un coût de tri. Rejeter étant une activité relativement facile selon Arnason, les coûts de rejets seront généralement faibles à moins que le fait de rejeter soit illégal ou désapprouvé. CD_i est une fonction de la seule variable D_i , ce qui est douteux sachant que le rejet repose sur une opération de tri des captures.

Les fonctions de coût de débarquement et de rejet sont décrites par des fonctions convexes croissantes.

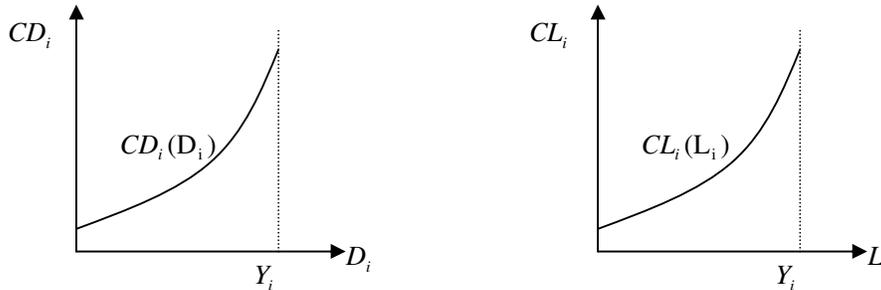


Figure 2. 6 : Fonctions de coûts de rejet (graphique de gauche) et de débarquement (graphique de droite).

Source : Arnason, 1994.

Les comportements de rejet sont décrits par le problème de maximisation suivant :

Déterminer $(D_1; \dots; D_i; \dots; D_n)$

Tels que :

$$\Pi = \sum_i p_i(Y_i - D_i) - \sum_i CL_i(Y_i - D_i) - \sum_i CD_i(D_i) \rightarrow \max \quad \text{Eq. 2}$$

avec $L_i = Y_i - D_i$

sous contrainte :

$$\begin{aligned} D_i &\leq Y_i \\ D_i &\geq 0, \quad i \in [1; n] \end{aligned}$$

Le lagrangien s'écrit :

$$\ell(D_1, \dots, D_i, \dots, D_n, \lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_n, \mu_1, \dots, \mu_i, \dots, \mu_n) = \Pi - \sum_i \lambda_i (D_i - Y_i) + \sum_i \mu_i \cdot D_i \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{avec } \begin{cases} \lambda_i \geq 0 \\ \mu_i \geq 0 \end{cases}, i \in [1; n]$$

Les conditions de premier ordre sont les suivantes, pour tout $i \in [1; n]$:

$$\frac{\partial \ell}{\partial D_i} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial \Pi}{\partial D_i} - \lambda_i + \mu_i = 0 \Leftrightarrow -p_i + \frac{dCL_i}{dL_i} - \frac{dCD_i}{dD_i} - \lambda_i + \mu_i = 0 \quad \text{Eq. 4}$$

$$\lambda_i (D_i - Y_i) = 0 \quad \text{Eq. 5}$$

$$\mu_i \cdot D_i = 0 \quad \text{Eq. 6}$$

Trois cas peuvent se présenter :

Premier cas	Deuxième cas	Troisième cas
$D_i < Y_i$ et $\mu_i > 0$	$\lambda_i > 0$ et $D_i > 0$	$D_i < Y_i$ et $D_i > 0$
$\Rightarrow \lambda_i = 0$ d'après l'équation 5	$\Rightarrow D_i = Y_i$ d'après l'équation 5	$\Rightarrow \lambda_i = 0$ d'après l'équation 5
$\Rightarrow D_i = 0$ d'après l'équation 6	$\Rightarrow \mu_i = 0$ d'après l'équation 6	$\Rightarrow \mu_i = 0$ d'après l'équation 6
$L_i = Y_i$	$L_i = 0$	Il y a rejet partiel
$-p_i + \frac{dCL_i}{dL_i} \Big|_{(L_i=Y_i)} - \frac{dCD_i}{dD_i} \Big|_{(D_i=0)} + \mu_i = 0$ soit $p_i + \frac{dCD_i}{dD_i} \Big|_{(D_i=0)} > \frac{dCL_i}{dL_i} \Big|_{(L_i=Y_i)}$ car $\mu_i > 0$ (d'après l'équation 4)	$-p_i + \frac{dCL_i}{dL_i} \Big|_{(L_i=0)} - \frac{dCD_i}{dD_i} \Big|_{(D_i=Y_i)} - \lambda_i = 0$ soit $p_i + \frac{dCD_i}{dD_i} \Big|_{(D_i=Y_i)} < \frac{dCL_i}{dL_i} \Big|_{(L_i=0)}$ car $\lambda_i > 0$ (d'après l'équation 4)	$-p_i + \frac{dCL_i}{dL_i} - \frac{dCD_i}{dD_i} = 0$ soit $p_i + \frac{dCD_i}{dD_i} = \frac{dCL_i}{dL_i}$ car $\lambda_i > 0$ (d'après l'équation 4)
Il y a débarquement intégral des captures de la catégorie i si le prix unitaire du débarquement augmenté du coût marginal initial des rejets (<i>ie</i> pour $D_i = 0$) est supérieur au coût marginal du débarquement de l'intégralité des captures (<i>ie</i> pour $L_i = Y_i$).	Il y a rejet intégral des captures de catégorie i si le prix unitaire augmenté du coût marginal de la totalité des rejets (<i>ie</i> pour $D_i = Y_i$) est inférieur au coût marginal initial des débarquements (<i>ie</i> pour $L_i = 0$)	Il y a rejet partiel des captures de catégorie i si le prix unitaire augmenté du coût marginal des rejets est égal au coût marginal des débarquements.

Pour que le rejet soit optimal et maximise le profit, le coût marginal du rejet doit être inférieur au bénéfice marginal du rejet, évalué au niveau de rejet nul, c'est-à-dire que la somme du coût

d'opportunité du rejet et du coût du rejet lui-même doit être inférieure au coût marginal du débarquement épargné par le fait de rejeter.

La Figure 2. 7 représente les fonctions de coûts de débarquement et rejet en fonction du niveau de rejet et le niveau optimal de rejet.

$$L_i = Y_i - D_i \Rightarrow CL_i = CL_i(Y_i - D_i) \quad \text{Eq. 7}$$

$$\text{avec } \frac{dCL_i}{dD_i} = - \frac{dCL_i}{dL_i}$$

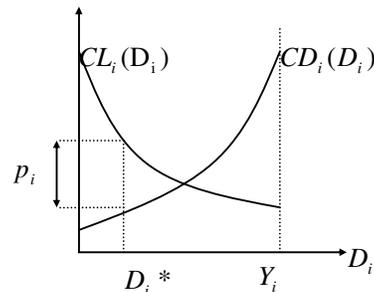


Figure 2. 7 : Représentation du niveau optimal de rejet en fonction du prix et des coûts de débarquement et rejet

Arnason (1994) définit une fonction de rejet qui décrit les conditions dans lesquelles le fait de rejeter peut être une pratique rationnelle économiquement dans le premier cas que nous avons décrit. La fonction de rejet d'Arnason est telle que :

$$\Gamma_i = \frac{\partial CL_i}{\partial L_i} \Big|_{(L_i=Y_i)} - p_i - \frac{\partial CD_i}{\partial D_i} \Big|_{(D_i=0)} \quad \text{Eq. 8}$$

telle que lorsque la valeur de la fonction de rejet est positive pour la catégorie i, celle-ci est rejetée, à l'inverse lorsque la valeur est négative, la catégorie est débarquée. La valeur de la fonction mesure les incitations au rejet (Pascoe, 1997).

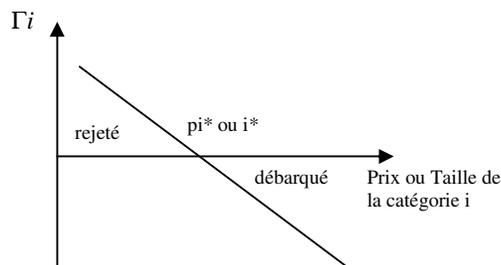


Figure 2. 8 : Exemple de fonction de rejet en fonction du prix de la catégorie i ou de la taille de la catégorie i.

La Figure 2. 8 donne un exemple de fonction linéaire de rejet : les pêcheurs sont incités à rejeter les catégories sous la taille de la catégorie i^* , celles au-dessus sont débarquées intégralement. La catégorie i^* correspond à la taille économique minimale et p_i^* est le prix minimum au-dessous duquel la catégorie i est rejetée.

La contrainte économique est l'une des principales raisons de rejet. Elle explique en particulier que les espèces et catégories sans valeur commerciale ou les catégories dont le coût marginal du rejet est inférieur au bénéfice marginal du rejet soient rejetées en totalité. Wiium (2001) montre que les rejets interviennent dans le cas de pêcheries capturant des catégories économiquement hétérogènes que le pêcheur peut distinguer d'après leurs caractéristiques physiques (taille, sexe, qualité...). Le différentiel de prix doit être perceptible par le pêcheur pour qu'il y ait rejet. Cette situation se présente couramment notamment dans le cas d'un prix croissant avec la taille des poissons. Dans une pêcherie caractérisée par la capture de différentes catégories détectables par les pêcheurs, ces derniers sont incités à rejeter les poissons d'une catégorie si le bénéfice marginal du rejet est supérieur à son coût marginal. C'est sur la base de ce calcul économique que les espèces commercialisables (dont le prix net des coûts de débarquement est strictement positif) se distinguent des espèces non commercialisables (dont le prix net des coûts de débarquements est négatif ou nul). Ce type de comportement correspond à des comportements d'écramage ou de valorisation maximale de la capture (« highgrading »).

La décision de rejet résulte donc d'un calcul économique qui met en balance le prix et les coûts liés aux débarquements ou aux rejets. Le pêcheur détermine le niveau de rejet qui lui permet de maximiser son profit : les captures trop coûteuses comparées aux bénéfices attendus sont rejetées pour se rapprocher d'un optimum de rejet, fonction des coûts de débarquement, du prix et des coûts de rejet. La définition des coûts de débarquement et de rejet est donc essentielle pour l'analyse des comportements de rejet. Différents coûts sont pris en compte dans la littérature et influencent donc la définition du niveau de rejet optimal. Arnason inclut ainsi dans la fonction de profit, les coûts variables de l'effort de pêche (non pris en compte ci-dessus), les coûts de débarquement (coûts de stockage, coûts de première transformation-éviscération en particulier, coûts de débarquements en criée...) et les coûts de rejet (essentiellement coût du travail). Arnason suppose que les fonctions de coût de débarquement et de rejet sont croissantes et convexes et que les coûts de débarquement et les coûts de rejet d'une catégorie dépendent des quantités débarquées de cette catégorie et des quantités rejetées de cette catégorie respectivement, ce qui n'est pas correct. La prise en compte de la technologie de production suppose d'intégrer le coût de la sélectivité, fonction d'un facteur de sélectivité (Arnason, 1995). Vestergaard (1996) prend en compte les mêmes coûts qu'Arnason dans la fonction de profit par marée. Les hypothèses sur les fonctions de coûts de débarquement et de rejet sont cependant simplifiées et les coûts de débarquement et de rejet sont supposés proportionnels aux quantités débarquées et rejetés

respectivement. De même Wiium (2001) intègre les coûts d'effort, de rejet et de débarquement. Anderson ne considère en revanche que les coûts variables de l'effort et les coûts de rejet (proportionnels à la quantité rejetée) dans la fonction de profit par marée.

Ces modèles de comportement de rejet n'incluent pas explicitement la notion de coûts de tri. Les coûts de rejet pris en compte dans les modèles s'apparentent généralement à des coûts de tri mais ne dépendent que des quantités rejetées (voir modèle d'Arnason). L'analyse empirique du processus de tri au cours duquel s'opèrent les comportements de tri nous permet d'introduire des coûts de tri et de préciser ce que nous incluons dans ces coûts par rapport aux hypothèses faites sur les coûts de rejets et débarquements dans le modèle d'Arnason. En particulier nous supposons que les coûts de tri d'une catégorie dépendent de l'ensemble des captures de cette catégorie et de l'ensemble des captures réalisées toutes catégories confondues.

3.2. Autres contraintes et incitations au rejet prises en compte dans les modèles de comportement de rejet

Outre la contrainte économique ou de marché, la littérature existante mentionne généralement deux autres types de facteurs incitant au rejet :

- les contraintes de gestion (taille minimale de débarquement, quotas)
- les contraintes techniques (de capacité de cale ou de tri)

En l'absence de régulation des pêcheries et de contraintes techniques, les incitations économiques dictent les comportements de rejet. Lorsque la pêche est régulée ou que son exploitation fait l'objet de contraintes techniques, les incitations au rejet peuvent être modifiées.

3.2.1. Contrainte liées à la gestion des pêches

Les contraintes de gestion peuvent modifier le niveau de rejet optimum économiquement. Nous ne considérons ici que les effets de mesures de gestion susceptibles de modifier les comportements de rejet à technologie de production constante, c'est-à-dire que nous nous intéressons aux effets des mesures sur les incitations à rejeter et non pas sur les incitations à modifier les captures qui pourraient également modifier le niveau de rejet. Cet aspect qui intègre les deux fonctions de production de capture et de tri sera traité dans le chapitre suivant. Les contraintes de gestion les plus couramment intégrées dans la littérature sur les comportements de rejet sont celles portant sur les outputs de la fonction de production. La Politique Commune des Pêches s'est en effet historiquement appuyée sur ce type de mesures de gestion qui porte sur les captures et débarquements.

Contraintes sur les outputs

Parmi les contraintes de gestion, l'existence de **tailles minimales de débarquement** constitue une des principales raisons de rejeter dans les pêcheries européennes (Pascoe, 1997 ; Lart, 2002). Pascoe montre que l'effet des tailles minimales de débarquement sur les rejets dépend de la taille légale fixée par rapport à la taille de rejet économiquement optimum en l'absence de régulation, c'est-à-dire à la taille économique minimale i^* présentée précédemment à partir de la fonction de rejet d'Arnason. Lorsque la taille minimale (i_{min}) se situe en dessous de la taille économique minimale (i^*), elle n'influence pas le niveau de rejet. En revanche, lorsqu'elle est supérieure à i^* , elle crée une incitation supplémentaire (voire une obligation) à rejeter sous peine de faire l'objet de sanctions en cas de contrôle (Figure 2. 9).

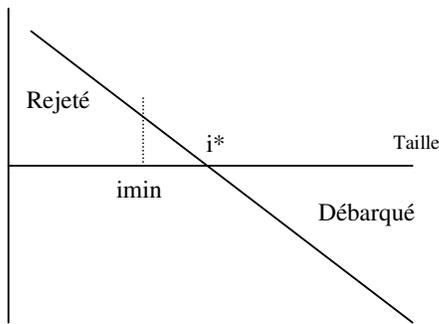


Figure 2. 9 : Effets des tailles minimales de débarquement (i_{min}) sur les rejets. Source: Pascoe, 1997.

Arnason (1995) montre en endogénéisant la technologie de production que les pêcheurs peuvent être incités à adopter une technologie plus sélective en fonction des coûts relatifs des rejets et de la sélectivité. Ces comportements ont été notamment observés en baie de Saint-Brieuc, où le maillage a été augmenté pour limiter les rejets (Fifas *et al.*, 2003). Si le coût marginal du rejet est inférieur au coût marginal de la sélectivité (à l'origine), le pêcheur rejette pour maximiser son profit mais n'améliore pas la sélectivité. A l'inverse, si le coût marginal des rejets (à l'origine) est supérieur au coût marginal de la sélectivité, le pêcheur est incité à adopter un engin plus sélectif pour ne pas capturer les catégories non désirées.

L'instauration de tailles minimales de débarquements a constitué un élément clef de la Politique Commune des Pêches (PCP) destiné à inciter les pêcheurs à améliorer la sélectivité des engins de pêche. L'existence de tailles minimales de débarquements dans une pêcherie non contrôlée ne garantit pas pour autant que les pêcheurs évitent les captures de poissons de petite taille. Dans la plupart des pêcheries, le coût des rejets est peu important au regard du coût de la sélectivité. Les restrictions de tailles de débarquement se sont donc généralement traduites par une augmentation des rejets, qui,

compte tenu du taux de mortalité élevé des rejets, rend l'efficacité de la mesure très discutable (Hill, 1990). En outre, si les incitations à augmenter la sélectivité étaient parfois présentes, l'aversion pour le risque et les habitudes ont souvent amené les pêcheurs à conserver le statu quo et à rejeter davantage (Suuronen, 2001).

La plupart des travaux sur les comportements microéconomique de rejet traitent le cas de contraintes sur le volume de débarquement à l'échelle agrégée de la flottille (TAC ou quotas globaux) ou à l'échelle individuelle (quotas par marée ou quotas individuels transférables ou non). Sampson (1994) montre, dans le cas d'un modèle microéconomique de rejet du type de celui d'Arnason, que l'existence d'une **limite de débarquement par marée** peut affecter les choix de zones de pêche et le niveau de rejet. L'effet de telles mesures dépend de la capacité des pêcheurs à modifier la composition de leurs captures par le choix des zones de pêche. Sampson considère le cas de deux espèces commerciales capturées conjointement. Il tient compte du temps de tri et traitement des captures, fonction des captures par catégorie qui peut retarder le filage du trait suivant et réduire le temps de pêche disponible. Il montre que dans le cas où la distribution des deux espèces est superposée, l'existence d'une contrainte de débarquement par marée sur l'une des espèces ne modifie pas le choix des zones de pêche et incite à rejeter toutes les captures au-dessus de la limite autorisée par marée. En revanche, si les aires de répartition des stocks ne sont pas superposées, une limite de débarquement pourra modifier l'allocation de l'effort par zones et permettre de limiter les rejets.

Dans un régime de gestion par **quotas**, la quantité totale débarquée est limitée par an ou par saison. Vestergaard (1996) montre que les incitations au rejet ne changent pas dans une pêcherie simple ne capturant qu'une seule espèce. Dans ce cas, les comportements de rejet répondent à la contrainte économique jusqu'à ce que le quota soit atteint. Lorsque le quota est atteint, cela marque la fin de la saison de pêche. Dans le cas de pêcheries mixtes gérées par un système de TAC (Total Admissible de Captures) en revanche, les incitations au rejet varient selon que le quota d'une des espèces capturées est atteint ou non (Holden, 1994). Tant que le TAC n'est pas atteint, les incitations sont les mêmes que dans une situation de libre accès. Lorsque le quota d'une des espèces est atteint en revanche, les incitations au rejet de cette espèce augmentent et deviennent équivalentes à celles d'une situation où il existe une interdiction de débarquement. Une fois le quota atteint, les captures de l'espèce sous quota devront être rejetées. Cependant, une partie des captures de l'espèce est souvent débarquée de façon illégale (OCDE, 1993).

Plusieurs articles s'intéressent aux comportements de rejet dans le cas de pêcheries gérées par **un système de quotas individuels transférables (QIT) ou non transférables (QINT)** (Copes, 1986; Arnason, 1995, Anderson, 1994, Vestergaard, 1996, Boyce, 1996). La régulation des pêcheries par des droits individuels permet de résoudre un certain nombre de problèmes notamment celui de la

surcapacité. Cependant, les effets de ce mécanisme sur le niveau de rejet sont controversés. Copes (1986) fut le premier à identifier le problème de rejet dans le cas de quota individuel. Il distinguait ainsi trois types de rejet induits par un système de quota individuel, les rejets de « sur-quota », les rejets d'écramage destinés à mieux valoriser le quota en ne gardant que les catégories de plus forte valeur et les rejets de « price-dumping » qui surviennent lorsque les prix au débarquement sont momentanément faibles. Ce dernier type de rejets est une variante des rejets d'écramage mais l'écramage a lieu sur une même catégorie. Lorsque les prix chutent (lorsque de grandes quantités sont débarquées et que l'élasticité prix de la demande est faible), le prix net moins le coût d'opportunité du quota peut devenir inférieur au coût du rejet et inciter à rejeter les captures. Dans ce cas, l'ensemble des captures d'une catégorie est parfois rejeté, pour permettre de garder une partie du quota et de débarquer plus de captures lorsque les prix sont meilleurs.

Arnason (1995) montre que dans le cas d'une pêcherie régulée par un système de quotas individuels transférables (QIT), les incitations à rejeter sont supérieures à celles d'une pêcherie non régulée. La fonction de rejet d'une pêcherie gérée par un système de QIT est :

$$\Gamma^{\circ}i = \frac{\partial CL_i}{\partial l_i} \Big|_{(l_i=y_i)} - p_i - \frac{\partial CD_i}{\partial d_i} \Big|_{(d_i=0)} + \Omega = \Gamma i + \Omega \quad \text{Eq. 9}$$

où $\Gamma^{\circ}i$ est la fonction de rejet dans le cas d'une pêcherie soumise à un régime de QIT, Γi est la fonction de rejet décrite précédemment dans une pêcherie non régulée et Ω est le coût d'usage du quota de l'espèce considérée équivalent au prix du quota sur le marché et généralement strictement positif. La fonction de rejet dans le cas d'une pêcherie régulée par un QIT est donc toujours supérieure à celle d'une pêcherie non régulée (si l'on suppose $\Omega > 0$). Les incitations à rejeter sont donc plus élevées. Vestergaard (1996) met également en évidence que les quotas individuels incitent à écramer davantage et montre que dans le cas de quotas individuels transférables QIT, les incitations au rejet dépendent du prix du quota. De même Anderson (1994) montre que lorsque le prix du quota est supérieur au coût du rejet, le pêcheur est incité à écramer : le rejet d'une unité lui permet en effet d'épargner une unité de quota dont la valeur est le prix du quota net des coûts de rejets supportés.

Lorsque le pêcheur dispose d'un quota individuel, il est plus apte à prévoir ses stratégies de pêche que dans le cas de quotas agrégés. Arnason montre ainsi en intégrant la technologie de pêche dans l'analyse que dans un système de QIT, les incitations à adopter des engins plus sélectifs et le coût d'opportunité associé au quota peuvent avoir des effets bénéfiques sur le niveau de rejet. La transférabilité du quota individuel peut d'autre part permettre au pêcheur d'éviter les situations de rejet de sur-quota en acquérant des unités de quota supplémentaires. Cela suppose néanmoins certaines conditions favorables à la négociation et cela suppose que les quotas soient divisibles (voir le système de location de quota en vigueur en Islande). Les modes de transfert de court ou long terme, les coûts

de transaction, les incertitudes sur les prix et la manière dont les mécanismes de compensations sont mis en œuvre peuvent cependant rendre délicate l'application pratique des systèmes de quotas individuels transférables. Ces aspects sont discutés par Hatcher (2005) qui analyse plus particulièrement les effets du respect ou non des règles sur la demande de quota et le prix d'équilibre du quota.

Turner (1997) met en évidence que les quotas individuels de valeur (quotas individuels sur la valeur des débarquements), à la différence des quotas individuels classiques, ne créent pas d'incitation au rejet et ne nécessitent pas de connaître précisément la technologie de production. De même que les quotas agrégés, les quotas de valeur incitent cependant à concentrer l'effort de pêche sur certains individus et ne permettent pas de connaître précisément la relation entre le quota et les captures en poids si les prix ne sont pas connus avec certitude.

Contraintes réglementaires sur les inputs

Le cas des effets sur les rejets de contraintes sur les inputs est peu traité dans les modèles microéconomiques existants. Lowman (1990) analyse l'effet sur le niveau de rejet de barrières à l'entrée dans la pêcherie, **par un système de licences** et montre que les incitations au rejet restent les mêmes que dans une situation de libre accès bien qu'elles soient théoriquement atténuées. A court terme ces mesures peuvent se traduire par une diminution des rejets due à la limitation de l'effort de pêche, à long terme en revanche il se peut que les rejets augmentent si le stock de l'espèce accessoire s'accroît. L'analyse économique des systèmes de licences transférables et droits d'utilisation d'engins de pêche transférables menée par Wui *et al.* (2000) dans le cas de la pêcherie crevette du golfe du Mexique met en évidence que la réduction de l'effort par ce type de mesures permet de limiter les prises accessoires de juvéniles de vivaneaux plus efficacement que les dispositifs de réductions de prises accessoires. Les effets de telles mesures sont donc essentiellement de modifier le volume de captures et par conséquent les rejets.

Quelques articles traitent le cas de **restrictions du nombre de jours de mer** (Vestergaard, 1996 ; Clark, 1985 ; Anderson, 1994) et montrent que celles-ci peuvent aller dans le sens d'une diminution des rejets en modifiant les coûts que doivent supporter les pêcheurs et donc les incitations au rejet. La restriction du temps de pêche crée en effet un coût d'opportunité du temps de pêche. Vestergaard (1996) propose un modèle de comportement de rejet dans le cas d'une pêcherie non régulée multi-spécifique ou multi-taille soumise à une contrainte sur la durée de la saison de pêche. Il s'appuie sur le cas de la pêcherie crevette du Groenland. Il suppose un modèle dans lequel le pêcheur cherche à maximiser son profit à l'échelle d'une saison en décidant du nombre de marées, de la longueur de la marée et des rejets par catégorie par marée sous contrainte d'une durée de saison limitée et que les

rejets ne soient pas supérieurs aux captures. Vestergaard tient compte des coûts de rejet, des coûts d'effort et des coûts de débarquement. Il montre qu'une contrainte de durée de saison peut réduire les rejets à court terme en diminuant l'effort mais à long terme le niveau de rejet peut être supérieur ou inférieur en fonction de l'état du stock. Une restriction du nombre de jours de mer modifie les incitations au rejet : les coûts de l'effort de pêche sont augmentés du coût d'opportunité du temps de pêche (profit moyen par jour de pêche). Le pêcheur est incité à rejeter davantage lorsque le profit marginal par marée d'un jour de pêche supplémentaire est supérieur au profit moyen par marée. Dans certains cas, il se peut que cela ne soit pas intéressant de passer du temps à remplacer les rejets par les espèces ou les tailles de plus forte valeur et les incitations à écrémer sont réduites.

Des restrictions imposées sur les **zones de pêche** peuvent inciter à augmenter les rejets mais cela peut également inciter les pêcheurs à changer de zones de pêche afin de capturer une plus grande proportion d'espèces sur lesquelles il n'existe pas de restriction (Sampson, 1994). L'impact du choix de zone en fonction de la composition spécifique des zones sur le niveau de rejet dans le cas d'une limitation des débarquements par marée est ainsi traité par Sampson (1994). L'endogénéisation de l'effort de pêche dans certains modèles permet de prendre en compte les effets de la variabilité des captures sur les rejets.

3.2.2. *Contrainte technique ou physique*

Parmi les contraintes techniques ou physiques pouvant inciter au rejet, seul le cas de contraintes de capacité de cale ou de quantité de glace limitante est traité dans la littérature sur les modèles microéconomiques de comportement de rejet.

Cunningham (1993) montre que dans une pêcherie non régulée, les incitations au rejet augmentent si le navire a une **capacité de cale limitée** ou que la quantité de glace nécessaire à la conservation de la qualité des débarquements est restreinte. Dans un tel cas, il est rationnel de rejeter les catégories de moindre valeur commerciale pour ne conserver que celles dont le prix de vente sera élevé. Anderson (1994) présente un modèle de rejet incluant une contrainte de capacité de cale. Il considère une pêcherie capturant deux catégories dans les captures, l'une de forte valeur, l'autre de faible valeur et suppose que leurs proportions dans les captures sont constantes. Une partie des captures de faible valeur est rejetée. Les coûts variables de l'effort et coûts de rejet sont pris en compte dans la fonction de profit. Il montre que si la capture est inférieure à la capacité de cale, la contrainte de capacité de cale n'est pas saturée et la valeur d'opportunité du rejet d'une unité de poisson de faible valeur (prix au débarquement de la catégorie de faible valeur moins coût du rejet) est négative. Rejeter ne serait donc pas rationnel. Si la contrainte de capacité de cale est saturée, la valeur d'opportunité associée est positive et dépend du différentiel de prix entre les catégories. Anderson montrait ainsi que les

incitations au rejet dans le cas d'une capacité de cale limitée dépendent du différentiel de prix entre les catégories et sont analogues à celles existant dans le cas d'un système de quota individuel transférable à la différence que les rejets dépendent du prix du quota dans le cas de QIT.

3.3. Conclusions sur les raisons de rejet soulignées par la littérature

Les modèles microéconomiques de comportement de rejet existants étudient les rejets à différentes échelles (année, saison, marée) selon les contraintes prises en compte. Dans tous les modèles, le niveau de rejet est la variable de décision sur laquelle les pêcheurs jouent pour maximiser leur profit. Ces modèles mettent en évidence que la décision de rejeter relève d'un calcul économique qui met en balance les coûts et les bénéfices marginaux du rejet. Des contraintes peuvent d'autre part inciter à rejeter au-delà du niveau de rejet optimum sans contrainte qui correspond à l'équilibre entre coût marginal du rejet et bénéfice marginal lié au rejet. Les contraintes classiquement étudiées sont les contraintes techniques, liées à la capacité de cale notamment et les contraintes réglementaires, quotas ou taille minimale qui obligent à rejeter les catégories ne respectant pas ces contraintes. Les principales raisons de rejet mises en évidence dans la revue de littérature de Pascoe (1997), sont liées au marché et à la réglementation.

Dans une pêcherie non régulée, les rejets résultent de la contrainte économique : les catégories dont le coût marginal du rejet (coût d'opportunité du rejet plus coût du rejet lui-même) est inférieur au bénéfice marginal du rejet (coût marginal du débarquement épargné par le fait de rejeter) sont rejetées. Ce sont généralement des catégories pour lesquelles il n'existe pas de marché et des catégories de faible valeur. La description des comportements de rejet nécessite donc de bien définir les éléments inclus dans la fonction de profit, en particulier les coûts pris en compte. Dans la revue de littérature présentée, la structure de la fonction de profit varie d'un cas à l'autre selon les hypothèses sur les coûts et l'échelle adoptée. Les modèles de rejet existants incluent généralement les trois postes de coûts suivants :

- les coûts variables de l'effort de pêche
- les coûts de rejet par catégorie, fonction de la quantité de rejets de cette catégorie
- les coûts de débarquement par catégorie, fonction de la quantité débarquée de cette catégorie

Les modèles n'incluent cependant pas explicitement de coûts de tri par catégorie, fonctions de la quantité totale de capture de la catégorie et de la quantité totale capturée toutes espèces confondues. Les coûts de rejet pris en compte dans les modèles correspondent essentiellement à des coûts de travail de tri mais les modèles présentés supposent que ces coûts ne dépendent que de la quantité rejetée de la catégorie considérée.

4. Mise en évidence empirique des facteurs de rejets

L'analyse qualitative et quantitative des facteurs de rejets présentée dans cette section permet :

- (i) de valider empiriquement les facteurs de rejet pris en compte dans les modèles microéconomique de comportement de rejet
- (ii) de mettre en évidence l'importance du tri des captures dans le processus de rejet et la nécessité d'en tenir compte. L'analyse souligne des raisons de rejet et contraintes d'exploitation non prises en compte dans la littérature microéconomique mais qui peuvent modifier les comportements de tri et par conséquent le niveau de rejet.

L'analyse s'appuie sur plusieurs types de données :

- Une revue de littérature sur l'analyse empirique des facteurs de rejets
- des données que nous avons récoltées dans le cadre de cette thèse auprès des observateurs en mer sur les principales raisons de rejet observées dans les pêcheries françaises sur la base de leur avis expert
- Des questionnaires réalisés par les observateurs en mer de l'IFREMER au cours des embarquements effectués dans le cadre de l'échantillonnage des captures à bord des navires professionnels.
- 30 entretiens que nous avons réalisés en 2004 et 2007 auprès des pêcheurs de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne pour mettre en évidence les raisons de rejet rencontrées dans cette pêcherie (méthodologie présentée dans Macher, 2004 ; questionnaires en annexe 2.1).
- Des données quantitatives d'échantillonnage des captures en mer issues de la base Obsmer qui permettent d'une part d'analyser la variabilité du tri dans la pêcherie langoustinière et d'autre part de mettre en évidence une adaptation du tri au volume capturé.

4.1. Analyse empirique des facteurs de rejet

L'analyse empirique des facteurs de rejet, en vue d'une meilleure estimation des rejets, de leurs causes et des mécanismes qui permettraient de les réduire, a fait l'objet de plusieurs programmes de recherche et études depuis la fin des années quatre-vingt-dix qui permettent d'améliorer la connaissance du processus de rejet, processus, en réalité multi-varié et complexe.

Ces travaux permettent de valider empiriquement les facteurs de rejet liés au marché, aux contraintes techniques sur les débarquements et aux mesures de gestion qui interdisent le débarquement d'une partie des captures qui sont classiquement pris en compte dans les modèles microéconomiques de rejet

mais mettent également en évidence deux types de facteurs liés au tri des captures non pris en compte explicitement dans la littérature microéconomique :

- des facteurs de rejet liés à la structure des captures et aux quantités capturées³⁸
- des facteurs de rejet liés à la capacité de tri de l'équipage et au processus de tri

Une analyse des facteurs de rejet mis en évidence dans la littérature est proposée par Rochet et Trenkel (2005). Elle s'appuie sur l'analyse de 53 articles et sur le cas de la pêcherie langoustinière de mer Celtique pour mettre en évidence et tester les hypothèses implicites sur les facteurs de variabilité des rejets sur lesquelles reposent les méthodes d'échantillonnage et d'estimation des rejets. Rochet et Trenkel (2005) mettent ainsi en évidence que les rejets augmentent de façon non linéaire avec le temps de pêche. Les raisons évoquées sont :

- l'existence de capacité de cale limitée classiquement prise en compte dans les modèles économiques
- la composition des captures : des espèces ou catégories peuvent être davantage abîmées par des traits longs et des traits longs peuvent d'autre part empêcher certaines catégories non désirées de s'échapper au fur et à mesure que les mailles s'obstruent
- l'existence d'une limite de temps de tri due soit à la fragilité de certaines espèces qui ne permet pas de les conserver lorsque la durée de la marée est trop longue (Tamsett et Janacek, 1999) soit à la capacité de tri de l'équipage : lorsque la capture dépasse la capacité de tri de l'équipage, les captures sont rejetées (Rochet et Trenkel, 2005)

L'augmentation non linéaire de la fraction rejetée avec la capture à l'échelle du trait ou de la marée mise en évidence entre autres par Machias *et al.*(2001), Tamsett et Janacek (1999) et par Rochet et Trenkel (2005) à partir des données par marée de la flottille des chalutiers français de mer Celtique, suggère un phénomène de saturation qui peut être attribué, selon Rochet et Trenkel (2005), à l'existence de contraintes techniques limitant la quantité débarquée.

L'influence de la composition des captures sur les rejets est mise en évidence par Stratoudakis *et al.* (1998) et Rochet et Trenkel (2005) qui montrent que le L50 (taille à laquelle 50% des captures sont rejetées) est plus élevé lorsque les captures sont composées de poissons de plus grande taille. Cela suggère qu'il existe une adaptation du tri à la composition des captures, comme s'il existait une quantité limitée de captures à retenir.

Les analyses menées par Hillis (1981) et Macer et Brown (1987) ont montré par ailleurs l'influence du prix sur le L50 dans le cas de la langoustine : les faibles prix induisent des L50 plus élevés. C'est-à-

³⁸ Les facteurs de tri liés aux captures dépendent de la disponibilité de la ressource et des caractéristiques de l'opération de pêche. La composition spécifique et en âge des ressources et les facteurs environnementaux de dynamique de la ressource (zone, saison) influencent ce qui est disponible à la pêche et le temps de pêche, les zones de pêche, l'engin et la sélectivité déterminent quelle part de la ressource est capturée.

dire que la longueur à laquelle 50% des langoustines sont rejetées augmente lorsque les prix diminuent. Si l'existence d'une taille minimale de débarquement est une des principales raisons de rejet, l'analyse de la structure des rejets et débarquement indiquent que dans certains cas, il existe des rejets de catégories plus grandes que la taille minimale de débarquement (Rochet *et al.*, 2002) et dans d'autres cas, des individus plus petits que la taille minimale de débarquement sont débarqués. Cela souligne l'existence de mécanismes déterminant les comportements de tri autre que les mesures de gestion sur les tailles minimales. La contrainte économique en particulier explique les rejets d'individus dont le débarquement (le tri) serait trop coûteux.

Dans le cadre du projet de recherche « Monitoring of Discarding and retention by trawl fisheries in western waters and the Irish sea in relation to stock assessment and technical measures » coordonné par Lart (2002), des données sur les raisons de rejet par espèce (ou catégorie) ont été collectées à bord de navires professionnels dans les principales pêcheries chalutières démersales des nations participantes opérant en Atlantique Nord-Est (Divisions CIEM VIa,b, VII a,b,c,e,f,g,h et k et VIII abcd et IXa). L'objectif était ainsi de comprendre et identifier les facteurs motivant les pêcheurs à rejeter ou garder les poissons et de mettre ceux-ci en relation avec le marché et la gestion. Le diagramme des routes de rejet possibles (arbre de décision de rejet) qui résume les facteurs susceptibles d'influencer la décision de rejet pendant le tri a été établi dans le cadre de ce projet et repris par Kelleher (2005) (annexe 2.2). Pour ne pas influencer les comportements des pêcheurs, les données étaient récoltées indirectement et correspondaient au nombre de fois où les observateurs observaient le rejet de chaque espèce par type de raisons. En plus des types de rejet classiques mis également en évidence dans le rapport de Nautilus Consultants sur les aspects économiques des rejets (Nautilus Consultants, 2001) (rejet de catégories abîmées ou pour lesquelles il n'y a pas de marché, rejet de catégories sous la taille minimale de débarquement, d'espèces dont le quota est dépassé ou écrémage), le projet identifiait cinq types de rejets liés au tri des captures et moins couramment évoqués :

- les rejets liés au temps disponible pour permettre de retenir les captures les plus valorisables lorsque qu'il y a des contraintes de temps (quand le temps du trait est court et le temps de tri affecte la période de repos) ;
- les rejets liés à une composition des captures amenant à modifier les pratiques de tri, quand les captures sont constituées d'une grande quantité d'espèces non désirées ou d'une grande quantité de captures de petites taille ou proche de la taille minimale de débarquement qui réduisent la vigilance de tri ;
- rejets liés aux différences de comportements individuels de tri (vigilance du tri) ;
- rejets liés à une météorologie affectant la vigilance de tri ;
- rejets liés à la qualité (rejets en début de marée d'espèces fragiles dont la qualité à la fin de la marée ne serait pas suffisante).

Parmi les raisons identifiées, les résultats de ce projet montraient que dans la plupart des cas l'existence d'un marché est le facteur le plus déterminant dans la décision de rejeter et ou débarquer et que les pratiques de tri dépendent essentiellement de la perception par les pêcheurs de la valeur relative des espèces ou tailles. D'après les pêcheurs, les prix ont plus d'influence sur les rejets que la taille minimale de débarquement. Les autres facteurs intervenant sont l'existence de restrictions nationales limitant les débarquements de certaines espèces par certains métiers, la préservation de la qualité et à certaines périodes de l'année la disponibilité du quota. Les facteurs de composition des captures sont plus difficiles à élucider ; ils peuvent affecter les rejets d'espèces ou groupes de taille moins valorisables économiquement et avoir un effet sur la vigilance de tri. Ces facteurs peuvent varier d'un navire à l'autre et suivant les conditions rencontrées pendant la marée. Ils sont donc difficiles à mettre en évidence. L'organisation et la discipline de l'équipage et le système à la part ont également un effet sur les rejets. Dans certains métiers et pour des espèces de faibles valeurs, le système à la part ne s'applique pas et les pêcheurs ramassent des espèces de faible valeur pour les vendre comme appât.

L'approche multidisciplinaire menée par Catchpole (2005ab) intègre des données biologiques et socio-économiques issues de la littérature, d'échantillonnages à bord des navires professionnels de la pêche langoustinière anglaise et d'entretiens semi-directifs et questionnaires pour identifier les causes de rejet. Il met également en évidence la prédominance des restrictions de quotas, des tailles minimales de débarquement et des forces économiques sur les incitations à rejeter.

Dans le cas de la pêche chalutière de hareng de mer du Nord (cas d'application du projet mené par Nautilus Consultants, 2001), les facteurs liés à la réglementation sont reconnus comme étant les principaux facteurs de rejet (réglementation sur les tailles minimales de débarquement, quotas). Les autres facteurs interviennent moins mais peuvent expliquer la variabilité des rejets observée sur cette pêche. La capacité de cale peut devenir un facteur de rejet dans le cas de marées plus longues. De même à la fin d'une marée, lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises ou si la pêche a été bonne, des espèces commercialisables peuvent être rejetées plutôt que triées et conditionnées pour réduire le travail de l'équipage. C'est le cas en particulier des langoustines de la pêche langoustinière de mer du Nord qui, lorsqu'elles sont trop petites, sont rejetées plutôt que d'être mises en queue.

Ces travaux permettent de montrer que dans les pêcheries étudiées, les raisons principales de rejet sont liées au prix des catégories et à la réglementation. Néanmoins, la composition des captures, la vigilance et les contraintes de tri sont parfois mentionnées comme raison de rejet même si leur mise en évidence empirique est délicate.

4.1.Approche qualitative des facteurs de rejets dans les pêcheries françaises : enquêtes auprès des observateurs en mer

La méthodologie et les résultats d'entretiens que nous avons réalisés auprès de sept observateurs en mer sont présentés dans cette section. L'objectif de ces entretiens était d'identifier les facteurs qui peuvent intervenir dans la décision de rejet dans les pêcheries françaises engendrant des rejets à partir de la connaissance experte des observateurs en mer et enquêteurs et de caractériser la fréquence ou l'importance de ces raisons de rejet par métier. Une telle approche permet de mettre en évidence les contraintes qui peuvent intervenir dans la décision de rejeter et de lister les principaux facteurs de rejet ou de variabilité du tri.

4.1.1. Matériel et méthode

Une enquête réalisée en 2004 (Péronnet et Tachoures, 2004) avait permis à partir des connaissances de terrain, empiriques et expertes d'établir la liste des principaux métiers connus pour engendrer des rejets, d'estimer (qualitativement) l'importance de ces rejets et de lister les espèces principales rejetées. Les observateurs en mer embarquant sur des navires pratiquant ces métiers ont été interrogés sur les raisons de rejet rencontrées dans ces métiers parmi une liste de raisons de rejet proposée (guide d'entretien en annexe 2.3).

Les facteurs de rejet ont été subdivisés en cinq catégories qui jouent de façon combinée (ex : rapport pénibilité/prix) :

- (i) Les rejets liés au marché ou à la valorisation économique, ce sont les rejets d'espèces (ou tailles) non commercialisables, abîmées, pour lesquelles la demande est faible, irrégulière ou qui obtiennent un faible prix au débarquement, ou encore les espèces pour lesquelles il n'y a pas de commande ou pour lesquelles l'objectif de tonnage est atteint.
- (ii) Les rejets liés à la réglementation, rejets de catégories sous la taille minimale de débarquement, d'espèces dont le quota (national, par Organisation des Producteurs ou individuel) est atteint, rejets d'espèces capturées au-delà du taux de prises accessoires autorisé ou en dehors des dates d'ouverture de pêche
- (iii) Les rejets liés à des contraintes techniques, ce sont les rejets d'espèces liés à la contrainte de capacité de cale (écrémage)
- (iv) Les rejets liés à des contraintes de temps, à des impératifs externes (trait suivant à relever, retour au port imminent, ...), ce sont les rejets dus au manque de temps pour trier les captures avant le trait suivant ou la fin de la marée, à cause d'un manque de main d'œuvre
- (v) Les rejets liés à des contraintes de pénibilité, aux conditions de travail (difficulté du tri et conditions météo) espèces trop difficile à trier, nécessitant trop d'effort pour l'équipage

La liste a été validée et augmentée par les commentaires des observateurs en mer. Il était demandé aux experts d'indiquer pour chacune des raisons listées ci-dessus s'il s'agissait d'une raison de rejet fréquente, rare ou jamais rencontrée dans le métier connu et d'illustrer les raisons de rejet fréquentes par un exemple d'espèce ou catégorie rejetée pour cette raison. Par ailleurs, des entretiens ouverts avec les observateurs en mer ont permis d'enrichir l'analyse des résultats des enquêtes. 13 métiers ont ainsi été renseignés par 7 observateurs enquêtés.

Metier	Gradient	duree maree	Facade/QM
Chalutage à perche à sole	cotier	8-15h	Manche Est/Caen
Chalutage de fond à céphalopode + divers		4-7j	Manche Est/Caen
Chalutage de fond à langoustine	cotier	12-15h	GG
Chalutage de fond à sole	cotier	12-24h	Manche Est
Chalutage de fond à sole, seiche, maigre	cotier	10-14h	GG/Pertuis Charentais
Chalutage pélagique au bar (en bœufs)		4-7j	Manche ouest
Chalutage pélagique au germon (en bœufs)	hauturier	10-20j	ouest Finistère, sud Irlande
Chalutage pélagique en bœufs à sardine, anchois		12-24h	GG/SN, LS, BA
Fileyage à lottes	cotier	12h	ouest Finistère
Fileyage à sole trémail à sole 100 mm	cotier	12h	Manche Est
Fileyage à sole trémail à sole 90 mm	cotier	12h	Manche Est
Fileyage à Turbot Trémail à turbot 270 mm	cotier	12h	Manche Est
Fileyage maillant à cabillaud	cotier	12h	Manche Est

Tableau 2. 1 : Liste des métiers pour lesquels les raisons de rejet ont été renseignées par les observateurs en mer. Source : Elaboration personnelle, entretiens avec les observateurs en mer, 2006.

4.1.2. Résultats et discussion

Les résultats obtenus montrent que les facteurs de rejet sont essentiellement liés au marché et à la réglementation en particulier aux tailles minimales de débarquement (détails des résultats en annexe 2.4).

Type de raison de rejet	Raisons de rejet	Fréquence	% nb de métiers renseignés
Marché/valorisation	Espèces non commercialisées	10	77%
Marché/valorisation	Faible demande pour cette espèce (elle peut rester invendue)	10	77%
Marché/valorisation	Faible demande pour ces tailles de captures (invendues si débarquées)	8	62%
Réglementation	Respect de tailles minimales de capture	8	62%
Marché/valorisation	Espèces normalement commercialisées mais abîmées	7	54%
Contraintes de temps et de pénibilité	Manque de temps pour trier les captures avant la fin de la marée dernier trait moins bien trié que les autres ?	5	38%
Contraintes de temps et de pénibilité	Sont difficiles à trier, trop d'effort pour l'équipage	5	38%
Marché/valorisation	Espèce non commercialisable dans le port de débarquement, commercialisation dépendant du type de vente	5	38%
Marché/valorisation	Faible prix pour ces tailles de captures comparé à l'effort de tri à fournir	5	38%
Marché/valorisation	Faible prix pour cette espèce comparé à l'effort de tri à fournir	4	31%
Réglementation	Respect date d'ouverture de pêche (saison de pêche)	3	23%
Contraintes de temps et de pénibilité	Houle, conditions météorologiques difficiles plus les conditions météorologiques sont dures plus le tri est grossier ?	2	15%
Contraintes de temps et de pénibilité	Manque de temps pour trier les captures avant le trait suivant Avarie ou très grosse pochée	2	15%
Marché/valorisation	Quantité trop importante pour des captures dont la demande est	2	15%
Réglementation	Respect de quotas national de capture	2	15%
Réglementation	Respect de quotas de capture/ OP	2	15%
Réglementation	Respect de taux de prises accessoires	2	15%
Contraintes de temps et de pénibilité	Manque de main d'œuvre Embauche saisonnière nécessaire à la haute saison pour pouvoir tout trier	1	8%
Marché/valorisation	Captures ne correspondant pas à la commande pour cette marée	1	8%
Marché/valorisation	Faible demande pour ce sexe (invendu si débarqué)	1	8%
Marché/valorisation	Quantité pêchée trop faible pour débarquer	1	8%
Réglementation	Respect de quotas individuels de capture	1	8%

Tableau 2. 2 : Raisons de rejet identifiées par les observateurs embarqués interrogés. Source : Enquêtes auprès des observateurs embarqués. Source : Elaboration personnelle, entretiens avec les observateurs en mer, 2006.

Dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne, les rejets observés correspondent au rejet de captures abîmées, de catégories sous la taille minimale de débarquement et de catégories de faible valeur. Les effets de contraintes de temps et de pénibilité se combinent aux autres facteurs de rejet et limitent le temps de tri (qui serait infini sinon).

Dans le cas des chalutiers côtiers de fond ciblant la sole, la seiche et le maigre dans les Pertuis Charentais, les raisons de rejet relèvent de la réglementation et du marché mais également de la difficulté du tri ou du manque de temps pour trier les captures. Les chipirons, pétoncles et vanneaux trop difficiles à trier ne sont pas ramassés, et souvent, lorsque le dernier trait est fait sur le trajet du retour, seules les espèces cibles sont ramassées. En général, il n'y a qu'un seul homme à bord qui ne peut généralement pas se permettre d'être trop pointilleux sur le tri et de trier toutes les captures.

En Manche et mer du Nord, les fileyeurs à sole rejettent au deuxième trimestre de grandes quantités d'araignées. Les araignées maillées dans les filets seraient en effet trop longues et difficiles à démailler et peu valorisables à cette époque de l'année où elles sont claires. Le temps et la difficulté pour traiter les captures au regard du prix espéré sont ici une raison de rejet. Une autre manifestation de l'impact des contraintes de temps sur les rejets est le fait que sur les navires hauturiers le tri est souvent plus complet, les petites espèces commerciales sont également ramassées. Cela est du, d'après les observateurs en mer, au fait que les marées plus longues peuvent donner le temps de trier « mieux », les navires plus grands ont également un équipage plus important ce qui permet d'améliorer le tri.

Le tri à bord des chalutiers pélagiques donne une illustration intéressante. Lorsque les captures sont trop mélangées et nécessiteraient trop de temps de tri, elles sont rejetées sans être triées. Sur les navires langoustiniers côtiers, en été, les captures sont abondantes et le temps de tri ne doit pas être trop long pour conserver la langoustine vivante. La durée de vie de la langoustine hors vivier est donc une contrainte de temps qui peut amener à des pratiques d'écémage pour diminuer le temps de tri total.

Enfin l'existence de rejets d'espèces et tailles commercialisables et non soumises à des régulations type quota peut être expliquée en partie par la difficulté du tri et des contraintes de temps au regard de la valeur espérée pour le débarquement de ces captures. La qualité des captures peut être une autre explication.

4.2. Approche qualitative des facteurs de rejets dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne : entretiens des pêcheurs langoustiniers

Des enquêtes et entretiens semi-directifs ont été réalisés au cours de cette thèse auprès des pêcheurs de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne pour préciser les rythmes de marée et les caractéristiques du travail de tri qui peuvent inciter à rejeter. Ces entretiens permettent de mettre en évidence l'importance du travail de tri, sa pénibilité ainsi que certaines situations où les contraintes de pénibilité et de temps de tri peuvent engendrer des rejets supplémentaires.

4.2.1. Matériel et méthode

En 2004, des enquêtes ont été réalisées auprès des pêcheurs langoustiniers du golfe de Gascogne (Macher, 2004). Le questionnaire venait en complément d'une étude sur l'impact économique (pertes et gains) d'une amélioration de la sélectivité des chaluts dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne. Il était destiné à évaluer dans quelle mesure une amélioration de la sélectivité pouvait, en modifiant la structure des captures, modifier le travail à bord en particulier le travail de tri. Ces questionnaires concernaient le rythme de travail, la répartition du temps de travail au cours de la marée, entre travail et « loisir » d'une part et entre les différentes tâches à effectuer d'autre part, le travail de tri, et l'évolution du nombre d'hommes à bord. Ils ont permis de préciser les rythmes de marée et l'organisation à bord et d'avoir des résultats concernant la pénibilité du tri par rapport aux autres tâches ainsi qu'une estimation de temps de tri. La flottille des navires identifiés comme langoustiniers (voir chapitre 1) en 2001 a été prise comme population de référence. Le plan d'échantillonnage a été construit sur une stratification par quartier ou port de débarquement et par classe d'effectif embarqué compte tenu de la variabilité des rythmes de marées en fonction des quartiers et de la variabilité de

l'effort de tri en fonction du nombre d'hommes à bord. 23 enquêtes ont été réalisées dans les quartiers du Guilvinec (au Guilvinec, à Saint Guénolé, à Loctudy et à Lesconil), de Saint-Nazaire (au Croisic) et de Marennes-Oléron (à La Côtinière). Les navires du quartier du Guilvinec et les navires ayant 2 ou 3 hommes à bord ont été davantage échantillonnés que les autres pour des raisons logistiques. En 2007, 6 entretiens complémentaires ont été menés dans le port du Guilvinec pour préciser les contraintes auxquelles sont soumises le travail de tri. Les questionnaires sont présentés en annexe 2.1.

4.2.2. Résultats et discussion

Ces données permettent de caractériser l'organisation de la marée décrite par le schéma ci-dessous (Figure 2. 10), l'opération de tri et les contraintes d'exploitation auxquelles est soumise la pêche langoustinière du golfe Gascogne.

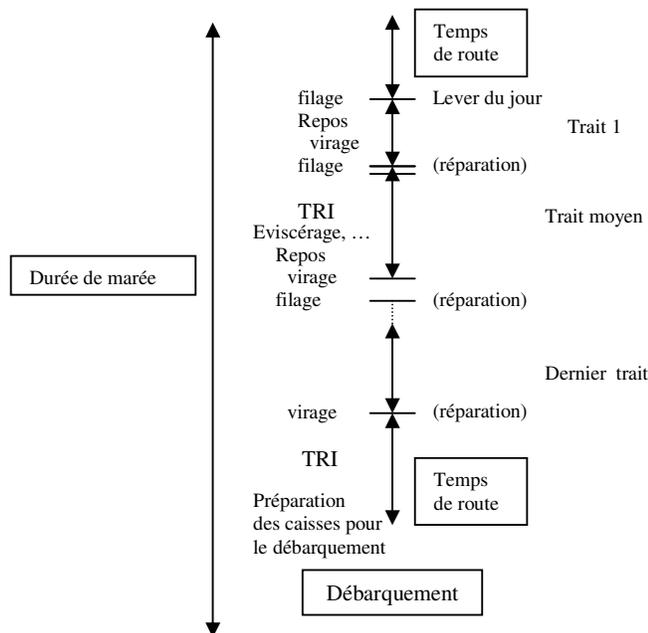


Figure 2. 10 : Organisation de la marée, Source : Elaboration personnelle.

Les marées des chalutiers langoustiniers sont rythmées par le filage et le virage des traits, le tri et les temps de repos. Le tri a généralement lieu en même temps que l'activité de pêche. Le chalut est filé et les pêcheurs commencent ensuite à trier les captures du trait précédent. Le tri du dernier trait a lieu pendant le retour au port. Au cours du tri, les pêcheurs extraient des captures les catégories qui seront débarquées et vendues, le reste des captures étant rejeté. Les captures débarquées sont distinguées par espèce et par catégories commerciales pour les rendre propres à la vente. La vente en criée ainsi que les prix de retrait fixés par espèce et catégorie nécessitent en effet des débarquements triés par espèce et catégorie commerciale. Selon les ports de débarquement, le nombre de catégories de langoustines distinguées au cours du tri varie de 2 à 4 catégories. Au Croisic en particulier, seules les langoustines

de taille royale (grosses langoustines) sont triées à part, les autres tailles de langoustines sont regroupées en une seule catégorie. Dans le quartier du Guilvinec, deux tailles sont distinguées : la grosse langoustine et la petite langoustine plus une catégorie pour les langoustines de taille royale. A la Côtinière, les langoustines sont triées en quatre catégories qui correspondent à la réglementation européenne : moule 40, 30, 20 et 10.

L'enquête menée auprès des pêcheurs langoustiniers sur la différence de prix qu'il y aurait s'ils ne triaient pas entre les différentes catégories commerciales met en évidence l'existence d'une prime au tri. Les entretiens avec les pêcheurs ont été complétés par des entretiens de mareyeurs. Les mareyeurs rencontrés disent récompenser les pêcheurs qui débarquent des langoustines de plus belles tailles pour une même catégorie commerciale par une prime de un à trois euros au kilo.

Le tri est donc une activité productive.

Les entretiens mettent d'autre part en évidence que le tri est une opération longue et pénible. Des données sur le temps passé à trier par trait ont été récoltées et permettent, connaissant le nombre moyen de traits par marée, d'estimer le temps passé à trier au cours d'une marée. Dans le cas de la pêcherie langoustinière, le travail de tri occupe environ un tiers du temps de travail à bord. C'est l'opération la plus importante dans l'emploi du temps des marins. Le tri est donc une dimension importante de l'effort de production.

Les entretiens qualitatifs suggèrent que le temps de tri est avant tout dépendant du volume capturé même si nous n'avons pas pu estimer la relation. La composition des captures intervient ensuite. La houle et les conditions météorologiques sont deux autres facteurs importants. Dans de mauvaises conditions, le temps de tri peut être bien plus long que le temps de tri nécessaire pour un volume et une composition des captures similaires mais triés dans de bonnes conditions. A volume équivalent, trois caractéristiques principales des captures peuvent intervenir et allonger le temps de tri donc diminuer la productivité du tri par rapport à une situation de référence. Il s'agit de la composition spécifique, de la taille des captures et de la présence de déchets ou substrats. La productivité du tri dépend donc du volume capturé de la composition en taille et de la composition spécifique des captures, des conditions météorologiques et de la présence de déchets et substrat.

Les enquêtes et entretiens ont permis de préciser les espèces difficiles à trier dans le cas de la pêcherie langoustinière, il s'agit de la langoustine, des galathées, des crabes nageurs, des chinchards et merlans bleus. Il semble que le facteur le plus gênant pour le tri soit la présence de petites langoustines dont la taille avoisine la taille minimale de débarquement. La qualité des langoustines pêchées est aussi un facteur déterminant le temps de tri, les langoustines petites et molles sont en effet plus difficiles à trier que les langoustines « fermes ».

Les entretiens et la connaissance de la pêche font apparaître un certain nombre de situations où le temps donc le temps de tri peut être limité et inciter à rejeter. La durée de la marée est ainsi contrainte par l'heure de la criée dictée généralement par les impératifs qu'impose un produit vendu vivant. Au Guilvinec, la Crieée a lieu à 17h pour permettre aux mareyeurs d'acheminer la langoustine sur les marchés avant le lendemain matin. Lorsque le dernier trait a été viré proche du port ou qu'il est très long à trier, le temps de route et le temps restant avant la criée peuvent ne pas suffire à trier l'ensemble des captures. Dans ce cas, les pêcheurs peuvent être incités à rejeter davantage pour que le tri soit terminé avant l'heure de la criée. L'ordre de vente à la criée n'est par ailleurs pas neutre, les premiers arrivés peuvent ainsi obtenir de meilleurs prix pour la langoustine. Les mareyeurs soumis eux-mêmes aux contraintes de temps de transport et délai de livraison peuvent être prêts à payer plus cher les débarquements des premiers arrivés qui leur permettent de livrer les commandes à temps. Une autre contrainte de temps est liée à la qualité fragile des langoustines. En été en particulier, une exposition trop longue des langoustines au soleil pendant le tri avant la mise en vivier peut altérer la qualité. Les membres de l'équipage devront donc trier plus rapidement ce qui peut inciter à écrémer pour ne valoriser au mieux le temps de travail disponible.

Si dans la pêche langoustinière, les raisons principales de rejeter restent le marché et la réglementation sur les tailles minimales de débarquements (voir 3.3.2), les entretiens permettent de mettre en évidence qu'il peut y avoir des raisons de rejet liées au travail de tri long, pénible et coûteux. Compte tenu de la pénibilité du tri et de son coût, il peut être rationnel de rejeter certaines catégories longues à trier et dont le prix est faible. Les contraintes de temps peuvent d'autre part augmenter les incitations à rejeter.

4.3. Analyse de la variabilité des courbes de sélection manuelle et impacts des effets volume et changement de structure en taille des captures sur les rejets de langoustine

Nous analysons dans cette section les facteurs de rejet liés aux captures (volume capturé et structure en taille) à partir des captures et rejets de langoustine de la flottille langoustinière.

4.3.1. Facteurs de variabilité du tri

Les données d'échantillonnage des captures à bord des navires langoustiniers de la base Obsmer permettent d'analyser la variabilité des courbes de sélection manuelle des langoustines. La courbe de sélection manuelle ou courbe de tri donne pour chaque classe de longueur des individus capturés, la probabilité d'être débarquée. Ses caractéristiques sont décrites en annexe 2.5.

Une analyse de la variabilité inter-marée du L50 des langoustines capturées par les navires de la flottille langoustinière a été menée par Fifas *et al.* (2006) pour mettre en évidence les facteurs de variabilité inter-marée des courbes de tri. Les données de 151 marées issues des échantillonnages effectués à bord des navires entre juin 2002 et janvier 2006 ont été utilisées. Le L50 a été estimé à partir des paramètres d'un modèle linéaire généralisé (GLM) de la probabilité de rejet en fonction de la longueur (lien logit, distribution binomiale). Le L50 ne décrit la courbe qu'en partie (donc la stratégie de tri), en particulier il ne permet pas de décrire la pente de la courbe de tri. Les paramètres L25 et L75 sont nécessaires. Des exemples de courbes de sélection manuelle sont présentées en annexe 2.6.

La variabilité du L50 a été analysée en relation avec plusieurs variables pouvant influencer le taux de rejet : l'année (à cause de la variabilité annuelle du recrutement), la saison (à cause de la différence d'accessibilité des langoustines principalement entre les sexes en fonction de la saisons), le quartier maritime d'origine du navire, la latitude, la longitude, ou la profondeur, qui sont corrélées avec la zone de pêche, l'engin (chalut simple ou chaluts jumeaux), le volume capturé, le pourcentage de rejet en poids et les longueurs quantiles $l_{0,05}$ et $l_{0,95}$ dans la capture totale. Les paramètres $l_{0,05}$ et $l_{0,95}$ permettent de décrire la composition en longueur des captures et d'observer des changements de structure en longueur des captures (annexe 2.7).

$l_{0,05}$ correspond à la longueur en dessous de laquelle se trouvent 5% des langoustines,

$l_{0,95}$ correspond à la longueur en dessous de laquelle se trouvent 95% des langoustines

Le modèle suivant a été testé :

$L50 \sim$ Trimestre+ %rejet en poids+ L0.05+ L0.95+ Quartier+ Durée marée+ année

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trimestre	3	49.263	16.421	19.9670	1.266e-10***
%rejet en poids	1	43.526	43.526	52.9247	3.451e-11***
L0.05	1	44.750	44.750	54.4139	2.034e-11***
L0.95	1	83.906	83.906	102.0255	<2.2e-16***
quartier	2	11.499	5.749	6.9909	0.001328**
Durée marée	1	0.166	0.166	0.2024	0.653610
année	3	12.841	4.280	5.2047	0.002029**
résidus	124	101.978	0.822		

Tableau 2. 3 : Résultats de l'analyse de Variance du L50. Source: Fifas *et al.*, 2006

L'analyse des principaux facteurs déterminant le tri des captures met en évidence les effets quartier, saison, année et les effets des $l_{0,05}$ et $l_{0,95}$. La variabilité du tri est donc fortement liée aux caractéristiques des captures, à la structure en longueur notamment qui varie annuellement et saisonnièrement en fonction du recrutement et de la disponibilité de la langoustine. Le tri est en revanche très stables au sein d'un même quartier ou d'une même saison (annexe 2.8). Les effets

significatifs du 10.05 et du 10.95 mettent en évidence une adaptation du tri à la structure en longueur des captures et montrent l'influence de la composition en longueur des captures sur les décisions de rejet. Une analyse de l'écart de sélection permettrait de compléter les résultats obtenus par l'analyse de la variabilité du L50.

4.3.2. Impacts d'une modification de la structure en longueur des captures sur le tri à volume de captures constant

On analyse ici plus particulièrement le cas des effets potentiels d'un changement de structure en longueur des captures sur la courbe de tri. On raisonne à volume de captures constant. L'existence de corrélations entre $l_{0,05}$, $l_{0,95}$ et L50 signifie que plus les captures sont petites, plus la fraction rejetée est grande mais elle est moins grande que si le tri était resté le même (Figure 2. 11). Il existe donc une adaptation du tri au volume capturé et à la structure en longueur des captures.

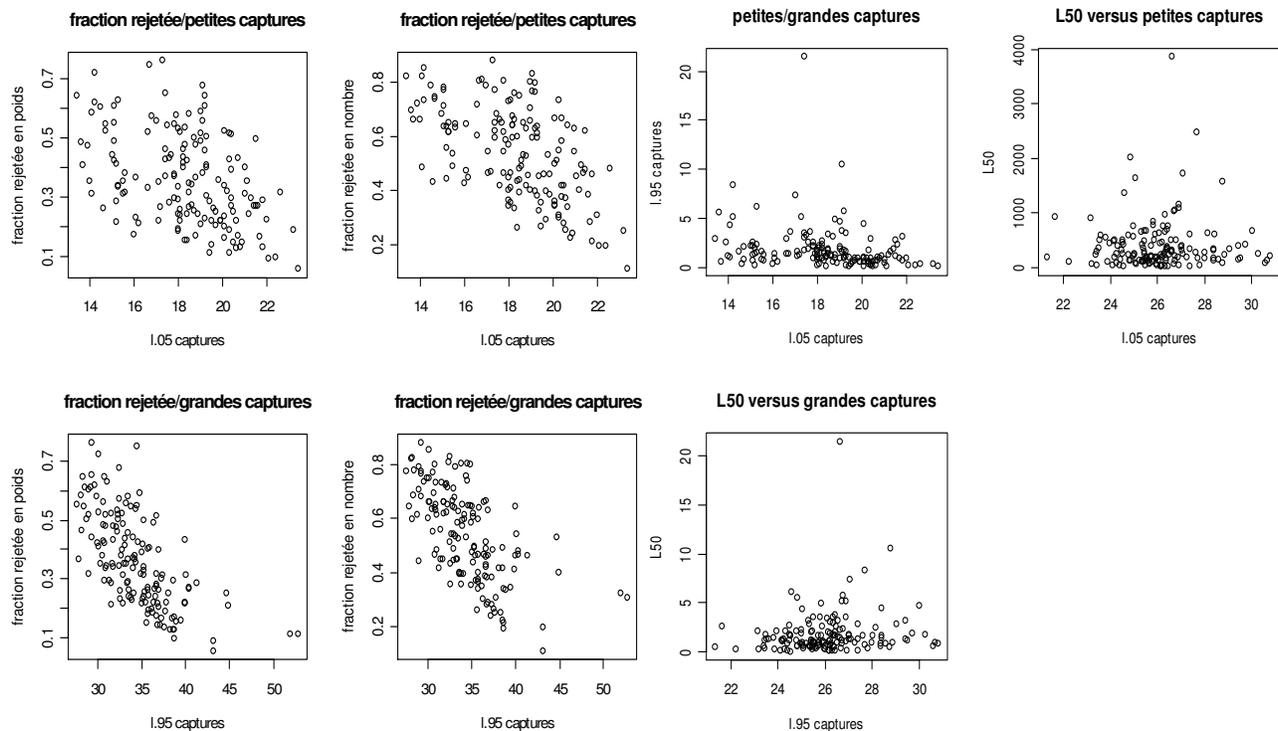


Figure 2. 11 : Quantiles $l_{0,05}$ et $l_{0,95}$ en fonction de la fraction rejetée en poids, en nombre et en fonction du L50 (taille à laquelle 50% des captures sont rejetées). Source : Rochet *et al.*, 2006.

Une application de l'effet d'une modification de la structure en longueur des captures de langoustine est proposée en annexe 2.9. Dans le cas 1 de la Figure 2. 12 où la longueur moyenne des captures est

grande ($l_{0,05}$ et $l_{0,95}$ élevés), le L50 est élevé, les marins ne trient pas les plus petits poissons. Dans le cas 2 de la Figure 2. 12 en revanche où la longueur moyenne des captures est faible ($l_{0,05}$ et $l_{0,95}$ faibles), c'est-à-dire lorsque les plus petites longueurs sont abondantes, les marins vont chercher à débarquer le maximum de captures pour maximiser leur profit et compenser le faible prix des plus petits poissons par la quantité. Le L50 est alors plus petit que précédemment (adaptation du tri de L50,1 à L50,2).

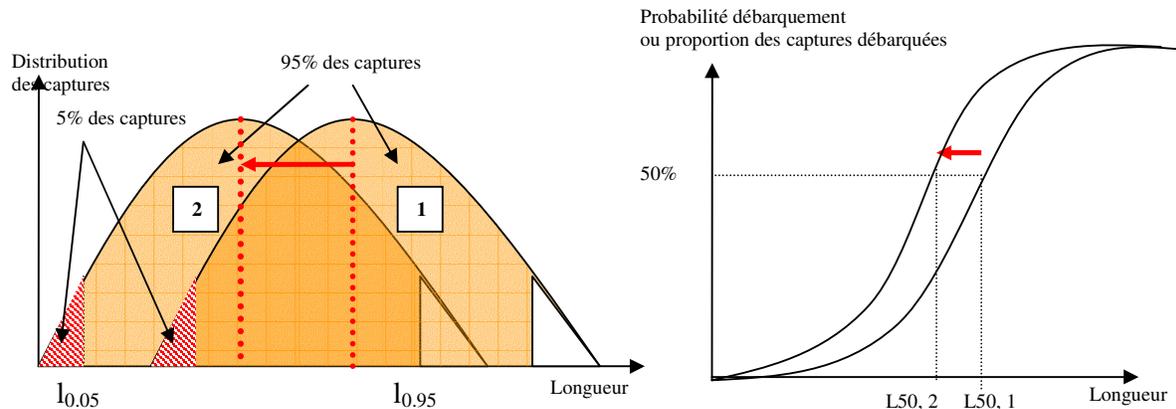


Figure 2. 12 : Effet d'une modification de la structure en longueur des captures sur le tri à volume capturé constant. Source : Elaboration personnelle.

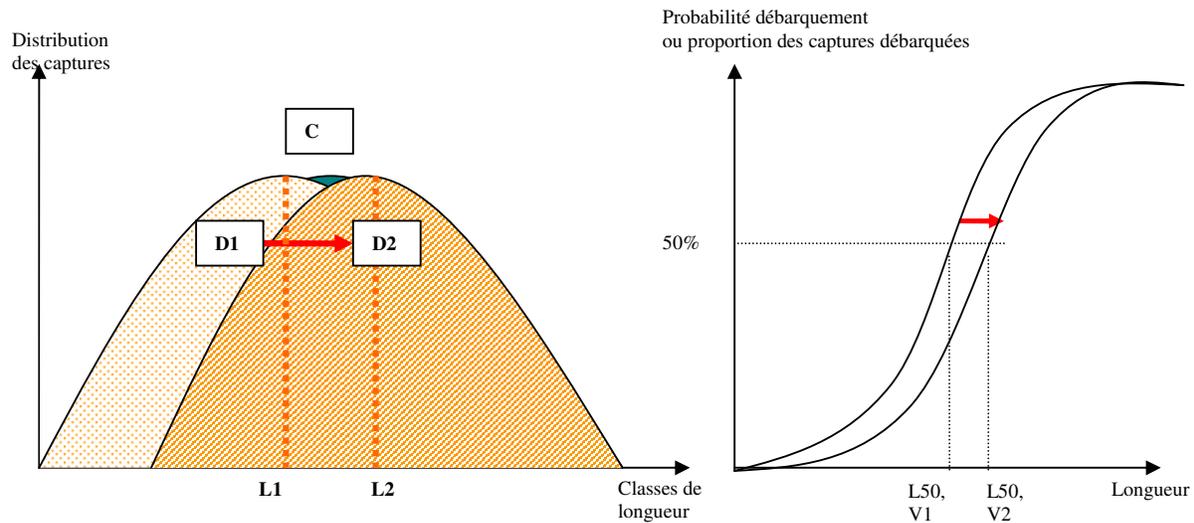
4.3.3. *Impacts d'une augmentation du volume des captures sur le pourcentage de rejet et sur le tri (à structure en longueur des captures constante)*

Nous analysons dans cette section les modifications potentielles de la courbe de tri (décrite par le L50) résultant d'une augmentation du volume des captures. La structure en longueur des captures est supposée constante. L'analyse des données d'échantillonnage des captures à bord des navires professionnels permet de mettre en évidence un effet du volume de capture sur le pourcentage de rejet: le pourcentage de rejet augmente lorsque les captures augmentent (annexe 2.10).

Compte tenu du protocole d'échantillonnage, une partie des facteurs de rejet est selon nous gommée. Le protocole consiste en effet à faire trier par un des marins un panier de captures et à échantillonner ensuite les rejets et débarquements ainsi distingués. Ce protocole permet d'observer la variabilité des structures en longueur des captures et de la composition spécifique ainsi que l'effet des réglementations sur la taille minimale de débarquements sur les quantités rejetées. En revanche, le protocole ne permet pas de mettre en évidence des effets volume de capture sur la productivité du tri.

Le tri des captures est une tâche longue et difficile. Etant donné le temps nécessaire pour trier les captures, il n'est pas optimum de trier l'ensemble des captures lorsque le volume capturé devient trop

important. On peut alors supposer que les marins procèdent à un écrémage des captures. Ils sélectionnent les poissons de plus forte valeur donc les poissons les plus grands³⁹. Pour une même distribution en longueur des captures, la distribution en longueur des débarquements serait donc différente selon le volume capturé (D1 pour un volume V1 et D2 pour un volume V2).



C : distribution en longueur des captures

D1 : distribution en longueur des débarquements pour un volume V1 de captures

L1 : mode des débarquements pour un volume V1 de captures

D2 : distribution en longueur des débarquements pour un volume V2 de captures tel que $V2 > V1$

L2 : mode des débarquements pour un volume V2 de captures

Figure 2. 13 : Effet d'une modification du volume de captures sur le tri à structure en longueur des captures constantes. Source : Elaboration personnelle.

Lorsque le volume des captures augmente, les marins ont donc tendance à rejeter une plus grande proportion des poissons de plus petites tailles pour maximiser le temps de tri utilisé. La stratégie de tri des marins modifie donc la courbe de tri, le L50 est plus grand, la courbe de tri est déplacée vers la droite (translation de $L50,V1$ à $L50,V2$). Dans le cas d'une diminution de volume, on aurait à l'inverse, la translation de $L50,V2$ à $L50,V1$. Les marins cherchant alors à maximiser leur profit, débarqueraient des captures plus petites. Une application de l'effet d'une augmentation de volume de langoustines capturées sur le tri est proposée en annexe 2.11.

³⁹ Il existe en effet une corrélation longueur des poissons- prix du poisson, plus le poisson est grand plus il est cher

4.3.4. Conclusion et discussion sur les facteurs de variabilité du tri

L'analyse de la variabilité du L50 permet de mettre en évidence les facteurs de variabilité du tri liés à la composition des captures en particulier à la structure en longueur des captures. Les données d'échantillonnage montrent d'autre part que le pourcentage de rejet augmente lorsque le volume capturé augmente. Compte tenu du protocole d'échantillonnage, les données d'observation des captures ne permettent pas de quantifier les effets de contrainte de temps sur le tri des captures. En particulier, le dernier trait de la marée où le temps de tri peut être contraint par l'heure de la criée, est rarement échantillonné par manque de temps. L'effet de contraintes de temps sur les rejets ne peut donc pas être étudiée. Néanmoins, l'analyse théorique proposée appuyée par les observations empiriques permet de caractériser les effets attendus de modifications de la structure des captures et des volumes capturés sur les rejets.

4.4. Conclusions sur les facteurs de variabilité du tri et contraintes

L'analyse empirique des facteurs de variabilité des rejets valide les facteurs de rejets et contraintes pris en compte dans la littérature microéconomique sur les comportements de rejet. Les principaux facteurs de rejet identifiés dans la littérature et empiriquement sont le marché et la valorisation et les contraintes réglementaires, sur les tailles minimales de débarquement en particulier. Néanmoins ces raisons ne permettent pas d'expliquer toute la variabilité observée. L'analyse empirique met en évidence l'importance du tri dans le processus de rejet et montre que le tri est une opération longue et pénible au cours de laquelle la décision de rejeter ou débarquer est prise. Des contraintes de temps et de pénibilité liées au travail de tri peuvent, en limitant le temps de tri, inciter à rejeter plus et permettent d'expliquer une partie de la variabilité des rejets non expliquée par le marché et les contraintes réglementaires. L'analyse présentée dans cette section met également en évidence que les volumes capturés et la structure des captures influencent les décisions de rejet. L'analyse empirique souligne donc la nécessité de compléter le modèle d'Arnason dans lequel les coûts de rejet pris en compte ne dépendent que de la quantité rejetée et non des quantités totales capturées et dans lequel l'aspect tri et la difficulté liée au tri ne sont pas pris en compte.

5. Fonction de tri et coûts de tri

Dans cette section, les rejets et débarquements sont abordés sous l'angle de la résultante d'un travail de tri. Une telle représentation permet de prendre en compte les facteurs de variabilité des rejets classiquement étudiés dans les modèles microéconomiques de comportement de rejet en y ajoutant une originalité qui est de considérer les raisons de rejet liées au travail de tri et de prendre en compte des coûts de tri. La fonction de tri décrit les relations entre l'effort déployé pour trier les captures et les

rejets et débarquements qui en résultent. Le tri est défini comme l'activité consistant à extraire des captures les catégories qui seront débarquées. Par analogie avec la fonction de capture, nous décrivons les propriétés de la fonction de tri des captures que les éléments empiriques nous permettent de supposer puis nous proposons une spécification de la fonction de tri. Nous caractérisons ensuite les coûts d'opportunités liés au travail de tri.

5.1. Fonction de tri et analogie avec la fonction de capture

5.1.1. Propriétés de la fonction de tri

La **fonction de tri** est définie pour un cadre temporel de très courte période (par opération de pêche). Elle donne la relation entre l'effort de tri appliqué aux captures pour trier une catégorie i et les débarquements de cette catégorie qui résultent du tri. Les éléments empiriques présentés dans la section 3 ont permis de mettre en évidence les facteurs de variabilité du tri et de faire des hypothèses sur les caractéristiques de la fonction de tri. Les entretiens nous apprennent que le temps de tri dépend de la composition des captures, du volume capturé et de la catégorie considérée.

La fonction de tri des captures de catégorie i peut être définie par la fonction de production suivante :

$$L_i = L_i(Z, Y_1, \dots, Y_n, T_i), i = 1, \dots, n$$

où

L_i sont les quantités triées de catégorie i ou débarquements de catégorie i , outputs de la fonction de tri par analogie avec les captures, outputs de la fonction de capture,

Y_1, \dots, Y_n , sont les captures des catégories commercialisables

Z sont les captures des autres catégories non commercialisables

T_i , est l'effort de tri (ou temps de tri) de la catégorie i , par analogie avec l'effort de pêche, input de la fonction de capture. L'effort de tri correspond au temps passé par l'équipage à trier les captures. On considère ici que le temps de tri ou effort de tri comprend également le temps des diverses manipulations nécessaires au cours du travail de tri (éviscération, mise en caisses et déplacements des caisses en particulier).

Les débarquements de catégorie i , sont donc fonction de l'effort de tri (ou temps de tri) appliqué à cette catégorie, du volume de catégorie i capturé, du volume des captures des autres catégories commercialisables et du volume des autres catégories non commercialisables. A la différence de la fonction de capture où la ressource correspond aux stocks dans le milieu naturel, dans le cas de la fonction de tri, la ressource correspond aux différentes catégories sur le pont, une fois capturées. La différence majeure entre les deux fonctions vient du facteur anthropique. Dans le cas de la fonction de

capture, un effort global est appliqué à une fraction du stock, dans le cas de la fonction de tri, l'effort est spécifique à chaque catégorie mais s'applique à l'ensemble des captures.

Les éléments empiriques permettent de supposer raisonnablement les propriétés suivantes de la fonction de tri :

- a) $L_i \leq Y_i$, les débarquements d'espèce-catégorie i triés par l'équipage ne peuvent pas dépasser les captures de cette même espèce-catégorie par trait.
- b) $Y_i = 0 \Rightarrow L_i = 0$ et $Z > 0 \cap T_i = 0 \Rightarrow L_i = 0$ le débarquement exige un tri à partir du moment où les captures sont mélangées
- c) $\frac{\partial L_i}{\partial Z} < 0$ et $\frac{\partial L_i}{\partial Y_j} < 0, j \in \{1, \dots, n\} - \{i\}$, c'est-à-dire que l'efficacité du tri de la catégorie i diminue quand le volume des autres captures augmente. Les captures de catégorie i plus diluées parmi l'ensemble des captures sont plus difficiles à trier.
- d) $\frac{\partial L_i}{\partial Y_i} > 0$, à effort de tri donné et à volume total des autres catégories constant, le volume de catégorie i débarquée augmente quand le volume de catégorie i capturé augmente. A effort de tri donné le débarquement est donc d'autant plus important que la capture commerciale est forte et la capture non commerciale faible (car le tri est plus facile)
- e) $\frac{\partial L_i}{\partial T_i} > 0$, le volume de catégorie i débarqué augmente lorsque l'effort de tri consacré à cette catégorie augmente
- f) $\frac{\partial^2 L_i}{\partial T_i^2} < 0$, le produit marginal de l'effort de tri est positif mais décroissant. Il décroît au fur et à mesure du temps de tri car les captures de catégorie i plus rares sont diluées parmi l'ensemble des captures et donc plus difficiles à trier (discussion en annexe 2.12).

Selon la valeur de Z , on pourra supposer l'indépendance ou la jointure du tri des catégories :

- dans le cas où Z est important par rapport aux autres catégories à trier $\sum_j Y_j, j \in \{1, \dots, n\} - \{i\}$, on peut considérer que le tri de la catégorie i et le tri des autres catégories $j \neq i$ sont indépendants
- Lorsque Z est du même ordre de grandeur que $\sum_j Y_j, j \in \{1, \dots, n\} - \{i\}$ en revanche, le tri des catégories i et j est joint. Lorsqu'une catégorie i est triée, le volume de captures à trier diminue et facilite le tri de la catégorie j . Il existe alors des effets externes positifs du tri d'une catégorie sur l'autre catégorie.

L'analyse des données de captures à partir des données d'échantillonnage des captures en mer de la base Obsmer montre que les espèces autres que la langoustine et le merlu représentent 50% des captures en nombre et 25% en poids (Tableau 2. 4).

Captures	en nombre	en poids (kg)	% des captures totales en nombre	% des captures totales en poids
Captures totales	8034	194	100%	100%
Langoustine	5506	68	69%	35%
Merlu	557	29	7%	15%
autres espèces	1970	97	25%	50%

Tableau 2. 4 : Captures de langoustines, merlus et autres espèces par trait moyen en nombre, poids en kg et en pourcentage des captures totales en poids et nombre. Source : Données Obsmer. Moyenne sur 242 traits.

On supposera néanmoins pour simplifier que l'hypothèse d'indépendance des tris est acceptable. L'hypothèse de jointure des tris des différentes catégories supposerait de prendre en compte le fait que les efficacités de tri des catégories sont liées: lorsque l'on trie les captures d'une catégorie i , le volume de capture de cette catégorie diminue et la productivité du tri des captures de catégorie j augmente. Il existe alors des effets externes positifs pour le tri d'une catégorie j de la diminution des volumes capturés sur le pont au fur et à mesure du tri de la catégorie i . Cela reviendrait à résoudre un problème d'optimisation dynamique et non plus de maximisation qui complexifieraient l'analyse et apporteraient peu par rapport au modèle simplifié.

5.1.2. Spécification de la fonction de tri par analogie avec la fonction de capture

Par analogie avec la fonction de capture, on peut définir la fonction de tri de la forme d'une fonction de Spillman avec une différence essentielle : le même effort de capture s'applique à toutes les catégories alors que l'effort de tri est spécifique à une catégorie.

On considère le cas simplifié du tri d'une catégorie commerciale parmi un volume Z de catégorie non commerciale la fonction de tri s'écrit :

$$L = L(Y, Z, T)$$

avec

Y , le volume de capture commerciale

Z , le volume de capture non commerciale

L , le volume débarqué (issu de Y)

T , l'effort de tri

le volume rejeté à l'issue du tri est :

$D_Y = Y - L$ rejet de capture commerciale

$D_Z = Z$ rejet de capture non commerciale

Par analogie avec la fonction de capture, on peut donc définir une fonction de tri de la forme d'une fonction de Spillman:

La fonction de Spillman appliquée au tri qui estime le volume d'individus triés (ou débarqués), L en fonction de la quantité de captures, Y et du temps de tri alloué à ce groupe d'âge, T est :

$$L = Y(1 - e^{-aT}) \text{ avec}$$

$$a = \frac{b}{Z}$$

où b est une constante positive traduisant l'efficacité de l'effort de tri (pour une capture non commerciale Z donnée). Cette fonction satisfait les hypothèses a) à f) énoncées dans la section 5.1.1.

Pour Y et Z donnés, on a la forme de la fonction de tri suivante à très courte période :

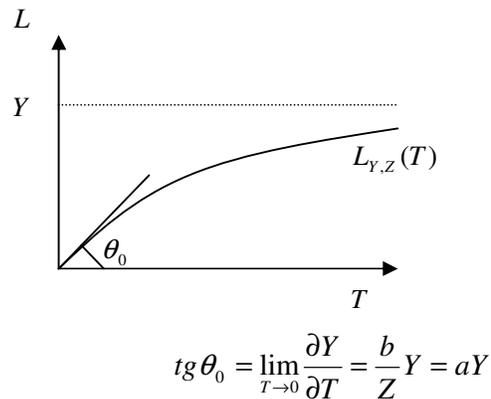


Figure 2. 14 : Fonction de tri des captures à très courte période pour Y et Z donnés

Cette fonction se justifie par analogie entre l'opération de tri sur un navire pendant la période unitaire séparant deux opérations de capture et l'exploitation d'un stock par une flottille⁴⁰ pendant la période unitaire séparant deux recrutements (en supposant que la seule cause de variation du stock pendant cette période est la mortalité par pêche).

Dans le **cas de la modélisation des captures**, on se situe à l'échelle du stock et non du navire. La fonction de Spillman relie le volume de prélèvement Y effectué sur un stock donné (capture) pendant une période unité au niveau du stock B_0 en début de période et à l'effort de pêche déployé pendant la période E :

⁴⁰ La capture correspond au tri sur le fond.

$$Y = f(B_0, E)$$

sous les hypothèses suivantes :

- (i) la seule cause de variation du stock pendant la période est la mortalité par pêche
- (ii) la capture par unité d'effort (CPUE) à un instant t est proportionnelle à la densité moyenne du stock à cet instant
- (iii) l'effort de pêche reste constant sur la période

L'équation de survie de Beverton and Holt (1957) (Gulland, 1983; Hilborn et Walters, 1992) décrit les variations du stock liées à la mortalité séparée en coefficient instantané de mortalité par pêche et coefficient instantané de mortalité naturelle au cours de la période. On suppose que seule la mortalité par pêche fait varier l'effectif du stock et que w_i est constant. L'équation de survie donne :

$$(i) \quad -\frac{\dot{B}(t)}{B(t)} = F(t), \forall t \in [0;1[$$

où

$B(t)$: stock à l'instant t

$\dot{B}(t) = \frac{dB}{dt}$: variation instantanée du stock en t

$F(t)$: taux instantané de mortalité par pêche

Le coefficient instantané de mortalité par pêche peut être approché par la relation :

$$F(t) = \frac{q}{A} \cdot E(t),$$

où

$E(t)$ est l'effort de pêche déployé par la flottille à l'instant t

A : est l'aire de répartition du stock

q : est le coefficient de capturabilité⁴¹ (en terme de densité), qui traduit la probabilité pour ce groupe d'âge d'être capturé par une unité d'effort

$q = \frac{F(t)}{E(t)/A}$ est le taux de mortalité par pêche par unité d'effort par unité de surface

On a donc :

$$(ii) \quad -\frac{\dot{B}(t)}{E(t)} = q \frac{B(t)}{A} \Leftrightarrow F(t) = q \frac{E(t)}{A}$$

⁴¹ Voir glossaire

selon (ii), q est supposé constant. Ce coefficient traduit l'efficacité technique de la pêche.

On suppose que l'effort est constant sur la période :

$$(iii) \quad E(t) = E, \forall t \in [0;1[$$

On a donc :

$$F(t) = \frac{qE}{A} = F \text{ constant sur } [0;1[$$

$$\Rightarrow -\frac{\dot{B}(t)}{B(t)} = F$$

$$\Rightarrow B(t) = B_0 e^{-Ft}$$

$$\Rightarrow B_1 = B_0 e^{-F}$$

$$\Rightarrow Y = B_0 - B_1 = B_0(1 - e^{-F})$$

$$\Rightarrow Y = B_0 \left(1 - e^{-\frac{qE}{A}}\right)$$

ce qui donne la fonction de capture de Spillman

La **transposition de la fonction de Spillman au cas du tri** (Tableau 2. 5) nécessite un changement de cadre spatio-temporel : le navire au lieu du stock et la très courte période au lieu de la campagne de pêche.

Elle requiert en outre les hypothèses suivantes :

(j) la seule cause de variation de la quantité à trier, sur la période considérée, est le tri

(jj) A un instant t , la quantité triée par unité d'effort est proportionnelle au ratio (catégorie commerciale/autre) à cet instant

(jjj) l'effort de tri est constant sur la période

Fonction de capture		Fonction de tri	
Stock initial	B_0	Quantité à trier initiale (=capture)	Y_0 (ou Y)
Stock en t	$B(t)$	Quantité restant à trier en t	$Y(t)$
Aire de répartition du stock	A	Captures non commerciales	Z
Coefficient de capturabilité (par unité de surface)	q	Coefficient de « triabilité »	b
Effort de pêche	E	Effort de tri	T
Quantité capturée sur la période	Y	Quantité triée sur la période	L

Tableau 2. 5 : Analogies entre fonction de capture et fonction de tri.

Sous les hypothèses et avec les notations ci-dessus, on obtient :

$$-\frac{\dot{Y}(t)}{T} = b \frac{Y}{Z} \Leftrightarrow -\frac{\dot{Y}(t)}{Y} = b \frac{T}{Z} \Leftrightarrow Y(t) = Y_0 e^{-\frac{bT}{Z}}$$

$$\Rightarrow L = Y_0 - Y = Y_0 \left(1 - e^{-\frac{bT}{Z}}\right)$$

soit encore :

$$L = Y(1 - e^{-aT})$$

en remplaçant Y_0 par Y et en posant $a = \frac{b}{Z}$ une constante. (a) traduit l'efficacité du tri. Cette constante dépend du volume Z et peut se rapprocher de la capturabilité dans la fonction de capture.

5.2. Caractéristiques de la fonction de tri

La forme de Spillman permet de prendre en compte les propriétés de la fonction de tri $L_i = Y_i(1 - e^{-a_i T_i})$. Les caractéristiques de la fonction de tri de Spillman sont décrites ici.

5.2.1. *Volume de catégorie i trié en fonction du temps de tri pour cette catégorie à volume de capture et efficacité du tri de la catégorie i donnés*

La fonction de tri de la catégorie i qui donne le volume de catégorie i trié en fonction du temps de tri pour cette catégorie $L_i(T_i)$ à volume de capture (Y_i) et efficacité du tri de la catégorie i (a_i) donnés a les caractéristiques suivantes:

- $\frac{\partial L_i}{\partial T_i} = a_i Y_i e^{-a_i T_i} > 0$
- $\frac{\partial^2 L_i}{\partial T_i^2} = -a_i^2 Y_i e^{-a_i T_i} < 0$
- $T_i = 0 \Rightarrow L_i = 0$
- $\lim_{T_i \rightarrow \infty} L_i = Y_i$

$$\text{tg } \theta = \lim_{T_i \rightarrow 0^+} \frac{\partial L_i}{\partial T_i} = a_i Y_i$$

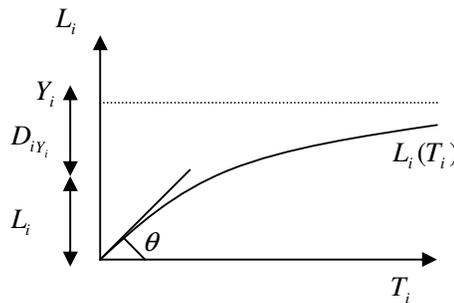


Figure 2. 15 : Allure de la fonction de tri sous hypothèse de productivité marginale du tri par trait décroissante et dépendante de la catégorie et du volume capturé.

Il existe une asymptote en Y_i comme dans le cas de la fonction de capture où il existe une asymptote en B_i . Le tri n'est jamais complet : $\lim_{T_i \rightarrow \infty} L_i = Y_i$. Il y a donc toujours des rejets de captures commerciales : $\lim_{T_i \rightarrow \infty} D_{iY_i} = 0$.

5.2.2. Volume de catégorie i trié en fonction du volume de capture pour cette catégorie à temps de tri et efficacité du tri de la catégorie i donnés

La fonction qui donne le volume de catégorie i trié en fonction du volume de capture pour cette catégorie $L_i(Y_i)$ à temps de tri (T_i) et efficacité du tri de la catégorie i (a_i) donnés a les caractéristiques suivantes :

- $\frac{\partial L_i}{\partial Y_i} = 1 - e^{-a_i T_i} > 0$
- $\frac{\partial^2 L_i}{\partial Y_i^2} = 0$
- $Y_i = 0 \Rightarrow L_i = 0$
- $\lim_{Y_i \rightarrow \infty} L_i = \infty$

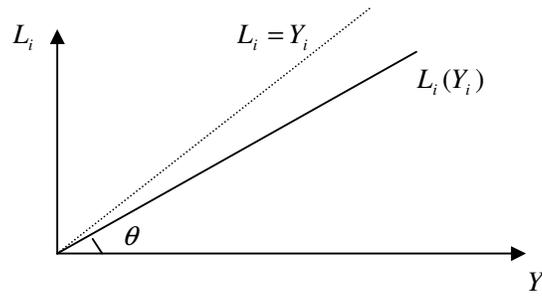


Figure 2. 16 : Effet d'une augmentation du volume capturé d'une catégorie i , sur la fonction de tri de cette catégorie.

Lorsque le volume capturé de la catégorie i augmente, le volume des autres captures restant constant, la productivité du tri augmente.

5.2.3. Volume de catégorie i trié en fonction de l'efficacité du tri pour cette catégorie à temps de tri et volume de capture de la catégorie i donnés

A temps de tri (T_i) et volume de capture de la catégorie i (Y_i) donnés, le volume de catégorie i trié en fonction de l'efficacité du tri pour cette catégorie $L_i(a_i)$ a les caractéristiques suivantes :

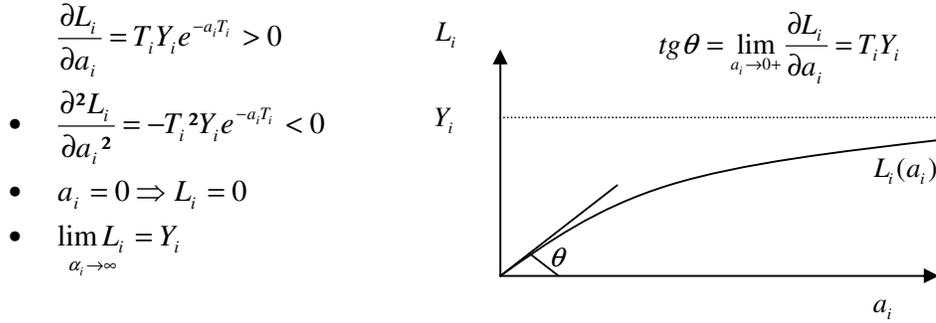


Figure 2. 17 : Effet d'une augmentation de a_i (augmentation de b_i ou diminution du volume des autres captures Y_j) sur la fonction de tri de cette catégorie.

Lorsque le volume capturé des autres catégories augmente, Y_i restant constant, la productivité du tri diminue. A T_i et Y_i donnés, le volume de catégorie i trié (L_i) est donc d'autant plus faible que le volume des autres catégories est élevé. La catégorie i est en effet plus difficile à trier car plus dispersée dans le volume total.

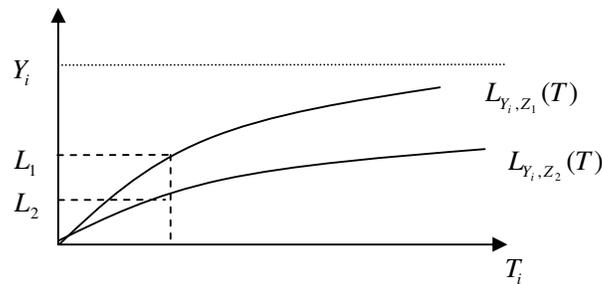


Figure 2. 18 : Effet d'une augmentation du volume des autres captures Z sur la fonction de tri de cette catégorie.

Si l'on considère maintenant deux traits de même volume total d'autres captures Z , l'un constitué de captures de catégorie 1 faciles à trier (grosses langoustines par exemple) en quantité Y , l'autre constitué de captures de catégorie 2 plus difficiles à trier (petites langoustines par exemple) en quantité Y également, les fonctions de tri L_1 et L_2 ont alors les formes suivantes :

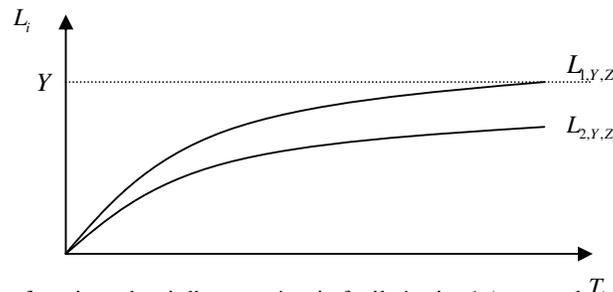


Figure 2. 19 : Allure des fonctions de tri d'une catégorie facile à trier 1 (grosses langoustines) et d'une catégorie difficile à trier 2 (petites langoustines) à volume total capturé équivalent. Effet d'une augmentation de b_i .

A volume équivalent, un trait constitué de grosses langoustines sera trié plus rapidement qu'un trait de petites langoustines.

5.2.4. Expression de L'efficacité du tri

Nous introduisons dans le modèle l'hypothèse selon laquelle l'efficacité instantanée du tri (a_i) dépend de la composition des captures c'est-à-dire de Y_j , les captures de catégorie $j \neq i$

$$a_i = a_i(Y_j)$$

En outre, on peut raisonnablement poser que :

$$\lim_{Y_j \rightarrow 0^+} a_i = +\infty \text{ car lorsque } Y_j = 0, \text{ il n'y a plus à trier}$$

$$\lim_{Y_j \rightarrow \infty} a_i = 0$$

On suppose que a_i est de la forme :

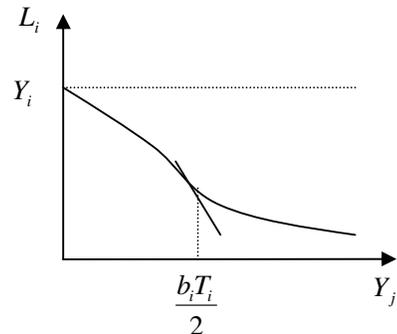
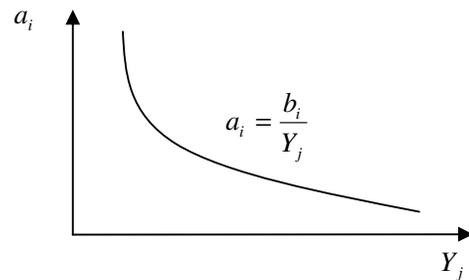
$$a_i = \frac{b_i}{Y_j}, \text{ où } b_i > 0 \text{ est constant et traduit les caractéristiques intrinsèques du tri de } i$$

a_i est d'autant plus petite que la catégorie est difficile à trier (ou peu disponible) ou que le volume total est important (et donc que la densité de la catégorie est faible) :

b_i permet de jouer sur la vitesse d'augmentation des débarquements en fonction de l'augmentation du temps de tri total de l'équipage

On a :

- $L_i = Y_i(1 - e^{-\frac{b_i T_i}{Y_j}})$
- $\lim_{Y_j \rightarrow 0^+} L_i = Y_i$
- $\lim_{Y_j \rightarrow \infty} L_i = 0$
- $\lim_{Y_j \rightarrow 0^+} \frac{\partial L_i}{\partial Y_j} = 0$
- $\frac{\partial L_i}{\partial Y_j} = -\frac{Y_i b_i T_i}{Y_j^2} e^{-\frac{b_i T_i}{Y_j}} < 0$
- $\frac{\partial^2 L_i}{\partial Y_j^2} = \frac{-Y_i b_i T_i}{Y_j^3} e^{-\frac{b_i T_i}{Y_j}} (2 - \frac{b_i T_i}{Y_j}) \underset{< 0}{\geq} 0 \Leftrightarrow Y_j \underset{<}{>} \frac{b_i T_i}{2}$



5.3. Coûts d'opportunité du tri

Le tri est une activité pénible et difficile et le temps passé à trier pourrait être utilisé pour d'autres activités productives ou non productives qui sont à l'origine de plus de satisfaction. L'opération de tri des captures se traduit donc par un coût non nul qui correspond à un coût d'opportunité. Le coût d'opportunité mesure les avantages auxquels on renonce en affectant les ressources disponibles à un usage donné. Ce sont les coûts cachés relatifs à un choix, à une décision, estimés en terme d'opportunité non réalisée. Le coût d'opportunité est une notion *ceteris paribus*, il n'a de sens que si quelque chose est fixe. Dans le cas du tri, les ressources disponibles sont le nombre d'hommes dans l'équipage et le temps de tri par homme qui définissent l'effort de tri (temps de tri multiplié par le nombre d'hommes qui trient). L'effort de tri déployé a un coût correspondant au coût d'opportunité du travail de sélection parmi les captures de catégories qui vont être débarquées. Ce coût peut être monétaire (quand il s'agit des charges salariales) ou non.

Les modèles microéconomiques présentés en section 2 intègrent les coûts de débarquement et rejet mais les coûts de tri inclus dans l'analyse des rejets ne dépendent que des quantités rejetées (voir la fonction de coût de rejet définie par Arnason (1994) ($CD_i(D_i)$)). Dans ces modèles, les rejets par catégorie sont des variables de décision, nous les abordons dans cette thèse sous l'angle de la résultante d'un travail de tri et nous incluons donc les coûts de travail de tri à l'analyse. Cette originalité est importante dans la mesure où le tri devient alors une raison de rejet : le temps de tri d'une catégorie et donc le coût de tri de cette catégorie et son prix, définissent s'il est rationnel ou non de la débarquer. La section suivante décrira en détail le modèle microéconomique de comportement de rejet ou de tri intégrant le tri comme raison de rejet. Dans cette section, nous décrivons les coûts d'opportunité du tri en liaison avec les arbitrages existant entre le tri et les autres activités productives puis nous présentons les hypothèses sur les coûts d'opportunité du temps de tri.

5.3.1. Arbitrages entre tri et utilisations alternatives du temps

Le tri prend du temps qui pourrait être utilisé à d'autres opérations productives procurant moins de désagréments ou en temps de récupération qui peut permettre que la productivité du tri de l'opération de pêche suivante soit augmentée.

A l'échelle du trait, le coût d'opportunité du tri correspond aux coûts de l'affectation des ressources humaines disponibles et du temps à la tâche de tri des captures.

Deux types de coûts d'opportunité du tri sont en jeu dans cette analyse :

- (i) Un coût d'opportunité du travail de tri lié au fait que le travail de tri peut entrer en compétition avec une autre activité productive ou que la pénibilité du travail de tri peut diminuer la productivité de l'équipage. Dans ce cas, le coût d'opportunité est supporté par l'entreprise de pêche.
- (ii) Un coût d'opportunité du travail de tri supporté par les marins et dû à la pénibilité de ce travail qui affecte la satisfaction des membres de l'équipage et éventuellement leur productivité

A nombre d'hommes à bord constant, le coût d'opportunité du tri provient du fait que lorsque les pêcheurs sont occupés à trier ils ne peuvent pas faire une autre activité productive. Le tri peut être en compétition avec d'autres activités à bord. Le coût d'opportunité du tri est la valeur de la meilleure option non réalisée, c'est-à-dire le bénéfice d'une autre activité alternative au tri. Il peut s'agir du bénéfice tiré de la pêche s'il existe un arbitrage entre pêcher ou trier, ou entre trier et d'autres activités productives comme le travail d'éviscération, le traitement des captures, la mise en vivier.

L'arbitrage peut avoir lieu dans certains cas entre deux activités productives à bord, le tri et la pêche par exemple : l'opération productive de tri peut dans certains cas venir concurrencer l'opération productive de pêche. Cette situation se présente dans le cas où l'engin de pêche ne peut être remis en pêche avant la fin du tri (filet, casier). Dans le cas des filets ou casiers, tant que les captures n'ont pas été triées (ou extraites de l'engin de pêche), les engins ne peuvent pas être remis en pêche. Un arbitrage peut s'opérer entre trier plus et pêcher moins ou trier moins et pêcher plus (et pêcher plus d'une catégorie pour trier plus). On aurait donc en concurrence deux opérations productives, pêcher et trier. Ces deux opérations sont soumises à contraintes. Dans certains cas tout ce qui est pêché n'est pas trié, c'est le cas notamment des fileyeurs à sole en Manche et mer du Nord, qui rejettent au deuxième trimestre de grandes quantités d'araignées maillées dans les filets et qui seraient trop longues et difficiles à démailler. Le coût d'opportunité du tri correspond alors à la valeur de ce qui n'a pas pu être pêché parce que les pêcheurs étaient occupés à trier.

L'arbitrage peut également être entre le tri et l'éviscération ou la transformation qui sont d'autres activités productives. Dans le cas des chalutiers, le chalut est généralement remis en pêche avant de trier. Les activités de pêche et de tri ont lieu en même temps. Dans certains cas, le temps de tri et le temps de pêche peuvent être dépendants l'un de l'autre. Lorsque le tri doit être terminé avant que le trait suivant ne soit viré, les temps de tri et de pêche sont liés. Ainsi, si nous supposons que le rendement marginal de l'heure de pêche est décroissant au court du trait (captures par unité d'effort par trait décroissantes, voir Trenkel *et al.* 2007ab), les rendements du trait suivant diminuent lorsque le temps de tri d'un trait augmente. Le coût d'opportunité du temps de tri s'exprime alors en fonction de la perte de rendement du trait suivant due à l'allongement du temps de tri. De même, dans le cas où la

qualité des captures s'altèrent au cours du temps, le coût d'opportunité du temps de tri augmente. Si nous supposons que plus le trait est long plus le pourcentage de captures abîmées est important, le coût d'opportunité du tri augmente. Le coût d'opportunité du tri serait alors la valeur des pertes par trait. Dans les cas cités ci-dessus, le tri est en compétition avec des activités productives et le coût d'opportunité est alors supporté par l'entreprise de pêche.

Les entretiens avec les pêcheurs langoustiniers mettent en évidence que le tri est en compétition avec le temps de repos. Lorsque le tri des captures est terminé, les pêcheurs se reposent. Ces entretiens montrent d'autre part que le tri est la tâche la plus pénible à bord. Le tri a donc un coût d'opportunité supporté par l'équipage. Le coût d'opportunité du travail de tri peut être exprimé en terme de consentement à payer pour trier moins. A captures constantes, un homme en plus à bord permet de réduire le temps de tri mais engendre une diminution des salaires puisque le reste à partager est divisé entre les membres de l'équipage. Le coût d'opportunité du tri pourra alors correspondre au renoncement de salaire auquel les membres de l'équipage consentent en augmentant le nombre d'hommes à bord. Le coût d'opportunité du temps de tri peut varier en fonction de la difficulté du travail de tri. Selon la présence ou l'absence de table de tri par exemple, la valeur du temps de repos ne sera pas la même. De même les conditions météorologiques ou de houle peuvent modifier la difficulté du tri et donc son coût d'opportunité.

Lorsqu'il existe un arbitrage entre le tri et le repos de l'équipage, il peut également y avoir des coûts d'opportunité supportés par l'entreprise de pêche liés à la productivité du travail. Le tri est une activité difficile et nous avons supposé que les rendements du tri étaient décroissants. Un temps de repos plus long peut permettre d'améliorer les rendements du tri du trait suivant. Taylor (1912) a ainsi montré à partir de l'étude du travail des manutentionnaires des aciéries de la Bethlehem Steel ayant à ramasser, transporter, puis reposer des gueuses en fontes que 43% du temps total d'activité journalière devait être consacré à des repos convenablement espacés pour permettre les meilleurs rendements. Les coûts d'opportunité du temps de tri supporté par l'entreprise pourrait ainsi être exprimés en diminution de rendement du tri du trait suivant.

A l'échelle de la marée, le temps disponible et le nombre d'hommes sont fixés, ce sont des ressources rares. Le nombre d'hommes embarqués détermine les coûts d'opportunité du temps en mer. Le coût d'opportunité du temps de tri peut être approché par le coût du travail. Une fois que la contrainte du nombre d'hommes à bord est fixée, on peut supposer que les coûts d'opportunité du travail de tri sont fixes à l'échelle de la marée. Ils peuvent correspondre aux salaires. Le coût d'opportunité du travail de tri peut être évalué par le coût du travail des hommes embarqués s'ils travaillaient à terre en supposant que le SMIC correspondrait à la rémunération alternative qu'ils pourraient toucher à terre. En réalité, dans la pêche, le système à la part est souvent appliqué. Les marins sont payés au prorata de la valeur

des débarquements. A l'échelle du trait, le nombre d'hommes à bord est fixé. Si le temps est limité, le coût d'opportunité est essentiellement lié à la pénibilité du travail de tri et est supporté par l'équipage.

5.3.2. Hypothèses sur la fonction de coût d'opportunité du temps de tri

A l'échelle de l'opération de pêche, les coûts de tri CT_i sont définis par homme et par espèce-catégorie i tels que :

$$CT_i = C_T T_i, i \in [1, I], \tilde{c} \geq 0 \quad \text{Eq. 10}$$

avec C_T le coût unitaire du tri ou du travail et T_i le temps de tri des débarquements de catégorie i .

Nous avons fait l'hypothèse que la productivité marginale du temps de tri était décroissante. Ceci traduit une pénibilité croissante du travail de tri lorsque les quantités débarquées sont plus importantes donc quand la durée du travail augmente. La fonction de coût du travail de tri peut intégrer la fatigue liée à la pénibilité du tri. La fonction est convexe si l'on suppose que la pénibilité croît avec la fatigue au fur et à mesure du tri. Le temps de tri est donc une fonction croissante et convexe des quantités ou effectifs débarqués de catégorie i :

$$\frac{\partial T_i}{\partial L_i} > 0, i \in [1, I] \quad \text{Eq. 11}$$

$$\frac{\partial^2 T_i}{\partial^2 L_i} > 0, i \in [1, I] \quad \text{Eq. 12}$$

Il s'en suit que les coûts de tri par catégorie i , proportionnels au temps de tri sont une fonction croissante et convexe des quantités ou effectifs de catégorie i débarqués.

Si on suppose que la fonction de tri a la forme d'une fonction de Spillman on a ainsi :

$$T_i = -\frac{1}{ai} \ln\left(\frac{Yi - Li}{Yi}\right) \quad \text{Eq. 13}$$

qui prend la forme représentée en Figure 2. 20.

Supposons deux traits de langoustines :

- (1) l'un constitué uniquement de langoustines de grande taille de catégorie notée 1
- (2) l'autre constitué uniquement de langoustines de petite taille de catégorie notée 2.

Les entretiens suggèrent que les langoustines de petites tailles sont plus longues à trier que les langoustines de grandes tailles : $a_1 > a_2$

Lorsque les captures ne sont constituées que de catégorie 1 ou que de catégorie 2, avec la catégorie 2 plus difficile à trier que la catégorie 1, les fonctions de coût de tri par homme CT_1 et CT_2 peuvent alors être représentées par des fonctions croissantes et convexes de la forme suivante :

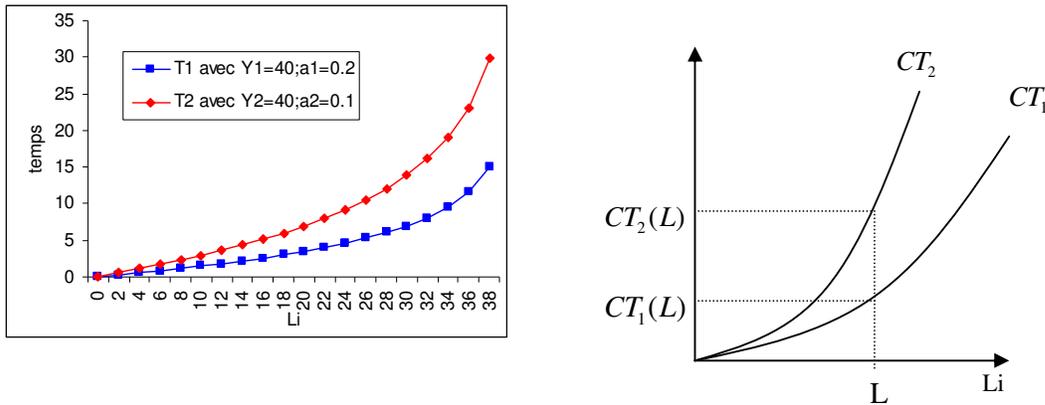


Figure 2. 20 : Allure de la fonction de coût du temps de tri en fonction des débarquements et application numérique dans le cas d'une catégorie 1 facile à trier $a_1=0.2$ et $Y_i=40$ et d'une catégorie 2 difficile à trier $a_2=0.1$ et $Y_i=40$.

Pour une même quantité triée L , $CT_1(L) < CT_2(L)$ car la catégorie de langoustine 2 de plus petite taille est plus difficile (plus longue) à trier.

5.4. Conclusions

La spécification de la fonction de tri de Spillman permet de traduire les constatations empiriques mises en évidence dans les sections précédentes. Le tri d'une catégorie dépend de la quantité de cette catégorie dans les captures totales, des quantités des autres espèces capturées ainsi que d'un coefficient de « triabilité », coefficient technique qui traduit la difficulté du tri. A la différence des modèles microéconomiques de rejet du type de celui décrit par Arnason, qui intègrent les coûts de tri de façon non explicite dans les coûts de rejet, nous pouvons expliciter ici des coûts du tri dépendant du volume capturé de la catégorie et du volume total capturé et non plus seulement du volume rejeté. La décision de rejet tient alors compte du coût réel du tri. Le pêcheur décide de débarquer ou de rejeter en fonction du coût marginal du tri de la catégorie considérée, du prix espéré et d'éventuelles contraintes d'exploitation. Les pêcheurs peuvent préférer allouer leur temps de travail à d'autres tâches ou au repos lorsque les coûts de tri deviennent trop importants.

6. Modèle microéconomique de comportement de tri des captures

Les données empiriques récoltées auprès du réseau d'observateurs en mer, au cours d'embarquements et d'enquêtes auprès des pêcheurs mettent en évidence que le tri est une opération déterminante de la stratégie de production au cours de laquelle les pêcheurs vont décider de la nature des productions jointes, débarquées ou rejetées (et donc de leur impact). Les coûts et les contraintes auxquelles est soumise cette opération de tri peuvent engendrer des rejets supplémentaires et contribuer à la variabilité des rejets non expliquée par les raisons classiquement décrites dans la littérature. La plupart des modèles microéconomiques de comportement de rejet ne mentionnent pas les coûts de tri des captures, les autres modèles les négligent dans l'analyse ou les intègrent aux coûts de débarquement ou de rejet de façon non explicite et sans relation avec le temps de tri et le volume total des captures.

Dans cette section, on propose une analyse formelle du problème des productions jointes dans une pêcherie mixte à partir d'un modèle microéconomique de comportement de tri des captures. Le modèle s'inspire des modèles classiques de comportement de rejet généralisés aux choix de production des pêcheurs. Les rejets sont abordés comme la résultante d'un effort de tri appliqué aux captures. Le modèle de comportement de tri présenté est suffisamment générique pour permettre de prendre en compte les différentes incitations à rejeter identifiées et d'expliquer les décisions de production des pêcheurs à bord (rejet ou débarquement). L'effet des contraintes de temps sur les incitations à rejeter est pris en compte en plus des contraintes techniques, de marché et de réglementation classiquement intégrées aux modèles de comportement de rejet. Un modèle simplifié de comportement de tri a été présenté dans Macher (2006), nous présentons dans ce chapitre une spécification plus générale du modèle à l'échelle du trait (très courte période) et de la marée (courte période) qui permet de prendre en compte les différentes contraintes d'exploitation qui peuvent intervenir à ces échelles.

Après avoir décrit la nature du problème du tri, et les différentes contraintes auxquelles cette opération peut être soumise, nous décrivons les comportements de tri à très courte période (captures exogènes) puis à courte période (captures endogènes). Les comportements sont décrits dans le cas général où seule la contrainte économique s'applique et dans le cas d'une contrainte de rationnement limitant le temps de tri. Nous étudions ensuite les effets d'une augmentation de la taille minimale de débarquement sur les rejets obligatoires (rejets sous la taille minimale de débarquement) et sur les rejets économiques (rejet de catégories commercialisables). Les enjeux pour la gestion d'intégrer les comportements des pêcheurs sont mis en évidence.

6.1. Nature du problème de tri et contraintes de tri

Dans le modèle, nous supposons que le pêcheur se comporte de façon rationnelle et choisit l'effort de tri par catégorie (input de la fonction de tri) et donc les débarquements et rejets par catégorie (output de la fonction de tri) qui lui permettent de maximiser son profit par trait (ou par marée) sous contrainte des conditions d'exploitation. La technique de pêche (« métier ») est supposée peu sélective, c'est-à-dire qu'elle fournit des productions jointes ($i=1, \dots, n$), désirées et non désirées :

- différentes espèces commerciales ($p_i > 0$) ou non ($p_i = 0$)
- pour les espèces commerciales, différentes catégories commerciales (selon la taille, le poids,...)

Les captures destinées à être vendues doivent préalablement à leur débarquement être triées c'est-à-dire être séparées des autres captures. Ces dernières sont rejetées à l'issue de l'opération de tri. L'opération de tri conditionne donc la vente au même titre que les captures : c'est une opération productive. Elle nécessite des moyens humains (« effort de tri »). Une hypothèse simplificatrice provisoire est de supposer qu'il existe une seule catégorie commerciale, mélangée à diverses catégories non commerciales qui sont traitées globalement. Sous ces hypothèses, il s'agit de modéliser l'opération de tri ainsi que son articulation avec l'opération de capture.

L'analyse des comportements de tri ou de rejet est menée à l'échelle microéconomique d'un navire. Le cadre temporel de l'analyse est dans un premier temps la très courte période (TCP), l'intervalle entre deux traits de chalut par exemple ou l'opération de pêche⁴², les captures sont supposées exogènes puis la courte période (CP), la marée, l'effort de pêche et donc les captures sont alors endogènes. On raisonne à stocks exogènes. L'analyse se limite à l'objectif de maximisation du profit individuel, l'objectif de conservation des stocks et les effets de long terme ne sont pas traités à ce stade, ils feront l'objet de la partie suivante. Le tri peut se heurter à différents types de contraintes. A très courte période, dans le cas d'une catégorie à trier dans un volume Z de catégories non commerciales, le volume des captures Y et Z étant donnés, T et donc L peuvent être limités par des considérations :

- techniques (contraintes de temps et contrainte de capacité de cale)
- économiques (rentabilité du tri)

et/ou

- réglementaires (taille minimale de débarquement)

⁴² Rochet et Trenkel (2005) soulignent que les rejets devraient être estimés à partir des rejets par opération de pêche et du nombre d'opération de pêche. Une estimation des rejets à partir de rejets par unité d'effort et d'une estimation du temps de pêche suppose en effet qu'il existe une relation proportionnelle entre rejet et effort de pêche, ce qui n'est pas toujours vérifié. L'opération de pêche, unité d'échantillonnage, est l'échelle appropriée de description des comportements de rejet.

Les **contraintes techniques** correspondent à des contraintes de rationnement:

(i) soit sur la place disponible pour stocker à bord les quantités triées :

$$L \leq L_{\max}$$

Il s'agit d'une **contrainte de cale**. Cette contrainte joue plutôt à l'échelle de la marée que de la très courte période.

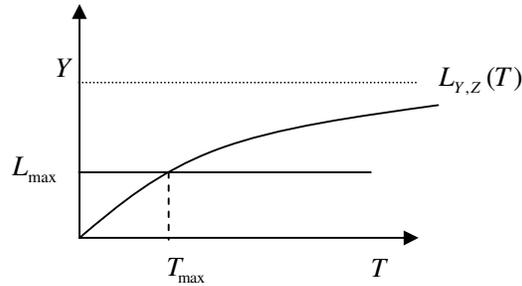


Figure 2. 21 : Fonction de tri dans le cas d'une contrainte de capacité de cale.

Le temps de tri est donc $T_{\max} = \frac{1}{a} \ln \left(\frac{Y}{Y - L_{\max}} \right)$ sous réserve que $L_{\max} < Y$

(ii) Soit sur l'effort maximal pouvant être affecté au tri (**contrainte d'effort**) compte tenu du caractère limité :

du nombre de personnes disponibles pour le tri

du temps pouvant être affecté à cette opération

On a donc $T \leq T_{\max}$

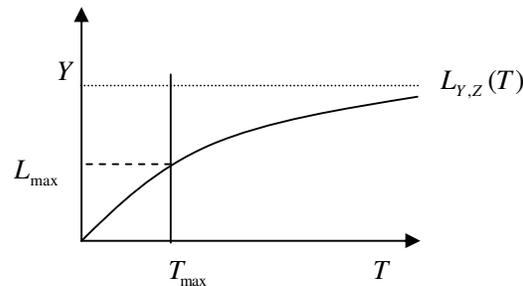


Figure 2. 22 : Fonction de tri dans le cas d'une contrainte de temps de tri

On a alors les débarquements $L_{\max} = Y(1 - e^{-aT_{\max}})$

La **contrainte économique** est liée au coût d'opportunité du tri.

Les **contraintes réglementaires** peuvent correspondre au cas d'une réglementation sur les tailles minimales de débarquement qui obligent le pêcheur à rejeter les catégories sous la taille minimale de débarquement.

Le cas d'une contrainte de capacité de cale (ou quota de capture) est traité par ailleurs dans la littérature. On se concentre dans ce chapitre sur les raisons de tri plus originales.

6.2. Modèle de comportement de tri à très courte période (captures exogènes)

On considère dans cette section que le travail de tri présente un coût d'opportunité (lié aux autres opérations productives, ou repos auquel on renonce quand on effectue le tri). On étudie le cas simplifié d'une seule catégorie commerciale à trier parmi un ensemble de catégories non commerciales capturées en quantité Z . On se situe à l'échelle de la très courte période à captures exogènes. On ne considère donc pas les coûts liés au déploiement de l'effort de pêche. On suppose que le tri n'est pas limité par des contraintes de rationnement dans un premier temps puis on analyse l'effet d'une contrainte de temps de tri.

6.2.1. Condition d'optimalité du tri, temps de tri, rejet et débarquement optimum

Soit C_T , le coût d'opportunité unitaire du tri (supposé constant⁴³) et p , le prix unitaire du poisson débarqué (supposé exogène et constant) et T , le temps de tri qui appliqué aux captures produit les débarquements L .

La rentabilité du tri s'écrit :

$$\Pi = pL - C_T T$$

Elle correspond à la différence entre le revenu tiré des débarquements triés par l'équipage et les coûts d'opportunité du temps de tri. Les coûts de rejet et autres coûts de débarquements sont supposés négligeables au regard de l'importance des coûts de tri des débarquements. Le pêcheur choisit le temps de tri optimal qui lui permet de maximiser son profit étant donné les rendements de la fonction de tri et les coûts de tri. De ce temps de tri, on déduit les débarquements et rejets optimaux par trait. Le niveau de tri optimal de la catégorie est donné par:

$$\begin{aligned} \frac{d\Pi}{dT} = 0 &\Leftrightarrow p \frac{dL}{dT} - C_T = 0 \\ &\Leftrightarrow \frac{dL}{dT} = \frac{C_T}{p}, \text{ la condition d'optimalité économique du tri} \end{aligned}$$

⁴³ On supposera par exemple que les conditions météorologiques ne changent pas au cours du trait.

Cette condition nécessaire est en même temps suffisante compte tenu de la concavité de la fonction de tri.

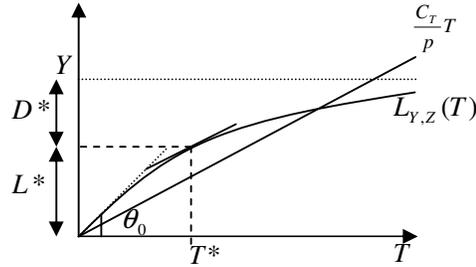


Figure 2. 23 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux à très courte période dans le cas d'une contrainte économique.

Le temps de tri optimum vérifie donc la condition de premier ordre c'est à dire que la production marginale du tri égale ses coûts réels, le temps de tri étant positif ou nul par définition. A un temps de tri optimal correspond un volume de débarquement optimal. Une partie des captures $Y - L^* = D^*$ doit être rejetée pour atteindre le profit optimum.

Compte tenu de la spécification de la fonction de tri (fonction de Spillman), l'égalité ci-dessus s'écrit :

$$aYe^{-aT^*} = \frac{C_T}{p} \Leftrightarrow T^* = \frac{1}{a} \ln \left(\frac{\alpha Y p}{C_T} \right)$$

Le débarquement optimal est donc :

$$L^* = Y - \frac{C_T/p}{a} = Y - \frac{C_T}{p} \frac{Z}{b}$$

et le rejet optimal est donné par :

$$D_Y^* = \frac{C_T}{p} \frac{Z}{b}$$

Pour un niveau de capture Y donné, le niveau de rejet optimal dépend donc du prix de la catégorie considérée, du coût du tri et de a qui dépend de la quantité d'autres captures et de b.

On peut noter que :

$$T^* > 0 \text{ si et seulement si } aY > \frac{C_T}{p} \Leftrightarrow \text{tg } \theta_0 > \frac{C_T}{p}$$

Si cette condition n'est pas remplie, c'est-à-dire si le prix du poisson est trop faible au regard du coût du tri ($pY < \frac{C_T}{a}$), aucun tri n'est effectué et la totalité de la capture est rejetée. Il peut donc y avoir des circonstances dans lesquelles il y a rejet intégral d'une espèce commerciale.

6.2.2. Influence des paramètres biologiques, techniques et économiques sur la stratégie de tri optimale (en l'absence de contraintes de rationnement)

Nous décrivons ici influence des différents paramètres du modèle sur les comportements de tri.

a) Influence de $\frac{p}{C_T}$ (sous hypothèse $aY < \frac{C_T}{p}$)

$$\frac{\partial T^*}{\partial p/C_T} > 0$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial p/C_T} > 0$$

$$\frac{\partial D_Y^*}{\partial p/C_T} < 0$$

Une hausse du prix au débarquement relativement au coût d'opportunité du tri incite à trier davantage donc à débarquer plus et à rejeter moins

Une modification du prix d'une catégorie peut correspondre au cas d'une mesure de taxation sur les débarquements. A composition des captures constante, dans le cas où une taxe est imposée sur les débarquements d'une catégorie, cela revient à diminuer le prix de débarquement. On observerait donc une modification de comportements de tri qui amènerait le pêcheur à rejeter davantage la catégorie taxée. Ces comportements sont décrits dans la thèse de Wiium (2001). Une taxation positive en revanche inciterait le pêcheur à débarquer davantage. Ce cas correspond aux modifications de comportements de rejet que l'on pourrait observer dans le cas d'un écolabelling par exemple. Lorsque les coûts de travail de tri augmentent, les rejets augmentent. Par exemple, lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises, le coût d'opportunité du tri augmente car la pénibilité de la tâche augmente. Les rejets seront en conséquence plus élevés.

b) Influence de Y

$$\frac{\partial T^*}{\partial Y} > 0$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial Y} > 0$$

$$\frac{\partial D_Y^*}{\partial Y} = 0$$

Une hausse des captures commerciales incite à trier plus donc à débarquer plus. Les rejets restent inchangés

c) Influence de $\frac{b}{Z} = a$

$$\frac{\partial T^*}{\partial a} < 0$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial a} > 0$$

$$\frac{\partial D_Y^*}{\partial a} < 0$$

Une hausse de l'efficacité ($\Delta b > 0$ ou $\Delta Z < 0$) du tri incite à diminuer l'effort de tri mais les débarquements augmentent quand même (et donc les rejets diminuent) du fait de l'efficacité supérieure du tri

6.2.3. Effet d'une contrainte de temps de tri

Parmi les contraintes « techniques » ou physiques pouvant inciter à rejeter, le cas d'une contrainte de cale est le plus couramment abordé dans la littérature. On considère ici le cas de contraintes de temps dont l'effet sur les rejets n'est pas traité dans la littérature. Les contraintes de temps sont omniprésentes dans la pêche. Les durées de la marée, de trait ou de tri peuvent être limitées par des mesures de gestion, par des contraintes de temps comme l'heure de la vente en criée, par des questions d'habitudes et d'organisation du travail à bord (Sampson, 1994 suppose ainsi une durée de marée constante) ou encore parce que des durées de trait trop longues ou un temps de tri trop long peuvent affecter la qualité des captures. Dans le cas de la pêcherie langoustinière de Sud-Bretagne par exemple, la durée de la marée est contrainte par le lever du jour et l'heure de la criée et le temps de tri dépasse rarement deux heures quel que soit le volume rapporté à bord. La langoustine est un produit fragile commercialisé vivant qui ne peut rester à l'air libre sur le pont trop longtemps. Ainsi, en été lorsque les quantités capturées sont importantes et que la qualité exige un tri rapide il existe une contrainte de temps de tri autour de 1h30 – 2h. Le travail de tri peut donc être contraint par un temps de tri limité. Le temps devient alors une ressource rare à utiliser de façon rationnelle. A partir d'un temps de tri seuil, à définir et variable selon l'exigence de qualité que se fixe le pêcheur, le tri serait donc plus ou moins rapide donc d'une qualité variable selon la quantité restante à trier. La qualité du tri serait négligée au profit d'un temps de tri plus court permettant de conserver un produit vivant. On détaille ici les conditions d'exclusions liées à une contrainte de temps de tri et les implications en terme de niveau de rejet optimum.

Dans le cas d'une contrainte de durée de trait, le pêcheur décide du temps de tri par espèce catégorie qui maximise le profit (par trait) sous contrainte que la durée du trait n'excède pas la durée maximum du trait. On suppose que le temps de tri est limité à T_{\max} par une contrainte de temps. On note $\varphi \geq 0$, le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte de durée de marée. Dans ce cas, le temps de tri optimum vérifie la condition:

$$p \cdot \frac{\partial L}{\partial T} = C_T + \varphi \quad \text{Eq. 14}$$

et

$$\varphi(T_{\max} - T) = 0 \Rightarrow \begin{cases} T < T_{\max} \Rightarrow \varphi = 0 \\ \varphi > 0 \Rightarrow T = T_{\max} \end{cases} \quad \text{Eq. 15}$$

Il y a égalité entre le profit marginal et la variable duale représentant le gain marginal de desserrage de la contrainte de temps. Les conditions d'exclusion indiquent que selon la valeur de T_{\max} et T^* (temps de tri économiquement optimal).

Deux cas sont possibles :

Cas 1:

$$T^* < T_{\max}$$

Dans ce cas, la contrainte de temps de tri n'est pas saturée et φ le multiplicateur de Lagrange est nul. Une partie des captures, $Y - L^*$ est rejetée pour atteindre l'optimum économique de rejet comme dans le cas où seule la contrainte économique intervient présenté dans la section précédente :

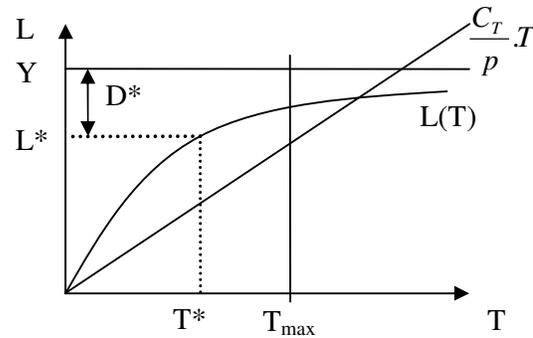


Figure 2. 24 : Représentation des optimum de temps de tri et de rejet dans le cas d'une contrainte de temps telle que $T^* < T_{\max}$.

Cas 2:

$$T^* > T_{\max}$$

Dans le cas où T_{\max} est inférieur au temps de tri économiquement optimal en l'absence de contrainte de temps, la contrainte de temps est saturée ($\varphi > 0$) et une partie des captures $Y^* - L_{\max}$ est rejetée pour atteindre le profit maximum.

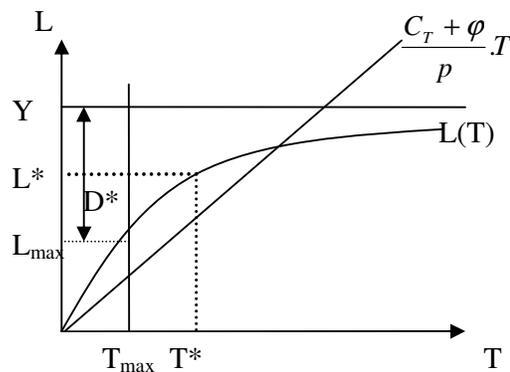


Figure 2. 25 : Représentation des optimum de temps de tri et de rejet dans le cas d'une contrainte de temps telle que $T^* > T_{\max}$.

En comparaison avec une situation sans contrainte de temps de tri, une quantité $L_{\max} - L^*$ supplémentaire est rejetée.

Les contraintes de temps, comme les contraintes sur les outputs classiquement étudiées dans la littérature (quotas ou contrainte de capacité de cale), peuvent donc inciter à rejeter au delà de l'optimum économique de rejet. Dans le cas d'une productivité décroissante du tri, la contrainte de temps peut devenir saturante au cours du trait et inciter alors à rejeter davantage. Cela permet de comprendre les comportements de rejet hétérogènes qui peuvent être observés au cours des marées ou des traits. Au début du travail de tri, les pêcheurs peuvent se comporter de façon rationnelle et rejeter les captures au niveau économiquement optimum. Ils répondent alors à la contrainte économique. Lorsque le temps de tri augmente, la contrainte de temps devenant saturante peut inciter les pêcheurs à écrémer pour valoriser au mieux le temps de tri restant.

Une analyse du problème de tri optimal dans le cas de deux catégories commerciales à trier parmi un ensemble de catégories non commerciales est présentée en annexe 2.13. L'analyse du tri optimal de deux catégories commerciales parmi un ensemble de catégories non commerciales dans le cas d'une contrainte de temps de tri montre qu'il existe deux situations possibles selon la contrainte de tri : la solution optimale de tri peut être soit tangentielle, soit en coin. Une catégorie pourra ainsi être rejetée intégralement dans le cas d'une contrainte de temps de tri si la profitabilité marginale du tri de cette catégorie (dépendant des prix, « triabilités » et volumes capturés relatifs des catégories) est inférieure à celle des autres catégories.

6.3. Modèle de comportement de tri à courte période (captures endogènes)

Dans cette section, nous nous situons encore à l'échelle microéconomique du navire, mais nous élargissons l'horizon temporel de l'analyse : de l'opération unitaire de pêche à la marée. Sur une marée les captures deviennent variables. La ressource reste exogène mais la main d'œuvre disponible à bord peut être affectée dans des proportions variables aux opérations de capture et de tri. De plus, la variabilité des captures influe sur l'efficacité du tri. Nous examinons dans cette section, en se plaçant à l'échelle d'un navire et d'une marée, une fonction de production intégrant les opérations de capture et de tri. Le volume de captures est endogène. Le pêcheur peut donc choisir l'effort de pêche et l'effort de tri qui lui permettent de pêcher et de trier le volume de captures qu'il souhaite débarquer. Le modèle à captures endogènes permet de relier les stratégies de pêche déterminant les captures aux décisions de tri à bord. On raisonne ici à stocks exogènes. Dans la seconde partie de cette thèse, l'endogénéisation des stocks permettra d'intégrer les comportements de rejet à l'analyse bio-économique et d'analyser les effets à long terme des comportements de tri.

6.3.1. Construction de la fonction intégrée capture-tri

La fonction de tri décrite par : $L = Y(1 - e^{-aT})$, avec $a = \frac{b}{Z}$, est utilisée mais Y et Z deviennent des variables endogènes, fonction de l'effort E consacré aux opérations de capture (L'abondance des stocks reste une variable exogène). Etant donné la faible sélectivité de l'engin de pêche, l'effort E consacré à la capture ramène à bord un mélange de prises commerciales Y et non commerciales Z, productions jointes qui justifient le tri. De façon générale, les fonctions de captures Y et Z peuvent s'écrire :

$$Y = f_1(B_1, E)$$

$$Z = f_2(B_2, E)$$

où B_1 et B_2 représentent les biomasses des stocks commerciaux et non commerciaux respectivement.

Ces biomasses sont exogènes (hypothèse de courte période) et se situent à une échelle qui normalement excède très largement celle du navire considéré : les ressources halieutiques, à la différence des terres cultivables, sont des ressources communes. Dans ces conditions, le phénomène classique de rendements décroissants (plus précisément décroissance de la productivité marginale du facteur variable appliqué à un facteur fixe) ne joue pas de façon perceptible à l'échelle du navire. Dans ce cadre, il est plus réaliste de supposer la proportionnalité des captures (commerciales et non commerciales) à l'effort de pêche du navire :

$$Y = \alpha E, \alpha > 0 \text{ constante}$$

$$Z = \beta E, \beta > 0 \text{ constante}$$

Les paramètres α et β représentent les CPUE pour les prises commerciales (α) et non commerciales (β). Ils dépendent à la fois :

- de l'abondance des deux types de ressources
- de l'efficacité technique des opérations de capture (donc notamment, pour Z, de la sélectivité de l'engin de pêche)

Ces éléments sont supposés exogènes.

L'intégration des fonctions de capture et de tri donne la fonction suivante :

$$L = Y(1 - e^{-\frac{b}{Z}T}) \Rightarrow L(E, T) = \alpha E(1 - e^{-\frac{\gamma}{E}T}), \gamma = \frac{b}{\beta} > 0$$

$$Y = \alpha E$$

$$Z = \beta E$$

L'étude de la fonction intégrée tri-capture est présentée en annexe 2.15. Elle met en évidence les propriétés suivantes pour cette fonction :

- (i) A E donné, on retrouve les propriétés de la fonction de tri ; la fonction $L_E(T)$ est croissante et concave. Elle tend vers une asymptote en αE .
- (ii) A T donné, la fonction $L_T(E)$ est croissante et concave et tend vers αT
- (iii) L'analyse de substituabilité entre E et T à L donné met en évidence que les isoquantes $T = T_L(E)$ sont convexes.
- (iv) La fonction $L(E, T)$ est d'autre part homogène de degré 1 en E et T. Les rendements d'échelle sont constants. Les productivités marginales $\frac{\partial L}{\partial E}$ et $\frac{\partial L}{\partial T}$ dépendent de la technique (combinaison d'inputs) utilisée ($\frac{T}{E}$) mais pas de l'échelle de production, c'est-à-dire du niveau absolu des facteurs.

6.3.2. Détermination de la combinaison capture-tri optimale en l'absence de rationnement

On se situe à l'échelle d'un navire et d'une marée. L'hypothèse d'absence de rationnement signifie que l'entreprise peut fixer librement ses niveaux d'effort de capture (E) et de tri (T). On reviendra sur cette hypothèse peu réaliste ensuite. Le problème étudié consiste à déterminer la combinaison tri-capture ($x = \frac{T}{E}$) minimisant le coût de production d'un volume débarqué donné $L(E, T)$, compte tenu des coûts unitaires donnés de l'effort de capture C_E et de l'effort de tri C_T . Ce problème s'écrit donc :

Déterminer (E, T)

tels que :

$$C = (C_E \cdot E + C_T \cdot T) \rightarrow \min$$

sous

$$L(E, T) = L$$

La résolution du problème est présentée annexe 2.16.

On montre que la technique optimale est indépendante du volume de débarquement et est déterminée pour $TMS_{E^*T^*} = \frac{C_E}{C_T}$, avec TMS, le taux marginal de substitution.

On vérifie en outre que x^* est une fonction croissante de $\frac{C_E}{C_T}$ c'est-à-dire que plus le coût de l'effort de capture est élevé par rapport à celui de l'effort de tri plus les pêcheurs sont incités à accorder une part importante de leur effort au tri (effet bénéfique de la hausse du prix du gazole).

On montre en revanche, qu'il existe un seuil de rentabilité en terme de prix, i.e. un prix au débarquement minimal \tilde{p} en dessous duquel la production ne peut pas être rentable, même si l'entreprise adopte, comme on le suppose, la meilleure combinaison capture-tri possible (et donc a fortiori si elle en adopte une autre) :

si $p < \tilde{p}$, la meilleure attitude possible en courte période est de rester au port.

On montre ainsi, dans cette section, qu'en l'absence de rationnement, lorsque le prix au débarquement dépasse le prix correspondant au seuil de rentabilité de la marée, le pêcheur est directement influencé par le rapport entre coût de l'effort et coût du tri pour le choix de la technique de capture-tri optimale.

6.3.3. Détermination de la combinaison capture-tri optimale sous contrainte d'effort

Nous nous intéressons ici plus spécifiquement à l'effet d'une contrainte de rationnement sur la combinaison capture-tri optimale notée \hat{x} par rapport à x^* , combinaison optimale en l'absence de rationnement (défini à la section précédente) et à l'impact des prix sur \hat{x} .

L'annexe 2.17 présente le détail du problème de la détermination du programme (\hat{E}, \hat{T}) maximisant la rentabilité de la marée sous contrainte d'effort, c'est-à-dire sous contrainte que l'effort total susceptible d'être mobilisé dans le cadre de la marée est limité (taille de l'équipage, caractéristiques du navire, durée maximale de la marée...): $E + T \leq K$, où K est une constante positive.

Le problème à résoudre peut être simplifié en :

Déterminer (E,T)

tels que :

$$[p.L(E,T) - C_E.E - C_T.T] \rightarrow \max$$

$$\text{sous } K - E - T \geq 0$$

Le Lagrangien s'écrit :

$$\ell(E,T,\lambda) = p.L(E,T) - C_E.E - C_T.T + \lambda(K - E - T)$$

où λ est le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte d'effort ($\lambda = \frac{\partial \hat{\Pi}}{\partial K}$)

Les conditions de premier ordre permettent d'écrire qu'à l'optimum on a :

$$TMS_{\hat{E}\hat{T}} = \frac{C_E + \lambda}{C_T + \lambda}$$

Le rationnement est le même pour les deux efforts, il diminue le coût relatif de E par rapport à T. Il modifie la rareté relative des deux facteurs (en supposant une substituabilité parfaite). Avec la combinaison x^* (optimale hors rationnement), on a :

$$TMS_{E^*T^*} = \frac{C_E}{C_T}$$

Le rapprochement de ces deux égalités montre que :

$$C_E > C_T \Leftrightarrow TMS_{E^*T^*} > TMS_{\hat{E}\hat{T}} \Leftrightarrow x^* > \hat{x}$$

Si l'on suppose que $C_E > C_T$ (cas le plus probable dans la pratique), on a alors $x^* > \hat{x}$. Le rationnement de l'effort pousse donc les pêcheurs à diminuer la part de l'effort consacré au tri.

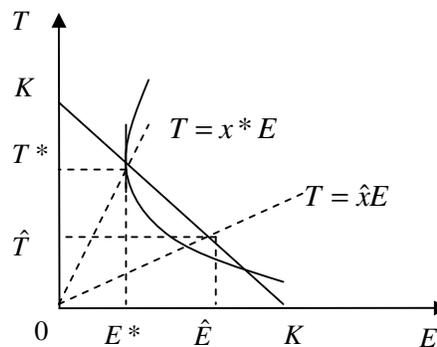


Figure 2. 26 : Effet d'une contrainte de rationnement sur la combinaison capture-tri optimale notée \hat{x} par rapport à x^* , combinaison optimale en l'absence de rationnement dans le cas où le coût de l'effort de pêche est supérieur au coût de l'effort de tri.

La condition d'optimalité donne une racine unique \hat{x} strictement positive lorsque p dépasse le seuil de rentabilité de la marée ($p > \tilde{p}$) (ce qui est le cas par hypothèse).

L'influence des prix sur le programme optimal dans le cas d'une contrainte d'effort est le suivant :

Une **hausse des coûts de l'effort de pêche** C_E (toutes choses égales par ailleurs) a pour effet d'augmenter le terme $\frac{C_E - C_T}{p\alpha}$, ce qui entraîne une hausse de la valeur d'équilibre optimal \hat{x} c'est-à-dire, une hausse du tri optimal \hat{T} et une baisse corrélative de l'effort de pêche optimal \hat{E} .

La **hausse des coûts de tri** C_T (toutes choses égales par ailleurs) provoque un effet symétrique

Une **hausse du prix du poisson p** (toutes choses égales par ailleurs) entraîne un effet sur la technique optimale \hat{x} qui dépend de la différence entre le coût de l'effort de pêche et le coût de l'effort de tri ($C_E - C_T$):

Si $C_E = C_T$, il n'y a aucun effet sur \hat{x} ni donc sur \hat{T} et \hat{E} . La variation du prix au débarquement ne modifie pas la stratégie de tri-capture optimale, elle a seulement pour conséquence de modifier la rentabilité de la marée $\Delta p > 0 \Rightarrow \Delta \hat{\Pi} < 0$

$$\text{Si } C_E > C_T, \Delta p > 0 \Rightarrow \Delta \left(1 - \frac{C_E - C_T}{p\alpha} \right) > 0 \Rightarrow \Delta \hat{x} < 0$$

une hausse de p dans le cas où les coûts de l'effort de pêche sont supérieurs aux coûts de tri a pour effet de diminuer \hat{x} , c'est-à-dire d'augmenter E et/ou de diminuer T.

$$\text{Si } C_E < C_T, \Delta p > 0 \Rightarrow \Delta \left(1 - \frac{C_E - C_T}{p\alpha} \right) < 0 \Rightarrow \Delta \hat{x} > 0$$

une hausse de p dans le cas où les coûts de l'effort de pêche sont inférieurs aux coûts de tri a un effet symétrique : elle augmente \hat{x} , c'est-à-dire qu'elle a pour effet d'augmenter T et/ou de diminuer E.

6.3.4. Conclusion sur les comportements de capture-tri à courte période

L'analyse du problème de capture-tri optimal permet de décrire l'arbitrage entre capture et tri dans différentes conditions de prix et coûts et en l'absence de contrainte de rationnement et sous contrainte d'effort. On montre ainsi qu'une augmentation des coûts de l'effort de pêche incite le pêcheur à trier plus et capturer moins et qu'une augmentation du prix au débarquement dans le cas où le coût de l'effort de pêche est supérieur au coût de tri incite à augmenter l'effort de pêche et/ou diminuer l'effort de tri. On montre d'autre part que si l'on suppose que $C_E > C_T$, le rationnement de l'effort pousse les pêcheurs à diminuer la part de l'effort consacré au tri.

6.4. Effets d'une augmentation de la taille minimale au débarquement (TMD). Analyse microéconomique de très courte période

L'existence de taille minimale de débarquement fait partie des principaux facteurs de rejet mis en évidence dans la littérature et identifiés par l'analyse empirique présentée en section 3. Le cas d'une contrainte réglementaire de taille minimale de débarquement est traité notamment par Pascoe (1997) et Wiium (2001). L'effet de ces contraintes est analysée dans cette section à très courte période à partir du modèle de comportement de tri que nous avons décrit. On se situe à l'échelle microéconomique du navire supposé de petite taille par rapport à la ressource et par rapport aux marchés. La période unité est définie comme la période pendant laquelle se déroulent les opérations de tri à bord d'une capture

donnée (issue d'un tarif de chalut par exemple). Les captures se limitent à une seule espèce dont les individus sont de différentes tailles. Ils se répartissent en deux catégories définies par la réglementation :

La catégorie I : correspond aux individus de taille $< TMD$

La catégorie II : correspond aux individus de taille $\geq TMD$

On suppose que la réglementation est respectée par les pêcheurs : tous les individus de catégorie I qui sont capturés sont rejetés à la mer⁴⁴. A l'issue de l'opération de capture (en $t=0$), les individus des deux catégories sont mélangés. Pour pouvoir débarquer et vendre les individus de catégorie II, il faut au préalable les trier à bord ie, les séparer des individus de catégorie I. Cette opération nécessite un travail appelé « effort de tri ». Le rejet en mer a lieu à l'issue de l'opération de tri (en $t=1$). Le prix au kg au débarquement (exogène) est indépendant de la composition en taille des lots débarqués.

Dans le cadre qui vient d'être décrit, on étudie l'impact d'une augmentation de la TMD (ie d'une modification de la frontière entre les deux catégories de capture au profit de la catégorie I), sur les variables suivantes :

Effort de tri (T)

Quantité rejetée (D)

Quantité débarquée (L)

Rentabilité (Marge sur coût variable) de l'effort de tri Π

Dans un premier temps, on précise les caractéristiques des fonctions de rejet (expliquant D) et de débarquement (expliquant L). Ensuite, on examine successivement deux scénarios (qui peuvent dans les faits se combiner) :

Scénario A : on suppose que l'effort de tri est rationné

Scénario B : on prend en compte le coût d'opportunité de l'effort de tri

Dans chacun de ces scénarios, on considère les effets d'une hausse de la taille minimale de débarquement.

6.4.1. Caractéristiques des fonctions de rejet et débarquement

Soit Y la capture totale de l'espèce considérée ($Y > 0$, exogène)

⁴⁴ L'analyse des courbes de tri pour la langoustine (section 3.) met en évidence que le L50 (taille à laquelle 50% des captures sont rejetées) correspond environ à la taille minimale de débarquement des langoustines. Une partie des langoustines sous la taille minimale de débarquement est donc débarquée. Les comportements de rejet des pêcheurs semblent donc dictés par les incitations économiques plus que par les normes. On supposera néanmoins ici que la réglementation est respectée et que toutes les catégories sous la taille minimale de débarquement sont rejetées.

α , la probabilité pour un individu capturé d'être de taille inférieure à la TMD, i.e. d'appartenir à la catégorie I ($0 < \alpha < 1$, α exogène)

β , la probabilité pour un individu capturé de taille supérieure ou égale à la TMD (ie appartenant à la catégorie II), d'être rejeté ($0 < \beta < 1$, β endogène)

Avec ces notations, on peut écrire :

$D_I = \alpha Y$ le volume de capture donc de rejet d'individus de taille inférieure à la TMD, de catégorie I (par hypothèse ils sont tous rejetés). Ces rejets correspondent aux rejets obligatoires ou réglementaires.

$D_{II} = \beta(1-\alpha)Y$, le volume de rejet d'individus de taille supérieure ou égale à la TMD (de catégorie II)

$D = D_I + D_{II} = (\alpha + \beta(1-\alpha))Y$, le volume total des rejets

$L = Y - D = (1-\alpha)(1-\beta)Y$, le volume débarqué

La hausse de la taille minimale de débarquement qui sera étudiée dans les sections suivantes est modélisée comme une augmentation exogène du paramètre α

La **spécification de la loi de probabilité de rejet d'individus commercialisables** (de catégorie II) β retenue repose sur les deux hypothèses suivantes :

- A un instant quelconque, la quantité triée par unité d'effort est proportionnelle au stock (catII) restant à trier, rapporté au stock (catI) d'individus non débarquables car de taille inférieure à la TMD.
- L'effort de tri est supposé constant sur toute la période de tri

La probabilité de rejet d'individus commercialisables a la forme suivante (justification en annexe 2.18) :

$$\frac{D_{II}}{(1-\alpha)Y} = \beta = e^{-\frac{bT}{\alpha Y}}$$

En reportant l'écriture de β ci-dessus dans la formule donnant L, on retrouve la fonction de Spillman.

Y et b étant donnés, la probabilité de rejet β est une fonction du temps de tri (T) et de (α). Les relations définies précédemment, montrent que les quantités rejetées et débarquées dépendent également de ces deux variables. L'étude de ces différentes fonctions de (T, α) est présentée en annexe 2.18. On résume ici les principaux résultats de leur analyse :

La **probabilité de rejet d'individus de taille supérieure ou égale à la taille minimale de débarquement, de catII** : $\beta(T, \alpha) = e^{-\frac{bT}{\alpha Y}}$, $0 < T, 0 < \alpha < 1$ est d'autant plus faible que l'effort de tri est important (à α donné). Elle ne devient cependant jamais nulle. Lorsque la part des individus non

commercialisables (taille inférieure à TMD) augmente (α augmente), la probabilité de rejet d'individus commercialisables β augmente (à T donné), car leur tri devient plus difficile.

Le volume de rejet d'individus commercialisables $D_{II} = \beta(1-\alpha)Y$ est une fonction décroissante et convexe du temps de tri T (à α donné). Le facteur $(1-\alpha)Y$ restant inchangé, les effets découlent en effet directement de ceux qui ont été constatés sur la probabilité de rejet de ces individus β . Lorsque α varie (à T donné), le volume de rejet D_{II} est soumis à deux influences contradictoires :

- la probabilité de rejet β , qui varie dans le même sens que α
- la population $(1-\alpha)Y$ à laquelle s'applique cette probabilité qui varie dans le sens inverse de α

Lorsque α n'est pas trop élevé c'est le premier effet qui l'emporte, de sorte que le volume de rejet D_{II} varie dans le même sens que α . Le phénomène s'inverse lorsque α dépasse le seuil $\tilde{\alpha}$.

Le volume de rejets D_I concernant les individus de taille inférieure à la taille minimale de débarquement (TMD) ne varie pas avec le niveau de l'effort de tri : tous les individus de cat I sont rejetés. En revanche, il augmente linéairement avec α qui détermine le nombre d'individus de classe I parmi la capture totale. Lorsque T varie, l'effet sur le **volume total de rejets** $D(T, \alpha) = D_I + D_{II} = \alpha Y + \beta(1-\alpha)Y$ (à α donné) résulte de la seule variation de D_{II} (voir 2.4 a. supra), D_I restant invariant. Plus l'effort de tri est important, plus les rejets tendent à se limiter aux seuls rejets obligatoires. Lorsque α varie (à T donné), D_I varie linéairement dans le même sens, alors que D_{II} varie à la hausse ou à la baisse selon les cas. La variation du volume de rejet total D reflète ces différents effets. Malgré tout, D varie toujours dans le même sens que α .

Une augmentation du paramètre α , notamment sous l'effet d'une augmentation de la TMD, a donc pour effet d'accroître les rejets pour deux raisons :

1. une hausse des rejets réglementaires (obligatoires) D_I , due au fait que les individus qui sont passés sous la nouvelle TMD ne peuvent plus maintenant être débarqués et doivent donc être rejetés. Cet aspect généralement pris en compte dans la littérature sur les rejets est bien connu. Mais il n'est pas le seul.
2. une hausse des rejets d'individus commercialisables D_{II} , due au fait que l'augmentation de la TMD rend le tri plus difficile (moins productif). Cela sous réserve que $\alpha < \tilde{\alpha}$. Plus précisément, la hausse de la TMD accroît la probabilité pour un individu de taille supérieure ou égale à la TMD de ne pas être trié et donc d'être rejeté.

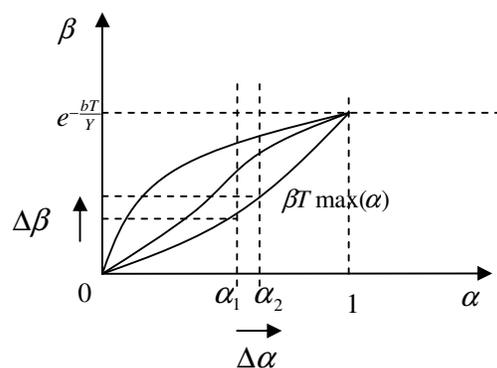
La variation du **volume débarqué** $L = Y - D = Y(1 - \alpha)(1 - \beta)$ en fonction de T, α , est l'image inversée de celle de D . Les effets de T sur L (à α donné) sont décrits par la fonction de Spillman transposée au problème de tri. A T donné, le volume débarqué L est une fonction décroissante de α dont la courbure dépend de la valeur de α .

6.4.2. Scénario A : hausse de la TMD, effort de tri rationné

On envisage dans ce scénario, les effets d'une augmentation de α (augmentation de la taille minimale de débarquement ou modification de la structure des débarquements) sous les hypothèses suivantes :

- (i) L'effort de tri n'a pas de coût d'opportunité. Par exemple du fait que le temps consacré au tri par l'équipage entre deux traits de chalut est un temps « mort » qui ne pourrait pas être affecté à un autre usage.
- (ii) Mais l'effort de tri est rationné : $T \leq T \max$, où $T \max > 0$ est une variable exogène (le rationnement provient du fait que la taille de l'équipage est limitée, et que le temps pouvant être consacré au tri est techniquement limité).

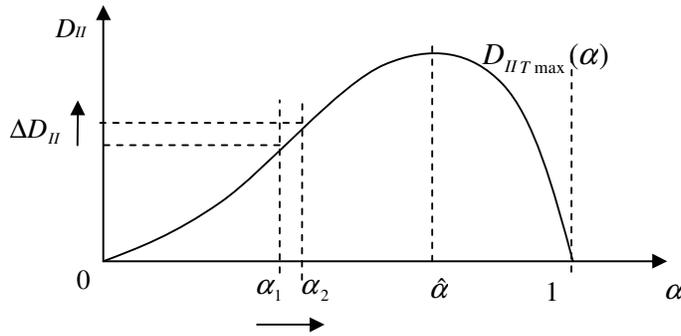
Il résulte de ces deux hypothèses que l'effort de tri est systématiquement poussé à son maximum ($T = T \max$, contrainte de l'effort saturée)⁴⁵. Donc dans ce scénario très simple, $L=L_{\max}$ quel que soit α . Par suite, une augmentation de la TMD est sans incidence sur l'effort de tri. En revanche, elle impacte les autres variables. Ces phénomènes sont visualisés sur les graphiques suivants établis pour $T = T \max$. On suppose que la hausse de la taille minimale de débarquement se traduit par le passage de α_1 à $\alpha_2 > \alpha_1$.



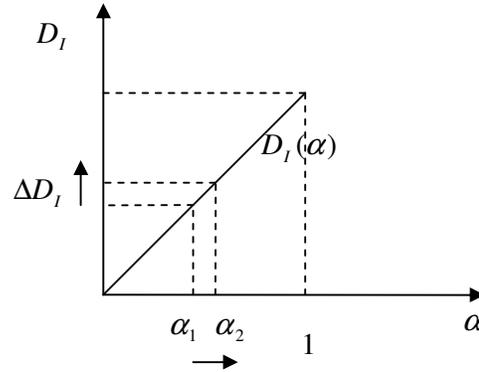
Premier effet : hausse de la probabilité pour un individu commercialisable de ne pas être trié.

⁴⁵ En effet, en l'absence de coût d'opportunité de l'effort de tri, la rentabilité de cette opération (MCV du tri) se confond avec la recette issue de la vente des produits débarqués ($\Pi = pL$), fonction croissante de l'effort de tri

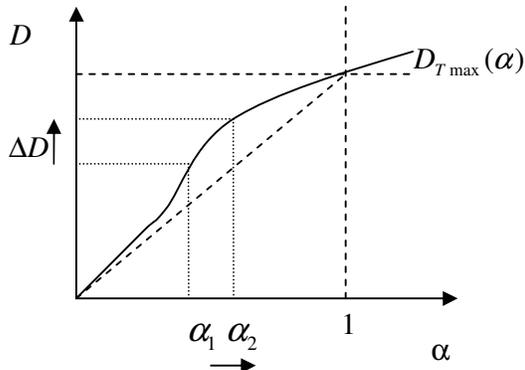
($\frac{\partial L}{\partial T} > 0$) lorsque $p > 0$ (ce que l'on suppose ici).



Deuxième effet : hausse éventuelle du volume de rejet d'individus commercialisables car non triés (cet effet n'est certain que si $\alpha_2 < \tilde{\alpha}$)

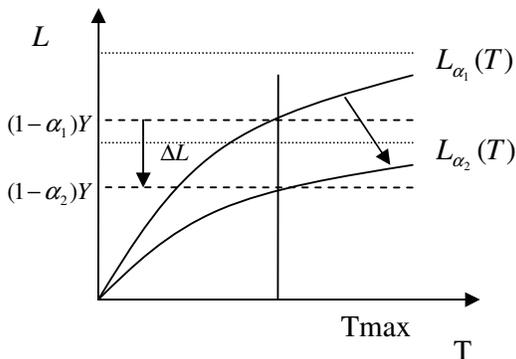
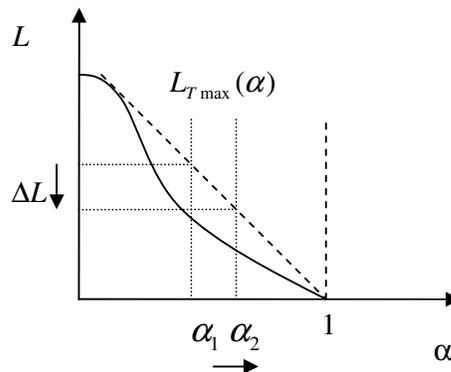


Troisième effet : Hausse du volume de rejets obligatoires



Quatrième effet : hausse du volume total de rejets

Cinquième effet : Baisse du volume débarqué (et donc de la Marge sur Coût Variable Π). Cette baisse peut également être visualisée sur le graphique L(T)



Sur ce graphique, $\Delta\alpha$ se traduit par une rotation dans le sens inverse trigonométrique de la courbe L(T). A effort $T=T_{max}$ inchangé, il en résulte une baisse des débarquements.

On montre qu'une augmentation de la taille minimale de débarquement entraîne une augmentation du volume de catégorie commercial rejeté $\Delta D_{II} > 0$ seulement si $\alpha < \tilde{\alpha}$. Or le seuil $\tilde{\alpha}$ est une fonction croissante du temps de tri T (et du paramètre b). Donc plus la contrainte de temps de tri T_{max} (ou b) est élevée, plus la hausse de α (surtout si elle est modérée) a une forte probabilité d'augmenter le volume D_{II} de rejet d'individus commercialisables.

6.4.3. Scénario B : hausse de la taille minimale de débarquement TMD dans le cas d'un coût d'opportunité de l'effort de tri strictement positif

On suppose maintenant que l'effort de tri a un coût d'opportunité unitaire positif ($C_T > 0$ exogène)⁴⁶. Dans ces conditions, la marge sur coût variable du tri ne se confond plus avec la recette procurée par la vente du poisson débarqué. Elle s'écrit :

$$\Pi = pL - C_T T$$

La courbe $L_\alpha(T)$ étant concave, il en résulte un optimum de tri (T^*, L^*) vérifiant :

$$\frac{\partial \Pi}{\partial T} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial L}{\partial T} = \frac{C_T}{p}$$

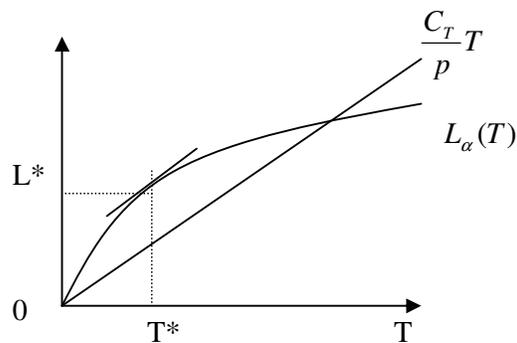


Figure 2. 27 : Optimum de tri dans le cas où il existe un coût d'opportunité du temps de tri

⁴⁶ L'existence d'un coût d'opportunité positif peut se justifier par le fait que l'équipage pourrait être affecté à d'autres tâches que le tri, l'activité de tri est pénible et présente une désutilité intrinsèque, on pourrait renforcer l'équipage pour accroître la capacité de tri à bord.

Le produit marginal du tri égale le coût réel unitaire du tri sous réserve que le temps de tri optimal T^* correspondant à cette égalité respecte la contrainte de non-négativité ($T^* \geq 0$), ce qui n'est pas garanti en toutes circonstances.

L'égalisation ($\frac{\partial L}{\partial T} = \frac{C_T}{p}$) pour $T \geq 0$ exige que :

$$\frac{C_T}{p} \leq \max \frac{\partial L}{\partial T}$$

$$\text{ie } \frac{C_T}{p} \leq \lim_{T \rightarrow 0} \frac{\partial L}{\partial T} \Leftrightarrow \frac{C_T}{p} \leq b \frac{(1-\alpha)}{\alpha}$$

soit $p \leq \frac{C_T}{b} \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$, seuil de rentabilité

Si cette condition n'est pas satisfaite c'est à dire si le prix au débarquement est trop faible, on a une solution en coin caractérisée par ($T^* = L^* = 0$). Les captures sont alors rejetées.

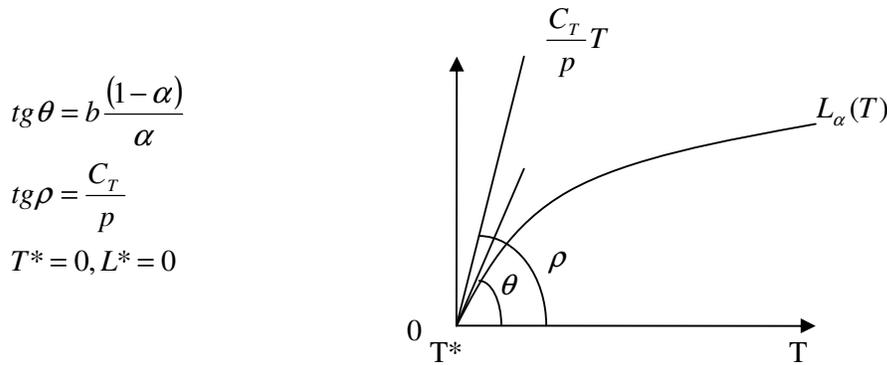


Figure 2.28 : Temps de tri optimal nul dans le cas où le prix est inférieur au seuil $p \leq \frac{C_T}{b} \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$

Dans un tel cas, aucun niveau d'effort positif ne peut entraîner un profit non négatif. La meilleure solution est donc le rejet intégral de la capture. Il en va de même dans le cas limite $p = \frac{C_T}{b} \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$.

Nous supposons donc par la suite que : $p > \tilde{p} = \frac{C_T}{b} \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$ ce qui garantit $T^* > 0$ et donc $L^* > 0$

Nous supposons également que la contrainte d'effort $T \leq T_{\max}$ n'est pas limitante i.e. que $T^* < T_{\max}$.

Les niveaux des variables correspondant à la maximisation de la marge sur coût variable du tri (Π) sous l'hypothèse que le prix des individus commercialisables dépasse le prix seuil $p > \tilde{p}$ sont déterminés en annexe 2.19. Ces variables optimales (i.e. correspondant à $\max \Pi$) dépendent de α .

Elles seront donc affectées par une hausse de la taille minimale de débarquement TMD. Nous détaillons dans l'annexe 2.20 l'analyse de l'incidence d'une hausse de la TMD sur les variables optimales et en résumons ici les principaux résultats. Avant d'examiner l'influence de α sur ces variables, il convient de remarquer que le seuil de rentabilité \tilde{p} s'élève avec la TMD (avec α) et tend vers l'infini lorsque α tend vers 1.

Influence de α sur la probabilité optimale de rejet d'individus commercialisables β^*

Lorsque la taille minimale de débarquement augmente, la probabilité de rejet augmente de façon non linéairement. La courbe $\beta^*(\alpha)$ est une fonction croissante convexe de α . β^* étant une probabilité, elle est néanmoins bornée supérieurement par $\beta = 1$. Cette valeur est atteinte pour $\alpha = \alpha_{\max}$.

Influence de α sur le volume de rejet de catégorie I (D_I), sur le volume de rejet optimal de catégorie II (D_{II}^*) et sur le volume de rejet optimal total (D^*)

Les volumes rejetés D_I , D_{II}^* et D^* sont des fonctions linéaires croissantes de α . Lorsque la TMD augmente les rejets obligatoires, les rejets économiques optimaux et les rejets totaux augmentent linéairement avec α . α_{\max} a été défini comme le seuil où la probabilité de rejet des individus commercialisables atteint la valeur 1 (dans le cadre de la stratégie de tri optimale). Pour $\alpha = \alpha_{\max}$, on a donc $D_{II}^* = Y(1 - \alpha_{\max})$, ce qui veut dire que toutes les captures commercialisables sont rejetées. Par suite, toutes les captures sont rejetées ($D^*=Y$).

Influence de α sur le volume de débarquement optimal L^*

L^* décroît linéairement en fonction de α et s'annule lorsque α atteint le seuil α_{\max} , toute la capture étant alors rejetée. Le graphique ci-dessous synthétise l'évolution simultanée des rejets obligatoires (D_I), économiques (D_{II}) et des débarquements (L^*) lorsque l'on fait varier α :

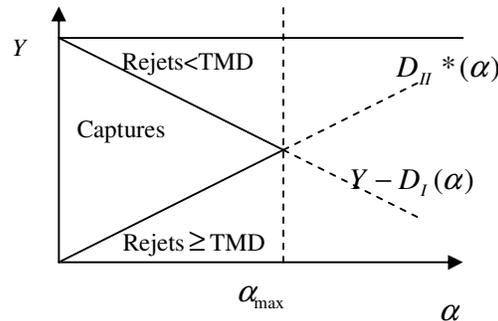


Figure 2. 29 : Influence d'une hausse de taille minimale de débarquement (hausse de α) sur les rejets obligatoires DI, les rejets économiques optimum DII* et les rejets totaux.

La Figure 2. 29 illustre le fait que lorsque la TMD augmente, les débarquements diminuent, non seulement parce que les rejets « obligatoires » d'individus sous la TMD augmentent (phénomène généralement pris en compte dans la littérature) mais aussi parce que les rejets économiques d'individus de taille supérieure ou égale à la TMD augmentent. L'accroissement des rejets est donc, normalement, plus important que ne le laisse prévoir la seule prise en compte de l'effet mécanique de l'augmentation de la TMD.

Influence de α sur le temps de tri optimal T^*

Par rapport au scénario A décrit à la section précédente, on constate dans le scénario B une linéarisation de la relation entre rejet et TMD et donc de la relation entre débarquement et TMD. Pour ce qui est des rejets économiques (D_{II}), dans le scénario A, la relation avec α était ambiguë, car une hausse de α pouvait selon le cas, accroître ou diminuer D_{II} (la courbe $D_{II}(\alpha)$ étant non monotone). Dans le scénario B, cette ambiguïté disparaît : toute augmentation de la TMD accroît les rejets économiques. L'explication de cette différence tient à l'endogénéisation de l'effort de tri : dans le scénario A, T était par hypothèse bloqué en T_{max} , alors que dans le scénario B, les pêcheurs adaptent leur effort de tri de façon à maximiser la rentabilité de cette opération.

La relation entre α et T^* est donnée par :

$$T^*(\alpha) = \frac{Y}{b} \alpha \ln\left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{bp}{C_T}\right)$$

La fonction continue $T^*(\alpha)$ est strictement convexe et s'annule pour les valeurs $\alpha=0$ et $\alpha=\alpha_{\max}$. Etant strictement positive sur l'intervalle $[0;\alpha_{\max}]$, elle admet donc un maximum unique pour une valeur de $\tilde{\alpha} \in]0;\alpha_{\max}]$.

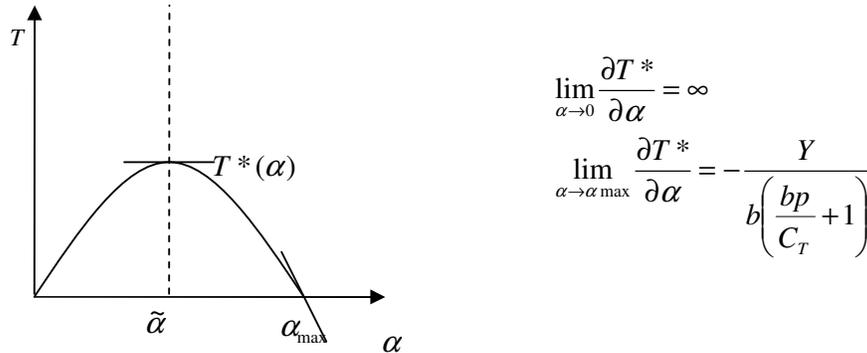


Figure 2. 30 : Influence d'une hausse de taille minimale de débarquement (hausse de α) sur le temps de tri optimum.

$\tilde{\alpha}$ est une fonction croissante de p , $\frac{d\tilde{\alpha}}{dp} > 0$

La Figure 2. 30 illustre le comportement actif d'adaptation des pêcheurs (en très courte période) face à un changement de la réglementation sur la TMD. Lorsque celle-ci augmente dans un premier temps, ils accroissent leur effort de tri pour compenser la diminution du nombre d'individus de taille supérieure ou égale à la TMD. Puis si α dépasse un certain seuil ($\tilde{\alpha}$), ils diminuent leur effort de tri car celui-ci devient trop peu productif.

Influence de α sur la marge sur coût variable du tri optimale Π^*

L'influence d'une hausse de TMD sur la rente optimale se déduit de l'étude de $L^*(\alpha)$ et de $T^*(\alpha)$.

La fonction $\Pi^*(\alpha)$ est une fonction décroissante de α telle que $\frac{\partial^2 \Pi^*}{\partial \alpha^2} < 0 \Leftrightarrow \alpha > \frac{1}{2}$.

6.4.4. Conclusion générale sur le scénario B (par rapport au scénario A)

La prise en compte du coût d'opportunité du tri et l'endogénéisation de l'effort de tri qui en résulte modifie l'incidence d'une augmentation de la TMD sur le niveau des rejets. L'impact sur les rejets économiques devient non ambigu : en très courte période, toute hausse de la TMD augmente le niveau

des rejets économiques (i.e. d'individus de taille supérieure ou égale à la TMD) et ce phénomène vient aggraver l'augmentation mécanique des rejets administratifs (d'individus de taille inférieure à la TMD).

6.5. Conclusions

Le modèle microéconomique de comportement de tri (ou rejet) présenté dans cette section permet de prendre en compte le tri comme raison de rejet et d'étudier l'impact de contraintes économiques, de contraintes de temps et de contraintes réglementaires ou de gestion sur le tri des captures. Les comportements de tri reposent sur le calcul économique suivant : lorsque le coût marginal du tri devient supérieur au bénéfice marginal du tri, la catégorie est rejetée.

L'analyse à très courte période des comportements de tri décrits par la fonction de tri permet de mettre en évidence des sur-incitations au rejet dans le cas d'une contrainte de temps et d'une taille minimale de débarquement. On montre ainsi que des contraintes sur les inputs de la fonction de tri (l'effort de tri ou temps de tri) peuvent créer les mêmes incitations à rejeter que les contraintes sur les outputs de la fonction de tri (contrainte sur les débarquements : quota, capacité de cale limitée) habituellement prises en compte dans la littérature. Une contrainte de temps de tri peut donc induire des comportements d'écramage. Une augmentation de la taille minimale de débarquement peut d'autre part inciter à augmenter les rejets économiques. En l'absence de coûts d'opportunité du tri, l'impact sur les rejets économique dépend de l'augmentation de la taille minimale en revanche lorsque l'on considère que le tri a un coût d'opportunité non nul, les rejets économiques augmentent quelle que soit l'augmentation de la taille minimale de débarquement.

A courte période, l'analyse souligne l'arbitrage entre tri et capture qui peut intervenir selon les coûts relatifs des deux activités productives en compétition. Toutes choses égales par ailleurs, une hausse du coût de l'effort de capture a pour effet d'inciter les pêcheurs à accorder une part importante à leur effort de tri. Dans le cas où le coût de l'effort de capture est supérieur au coût de l'effort de tri, une augmentation du prix au débarquement a pour effet d'inciter les pêcheurs à augmenter dire l'effort de pêche et/ou à diminuer l'effort de tri. Si les coûts des deux activités sont égaux une hausse de prix n'influence pas la stratégie tri-capture optimale.

L'analyse des comportements de tri est présentée à l'échelle microéconomique du navire et de l'opération de pêche ou de la marée mais peut être élargie à l'échelle de la saison ou de la flottille pour prendre en compte les contraintes pouvant s'appliquer à ces échelles.

7. Application aux comportements de tri des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne

Dans cette section, le modèle est appliqué aux comportements de tri des pêcheurs de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne pratiquant le chalut de fond à langoustines. Après avoir rappelé les raisons de rejet mises en évidence dans le cas de la flottille langoustinière pratiquant le chalut de fond à langoustine, le modèle microéconomique de tri des captures de langoustine et merlu est spécifié pour un navire moyen à l'échelle du trait en tenant compte des contraintes d'exploitation de la flottille. Les paramètres du modèle sont ensuite décrits et une application numérique est proposée.

7.1. Modèle microéconomique de tri des captures de langoustine et merlu

A l'échelle du trait, les deux principales raisons de rejet mises en évidence dans le cas de la flottille langoustinière sont le marché (ou contrainte économique) et les tailles minimales de débarquement. La contrainte de temps de tri peut d'autre part intervenir, en été par exemple, lorsque les captures ne doivent pas rester trop longtemps sur le pont, lors du dernier trait lorsque l'heure de la criée approche ou lorsque les quantités capturées sont très importantes. L'analyse de l'évolution de la taille de l'équipage montre que le nombre d'hommes à bord des chalutiers langoustiniers a diminué d'un homme en dix ans. L'effort de tri est donc contraint par rapport au début de la période. Des embauches saisonnières (néanmoins assez rares) peuvent permettre d'augmenter la capacité de tri au moment de la saison de la langoustine. La pêche est d'autre part encadrée par un système de quota qui peut contraindre les possibilités de débarquement en fin d'année généralement, cette contrainte intervient néanmoins peu à l'échelle du navire.

On considère un trait constitué d'une catégorie de langoustines sous la taille minimale de débarquement notée $lan1$, et de deux catégories commerciales de langoustines, les petites langoustines notée $lan2$ et les grosses langoustines notée $lan3$. Ces trois catégories sont capturées en quantité $Y_{lan1}, Y_{lan2}, Y_{lan3}$. Quatre catégories de merlu sont d'autre part capturées au cours du trait : une catégorie $me1$ de merlus sous la taille minimale de débarquement (fixée à 27 cm) et normalement rejetés, une catégorie $me2$ de petits merlus commercialisés au-dessus de la taille minimale de débarquement, une catégorie de merlus commercialisés de taille moyenne $me3$ et une catégorie de merlu de plus grande taille $me4$. Ces catégories sont capturées en quantité $Y_{me1}, Y_{me2}, Y_{me3}, Y_{me4}$. Une quantité Y_0 d'autres espèces (commercialisées ou non mais dont le tri n'est pas décrit ici) est capturée au cours du trait. On supposera que le tri des différentes catégories i est indépendant.

Pour décrire le tri d'une catégorie i avec $i \in (lan1, lan2, lan3, me1, me2, me3, me4)$, on note:

$Y = Y_0 + \sum_j Y_j, j \neq i$	le volume des autres catégories capturées au cours du trait
p_i	les prix par catégorie
C_T	le coût unitaire du tri
T_i	les temps de tri par catégorie par homme
L_i	les fonctions de tri par catégorie par homme
n	le nombre d'hommes à bord

On suppose que chaque homme a un volume à trier qui correspond au volume total capturé divisé par le nombre d'hommes et que la composition des captures est homogène.

Le volume d'individus de catégorie i triés (ou débarqués) par homme L_i est fonction de la quantité de captures d'âge i à trier par homme Y_i / n , du temps de tri par homme alloué à cette catégorie T_i et du volume des autres catégories capturées rapporté au nombre d'hommes Y / n

On a

$$L_i = \frac{Y_i}{n} \cdot (1 - e^{-a_i T_i}), a_i = \frac{b_i}{Y/n} \quad \text{Eq. 16}$$

Le problème de maximisation est le suivant :

On cherche les temps de tri par catégorie par homme $T_{lan1}, T_{lan2}, T_{lan3}, T_{me1}, T_{me2}, T_{me3}, T_{me4}$ qui maximisent la somme des bénéfices par trait du tri des catégories de langoustine et merlu :

$$\sum_i p_i \cdot n \cdot L_i(T_i) - C_T \cdot \sum_i n \cdot T_i \quad \text{Eq. 17}$$

Les comportements de rejet seront d'abord décrits dans le cas où seule la contrainte économique intervient. On supposera que catégories sous la taille minimale de débarquement sont rejetées puis on supposera différentes hypothèses de prix pour les catégories de merlu et langoustine sous la taille minimale de débarquement.

On décrit ensuite les comportements de tri lorsqu'il existe une contrainte de temps telle que :

$$\sum_i T_i \leq T \text{ max}$$

7.2. Paramétrage du modèle

Les catégories de langoustines et merlus distinguées ont été décrites en fonction des catégories commerciales définies selon les normes européennes, des classes de taille et des groupes d'âge (Tableau 2. 6). Ces catégories ont été choisies pour trois raisons :

- permettre de prendre en compte les contraintes sur les tailles minimales de débarquement en particulier. Nous avons donc distingué les catégories de langoustine et merlu sous-taille
- Tenir compte des différences économiques entre catégories. Les catégories considérées correspondent à des agrégations des catégories commerciales de prix différents.
- pouvoir endogénéiser les dynamiques de stock dans le chapitre 3. Les catégories considérées correspondent à des regroupements d'âges.

	Description	Catégories commerciales	Classes de taille (LC**/LT***)	Classes d'âge
lan1	langoustine sous la TMD*		[0,25[mm LC	[1,2]
lan2	petites langoustines	30-40	]25,35] mm LC	]2,4]
lan3	grosses langoustines	10-20	]35, +[mm LC	]4,9+]
me1	merlu sous la TMD*		[0,27[cm LT	[0,2[
me2	petit merlu	50	]27,32] cm LT	]2,3[
me3	merlu moyen	30-40	]32,50] cm LT	]3,5]
me4	gros merlu	10-20	]50, +[cm LT	]5,8+]

*TMD:Taille Minimale de Débarquement **LC: Longueur Céphalothoracique ***LT:Longueur Totale

Tableau 2. 6 : Description des catégories de langoustine et merlu prises en compte en fonction des catégories commerciales, des classes de taille et des classes d'âge. Sources : ICES, 2006a et enquêtes en criée.

Les prix par catégorie ont été estimés à partir des prix moyens sur les années 2001-2003 des catégories commerciales débarquées correspondantes. Dans les données de débarquement, quatre catégories de langoustines sont distinguées selon les normes européennes, les catégories 10, 20, 30 et 40. Ces catégories correspondent à des moules, des nombres de langoustines au kilo. Cependant excepté à la Côtinière, les pêcheurs débarquent généralement deux catégories de langoustines, les grosses et les petites. Les petites langoustines sont les langoustines de catégories commerciales 30 et 40, les grosses langoustines sont les langoustines correspondant aux catégories commerciales 10 et 20. On pourra supposer d'autre part qu'il existe un marché illégal pour les langoustines sous la taille minimale de débarquement qui obtiennent un prix correspondant au prix des petites langoustines. On pourra faire varier ce prix par la suite. De même cinq catégories de merlus sont distinguées, catégories 10, 20, 30, 40 et 50. Nous considérons ici une catégorie de merlus sous la taille minimale de débarquement me1, une catégorie 50 de petits merlus juste au-dessus de la taille minimale de débarquement me2 et une agrégation des catégories 30 et 40 en une catégorie de merlus moyens commercialisés me3 et des tailles 10 et 20 en une catégorie de gros merlus me4. On pourra supposer que les merlus sous la taille minimale de débarquement obtiennent les mêmes prix que la catégorie de merlu 50 lorsqu'ils sont débarqués.

Les captures par unité d'effort par espèce et par navire moyen ont été décrites dans le chapitre 1 à partir des données de la base Obsmer pour un navire moyen représentant la flottille. Les données de la base Obsmer permettent d'autre part de décrire la structure en catégorie des captures de langoustine et merlu par trait en nombre et poids par catégorie, par navire moyen.

	Captures par trait en nombre	Captures par trait en kg	Prix moyen en euros/kg
lan1	3365	25	7.4
lan2	2027	34	7.4
lan3	205	9	13.2
me1	538	22	3.1
me2	19	2	3.1
me3	8	2	3.8
me4	2	3	5.0
autres esp	1970	97	

Tableau 2. 7 : Captures en nombre et poids en kg par catégorie, paramètres de prix par catégorie, moyenne 2001-2003. Source : données Obsmer, IFREMER/SIH.

Il existe une variabilité importante des captures par catégorie et des volumes capturés par trait qui varient notamment en fonction de la classe de longueur du navire, des zones fréquentées et de la saison. Nous présentons néanmoins ici une application numérique pour un navire moyen en utilisant les données moyennes récoltées lors des embarquements à bord des navires de pêche professionnelle (base Obsmer).

Lors des enquêtes auprès des pêcheurs langoustiniers, des données de temps de tri et quantité de langoustines triées correspondantes ont été récoltées. Les données portent sur un nombre insuffisant de réponses pour permettre de quantifier une relation temps de tri-quantité de langoustines capturées mais donnent néanmoins un ordre de grandeur.

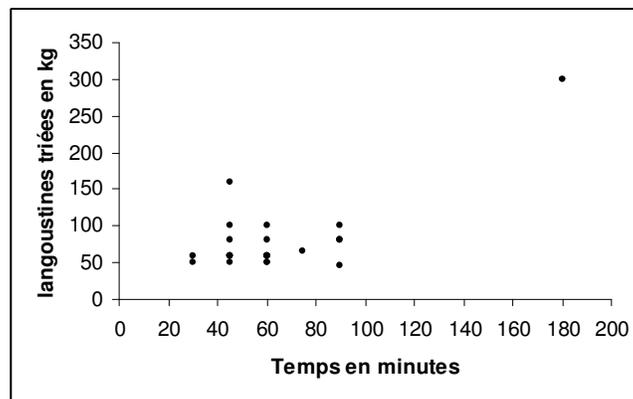


Figure 2. 31: Quantité de langoustines triées en fonction du temps de tri. Source : données d'enquête

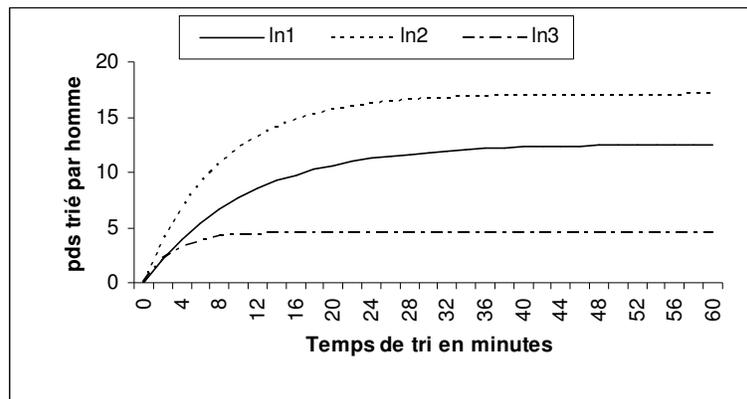
La fonction de tri en poids a été calibrée pour obtenir les ordres de grandeur décrits précédemment. Les paramètres de la fonction de tri ont été choisis conventionnellement de façon à prendre en compte

la difficulté relative du tri des différentes catégories mise en évidence dans les enquêtes et les ordres de grandeur connus. Les paramètres de la fonction de tri en poids utilisés sont les suivants :

	b_i
lan1	8
lan2	10
lan3	30
me1	3
me2	4
me3	8
me4	10

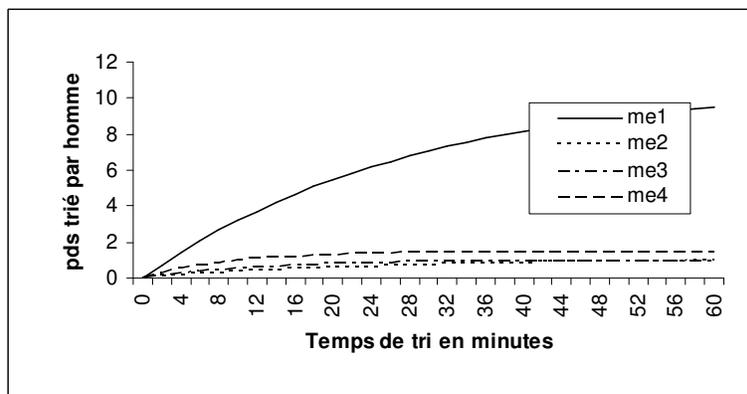
Tableau 2. 8 : Paramètres de la fonction de tri en poids par catégorie choisis conventionnellement.

Ces paramètres donnent les formes de fonctions de tri par homme suivantes pour des captures moyennes par trait:



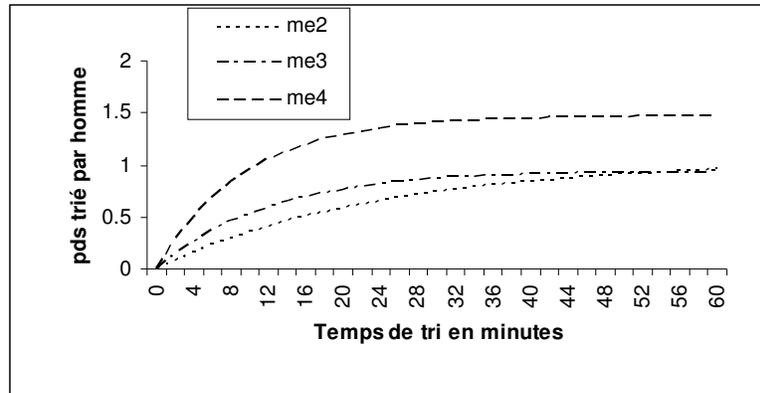
ln1 : sous-taille, ln2 : petite langoustine, ln3 : grosse langoustine

Figure 2. 32 : Fonctions de tri par homme et par trait en poids des trois catégories de langoustines. Navire moyen.



me1 : sous-taille, me2 : petit merlu, me3 : merlu moyen, me4 : gros merlu

Figure 2. 33 : Fonctions de tri par homme et par trait en poids des quatre catégories de merlus. Navire moyen.



me2 :petit merlu, me3 : merlu moyen, me4 : gros merlu

Figure 2. 34 : Détail Fonctions de tri par homme et par trait en poids des trois catégories commerciales de merlus. Navire moyen.

Les navires de la flottille langoustinière ont en moyenne 3 hommes à bord dont deux participent au tri des captures. Le coût d'opportunité du tri est exprimé en euros par minute. On suppose qu'il correspond au SMIC rapporté en euros par minute.

7.3.Applications numériques dans le cas d'un navire moyen

Après avoir paramétré le modèle, on présente des applications du modèle en fonction de différentes situations ou contraintes. On décrit les comportements de tri et rejet par trait d'un navire moyen ayant deux hommes à bord qui participent au tri.

7.3.1. Contrainte économique

Dans le cas où seule la contrainte économique joue, les comportements de tri sont décrits dans le Tableau 2. 9.

	Captures par trait en poids	Temps de tri par homme par catégorie en min	Débarquements totaux en poids	Rejets en poids	%Rejet en poids	Bénéfice marginal en euros
ln1	25	53	25	0	1%	179
ln2	34	45	34	0	0%	247
ln3	9	18	9	0	0%	116
me1	22	86	21	1	5%	53
me2	2	20	1	1	44%	1
me3	2	20	2	0	19%	4
me4	3	25	3	0	8%	11
autres esp	97		0	0	0%	
total	194	266	94	3	2%	611

Tableau 2. 9 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux en poids par catégorie permettant de maximiser la somme des bénéfices marginaux par catégorie.

Dans ce cas, il y a peu de rejets de langoustines mais le temps de tri dépasse le temps de tri moyen observé dans la pêcherie.

7.3.2. Contrainte réglementaire de taille minimale de débarquement

On suppose maintenant que les catégories sous la taille minimale de débarquement ne peuvent pas être débarquées. On a alors les résultats suivants :

	Captures par trait en poids	Temps de tri par homme par catégorie en min	Débarquements totaux en poids	Rejets en poids	%Rejet en poids	Bénéfice marginal en euros
ln1	25	0	0	25	100%	0
ln2	34	45	34	0	0%	247
ln3	9	18	9	0	0%	116
me1	22	0	0	22	100%	0
me2	2	20	1	1	44%	1
me3	2	20	2	0	19%	4
me4	3	25	3	0	8%	11
autres esp	97			0	0%	
total	194	127	48	48	25%	379

Tableau 2. 10 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux par catégorie permettant de maximiser la somme des bénéfices marginaux par catégorie. en poids. Contrainte réglementaire, sous-tailles interdits au débarquement.

Dans ce cas l'ensemble des captures de catégorie ln1 et me 1 sont rejetés, les autres catégories sont triées jusqu'à l'optimum économique. Le temps de tri est cependant élevé. L'hypothèse d'indépendance du tri des différentes catégories ne permet pas cependant pas d'observer les comportements décrits dans la section 6.4 qui amènent à rejeter davantage les autres catégories commercialisables de la même espèce dans le cas d'une augmentation de la taille minimale de débarquement.

7.3.3. Contrainte de temps

On suppose qu'il existe une contrainte de temps de tri et que le tri ne doit pas dépasser 1h pour ne pas risquer que les captures de langoustines s'abîment. Les langoustines et merlus sous la taille minimale de débarquement sont supposés avoir le même prix que les petites langoustines et petits merlus commercialisables.

	Captures par trait en poids	Temps de tri par homme par catégorie en min	Débarquements totaux en poids	Rejets en poids	%Rejet en poids	Bénéfice marginal en euros
ln1	25	23	22	3	11%	163
ln2	34	22	32	2	6%	235
ln3	9	9	8	0	5%	111
me1	22	5	4	18	84%	10
me2	2	0	0	2	100%	0
me3	2	0	0	2	100%	0
me4	3	0	0	3	100%	0
autres esp	97			0	0%	
total	194	60	66	30	16%	520

Tableau 2. 11 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux par catégorie permettant de maximiser la somme des profits par catégorie. en poids. Contrainte de temps de tri limité à 1h.

Dans le cas d'une contrainte de temps de tri, on observe des niveaux de rejet supérieurs aux niveaux de rejet optimaux économiquement.

	Captures par trait en poids	Temps de tri par homme par catégorie en min	Débarquements totaux en poids	Rejets en poids	%Rejet en poids	Bénéfice marginal en euros
ln1	25	0	0	25	100%	0
ln2	34	33	34	1	2%	246
ln3	9	13	9	0	1%	115
me1	22	0	0	22	100%	0
me2	2	0	0	2	100%	0
me3	2	2	0	2	82%	1
me4	3	11	2	1	32%	9
autres esp	97			0	0%	
total	194	60	45	52	27%	371

Tableau 2. 12 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux par catégorie permettant de maximiser la somme des profits par catégorie. en poids. Contrainte de temps de tri limité à 1h et contrainte réglementaire sur les catégories sous tailles.

Dans le cas où l'on suppose que les catégories sous-tailles doivent être rejetées, on observe moins de rejets sur les catégories de plus fortes valeurs. Le rejet des catégories sous la taille minimale de débarquement libère du temps de tri pour les autres catégories.

7.4. Conclusions

Le modèle microéconomique de tri appliqué au tri des langoustines et merlus capturés par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne permet d'illustrer les comportements de rejet décrits. La réglementation est la première raison de rejet. En l'absence de réglementation sur les tailles minimales de débarquement, il peut cependant exister un optimum économique de rejet lié au coût du tri des captures. D'autre part dans le cas où il existe une contrainte de temps de tri les rejets sont supérieurs. Les applications numériques sont proposées ici à titre illustratif. Les données récoltées ne permettent pas pour l'instant d'estimer des fonctions de tri par catégorie. Les paramètres conventionnels utilisés illustrent néanmoins les comportements de tri décrits dans la flottille langoustinière. D'autre part, la variabilité des volumes capturés et de la composition des captures n'est pas étudiée dans ce chapitre. Dans le chapitre suivant, les comportements de tri seront décrits par sous-flottille langoustinière. Les dynamiques des stocks de langoustine et merlus seront prises en compte et permettront d'endogénéiser les captures par sous-flottille et d'analyser les effets de modifications de structures des captures sur les niveaux de rejet et pourcentages de rejet observés.

8. Discussion et conclusions du chapitre 2

Deuxième étape du processus de production, l'étape de tri des captures détermine la nature des productions jointes : désirées ou non désirées. Les éléments empiriques présentés permettent de valider l'importance du tri dans le processus de rejet et de préciser les caractéristiques de la fonction de tri même si son estimation reste délicate. L'analyse de la fonction de tri met en évidence certaines analogies avec la fonction de capture. La décision de rejeter (de trier ou non) relève typiquement d'une analyse coût avantage par le pêcheur qui évalue le bénéfice marginal du tri par rapport au coût de cette opération en tenant compte des contraintes d'exploitation. Par rapport aux modèles microéconomiques de rejet classiquement décrits dans la littérature, l'analyse des productions jointes sous l'angle du tri permet de prendre en compte des incitations au rejet originales et de tenir compte de l'influence de la composition et du volume des captures sur le tri et les rejets.

La description des comportements de tri présentée dans ce chapitre met en évidence la nécessité pour l'analyse de l'impact de mesures de gestion des pêches de prendre en compte les comportements. Dans ce chapitre, on souligne ainsi les incitations au rejet de mesures de gestion basées sur la gestion de l'effort ou sur des réglementations sur les tailles minimales au débarquement. Les effets sur le tri de modifications de la composition des captures, de la proportion de captures commercialisables par rapport aux captures non commercialisables sont analysés. La compréhension de ces comportements de tri doit permettre de mieux apprécier les impacts sur les productions jointes de mesures d'amélioration de la sélectivité destinées à « trier sur le fond plutôt que sur le pont ». Elle permet d'autre part d'anticiper les effets de modifications relatives des coûts de capture et de tri sur la stratégie de tri-capture.

Partie 2

Analyse bio-économique des mesures de
gestion permettant de limiter les effets
externes négatifs des productions jointes

La sélectivité insuffisante des engins de pêche est à l'origine de productions jointes inter-spécifiques ou intra-spécifiques, désirées ou non désirées et donc rejetées dont l'importance est décrite dans les chapitres 1 et 2. Ces productions jointes aggravent les conséquences économiques des externalités négatives et compliquent la gestion. Dans le cas de productions jointes, les solutions classiques théoriques permettant de résoudre les problèmes de surcapacité et de surexploitation dus aux externalités négatives sont difficiles à mettre en œuvre. La définition de quotas individuels en présence de production jointe nécessiterait d'une part une très bonne connaissance de la fonction de production et peut d'autre part inciter à augmenter les rejets comme nous l'avons décrit dans le chapitre 2. La mise en place de droits transférables peut permettre de résoudre en partie ces situations mais ne résout pas le problème de mésexploitation des productions jointes intra-spécifiques non désirées et donc rejetées. L'amélioration de la sélectivité des engins de pêche ou l'adoption d'engins alternatifs plus sélectifs doit permettre de limiter les problèmes de productions jointes et de diminuer le coût social associé.

Dans la deuxième partie de la thèse, nous nous intéressons à l'analyse bio-économique de mesures de gestion permettant de limiter les effets externes négatifs que peuvent engendrer les productions jointes (via les rejets en particulier) et à l'estimation du coût social des productions jointes. Le coût social est entendu au sens de Coase (1960) et estimé comme la différence de bénéfices sociaux entre la situation actuelle et la meilleure alternative techniquement réalisable.

Les enjeux d'une amélioration de la sélectivité sont d'abord discutés d'un point de vue théorique dans le chapitre 3. Un modèle bio-économique simplifié à deux classes d'âge est présenté et permet d'analyser les bénéfices collectifs d'une amélioration de la sélectivité en fonction du niveau de l'effort. Le choix du régime d'exploitation optimal (combinaison technique et effort optimal) est discuté. La divergence entre intérêt privé et collectif pour l'adoption de mesures sélectives est ensuite démontrée et les tentatives de « passager clandestin » dans le cas où la non-sélectivité n'est pas observable sont mises en évidence.

Les chapitres 4 et 5 présentent une application au cas de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne qui permet d'illustrer ces arbitrages en prenant en compte la complexité des systèmes (multi-flottille, multi-métier, multi-spécifiques, multi-taille), difficile à traiter formellement. Une analyse coût-bénéfice de deux types de mesures de gestion est présentée: des mesures d'amélioration de la sélectivité et des mesures de changement d'engin de pêche. L'arbitrage entre impacts de court terme et de long terme des mesures techniques est analysé en tenant compte du taux de dépréciation du temps.

Le quatrième chapitre s'intéresse plus spécifiquement à l'analyse bio-économique de mesures permettant de diminuer les productions jointes intra-spécifiques de langoustines. Une analyse coût-bénéfice de différents scénarios d'amélioration de la sélectivité par rapport à la taille des langoustines est présentée. On raisonne à effort de pêche constant et exogène dans un premier temps. L'analyse des différents scénarios permet de déterminer le scénario sélectif optimum pour le niveau d'effort considéré (point situé sur la courbe-enveloppe). L'analyse des effets des différentes mesures de gestion sur les comportements des pêcheurs (dynamiques d'investissement et des comportements de rejet) permet ensuite de mieux estimer l'impact attendu des mesures de gestion visant à limiter les effets négatifs des productions jointes et de discuter l'arbitrage entre mesures techniques et mesures de régulation de l'accès. L'endogénéisation des comportements de rejet permet en particulier d'évaluer l'impact de mesures de sélectivité sur l'ensemble de la fonction de production, la fonction de captures et la fonction de tri et de prendre en compte différentes incitations à rejeter. La prise en compte des dynamiques d'augmentation des capacités de pêche montre les limites de la sélectivité comme seule mesure de gestion.

Le cinquième chapitre présente une analyse du coût social des productions jointes intra-spécifiques et interspécifiques à partir du cas des rejets de merlu et langoustine par la flottille langoustinière. Il étend l'analyse aux impacts bio-économiques de la réduction des productions jointes intra-spécifiques et interspécifiques en endogénéisant la dynamique du stock de merlu et en prenant également en compte des flottilles françaises de fileyeurs à merlus. Le cas du changement d'engin de pêche, du chalut au casier, est ensuite traité. Ce cas correspond à une amélioration de la sélectivité observable et permet de diminuer d'autre part les coûts de l'effort de pêche. Une comparaison entre la pêcherie chalutière langoustinière du golfe et la pêcherie au casier à langoustine de Loch Torridon (Ecosse) permet de discuter des incitations économiques à changer de techniques, à adopter une technique de pêche alternative générant moins (pas) de productions jointes. Une analyse coût-bénéfice de l'adoption du casier par une partie de la flottille chalutière langoustinière du golfe est présentée.

Chapitre 3: Rentabilité sociale et privée de la sélectivité et équilibre optimal de la pêche, un modèle bio-économique simplifié

1. Introduction

Les « mesures techniques » visant à améliorer la sélectivité sont une des principales composantes de la gestion des pêches. Plusieurs bénéfices sociaux sont attendus d'une amélioration de la sélectivité. Si les plus connus résultent des impacts biologiques de mesures de sélectivité (conséquences positives sur les espèces non commerciales ou sur la biomasse et la structure en âge des stocks commerciaux), un autre type de bénéfice positif est dû au fait que les systèmes de gestion des pêches basés sur les droits sont plus faciles à mettre en place lorsque la pêche est sélective c'est-à-dire, lorsque les productions jointes non désirées sont peu importantes. De plus une amélioration de la sélectivité peut générer des bénéfices privés comme la diminution du temps que passe l'équipage à trier les captures. Cependant, la sélectivité génère également des coûts qui doivent être considérés dans l'analyse des mesures à mettre en place pour la gestion d'une pêcherie. Hormis les potentiels coûts privés directs (coûts d'engin plus élevés par exemple) que peut engendrer une amélioration de la sélectivité, les coûts de la sélectivité sont essentiellement dus au fait qu'une amélioration de la sélectivité réduit généralement les captures par unité d'effort (CPUE) d'individus commercialisables. Ces considérations soulèvent un arbitrage entre les impacts de court terme et de long terme des mesures techniques. Un autre arbitrage provient du fait que le bénéfice social net à long terme d'une amélioration de la sélectivité dépend du niveau de l'effort de pêche. Enfin la gestion des pêcheries doit prendre en compte le fait qu'en raison des externalités négatives croisées générées par la nature commune des ressources halieutiques, l'analyse coût-bénéfice de mesures de sélectivité est différente selon que l'on se situe à l'échelle individuelle ou collective. Compte tenu des externalités négatives liées à la nature commune des ressources et de la difficulté à observer la sélectivité, il existe un jeu plus ou moins coopératif entre les pêcheurs qui ne leur garantit pas de récupérer les bénéfices futurs et explique les tentatives de comportement de « passager clandestin ».

Un modèle bio-économique est développé qui vise à analyser ces différents aspects du problème de la sélectivité (Macher et Boncoeur, in prep.). Le modèle est une version simplifiée du modèle bio-économique de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne. La faible sélectivité résulte dans la capture jointe d'individus de deux classes d'âge commercialisables mais de prix différents. Après avoir décrit les hypothèses du modèle, nous analysons l'impact d'une amélioration de la sélectivité sur les captures et la valeur débarquée à l'équilibre en fonction du niveau de l'effort. L'analyse de la courbe-enveloppe permet ensuite de décrire l'évolution de la valeur débarquée en fonction de l'effort dans le cas où l'on suppose que la technique optimale est adoptée (sélectivité optimale). La combinaison sélectivité-effort optimale (régime d'exploitation optimale) pour la pêche est ensuite déterminée en fonction des hypothèses. La rentabilité sociale et privée d'une amélioration de la sélectivité est enfin analysée.

2. Hypothèses du modèle

On suppose un seul stock exploité par une flottille homogène. Le stock est composé de deux classes d'âge notées 1 et 2.

L'unité de temps est l'année. La pêche se déroule tout au long de l'année et le taux de mortalité par pêche infligé à chaque classe d'âge est supposé constant tout au long de la saison de pêche et d'une année à l'autre ($F_i(t) = F_i, \forall t; i = 1,2$).

Pour chaque classe d'âge, la CPUE est supposée proportionnelle à la biomasse à l'instant considéré. En d'autres termes, le taux instantané de mortalité par pêche est supposé proportionnel à l'effort de pêche (lui-même supposé constant au cours du temps) : $F_i = q_i E, (i = 1,2)$

où q_i est une constante non négative (coefficient de capturabilité).

Le coefficient de capturabilité de la classe d'âge 2 est normé à 1 : $q_2 = 1$

Le coefficient de capturabilité de la classe d'âge 1 est déterminé par :

$$q_1 = 1 - s, \text{ avec } 0 \leq s \leq 1$$

où s est un paramètre technique traduisant la sélectivité plus ou moins bonne de la technique de pêche adoptée.

Une amélioration de la sélectivité engendre un coût :

- (i) Soit en termes de coût de l'effort de pêche unitaire ;
- (ii) Soit en termes de pertes liées à l'échappement d'individus commercialisables ce qui est typiquement le cas d'une mesure d'amélioration de la sélectivité consistant à agrandir le maillage du chalut.

La littérature existante sur les impacts économiques de mesures de sélectivité met ainsi en évidence les pertes importantes à court terme de ce type de mesures. Griffin et Oliver (1991) estimaient ainsi que l'adoption d'un dispositif d'exclusion des tortues (TED) dans la pêche crevettière du golfe du Mexique coûterait environ 1 million de dollars correspondant à la valeur actualisée nette de la perte de rente sur une période de dix ans. Hendrickson et Griffin (1993) estiment quant à eux qu'un dispositif sélectif permettant de diminuer les captures accessoires des navires de la pêche crevettière du golfe du Mexique coûterait entre 1.6 et 2.7 millions de dollars de perte de rente par an⁴⁷.

On explore ici la seconde voie en supposant que l'amélioration de la sélectivité réduit la capturabilité sur l'âge 1. On suppose que la sélectivité n'implique pas de modification des coûts de production. On envisage en effet une amélioration de la sélectivité type augmentation de maillage ou adoption d'un dispositif sélectif. Le coût de ces améliorations de la sélectivité correspond essentiellement à des pertes liées à l'échappement de catégories commercialisables.

Trois situations sont possibles :

Scénario I : $s = 0$. Ce cas suppose une **technique non sélective** (technique I) capturant des individus des deux classes d'âge. La sélectivité est nulle, au sens où la capturabilité des deux classes d'âge est la même ($q_1 = q_2 = 1$). Cette technique donne lieu à des productions jointes.

Scénario II : $s = 1$. Ce cas correspond au cas d'une **technique de pêche parfaitement sélective** (technique II), capturant exclusivement des individus de la classe d'âge 2. La sélectivité est totale sur la classe d'âge 1. Ce scénario suppose qu'il n'y a pas de productions jointes.

Scénario III : $0 < s < 1$. Ce cas correspond au cas d'une **sélectivité imparfaite** sur l'âge 1. Des individus de classe d'âge 1 sont capturés mais avec une capturabilité plus faible que celle de la classe d'âge 2 ($0 < q_1 < 1$). La sélectivité sur la classe d'âge 1 est d'autant meilleure que s est proche de 1.

q_i	Classe 1	Classe 2
Scénario I	1	1
Scénario II	0	1
Scénario III	$]0 ; 1[$	1

Tableau 3. 1: Description des scénarios testés

⁴⁷ Cependant ces travaux ne prennent pas en compte les bénéfices potentiels de long terme liés à l'augmentation des volumes capturés et au changement de structure en taille des captures (davantage d'individus de plus grande taille obtenant un meilleur prix) qui permettraient de compenser les pertes de court-terme. Les pertes de court-terme élevées sont la conséquence d'une diminution des captures accessoires d'espèces et tailles commercialisables.

Les changements de biomasse dus au recrutement, à la croissance pondérale des individus et à la mortalité naturelle sont supposés intervenir de façon discrète en début d'année (juste avant le début de la campagne de pêche). Le recrutement annuel ($R > 0$) est exogène et supposé constant. Le recrutement est normé à 1.

Entre la classe 1 et la classe 2, en l'absence de pêche, le changement de biomasse résulte du jeu simultané des deux facteurs suivants :

- croissance pondérale des individus (augmentation de la biomasse, *ceteris paribus*)
- mortalité naturelle (diminution de la biomasse, *ceteris paribus*)

L'effet de ces deux facteurs sur la biomasse est symbolisé par la constante positive a , égale à la biomasse d'une cohorte au moment où elle entre dans la classe d'âge 2, divisée par la biomasse de cette même cohorte au moment du recrutement (en l'absence de pêche). La biomasse de la classe d'âge 2 en début de saison de pêche s'écrit : ae^{-F_1} . Le coefficient a est supérieur à 1 si l'effet de la croissance pondérale l'emporte sur l'effet de la mortalité naturelle et inférieur à 1 dans le cas inverse.

Les prix au débarquement sont exogènes, positifs et constants. On note $p_i, (i = 1, 2)$ le prix au kg des débarquements d'individus de la classe i . On suppose que $p_2 > p_1$. On supposera d'autre part que $ap_2 > p_1$, c'est-à-dire que la valeur de la biomasse non exploitée 2 est plus importante lorsqu'elle atteint la classe d'âge 2 qu'au moment du recrutement (l'effet de la croissance pondérale est supérieur à l'effet de la mortalité naturelle $a \geq 1$). Lorsque $p_1 \geq ap_2$, la technique non sélective est la plus rentable quoi qu'il arrive. Dans la mesure où par hypothèse $p_1 < p_2$, cette situation n'est possible que si $a < 1$, i.e., si l'effet de la mortalité naturelle l'emporte sur l'effet de gain de poids lors du passage de la classe 1 à la classe 2.

3. Impacts d'une amélioration de la sélectivité sur les captures et la valeur débarquée

Les impacts d'une amélioration de la sélectivité sur les captures de classe d'âge 1, de classe d'âge 2 et sur la valeur totale débarquée sont analysés à l'équilibre dans cette section en fonction du niveau de l'effort de pêche et permettent de souligner la substituabilité ou complémentarité entre sélectivité et effort de pêche.

3.1. Equation de Capture annuelle d'individus de classe d'âge i

Soit $X_i(t)$, la biomasse de la classe i (i=1,2) en cours d'année ($t \in [0;1]$). La seule cause de variation de la biomasse en cours d'année étant la mortalité par pêche appliquée par la pêche, on peut écrire :

$$-\frac{dX_i / dt}{X_i(t)} = F_i \quad (i=1,2)$$

Le taux de mortalité par pêche F_i étant constant au cours du temps, l'intégration de l'équation précédente donne :

$$X_i(t) = X_i(0)e^{-F_i t} \quad (i=1,2)$$

où $X_i(0)$ représente la biomasse de la classe i en début d'année (juste après recrutement si i=1 ; juste après croissance pondérale et mortalité naturelle si i=2)

En fin d'année, l'équation ci-dessus s'écrit :

$$X_i(1) = X_i(0)e^{-F_i} \quad (i=1,2)$$

Le volume des captures d'individus de classe i réalisés sur l'année est donc:

$$Y_i = X_i(0) - X_i(1) = X_i(0)(1 - e^{-F_i})$$

3.2. Application à la classe d'âge 1

Pour la classe d'âge 1 (i=1), on a :

$$\left. \begin{array}{l} X_1(0) = R = 1 \\ F_1 = (1-s)E \end{array} \right\} \Rightarrow Y_1 = 1 - e^{-(1-s)E}$$

Dans le cas où la **sélectivité sur la classe d'âge 1 est parfaite**, on a :

$$s = 1 \Rightarrow F_1 = 0 \Rightarrow Y_1 = 0, \forall E$$

Les captures d'individus de classe d'âge 1 sont nulles.

Dans le cas où la **sélectivité est imparfaite ou nulle**, on a :

$$0 \leq s < 1 \Rightarrow F_1 > 0 \Rightarrow Y_1 > 0, E > 0$$

La fonction de capture de classe d'âge 1 est une fonction croissante concave de l'effort de pêche :

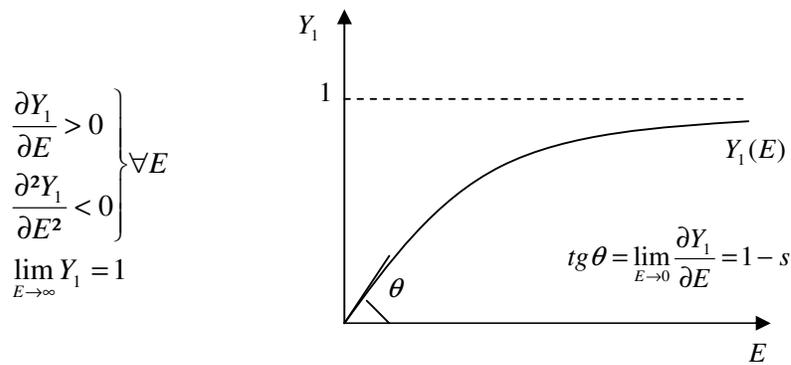


Figure 3. 1: Courbe de capture d'individus de classe d'âge 1 en fonction de l'effort de pêche dans le cas où la sélectivité sur la classe d'âge 1 est imparfaite ou nulle.

A effort inchangé, une augmentation de la sélectivité réduit les captures de classe d'âge 1 de la façon suivante :

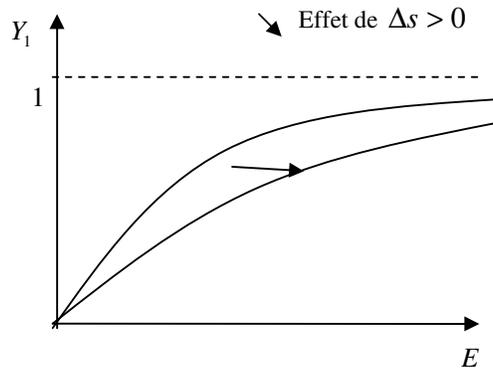


Figure 3. 2 : Effet d'une augmentation de la sélectivité sur la courbe de capture d'individus de classe d'âge 1 en fonction de l'effort de pêche.

Toutefois cette diminution des captures peut être compensée si l'effort augmente suffisamment dans le même temps. Quelle que soit la sélectivité (à l'exception du cas de sélectivité parfaite), toute la biomasse de la classe d'âge 1 tend à être capturée quand l'effort augmente indéfiniment ($\lim_{E \rightarrow \infty} Y_1 = 1, \forall s \in [0;1[$).

3.3. Application à la classe d'âge 2

Pour la classe d'âge 2 ($i=2$), on a :

$$\left. \begin{array}{l} X_2(0) = ae^{-F_1} = ae^{-(1-s)E} \\ F_2 = E \end{array} \right\} \Rightarrow Y_2 = ae^{-(1-s)E} (1 - e^{-E})$$

Dans le cas où la **sélectivité sur la classe d'âge 1 est parfaite**, on a :

$$s = 1 \Rightarrow Y_2 = a(1 - e^{-E})$$

Dans ce cas, la fonction de capture d'individus de classe d'âge 2 est une fonction monotone croissante et concave de l'effort de pêche :

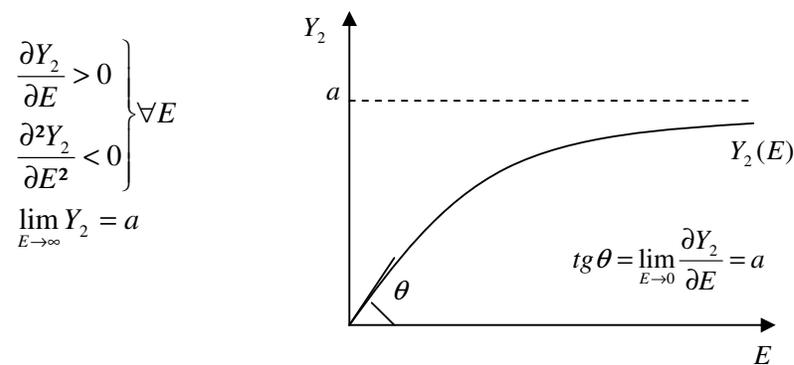


Figure 3.3 : Courbe de capture d'individus de classe d'âge 2 en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité parfaite sur la classe d'âge 1.

Dans le cas où la **sélectivité est imparfaite ou nulle**, on a :

$$0 \leq s < 1 \Rightarrow Y_2 = ae^{-(1-s)E} (1 - e^{-E})$$

L'effort de pêche exerce deux effets contradictoires sur les captures de classe d'âge 2 (Y_2) :

- (i) Un effet positif pour une biomasse en début de classe d'âge 2 donné
- (ii) Un effet négatif dans la mesure où l'effort accroît la mortalité sur la classe d'âge 1
(lorsque $E \rightarrow \infty, Y_2 \rightarrow 0$ car tous les individus ou presque sont capturés dès l'âge 1)

La fonction de capture de classe d'âge 2 a la forme suivante :

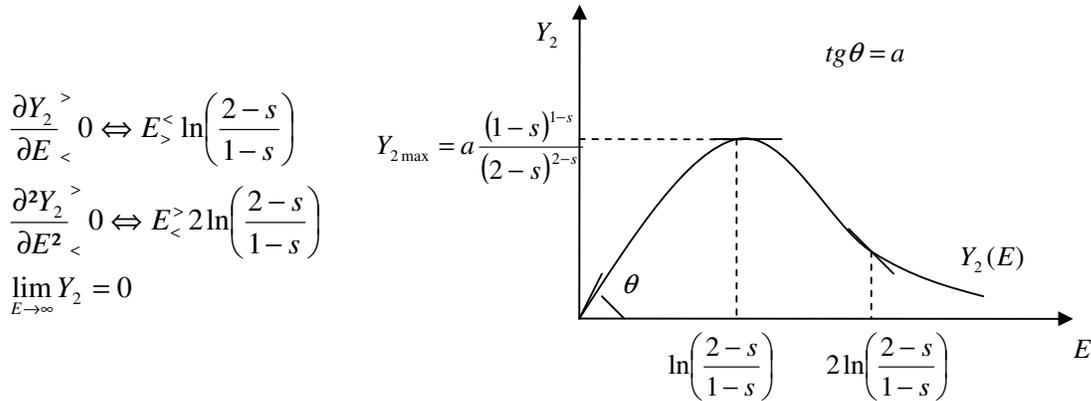


Figure 3. 4 : Courbe de capture d’individus de classe d’âge 2 en fonction de l’effort de pêche dans le cas d’une sélectivité imparfaite ou nulle sur la classe d’âge 1.

Lorsque la sélectivité sur la classe d’âge 1 est imparfaite ou nulle, les captures de la classe d’âge 2 forment à l’équilibre, une fonction croissante puis décroissante de l’effort de pêche et tendent vers 0 lorsque l’effort tend vers l’infini.

Lorsque l’effort augmente, de plus en plus d’individus sont capturés dès l’âge 1, ce qui diminue la biomasse exploitable à l’âge 2. Passé un certain seuil, cet effet l’emporte sur l’effet direct de l’effort sur les captures d’âge 2, et la pêche tend à devenir une pêche de recrutement.

L’effet d’une augmentation de la sélectivité sur la classe d’âge 1 sur la courbe de capture d’individus de classe d’âge 2 en fonction de l’effort ($Y_2(E)$) est le suivant :

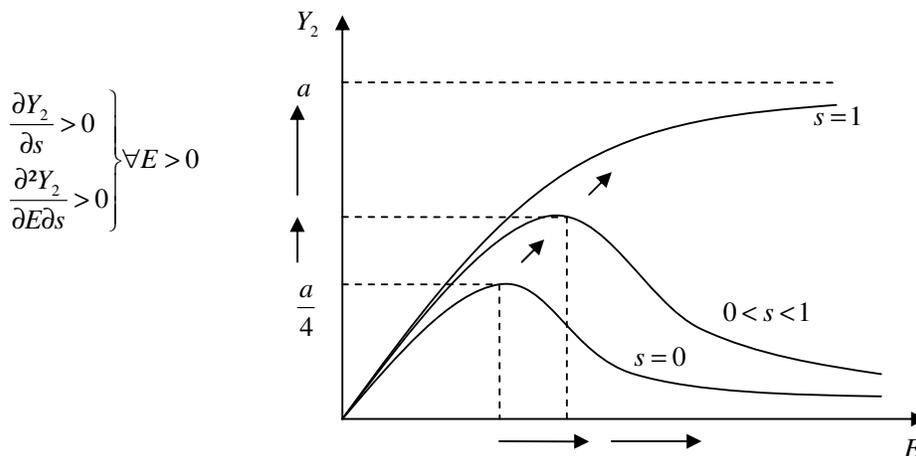


Figure 3. 5 : Effet d’une augmentation de la sélectivité sur la courbe de capture d’individus de classe d’âge 2 en fonction de l’effort de pêche.

On a le tableau de valeur suivant :

s	0 \nearrow 1
$\hat{E} = \ln\left(\frac{2-s}{1-s}\right)$	$\ln 2 \nearrow \infty$
$Y_{2\max}$	$\frac{a}{4} \nearrow a$

Tableau 3. 2 : Evolution du volume de capture de classe d'âge 2 maximum et du seuil d'effort \hat{E} correspondant pour une amélioration de la sélectivité sur la classe d'âge 1.

Pour tout niveau d'effort positif ($E > 0$), une amélioration de la sélectivité améliore les captures de classe d'âge 2. Elle améliore également la productivité marginale de l'effort ($\frac{\partial Y_2}{\partial E} > 0$) et recule donc le seuil \hat{E} à partir duquel les captures de classe d'âge 2 commencent à décliner. Sauf dans le cas de la sélectivité parfaite sur la classe d'âge 1, la courbe $Y_2(E)$ tend cependant toujours vers zéro lorsque l'effort de pêche tend vers l'infini (pêcherie de recrutement).

3.4. Valeur débarquée

La valeur des captures de classe d'âge 1 et de classe d'âge 2 débarquées est donnée par :

$$V = p_1 Y_1 + p_2 Y_2$$

Avec
$$\begin{aligned} Y_1 &= (1 - e^{-(1-s)E}) \\ Y_2 &= a e^{-(1-s)E} (1 - e^{-E}) \end{aligned}$$

Soit
$$V = p_1 (1 - e^{-(1-s)E}) + p_2 a e^{-(1-s)E} (1 - e^{-E})$$

Dans le cas d'une **sélectivité parfaite sur la classe d'âge 1** ($s=1$), on a la valeur débarquée suivante :

$$s = 1 \Rightarrow V = p_2 Y_2 = a p_2 (1 - e^{-E})$$

La fonction de valeur débarquée est une fonction croissante concave de l'effort de pêche :

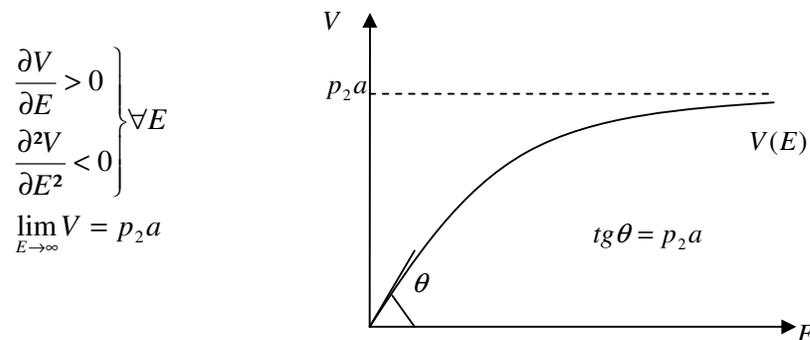


Figure 3. 6 : Courbe de la valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité parfaite sur la classe d'âge 1.

Dans ce cas, la totalité du chiffre d'affaires est procurée par les ventes d'individus de classe d'âge 2 ($V = p_2 Y_2$). La fonction $V(E)$ est confondue avec la fonction $V_2(E)$ à une constante multiplicative près.

Dans le cas où la **sélectivité est imparfaite ou nulle** ($0 \leq s < 1$), la valeur débarquée est :

$$V = p_1(1 - e^{-(1-s)E}) + p_2 a e^{-(1-s)E} (1 - e^{-E}).$$

La courbe de la valeur débarquée en fonction de l'effort a la forme suivante :

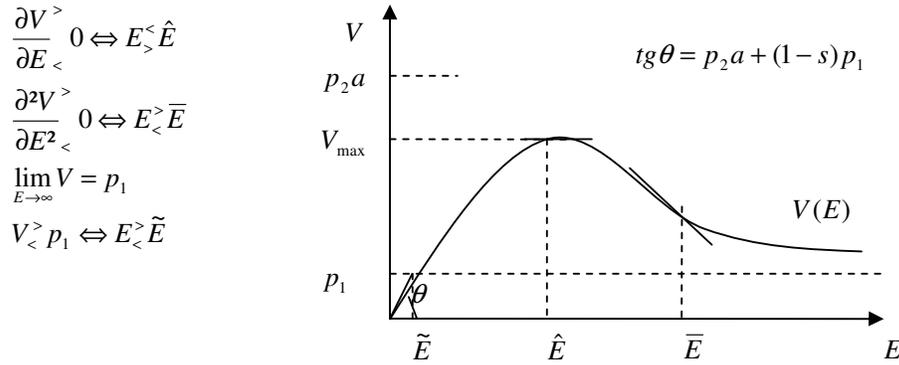


Figure 3. 7 : Courbe de la valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité imparfaite ou nulle sur la classe d'âge 1.

Les points remarquables de la courbe sont :

$$\tilde{E} = \ln \frac{p_2 a}{p_2 a - p_1}$$

$$\hat{E} = \ln \frac{p_2 a}{p_2 a - p_1} + \ln \frac{2-s}{1-s}$$

$$\bar{E} = \ln \frac{p_2 a}{p_2 a - p_1} + 2 \ln \frac{2-s}{1-s}$$

$$V_{\max} = V(\hat{E}) = p_1 + p_2 a \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a}\right)^{2-s} \frac{(1-s)^{1-s}}{(2-s)^{2-s}}$$

L'hypothèse $p_2 a > p_1$ entraîne $p_1 < V_{\max} < p_2 a$. La courbe $V(E)$ dépasse le niveau p_1 lorsque l'effort de pêche dépasse le niveau \tilde{E} . \tilde{E} est indépendant de la sélectivité.

Dans le cas où la sélectivité sur la classe d'âge 1 est imparfaite, la fonction $V(E)$ (valeur débarquée en fonction de l'effort) est une moyenne pondérée de la valeur de classe d'âge 1 débarquée ($V_1(E)$) et de la valeur de classe d'âge 2 débarquée ($V_2(E)$), les coefficients de pondération étant respectivement p_1

et p_2 . Le profil de la courbe $V(E)$ se rapproche plus ou moins de celui de $Y_1(E)$ ou de celui de $Y_2(E)$ selon le poids respectif de p_1 et de p_2 . La fonction de valeur débarquée tend vers p_1 lorsque l'effort de pêche tend vers l'infini, c'est-à-dire que V tend vers la recette procurée par l'exploitation intégrale de la classe d'âge 1 (cas d'une pêcherie de recrutement).

L'effet d'une augmentation de la sélectivité sur la courbe de valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche est le suivant :

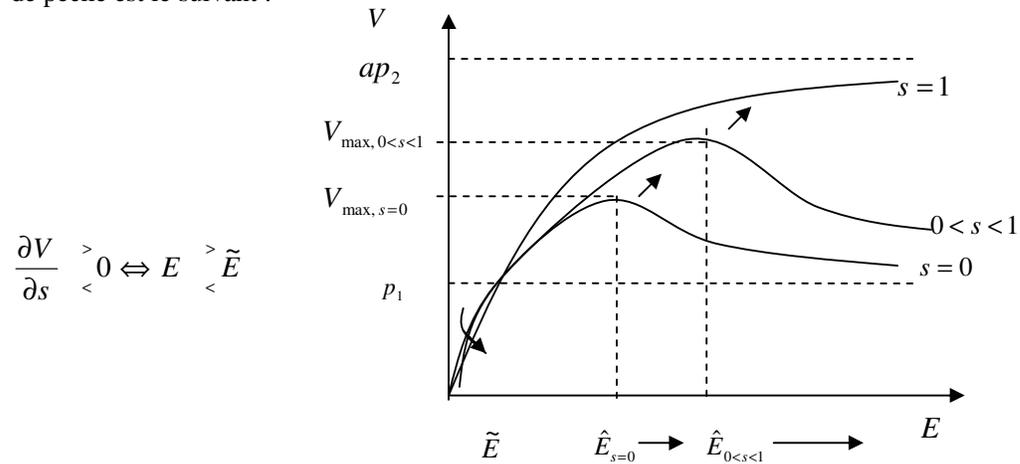


Figure 3. 8 : Effet d'une augmentation de la sélectivité sur la courbe de valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche.

On a le tableau de valeur suivant :

s	0	→	1
\hat{E}	$\ln\left(\frac{2p_2a}{p_2a - p_1}\right)$	→	∞
V_{\max}	$p_1 + \frac{p_2a}{4} \left(1 - \frac{p_1}{p_2a}\right)$	→	p_2a

Tableau 3. 3 : Evolution de la valeur des captures maximum et du seuil d'effort \hat{E} correspondant pour une amélioration de la sélectivité sur la classe d'âge 1.

L'augmentation de la sélectivité accroît donc la valeur maximale des débarquements (V_{\max}). Elle accroît d'autre part le niveau d'effort \hat{E} au-delà duquel la valeur débarquée commence à diminuer (le seuil à partir duquel l'effort de pêche influence négativement la capture est d'autant plus élevé que la sélectivité est bonne). Enfin, une amélioration de la sélectivité accroît la valeur débarquée pour un

niveau d'effort donné, si ce niveau dépasse le seuil \tilde{E} . Pour un effort inférieur à ce seuil, l'effet est inverse : plus la sélectivité est forte, plus la valeur débarquée est faible. En effet, pour un niveau d'effort faible, on débarque une plus grande valeur en étant peu sélectif car l'effet négatif de la non-sélectivité est faible. En revanche pour un niveau d'effort élevé, la non-sélectivité est pénalisante car elle affecte fortement la classe d'âge 2 (pêcherie de recrutement).

L'analyse menée dans cette section permet de mettre en évidence que selon le niveau de l'effort dans la pêche, sélectivité et effort peuvent être des facteurs de production complémentaires ou substituables. Pour des niveaux d'effort faibles, une amélioration de la sélectivité diminue la valeur des débarquements, une augmentation de l'effort de pêche permet en revanche de l'augmenter. Lorsque l'effort de pêche se situe dans l'intervalle $[\tilde{E} ; \hat{E}]$, sélectivité et effort sont substituables. On peut ainsi diminuer la sélectivité et augmenter l'effort (à captures inchangées) ou inversement augmenter la sélectivité et diminuer l'effort. Lorsque l'effort de pêche dépasse le seuil \hat{E} à partir duquel la valeur diminue lorsque l'effort augmente, sélectivité et effort sont de nouveau complémentaires. Une augmentation de la sélectivité permet de compenser la diminution de la valeur liée à une augmentation de l'effort⁴⁸.

4. Equilibre optimal de la pêche

L'équilibre optimal de la pêche correspond à la combinaison sélectivité-effort optimale autrement dit au régime d'exploitation optimal.

Le régime d'exploitation optimal de la pêche (ou équilibre optimal) est déterminé en deux étapes :

- (i) On cherche dans un premier temps à déterminer la courbe-enveloppe c'est-à-dire la meilleure technique (ici la sélectivité optimale) pour un niveau d'effort donné.
- (ii) On cherche ensuite le niveau d'effort optimal quand la technique optimale est adoptée.

4.1. Définition et détermination de la courbe-enveloppe

La courbe-enveloppe correspond à la courbe $\tilde{V}(E)$ telle que :

$$\tilde{V}(E) = \max_s V_s(E), \forall E$$

où $V_s(E)$ est la fonction reliant la valeur débarquée à l'effort de pêche pour un niveau de sélectivité s donné.

⁴⁸ Ces caractéristiques de complémentarité et substituabilité de l'effort et de la sélectivité expliquent la forme des isoplèthes, lieux géométriques des combinaisons (s,E) assurant un même volume de captures.

La courbe-enveloppe est donc celle qui relie la valeur débarquée à l'effort en faisant l'hypothèse que pour chaque niveau d'effort E, la sélectivité optimale $s^*(E)$ a été choisie (c'est-à-dire la sélectivité permettant de maximiser la valeur débarquée).

Pour un effort de pêche E donné, il faut déterminer la sélectivité ($s \in [0;1]$) qui maximise $V_s(E)$:

$$\frac{\partial V}{\partial s} = Ee^{-(1-s)E} (p_2 a(1-e^{-E}) - p_1)$$

On a :

$$\frac{\partial V}{\partial s} = Ee^{-(1-s)E} (p_2 a(1-e^{-E}) - p_1) \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \Leftrightarrow 1-e^{-E} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \frac{p_1}{p_2 a} \Leftrightarrow E \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \ln\left(\frac{p_2 a}{p_2 a - p_1}\right)$$

On note $\tilde{E} = \ln\left(\frac{p_2 a}{p_2 a - p_1}\right)$, le point d'aiguillage.

Trois cas se présentent :

Premier cas : l'effort de pêche E est inférieur au seuil \tilde{E}

$$E < \tilde{E} \Rightarrow \frac{\partial V}{\partial s} < 0$$

Dans ce cas, une amélioration de la sélectivité réduit la valeur débarquée. La sélectivité optimale correspond donc à la sélectivité nulle sur la classe d'âge 1 ($s^* = 0$) et l'équation de la courbe-enveloppe est :

$$\tilde{V}(E) = (p_1 + p_2 a e^{-E})(1 - e^{-E})$$

Deuxième cas : l'effort de pêche E est égal au seuil \tilde{E}

Dans ce cas, la sélectivité optimale est indéterminée. On a donc :

$$\tilde{V} = p_1, \forall s$$

Troisième cas : l'effort de pêche est supérieur au seuil \tilde{E}

$$E > \tilde{E} \Rightarrow \frac{\partial V}{\partial s} > 0$$

Dans ce cas, une amélioration de la sélectivité accroît la valeur des débarquements. La sélectivité optimale correspond donc à une sélectivité parfaite sur les individus de classe d'âge 1 ($s^* = 1$) et l'équation de la courbe-enveloppe est :

$$\tilde{V}(E) = p_2 a(1 - e^{-E})$$

On a donc la forme de la courbe-enveloppe et la sélectivité optimale correspondante suivante :

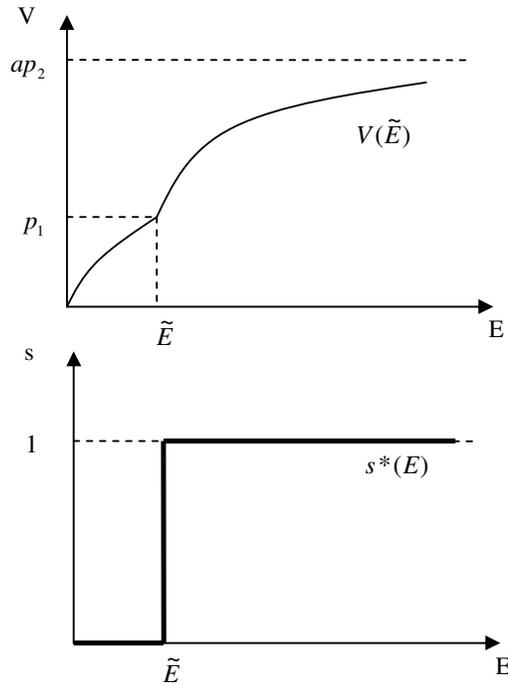


Figure 3. 9 : Courbe-enveloppe $V(\tilde{E})$ et sélectivité optimale correspondante.

Dans ce modèle simplifié, les techniques intermédiaires à sélectivité imparfaite ($0 < s < 1$) ne sont jamais efficaces sauf au point d'aiguillage \tilde{E} . En deçà de ce seuil, la technique non sélective est la meilleure ($s^* = 0$). Au-delà de ce seuil, la technique sélective est la meilleure ($s^* = 1$).

La courbe-enveloppe est donc formée de :

- la fraction de la courbe $V_{s=0}(E)$ pour $E \leq \tilde{E}$
- la fraction de la courbe $V_{s=1}(E)$ pour $E \geq \tilde{E}$

La courbe $V(\tilde{E})$ est continue et strictement croissante. Cette courbe a une asymptote horizontale $V = ap_2$ lorsque l'effort de pêche tend vers l'infini. Elle est dérivable en tout point, sauf au point d'aiguillage \tilde{E} . Elle est strictement concave sur $E \in [0; \tilde{E}[\cup]\tilde{E}; +\infty[$.

Le point d'aiguillage ($E = \tilde{E}; V = p_1$) est un point anguleux où la dérivée à gauche de $V(\tilde{E})$ est inférieure à la dérivée à droite de $V(\tilde{E})$:

$$p_2 a \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a}\right)^2 < p_2 a \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a}\right)$$

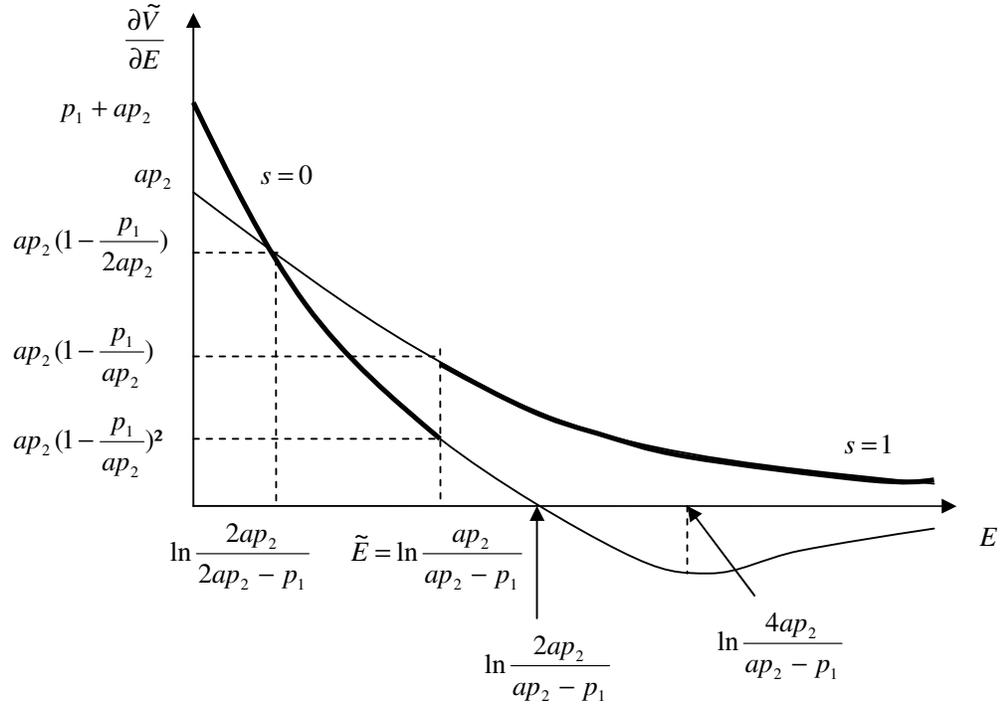


Figure 3. 10 : Dérivée de la courbe-enveloppe par rapport à l'effort $\frac{\partial \tilde{V}}{\partial E}$.

4.2. Présentation du problème d'équilibre optimal

L'équilibre optimal de la pêche correspond à une situation où le niveau d'effort E et le niveau de sélectivité s permettent de maximiser la rente halieutique $\Pi = V - CE$ (où >0 est un paramètre représentant le coût unitaire de l'effort de pêche).

L'optimalité de la sélectivité s , signifie que la valeur débarquée V doit appartenir à la courbe-enveloppe. Si l'on note V^* , la valeur débarquée optimale (c'est-à-dire qui permet de maximiser la rente), on a :

$$V^* = V(E^*, s^*) = V_{s^*}(E^*) = \tilde{V}(E^*)$$

Connaissant l'équation de la courbe-enveloppe :

$$\tilde{V}(E) = (p_1 + p_2 a e^{-E})(1 - e^{-E}) \quad \text{pour } E \leq \tilde{E}$$

$$\tilde{V}(E) = p_2 a (1 - e^{-E}) \quad \text{pour } E \geq \tilde{E}$$

On peut écrire le problème de l'équilibre optimal de la pêche sous la forme suivante :

Déterminer $E \geq 0$

Tel que : $[\tilde{V}(E) - CE] \rightarrow \max$

La courbe-enveloppe étant strictement concave et dérivable en tout point sauf au point d'aiguillage \tilde{E} , l'effort optimal E^* vérifie normalement la condition de premier ordre :

$$\frac{\partial \Pi}{\partial E} = 0 \Rightarrow \frac{\partial \tilde{V}}{\partial E} = C$$

Cependant, étant donné la non-concavité de $V(\tilde{E})$ au point d'aiguillage, deux optima locaux sont possibles (notés E_I^* et E_{II}^*)

Cette situation a lieu lorsque le coût unitaire de l'effort de pêche est tel que :

$$ap_2(1 - \frac{p_1}{ap_2})^2 < C < ap_2(1 - \frac{p_1}{ap_2})$$

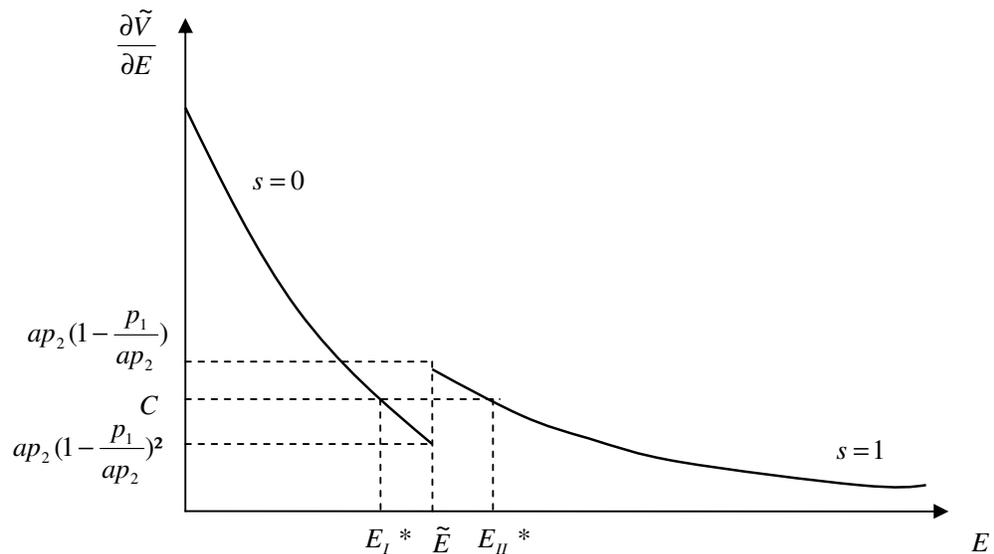


Figure 3. 11 : Optima locaux d'effort dans le cas où $ap_2(1 - \frac{p_1}{ap_2})^2 < C < ap_2(1 - \frac{p_1}{ap_2})$

Dans ce cas, pour déterminer l'optimum global, il faut comparer les niveaux de rente obtenus pour chacun des deux optima locaux.

4.3. Recherche d'un optimum local sur la partie de la courbe-enveloppe correspondant à une sélectivité nulle ($s^*=0$)

Dans le cas où l'on se situe sur la partie de la courbe-enveloppe correspondant à une sélectivité nulle,

l'égalité $\frac{\partial \tilde{V}}{\partial E} = C$ s'écrit :

$$\tilde{V}(E) = e^{-E} (p_1 - p_2 a (1 - 2e^{-E})) = C$$

On a donc :

$$e^{-E_I^*} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} + \Delta^{\frac{1}{2}} \right)$$

soit

$$E_I^* = \ln \frac{4}{\left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} + \Delta^{\frac{1}{2}} \right)}$$

$$\text{avec } \Delta = \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} \right)^2 + 8 \frac{C}{p_2 a}$$

La condition de non négativité $E_I^* \geq 0$ implique que $p_1 + p_2 a \geq C$;

En outre, pour être sur la courbe-enveloppe, l'effort E_I^* doit être inférieur ou égal au point d'aiguillage \tilde{E} , ce qui implique que :

$$C \geq p_2 a \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} \right)^2$$

L'effort E_I^* est un donc un optimum local si et seulement si

$$p_2 a \left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} \right)^2 \leq C \leq p_1 + p_2 a$$

on peut noter que si $C \geq p_1 + p_2 a$, la marée n'est pas rentable et l'effort optimal est donc nul.

4.4. Recherche d'un optimum local sur la partie de la courbe-enveloppe correspondant à une sélectivité parfaite ($s^*=1$)

Dans le cas où l'on se situe sur la partie de la courbe-enveloppe correspondant à une sélectivité parfaite, l'égalité $\frac{\partial \tilde{V}}{\partial E} = C$ s'écrit :

$$\tilde{V}(E) = p_2 a e^{-E_{II}^*} = C$$

On a donc :

$$e^{-E_{II}^*} = \frac{C}{p_2 a}$$

soit

$$E_{II}^* = \ln \frac{p_2 a}{C}$$

La condition de non négativité $E_{II}^* \geq 0$ implique que $p_2 a \geq C$;

En outre, pour être sur la courbe-enveloppe, l'effort E_{II}^* doit être supérieur ou égal au point d'aiguillage \tilde{E} , ce qui implique que :

$$C \leq p_2 a - p_1$$

(Cette condition englobe la précédente)

4.5. Détermination de l'optimum global

Selon le niveau du coût unitaire de l'effort de pêche C , on distingue les cas suivants :

1. Lorsque $C > p_2 a + p_1$

La rente est négative quel que soit l'effort de pêche. L'effort de pêche optimal E^* est donc nul.

2. Lorsque $ap_2 - p_1 < C \leq ap_2 + p_1$

Il existe un optimum unique : $E_I^* = \ln \frac{4}{\left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} + \Delta^{\frac{1}{2}}\right)}$

3. Lorsque $ap_2 \left(1 - \frac{p_1}{ap_2}\right)^2 \leq C \leq ap_2 - p_1$

Il y a deux optima locaux :

$$E_I^* = \ln \frac{4}{\left(1 - \frac{p_1}{p_2 a} + \Delta^{\frac{1}{2}}\right)}$$

et

$$E_{II}^* = \ln \frac{p_2 a}{C}$$

4. Lorsque $C > ap_2 \left(1 - \frac{p_1}{ap_2}\right)^2$

Il existe un optimum unique : $E_{II}^* = \ln \frac{p_2 a}{C}$

L'optimum global est donc déterminé sauf dans le cas 3. Pour déterminer l'optimum global dans ce cas, il faut comparer les deux optima locaux.

On montre que la différence de rente halieutique entre le scénario non sélectif et le scénario sélectif $\Pi_I^* - \Pi_{II}^*$ est une fonction continue, monotone croissante du coût unitaire de l'effort de pêche C (annexe 3.1). Un coût élevé de l'effort de pêche avantage donc la technique non sélective par rapport à la technique sélective. $f(C) = \Pi_I^* - \Pi_{II}^*$ est négative pour $C = ap_2 \left(1 - \frac{p_1}{ap_2}\right)^2$ et positive pour

$C = ap_2 \left(1 - \frac{p_1}{ap_2}\right)$. Il existe donc entre ces deux valeurs un niveau de coût intermédiaire

$$\tilde{C} \in]ap_2 \left(1 - \frac{p_1}{ap_2}\right)^2; ap_2 \left(1 - \frac{p_1}{ap_2}\right)[\text{ tel que } \Pi_I^* = \Pi_{II}^* .$$

L'optimum global de la pêche est donc tel que :

Pour $C > p_1 + ap_2$, $E^*=0$. Dans ce cas, la marée n'est pas rentable. Le comportement optimal est donc de rester au port.

Pour $C > \tilde{C}$, E_I^* est l'optimum global, la technique non sélective est optimale ($s^*=0$)

Pour $C < \tilde{C}$, E_{II}^* est l'optimum global, la technique sélective est optimale ($s^*=1$)

L'analyse révèle donc qu'un coût élevé de l'effort de pêche avantage la technique non sélective (lorsque le coût est inférieur au seuil de rentabilité de la marée). Avec cette technique en effet, l'effort optimal est plus faible qu'avec la technique sélective ($E_I^* < E_{II}^*$).

Dans le cas d'une pêche gérée de façon optimale, une augmentation du coût de l'effort inciterait donc dans un premier temps à réduire l'effort de pêche (et donc l'emploi dans la pêche) en conservant une technique sélective. Pour un coût de l'effort atteignant \tilde{C} , il deviendrait ensuite rentable d'être non-sélectif étant donné le niveau optimal d'effort de pêche correspondant à ce coût. La tendance à l'augmentation du coût du carburant observée ces dernières années inciterait donc à diminuer la sélectivité et aggraverait le problème de l'emploi. Le progrès technique permet néanmoins de limiter en partie cet effet. On montre d'autre part, qu'une hausse du prix de la classe d'âge 1 (relativement au prix de la classe d'âge 2) favorise le recours à une technique non sélective ($s=0$) et réciproquement (annexe 3.2).

5. Rentabilité sociale et rentabilité privée de la sélectivité

L'analyse de la rentabilité d'une amélioration de la sélectivité a été menée dans la section précédente à l'échelle de la pêche. Nous comparons dans cette section la rentabilité sociale d'une amélioration de la sélectivité et la rentabilité individuelle dans le cas d'une sélectivité non observable et contournable, cas le plus général⁴⁹.

5.1. Hypothèses

On suppose le cas d'une pêche opérée par n pêcheurs identiques ($n>1$).

On fait l'hypothèse que l'effort de pêche individuel est contrôlé. On a donc :

$$E_i = \frac{E}{n} \text{ exogène } (i=1, \dots, n).$$

On suppose comme dans les sections précédentes un stock unique composé de deux classes d'âge (1,2). Deux techniques de pêche peuvent être utilisées :

⁴⁹ Il existe en effet une infinité de moyens de contrecarrer les différentes mesures techniques imposées de telle sorte qu'ils correspondent à la réglementation mais ne produisent pas l'amélioration de la sélectivité attendue. Les réglementations concernant les mesures techniques ne portent pas sur l'ensemble de l'engin de pêche mais seulement sur quelques caractéristiques, sur la taille des mailles du cul du chalut en particulier (Règlement (CE) N° 850/1998). Le pêcheur est donc libre de modifier le reste de l'engin. Certains pêcheurs affirment ainsi pouvoir capturer les mêmes espèces et les mêmes tailles avec une maille de 70 mm ou une maille de 100 mm. En modifiant la taille des mailles dans le goulet ou en changeant le fil (fil cristal à la place du fil vert), on modifie la sélectivité des chaluts (Ifremer, Lorient technologie des pêches com.pers.). Il s'agit là de modifications autorisées, mais on entend souvent parler de techniques plus ou moins légales destinées à modifier la taille des mailles : pneu dans le cul du chalut pour étirer les mailles avec la traction, chalut étiré dans des solvants qui figent la maille en position étirée, « chaussette » c'est-à-dire double cul de chalut largable (Laurec, com.pers.). La difficulté à observer la sélectivité réellement appliquée et la diversité des moyens permettant de détourner des mesures techniques limite l'efficacité des réglementations sur la sélectivité. Le contrôle des mesures réglementaires reste d'autre part très difficile à mettre en oeuvre et coûteux (observateurs à bord...).

- (i) une technique I non sélective capturant les deux classes d'âge. On suppose pour simplifier que le coefficient de capturabilité des deux classes d'âge est le même pour cette technique : $q_1 = q_2 = q$
- (ii) une technique II sélective ne capturant que la classe d'âge 2 telle que $q_1 = 0$ et $q_2 = q$

Les prix sont supposés exogènes, et on suppose que le prix des individus de classe d'âge 2 est supérieur au prix des individus de classe d'âge 1 ($p_2 > p_1$).

On suppose que le niveau d'effort de pêche est tel que la sélectivité est socialement optimale, c'est-à-dire que la valeur globale débarquée est plus forte avec la technique II qu'avec la technique I:

$$aRp_2(1 - e^{-qE}) > R(p_1 + ap_2e^{-qE})(1 - e^{-qE}) \Leftrightarrow 1 - e^{-qE} > \frac{p_1}{ap_2}$$

On suppose d'autre part que la sélectivité n'est pas observable au niveau individuel, c'est-à-dire qu'elle peut être modifiée sans qu'on le sache. Il existe donc des possibilités de comportements de « passager clandestin ».

5.2. Analyse du comportement du pêcheur individuel à l'aide de la théorie des jeux (dilemme du prisonnier)

On considère un pêcheur quelconque, noté i , parmi les n pêcheurs. Les $(n-1)$ autres pêcheurs notés collectivement j , sont supposés se comporter de façon homogène.

Les prix et l'effort de pêche étant donnés, l'objectif de i est de maximiser la valeur V_i de ses débarquements.

Le pêcheur choisit donc la technique de pêche I (non sélective) ou II (sélective) qui lui permet de remplir cet objectif (il s'agit d'un choix stratégique).

La valeur V_i qu'il débarque dépend non seulement de la stratégie qu'il adopte mais aussi de l'état du monde constitué par le choix stratégique des autres pêcheurs (c'est-à-dire leur choix d'adopter la technique I ou II).

Quatre scénarios sont donc envisageables, selon le choix stratégique de i et l'état du monde (choix stratégique de j) :

Scénario A : tous les pêcheurs sont sélectifs (ils adoptent tous la technique II)

Scénario B : tous les pêcheurs sauf i sont sélectifs

Scénario C : seul i est sélectif

Scénario D : aucun pêcheur n'est sélectif (tous les pêcheurs adoptent la technique I)

Les scénarios A et D impliquent que i se comporte comme tous les autres. A contrario, les scénarios B et C implique que i adopte un comportement singulier (« passager clandestin » dans le scénario B, « militant » dans le scénario C). Le pêcheur i, ne sait pas cependant quel choix effectuent les autres pêcheurs au moment de prendre sa décision, en effet, la sélectivité n'est pas observable. L'état du monde lui est donc inconnu, ce qui constitue le dilemme du prisonnier.

Les caractéristiques des scénarios (coefficient de capturabilité de la classe d'âge 1, captures de classe d'âge 1, capture de classe d'âge 2 et valeur débarquée) pour le pêcheur i, pour les autres pêcheurs j et pour l'ensemble des pêcheurs sont détaillées en annexe 3.3.

La matrice des gains du jeu peut être représentée comme suit :

		Joueur j	
		Etat du monde (stratégie des autres joueurs)	
Joueur i		Technique I	Technique II
		Non sélective	Sélective
Stratégie du joueur i	Technique I	ViD, VjD	ViB, VjB
	Non sélective	Scénario D	Scénario B
	Technique II	ViC, VjC	ViA, VjA
	Sélective	Scénario C	Scénario A

Tableau 3. 4 : Matrice des gains dans le cas où le joueur i et les autres joueurs j peuvent choisir deux techniques (une sélective et une non sélective).

Le calcul des gains (valeur débarquée pour chaque joueur) correspondant à chaque scénario est décrit en annexe 3.3.

5.3. Classement des valeurs débarquées selon les scénarios.

Les gains des différents scénarios sont analysés à l'échelle de la pêche et à l'échelle individuelle.

Pour l'ensemble de la pêche on a :

$$V_A = aRp_2(1 - e^{-qE})$$

$$V_B = Rp_1(1 - e^{-qE/n}) + aRp_2e^{-qE/n}(1 - e^{-qE})$$

$$V_C = Rp_1(1 - e^{-\frac{n-1}{n}qE}) + ap_2 Re^{-\frac{n-1}{n}qE}(1 - e^{-qE})$$

$$V_D = R(p_1 + ap_2e^{-qE})(1 - e^{-qE})$$

Par hypothèse, le scénario A pour lequel tous les pêcheurs adoptent la technique sélective est le plus rentable, on a :

$$V_A > V_D$$

$$\text{i.e. } 1 - e^{-qE} > \frac{P_1}{ap_2}$$

Sous la même hypothèse, en comparant V_A , V_B (tous les pêcheurs sauf i sont sélectifs) et V_D on obtient :

$$V_A > V_B > V_D$$

De même, en comparant V_A , V_C (seul le pêcheur i est sélectif) et V_D , on obtient :

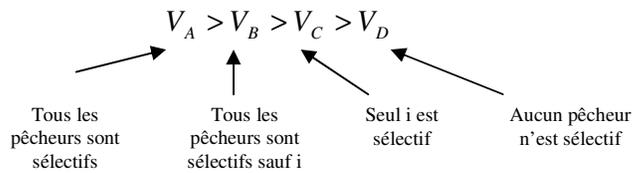
$$V_A > V_C > V_D$$

En comparant V_C et V_B , on obtient ensuite :

$$V_B = V_C, \text{ lorsque } n=2 \text{ et}$$

$$V_B > V_C, \text{ lorsque } n>2$$

On a donc le classement final suivant qui décrit la désirabilité sociale des différents scénarios:



Pour le pêcheur i, on a :

$$\text{En comparant } V_{Ai} = \frac{1}{n} aRp_2(1 - e^{-qE}) \text{ et } V_{Bi} = Rp_1(1 - e^{-qE/n}) + \frac{1}{n} aRp_2e^{-qE/n}(1 - e^{-qE})$$

On obtient :

$$V_{Bi} > V_{Ai} \Leftrightarrow n > \frac{ap_2}{P_1}(1 - e^{-qE})$$

$$\text{(Par hypothèse, on a : } \frac{ap_2}{P_1}(1 - e^{-qE}) > 1)$$

Lorsque les autres pêcheurs sont sélectifs, le comportement de « passager clandestin » est rentable pour i si le nombre total de pêcheur n est suffisamment élevé.

En effet, le choix de la sélectivité par i implique :

- un bénéfice (amélioration des captures d'âge 2)
- un coût (renonciation aux captures de classe d'âge 1)

A l'échelle de la pêche, le bénéfice l'emporte par hypothèse sur le coût (on a supposé que l'on se situait dans le cas où l'amélioration de la sélectivité était rentable). Mais alors que le coût est totalement interne (il est seulement supporté par i) une partie du bénéfice est externe, c'est-à-dire est récupéré par les autres pêcheurs. La partie externe du bénéfice procuré par le choix stratégique de i en faveur de la sélectivité est d'autant plus forte que $\frac{n-1}{n}$ est élevé, c'est-à-dire que le nombre total de pêcheur n est élevé. Parallèlement, le bénéfice que i tire personnellement de son choix stratégique éventuel en faveur de la sélectivité est d'autant plus faible que n est élevé. Il existe donc un arbitrage entre le coût interne de la sélectivité pour le pêcheur i et le bénéfice qu'il récupère qui dépend du nombre de pêcheur.

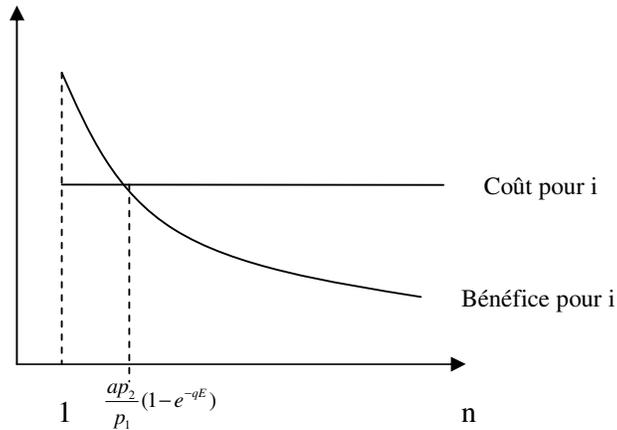


Figure 3. 12 : Arbitrage coût/bénéfice de la sélectivité en fonction du nombre de pêcheurs dans la pêche.

En comparant ensuite :

$$V_{Ci} = \frac{1}{n} ap_2 R e^{-\frac{n-1}{n}qE} (1 - e^{-qE})$$

$$V_{Di} = \frac{1}{n} R(p_1 + ap_2 e^{-qE})(1 - e^{-qE})$$

On obtient :

$$V_{Di} > V_{Ci} \Leftrightarrow n > \frac{qE}{\ln\left(\frac{p_1 + ap_2 e^{-qE}}{ap_2 e^{-qE}}\right)}$$

Remarque :

$$\frac{qE}{\ln\left(\frac{p_1 + ap_2e^{-qE}}{ap_2e^{-qE}}\right)} > 1$$

En effet, par hypothèse on a $\frac{ap_2}{p_1}(1 - e^{-qE}) > 1$

$$e^{-qE} > \frac{p_1 + ap_2e^{-qE}}{ap_2e^{-qE}}$$

D'où l'on tire

$$\Leftrightarrow qE > \ln\left(\frac{p_1 + ap_2e^{-qE}}{ap_2e^{-qE}}\right)$$

Le comportement « militant » (i est le seul sélectif) n'est pas rentable individuellement, dès lors que le nombre total de pêcheur dépasse un certain seuil.

On peut montrer que s'il est rentable pour i d'être « passager clandestin » c'est-à-dire d'être le seul non sélectif, il ne peut pas être rentable pour lui d'être « militant » c'est-à-dire d'être le seul à être sélectif (la démonstration est donnée en annexe 3.4).

$$V_{Bi} > V_{Ai} \Rightarrow V_{Di} > V_{Ci}$$

On peut donc conclure que dès lors que le nombre de pêcheurs opérant dans la pêche dépasse le seuil $n > \frac{ap_2}{p_1}(1 - e^{-qE})$, il est rentable pour i d'adopter la stratégie non sélective (stratégie dominante) quel que soit l'état du monde (j sélectif ou non sélectif) :

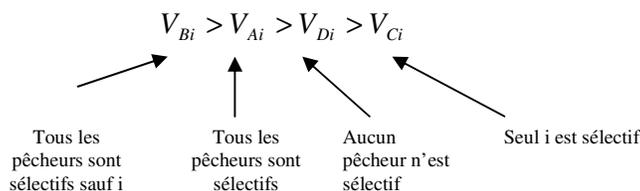
On a :

$$V_{Bi} > V_{Ai}$$

$$\text{et } V_{Di} > V_{Ci}$$

Par hypothèse le scénario sélectif est socialement plus rentable que le scénario non sélectif ($V_A > V_D$), cette inégalité est donc valable également pour la pêche i, on a donc $V_{Ai} > V_{Di}$.

Dans le cas du pêcheur i, on a donc le classement suivant qui traduit la désirabilité individuelle des scénarios :



alors qu'à l'échelle de la pêche, la rentabilité est d'autant plus grande que la technique sélective est répandue :

$$V_A > V_B \geq V_C > V_D$$

5.4. Symétrie des comportements. Equilibre du jeu

Tous les pêcheurs étant par hypothèse identiques au pêcheur i, ils ont intérêt à adopter la même stratégie que i, c'est-à-dire la stratégie non sélective (dès lors que $n > \frac{ap_2}{p_1} (1 - e^{-qE})$).

Par suite, l'état du monde qui prévaut normalement est celui de la première colonne de la matrice des gains :

		Joueur j		Etat du monde (stratégie des autres joueurs)	
		Joueur i		Technique I Non sélective	Technique II Sélective
Stratégie du joueur i	Technique I Non sélective	ViD, VjD Scénario D	ViB, VjB Scénario B		
	Technique II Sélective	ViC, VjC Scénario C	ViA, VjA Scénario A		

Tableau 3. 5 : Equilibre du jeu.

Le scénario qui doit normalement se réaliser est donc le scénario D, où aucun pêcheur n'adopte la technique sélective. C'est un équilibre de Nash (aucun joueur, considéré individuellement, n'a intérêt à changer de stratégie).

Dans le cas présent, cet équilibre est clairement inefficace puisque D est parmi les quatre scénarios celui qui aboutit à la plus faible valeur débarquée totale.

Compte tenu de l'hypothèse de symétrie des comportements, il suffit de comparer A et D. On sait que : $V_{Ai} > V_{Di}$

Ce qui signifie que si les pêcheurs adoptaient tous la technique sélective, ils y gagneraient tous. A est un optimum de Pareto (on ne peut pas le modifier sans dégrader la situation d'au moins un acteur).

Le choix individuel de la sélectivité n'étant pas observable, chaque pêcheur est menacé par l'adoption possible d'un comportement de « passager clandestin » de la part des autres pêcheurs. Cette menace est bien réelle puisque : $V_{Bi} > V_{Ai}$ et $V_{Di} > V_{Ci}$

Chaque pêcheur est ainsi poussé à adopter la technique non sélective (d'où l'équilibre de Nash).

Cette section met en évidence une divergence entre la rentabilité sociale et individuelle de la sélectivité. La nature commune des ressources halieutiques et la difficulté à observer la sélectivité des engins de pêche sont à l'origine de comportements de « passager clandestin » qui incitent les pêcheurs à adopter une technique non-sélective.

6. Discussion et conclusions du chapitre 3

Le modèle bio-économique simplifié présenté dans ce chapitre permet de discuter l'intérêt d'une amélioration de la sélectivité à l'échelle de la pêche en fonction du niveau de l'effort de pêche et du coût de cet effort. L'analyse de l'impact d'une amélioration de la sélectivité sur les captures et la valeur débarquée en fonction du niveau de l'effort montre ainsi que selon le niveau d'effort, sélectivité et effort peuvent être des facteurs complémentaires ou substituables. Pour des niveaux d'effort faibles, l'amélioration de la sélectivité doit être compensée par une augmentation de l'effort de pêche, à valeur des débarquements constante, pour des niveaux d'effort intermédiaires, une amélioration de la sélectivité ou une augmentation de l'effort de pêche peuvent rapporter la même recette. Pour des niveaux d'effort plus élevés, une augmentation de l'effort doit être compensée par une amélioration de la sélectivité. On montre ainsi l'arbitrage entre pertes commerciales liées à une amélioration de la sélectivité et gain lié à la meilleure valorisation du potentiel de production en fonction du niveau de l'effort de pêche. La détermination de la courbe-enveloppe permet de montrer que pour des valeurs d'effort inférieures à une valeur seuil \tilde{E} , la technique non sélective est optimale. Lorsque l'effort dépasse ce seuil, la technique sélective devient la plus rentable. Pour un effort égal à cette valeur seuil, la sélectivité est indéterminée. L'analyse du problème de l'équilibre optimal de la pêche montre que l'optimal global est déterminé en fonction du coût de l'effort. Lorsque le coût de l'effort est inférieur à une valeur seuil, l'effort de pêche optimal correspond à l'effort optimal de la technique sélective (technique la plus rentable) et lorsque le coût de l'effort dépasse cette valeur seuil, la technique non sélective devient plus avantageuse et l'effort de pêche est optimisé pour cette technique. Pour des coûts de l'effort très élevés, l'effort optimal est nul.

A l'échelle de la pêche, ces résultats mettent en évidence que la tendance à l'augmentation du coût du carburant en incitant à une diminution de l'effort, favoriserait la technique non sélective. Ce résultat est obtenu néanmoins sans considérer une amélioration de la sélectivité correspondant à un

changement technique comme le passage du chalut au casier qui améliore la sélectivité mais permet également de réduire les coûts de l'effort (notamment en raison de la consommation d'énergie réduite pour les arts dormants par rapport aux arts traînants). Cet aspect sera analysé dans le chapitre 5.

L'analyse de la rentabilité sociale de la sélectivité par rapport à la rentabilité individuelle met en évidence la divergence entre bénéfice privé et collectif de la sélectivité liée à la nature commune des ressources. Dans le cas où la sélectivité n'est pas observable (cas le plus courant) et lorsque le nombre de pêcheurs dépasse une valeur seuil, les pêcheurs sont tentés par des comportements de passagers clandestins qui les incitent à adopter la technique non sélective même si socialement la technique sélective est la plus rentable. Plusieurs solutions sont envisageables pour contrecarrer ces incitations. Parmi celles-ci, l'interdiction de débarquer des individus de classe d'âge 1 pourrait fonctionner mais elle risquerait néanmoins d'inciter au rejet plus qu'à l'amélioration de la sélectivité. Une taxation des débarquements de classe d'âge 1 ou une subvention des débarquements de classe d'âge 2 pourrait rendre le comportement de passager clandestin non rentable mais il faudrait atteindre des niveaux de taxation ou subvention élevés⁵⁰.

Rendre la non-sélectivité détectable et la sanctionner, paraît enfin difficilement envisageable étant donné le grand nombre de moyens de détourner les engins de pêche et leur sélectivité réelle. L'adoption d'une technique de pêche alternative et sélective en revanche pourrait permettre d'observer plus facilement la sélectivité et de réduire les tentatives de fraude. Elle diminuerait d'autre part les coûts de l'effort et inciterait donc à rester sélectif.

⁵⁰ p'_1 et p'_2 étant les prix nets perçus par les pêcheurs. Pour que la technique sélective soit individuellement

rentable, il faudrait que : $\frac{p'_2}{p'_1} \geq \frac{n}{a(1 - e^{-qE})}$.

Chapitre 4 - Analyse coût-bénéfice d'une amélioration de la sélectivité dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne

1. Introduction

Le chapitre 3 a permis de discuter d'un point de vue théorique les enjeux d'une amélioration de la sélectivité dans le cas d'un modèle bio-économique simplifié à deux classes d'âge. Ce chapitre présente une application au cas de la pêcherie langoustinière. Une analyse bio-économique des coûts et bénéfices de différents scénarios d'amélioration de la sélectivité permettant de diminuer les productions jointes intra-spécifiques de langoustines est présentée à l'échelle de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne.

Essentiellement basé sur des mesures de conservation (un TAC langoustine, une taille minimale de débarquement et un maillage minimal relativement faible-70 mm de diamètre maille étirée), le système de gestion actuel de la pêcherie langoustinière n'a pas permis d'éviter ou de réduire les captures accessoires et rejets observés dans cette pêcherie et plus généralement de garantir une meilleure exploitation du potentiel de production. Certaines mesures comme les Tailles Minimales de Débarquement (TMD) destinées à inciter à améliorer la sélectivité, ont pu induire une augmentation des rejets. La flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne produit en effet de fort niveaux de captures accessoires et rejets en particulier de langoustines (*Nephrops norvegicus*), merlu (*Merluccius merluccius*), cardine (*Lepidorhombus whiffiagonis*) et baudroies (*Lophius piscatorius* et *Lophius budegassa*). Ces captures non ciblées sont la conséquence de l'utilisation d'un engin de pêche peu sélectif, le chalut de fond de maillage 70 mm, dans un écosystème multi-spécifique et multi-taille⁵¹. Une partie de ces captures est rejetée. En 2004, les rejets de langoustine ont ainsi représenté

⁵¹ En particulier, la zone d'activité des navires de la pêcherie langoustinière et les nourriceries de merlus se superposent.

60% des captures de langoustines en nombre et 30% en poids (Talidec *et al.*, 2005) et les rejets de merlus ont concerné plus de 90% des merlus en nombre. Dans le cas de la langoustine et du merlu, la contrainte économique et l'existence de tailles minimales de débarquement sont les principales raisons de rejet des plus jeunes âges.

Le taux de mortalité des rejets est généralement très élevé dans les pêcheries chalutières. Environ 100% des poissons rejetés meurent (Hill et Wassenberg, 2000 ; Revill *et al.*, 2005) et Guéguen et Charreau (1975) estiment que plus de 70% des langoustines rejetées meurent. Ces pratiques de rejet sont donc à l'origine d'une mortalité par pêche inutilement élevée sur les plus jeunes âges qui contribue à la mésexploitation du potentiel de production des stocks (par surexploitation de croissance) et complexifient le problème des externalités négatives intra et interpêcheries. D'un point de vue économique, les rejets sont une perte pour les producteurs et pour l'ensemble de la société et constituent un obstacle à la gestion durable des pêcheries et des écosystèmes marins. Parmi les différents outils de gestion, l'amélioration du diagramme d'exploitation⁵² au travers d'une meilleure sélectivité doit permettre de contribuer à la réduction des rejets, de mieux valoriser le potentiel de production et d'améliorer ainsi la durabilité de la pêche.

Dans le cas de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne, l'importance du problème des rejets a donné lieu en 2001 à un programme d'amélioration de la sélectivité des chaluts utilisés dans le golfe de Gascogne (ASCG) initié par le CNPMM⁵³ avec les professionnels et l'Ifremer. Ce programme visait à faciliter l'échappement des merlus et langoustines sous la taille légale dans la pêche langoustinière et des merlus de taille inférieure à la taille légale dans les pêcheries à poissons. Quatre dispositifs ont été testés dans ce cadre: 1) le système "à nappe séparatrice" rapidement abandonné à cause de problèmes de mise en œuvre, 2) le système de "fenêtre à mailles carrées" 3) le système des "grandes mailles" dans la partie antérieure du chalut et 4) la grille à langoustines.

L'analyse coût-bénéfice de mesures de sélectivité dans le cas de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne présentée dans ce chapitre s'appuie sur un modèle bio-économique de simulation. Après avoir présenté la structure du modèle et les paramètres utilisés, les impacts potentiels de scénarios d'amélioration de la sélectivité sur le stock de langoustine, les débarquements, les rejets et différents indicateurs économiques sont analysés. Une analyse coût-bénéfice des scénarios d'amélioration de la sélectivité est menée sous différentes hypothèses. L'analyse des coûts et bénéfices d'amélioration de la sélectivité est menée pour l'ensemble de la société : les producteurs (équipage et armateur), les consommateurs et l'« Etat », entendu au sens large du terme puisqu'il inclut les collectivités, CCI⁵⁴

⁵² Distribution des mortalités par pêche par âge.

⁵³ CNPMM: Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins.

⁵⁴ CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie.

ou autres gestionnaires des ports à qui les taxes au débarquement sont versées. On s'intéresse dans ce chapitre aux seules externalités croisées intra-pêcheries.

L'analyse est d'abord menée en supposant que les comportements des pêcheurs sont exogènes. Les résultats des scénarios simulés sont analysés à l'équilibre et les indicateurs pertinents sont étudiés au cours des phases de transition. L'analyse coût-bénéfice est ensuite menée en tenant compte des dynamiques d'investissement des pêcheurs lorsqu'un profit est dégagé, et de l'augmentation de la capturabilité qui en résulte. Par ailleurs, la difficulté du contrôle des captures, souvent approché par le contrôle des débarquements ne laisse pas à l'abri de pratiques d'écramage⁵⁵ qui peuvent résulter d'une mauvaise sélectivité et de contraintes d'exploitation (capacité de cale, contrainte de temps, quota...). L'impact à long terme de modifications de comportements de tri sur les stocks et les flottilles est donc pris en compte dans ce chapitre. La fonction de production est ici appréhendée dans son ensemble comme la résultante d'une fonction de capture et d'une fonction de tri. Les comportements de tri sont couplés avec un modèle bio-économique de simulation. La prise en compte des comportements des pêcheurs permet de discuter les limites des mesures de sélectivité.

2. Le modèle bio-économique de simulation

Un modèle bioéconomique de simulation pluri-flottille et mono-métier a été construit pour évaluer les impacts biologiques et économiques de mesures d'amélioration de la sélectivité par rapport à la taille des langoustines dans le cas de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne. La structure du modèle est décrite dans Macher *et al.* (2008). Le modèle est structuré en âge pour la dynamique de la langoustine et permet de prendre en compte différentes sous-flottilles chalutières ciblant la langoustine. Le modèle permet de décrire les variations de biomasse, débarquements et rejets de langoustine et les variations de surplus des producteurs, des consommateurs et de l'État en réponse à un changement de la sélectivité des chaluts des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne. Les bilans actualisés des scénarios d'amélioration de la sélectivité sont comparés à celui du statu quo. Nous décrivons, dans cette section, la structure du modèle, les équations du modèle, les paramètres utilisés et les scénarios d'amélioration de la sélectivité testés.

⁵⁵ Traduction du terme anglais « Highgrading ».

2.1. Présentation de la structure générale du modèle bio-économique

Le modèle bio-économique que nous avons construit pour analyser les impacts d'une amélioration de la sélectivité de la langoustine s'inspire des modèles bio-économiques classiques de simulation de mesures de gestion (voir entre autres les modèles développés depuis les années 90 qui visent à une certaine généralité : le modèle BEAM IV⁵⁶, Sparre et Willmann, 1992 ; le modèle BECHAMEL⁵⁷ décrit par Ulrich *et al.*, 2002, le modèle MEFISTO⁵⁸ décrit par Lleonart *et al.*, 2003, le modèle ISIS-FISH⁵⁹ décrit par Mahévas et Pelletier, 2004 ; voir les modèles bio-économiques appliqués de Clark et Kirkwood, 1979 ; Grant et Griffin, 1979; Boncoeur *et al.*, 2000 ; Eggert et Ulmestrand, 2000 ; Lucena et O'Brien, 2005 ; Heikinheimo *et al.*, 2006 ; Pascoe et Revill, 2004). Depuis 2006, un modèle bio-économique générique de simulation de mesures de gestion des pêcheries est développé dans le cadre de l'ANR Chaloupe (Versmisse *et al.*, 2007). Le modèle que nous présentons ici a bénéficié pour sa généralisation à plusieurs espèces de notre contribution à la définition de la structure de ce modèle bio-économique, dans le cadre de l'ANR..

Le modèle se compose classiquement d'un module biologique, d'un module technique et d'un module économique (Macher *et al.*, 2008). La structure du modèle bio-économique de simulation est décrite par la Figure 4. 1 qui définit les liens entre l'activité et les résultats des flottilles, la dynamique du stock de langoustine et les scénarios de sélectivité. Le modèle est annuel, déterministe, mono-métier et pluri-flottille.

⁵⁶ La FAO a développé plusieurs modèles analytiques bioéconomiques sous le nom de BEAM. Ces modèles étaient initialement destinés à l'évaluation de l'impact de mesures de gestion des pêcheries crevettières. Ils ont ensuite été généralisés aux pêcheries multi-espèces et multi-flottilles.

⁵⁷ Le modèle bioéconomique de simulation de scénarios de gestion en Manche BECHAMEL - BioEconomic CHannel MODEL, développé par Ulrich *et al.* (2002) s'appuie ainsi sur une structure en flottilles et modélise les conséquences de mesures de gestion à l'équilibre.

⁵⁸ Le modèle MEFISTO - MEditerranean Fisheries Simulation Tool a été développé dans le cadre du programme européen BEMMFISH. Il permet de simuler les comportements de pêcheries méditerranéennes et inclut les dynamiques multi-flottilles et les interactions entre flottilles. La principale variable de contrôle est l'effort mais la sélectivité et les subventions peuvent également être modulées (Lleonart *et al.*, 2003). Le modèle permet de prendre en compte les dynamiques d'augmentation de la capturabilité.

⁵⁹ ISIS-FISH- Integration of Spatial Information and Simulation of FISHerries, est un outil de simulation basé sur une structuration spatiale et saisonnière de la dynamique des pêcheries. Il est destiné à simuler l'impact de mesures de gestion sur les dynamiques de pêcheries mixtes en tenant compte des stratégies des pêcheurs.

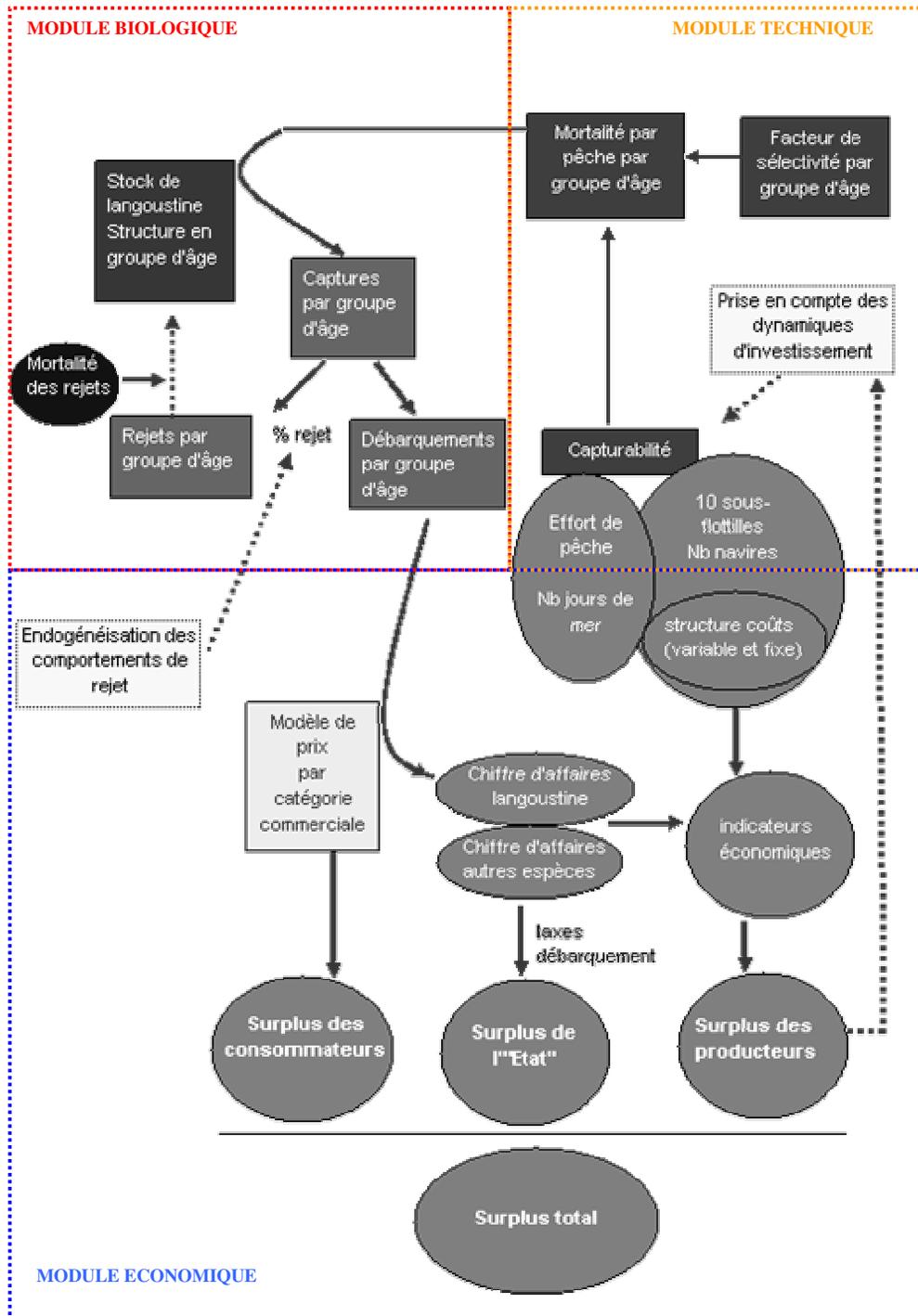


Figure 4. 1: Représentation schématique du modèle bio-économique. Source : Macher *et al.*, 2008.

Le module biologique comprend un modèle annuel structuré en âge pour permettre de décrire la dynamique du stock de langoustines en réponse à différents scénarios d'amélioration de la sélectivité. Le stock de langoustine est affecté par la mortalité par pêche, par la mortalité naturelle et par la

croissance individuelle. La dynamique du stock de langoustine tient compte d'autre part de la survie des rejets. La dynamique des autres espèces capturées par la flottille langoustinière est supposée exogène dans cette analyse ; soit parce que la contribution de la flottille langoustinière à la mortalité sur ces espèces est faible soit parce que la mortalité par pêche concerne essentiellement des espèces non débarquées par la flottille langoustinière. Les impacts de changements de sélectivité sur ces espèces sont alors limités ou concernent d'autres flottilles non considérées dans cette analyse.

Le module économique comprend les caractéristiques économiques des différentes sous-flottilles langoustinières identifiées. L'analyse de l'activité et des captures de la flottille langoustinière présentée dans le chapitre 1 avait permis de mettre en évidence deux grandes sous-flottilles langoustinières :

- (i) une sous-flottille opérant depuis le Sud-Bretagne dans le Nord de la pêcherie et très spécialisée sur le métier chalut de fond à langoustine.
- (ii) une sous-flottille opérant dans le sud de la pêcherie et ne ciblant la langoustine qu'une partie de l'année

Les structures de coûts et revenus des navires dépendent d'autre part de la longueur des navires, elle-même corrélée au nombre d'hommes à bord. Les deux grandes flottilles ont donc chacune été segmentées en cinq groupes de même nombre d'hommes à bord correspondant à des structures de coûts homogènes. Le choix d'une segmentation de la flottille en fonction du nombre d'hommes à bord plutôt qu'en fonction de la longueur des navires permet de prendre en compte l'effort de tri par sous-flottille et ainsi de décrire des comportements de tri homogènes par sous-flottille.

Dix sous-flottilles langoustinières ont donc été distinguées selon un critère géographique et selon le nombre d'hommes à bord.

Sous flottille	Sous région	Nombre d'hommes à bord
1	Sud-Bretagne (+ Nord Bretagne, Basse Normandie, Haute Normandie)	[1-2] marins
2		]2-3] marins
3		]3-4] marins
4		]4-5] marins
5		]5-10] marins
6	Pays de Loire, Aquitaine, Poitou-Charentes	[1-2] marins
7		]2-3] marins
8		]3-4] marins
9		]4-5] marins
10		]5-10] marins

Tableau 4. 1 : Définition des sous-flottilles langoustinières.

Ces sous-flottilles permettent de prendre en compte les variations d'activité et de structures de captures entre le nord et le sud de la pêcherie mises en évidence dans le chapitre 1, les structures de coûts ainsi que l'effort de tri qui dépend du nombre d'hommes à bord (voir chapitre 2). Le chapitre 1

met également en évidence des différences de structure de production et d'activité entre quartiers maritimes et l'analyse du nombre de catégories de langoustine débarquées par quartier montre la variabilité du tri entre quartier. Néanmoins, une segmentation plus fine par quartier aurait posé un problème d'échantillonnage et de représentativité des caractéristiques économiques des navires enquêtés dans chaque classe.

Seul le métier de chalutage de fond à langoustines dans le golfe de Gascogne est modélisé. Le modèle suppose que toutes les sous-flottes ont le même diagramme d'exploitation mais alloue la mortalité par pêche initiale entre sous-flottes au prorata de leurs débarquements totaux de langoustines comme nous le détaillerons dans la section suivante. Le module technique explique le taux de mortalité par pêche à partir des moyens mis en œuvre par les pêcheurs ou de façon équivalente, le flux de captures à partir du stock exploité et des moyens mis en œuvre pour pêcher. La mortalité par pêche aux âges par sous-flotte est donc dérivée de l'effort nominal par sous-flotte, de la capturabilité et de la sélectivité simulée. Les scénarios d'amélioration de la sélectivité sur la langoustine testés consistent à faire varier un facteur de sélectivité. Toute chose égale par ailleurs, une amélioration de la sélectivité par rapport à la taille des langoustines réduit la mortalité par pêche sur le stock de langoustine, plus particulièrement sur les plus jeunes groupes d'âge. A partir de la mortalité par pêche par sous-flotte, ainsi obtenue, appliquée au stock de langoustine, le modèle permet de calculer, à chaque période de la simulation, les captures aux âges qui se divisent en débarquements et rejets aux âges en fonction du pourcentage de rejet.

Un modèle de formation de prix par catégorie commerciale de langoustine permet à partir des débarquements par catégorie (agrégation des débarquements par âge des âges correspondant aux catégories commerciales débarquées) de calculer le chiffre d'affaires langoustine de chaque sous-flotte et le surplus des consommateurs. Les prix des espèces non modélisées sont supposés exogènes. Le chiffre d'affaires total par navire dépend des débarquements de langoustines, d'un modèle de prix pour la langoustine et du chiffre d'affaires des autres espèces dépendant de la sous-flotte considérée et supposé constant au cours de la simulation. Le surplus de l'Etat est calculé à partir des taxes au débarquement. A partir des coûts et chiffre d'affaires par sous-flotte, le module économique permet de calculer différents indicateurs économiques, en particulier le surplus des producteurs. Les salaires, profits par navire et le surplus total par sous-flotte sont calculés à chaque pas de temps en fonction de la structure en coûts des sous-flottes modélisées.

On suppose que les pêcheurs ne sont pas en mesure de changer leur effort nominal, ni la composition des captures. Les dynamiques d'investissement peuvent être exogènes, la capturabilité est alors supposée constante au cours de la période de simulation, ou endogènes, la capturabilité augmente alors avec l'augmentation des capacités de pêche. De même les comportements de rejet peuvent être

exogènes ou endogènes. Le modèle produit plusieurs indicateurs annuels au cours de la période de simulation : biomasse, capture, débarquement, rejet de langoustines, le chiffre d'affaires et les surplus des producteurs, de l'Etat et des consommateurs utilisés dans l'analyse coût-bénéfice.

2.2. Module technique

2.2.1. Mortalité par pêche et survie des rejets

i est l'indice utilisé pour le groupe d'âge i , $i \in [1,9+]$ dans le cas de la langoustine

t est l'indice utilisé pour l'année (ou période)

$F_{i,f,t}$ est le coefficient instantané de mortalité par pêche à l'âge i , l'année t de la sous-flottille f qui, appliquée au stock donne l'ensemble des captures de la sous flottille f (y compris les captures rejetées vivantes) :

$$F_{i,f,t} = E_{f,t} \cdot q_{i,f,t} \quad (\text{Eq. 18})$$

avec $E_{f,t}$ une fonction de l'effort de pêche nominal et $q_{i,f,t}$ la capturabilité à l'âge i , au temps t , par sous-flottille f . $E_{f,t}$ est supposé constant au cours de la simulation et le coefficient de capturabilité⁶⁰ $q_{i,f,t}$ est supposé exogène et constant dans un premier temps.

On a donc $F_{i,f,t} = F_{i,f,0}, \forall t$

$K_{i,f,t}$ est un facteur de correction de la mortalité par pêche par sous-flottille lié à la survie des rejets. Il est calculé à partir du taux de survie des rejets et du pourcentage des captures rejeté. Ce facteur permet de prendre en compte le fait qu'une partie des captures rejetées ne meurent pas et réintègrent le stock, il correspond au ratio entre les captures mortes et les captures totales (Mesnil, 1996) :

$$K_{i,f,t} = [1 - sr(1 - d_{i,f,t})] \quad (\text{Eq. 19})$$

⁶⁰ Voir glossaire.

avec $d_{i,f,t}$, le pourcentage des captures d'individus d'âge i rejeté en nombre l'année t par la sous-flottille f et sr le taux de survie des rejets supposé constant quel que soit le groupe d'âge. Si tous les rejets meurent, $K_{i,f,t} = 1$

On suppose dans un premier temps que les comportements de rejet sont exogènes et que dans ce cas, le pourcentage de rejets aux âges $d_{i,f,t}$ ne varie pas d'une sous-flottille à l'autre, ni d'une période de temps à l'autre : $d_{i,f,t} = d_{i,f,0}, \forall t$ et $K_{i,f,t} = K_{i,f,0}, \forall t$

$Fr_{i,f,t}$, correspond à la mortalité par pêche corrigée qui, appliquée au stock donne les captures mortes (débarquements et rejets morts) en prenant en compte la survie des rejets :

$$Fr_{i,f,t} = F_{i,f,t} \cdot K_{i,f,t} = F_{i,f,0} \cdot K_{i,f,0} \quad (\text{Eq. 20})$$

Soit $Fr_{i,f,t} = Fr_{i,f,0}, \forall t$

2.2.2. Sélectivité

Soit SF_i , un facteur de sélectivité par groupe d'âge prenant la valeur 0 ou 1, défini pour tester des scénarios d'amélioration de la sélectivité. On suppose que SF_i est constant tout au long de la période de simulation et est le même pour toutes les flottilles. La mortalité par pêche, appliquée au groupe d'âge i du stock de langoustine par la sous-flottille f dans le cas d'une scénario sélectif est donnée par :

$$Fr_{i,f,sel} = SF_i \cdot F_{i,f,0} \cdot K_{i,f,0} \quad (\text{Eq. 21})$$

Pour $SF_i = 0$, il n'y a aucune rétention d'individus d'âge i . La mortalité par pêche à l'âge i est nulle.

Pour $SF_i = 1$, les propriétés sélectives à l'âge i ne changent pas. La mortalité par pêche à l'âge i reste la même ($Fr_{i,f,0} = F_{i,f,0} \cdot K_{i,f,0}$).

Les scénarios d'amélioration de la sélectivité testés correspondent à :

$$\begin{aligned} SF_i &= 0, i \leq c \\ SF_i &= 1, i > c \end{aligned}, c=1, 2, 3, 4 \text{ ou } 5$$

Ce facteur de sélectivité permet de faire varier l'âge de première capture de la langoustine sans modifier la mortalité par pêche des autres âges. Quelques notions clefs relatives à la sélectivité sont rappelées en annexe 3.1. Si on note $S_{i,0}$, le taux de rétention initial des individus d'âge i , et $S_{i,sel}$, le

taux de rétention des individus d'âge i dans le cas d'une amélioration de la sélectivité. La courbe de rétention des individus d'âge i (Figure 4. 2) dans le cas d'une amélioration de la sélectivité est telle que :

$$S_{i,sel} = SF_i \cdot S_{i,0} = 0, i \leq c, \text{ les individus sont totalement invulnérables,}$$

$$S_{i,sel} = SF_i \cdot S_{i,0} = S_{i,0}, i > c, \text{ les individus gardent la même vulnérabilité qu'initialement.}$$

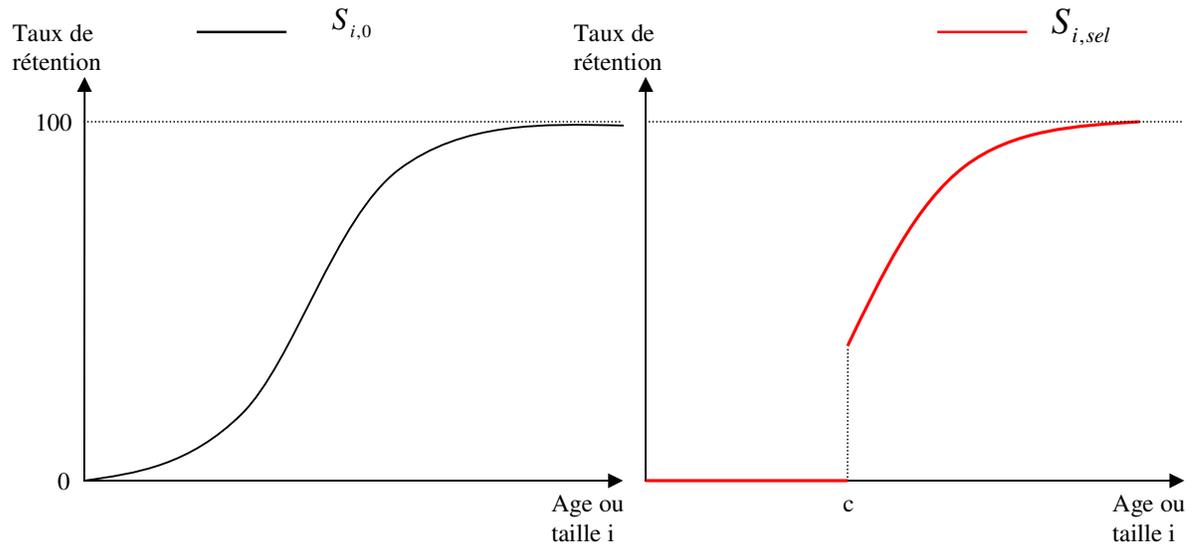


Figure 4. 2 : Allure de la courbe de sélectivité initiale (à gauche) et dans le cas d'une amélioration de la sélectivité (à droite).

Des scénarios d'amélioration de la sélectivité tels que $SF_i \in]0;1[$, seraient susceptibles de modifier les poids moyens aux âges. Dans le cadre de ce travail, SF_i prend la valeur 0 ou 1, nous supposons donc que les poids moyens aux âges ne sont pas affectés par une amélioration de la sélectivité. Dans le modèle de simulation nous supposons que la sélectivité est spécifique à la langoustine et ne modifie pas la capture des autres espèces.

2.3. Module biologique

2.3.1. Dynamique du stock de langoustines

La dynamique du stock de langoustine est décrite par un modèle annuel structuré en âge qui décompose le stock exploitable en groupes d'âge. On suppose dans les simulations que le recrutement (à l'âge 1 pour la langoustine) est exogène et constant au cours de la période de simulation. On suppose que le recrutement a lieu une fois par an en début de période.

$Z_{i,t}$, le coefficient de mortalité totale à l'âge i , l'année t , utilisé pour décrire la dynamique du stock de langoustines est tel que :

$$Z_{i,t} = M_i + SF_{i,t} \sum_f F_{i,f,0} \cdot K_{i,f,0} \quad (\text{Eq. 22})$$

avec

M_i , le taux de mortalité naturelle, variable par âge mais supposée constante au cours de la période de simulation.

L'effectif en nombre de chaque groupe d'âge $i+1$ pour l'année $t+1$ est calculé en utilisant l'équation classique de survie de Beverton and Holt (1957) (Gulland, 1983; Hilborn and Walters, 1992) :

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} e^{-Z_{i,t}} \quad (\text{Eq. 23})$$

avec

$N_{i,t}$: le nombre d'individus d'âge i dans la population l'année t

$N_{i+1,t+1}$: le nombre d'individus qui survit à l'âge i et atteint l'âge $i+1$ en période $t+1$

Pour le groupe d'âge i , l'équation (1) devient:

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} \cdot e^{-Z_{i,t}} + N_{i+1,t} \cdot e^{-Z_{i+1,t}} \quad (\text{Eq. 24})$$

avec $i=8$ dans le cas de la langoustine.

La biomasse à la période t est calculée de la façon suivante :

$$B_t = \sum_i N_{i,t} \cdot w_i \quad (\text{Eq. 25})$$

avec w_i , le poids moyen à l'âge i calculé à partir de la composition en taille des captures par âge et des paramètres de relation taille-poids estimés par le CIEM (ICES, 2000); w_i est supposé constant au cours de la période.

2.3.2. Captures, rejets et débarquements

Le modèle biologique permet de calculer, à partir de la mortalité par pêche répartie par sous-flottille, les captures, débarquements et rejets (morts ou totaux) par groupe d'âge et par sous-flottille à chaque pas de temps de la simulation pour les différents scénarios de sélectivité testés. Les captures de langoustines d'âge i de la sous-flottille f en nombre à la période t , $C_{i,f,t}$ sont calculées en utilisant l'équation conventionnelle de capture de Baranov:

$$C_{i,f,t} = \frac{F_{i,f,0} \cdot K_{i,f,0} SF_{i,t}}{Z_{i,t}} \cdot N_{i,t} (1 - e^{-Z_{i,t}}) \quad (\text{Eq. 26})$$

Les captures de langoustines en poids à l'âge i et à la période t par sous-flottille f , $Y_{i,t,f}$ sont données par :

$$Y_{i,f,t} = w_i \cdot C_{i,f,t} \quad (\text{Eq. 27})$$

Les rejets $D_{i,f,t}$ et débarquements $L_{i,f,t}$ en poids par âge i l'année t par sous-flottille f sont déduits des captures à partir du pourcentage de rejet aux âges en poids par sous-flottille $d_{i,f,t}$:

$$D_{i,f,t} = d_{i,f,t} \cdot Y_{i,f,t} \quad (\text{Eq. 28})$$

$$L_{i,f,t} = Y_{i,f,t} - D_{i,f,t} \quad (\text{Eq. 29})$$

Le modèle biologique permet de décrire l'évolution du stock de langoustine et l'évolution des captures, débarquements et rejets de langoustines par sous-flottille à chaque pas de temps pour différents scénarios d'amélioration de la sélectivité faisant varier le facteur de sélectivité SF_i .

2.4. Module économique

2.4.1. Indicateurs économiques par sous-flottille et surplus des producteurs (surplus de l'équipage et surplus de l'armateur)

Le chiffre d'affaires langoustine par sous-flottille à la période t , $CA_{f,t}$, est le produit du prix de la langoustine à la première vente et des débarquements de langoustine de la sous-flottille pour les différents groupes d'âge i :

$$CA_{f,t} = \sum_i P_{i,t} \cdot L_{i,f,t} \quad (\text{Eq. 30})$$

avec $L_{i,f,t}$ les débarquements en kg de langoustine d'âge i de la sous-flottille f à la période t et $P_{i,t}$, le prix des langoustines d'âge i en euros par kg à la période t .

$$P_{i,t} = P_{c,t}, i \in c$$

$$\ln P_{c,t} = \alpha_c + \beta_c \ln L_{c,t} + \gamma_c \cdot \ln L_{d,t} \quad (\text{Eq. 31})$$

c correspondant aux petites langoustines ou aux grosses langoustines et d tel que $d \neq c$ correspondant aux grosses langoustines ou aux petites langoustines

$P_{c,t}$ est le prix annuel moyen de la catégorie c à la période t ,

α_c est une constante spécifique à chaque catégorie c ,

β_c est l'élasticité prix de la catégorie c

γ_c est l'élasticité de substitutions de la catégorie c par la catégorie d

$L_{c,t}$ sont les débarquements par catégorie c de l'ensemble de la flottille langoustinière à la période t ,

$$\text{tels que : } L_c = \sum_{i \in c} L_i$$

et $L_{d,t}$ sont les débarquements par catégorie $d \neq c$ de l'ensemble de la flottille langoustinière à la

$$\text{période } t, \text{ tels que : } L_d = \sum_{i \in d} L_i$$

En fonction de β_c et γ_c , le prix par catégorie peut être exogène et constant ou endogène au modèle, avec ou sans élasticité croisée.

Chaque sous-flottille modélisée est caractérisée d'autre part par une composition spécifique décrite dans le chapitre 1. Les principales espèces accessoires de la langoustine sont le merlu, la baudroie et la sole. Les autres espèces sont agrégées. Compte tenu de la contribution marginale de la flottille langoustinière aux débarquements de ces espèces accessoires à l'échelle nationale et internationale⁶¹, le prix de ces espèces non modélisées peut être supposé exogène. Les débarquements de ces espèces accessoires par sous-flottilles f sont d'autre part supposés constants au cours de la période de simulation. On suppose en effet dans le modèle que l'amélioration de la sélectivité par rapport à la langoustine peut engendrer des coûts liés aux pertes de langoustines commerciales mais qu'il n'existe pas de pertes sur les espèces accessoires capturées⁶².

⁶¹ Les débarquements de baudroies, merlu et sole par la flottille langoustinière ont représenté 3% des débarquements de baudroies des divisions CIEM VIIbk et VIIIabde, 3% des débarquements de merlus du Nord (Divisions CIEM III,IV,VII,VIIIab) et 19% des débarquements de sole des divisions CIEM VIIIab en 2003.

⁶² Une autre hypothèse aurait été de prendre en compte les corrélations entre espèces accessoires et langoustine décrites au chapitre 1 pour modéliser les impacts sur les autres espèces d'une amélioration de la sélectivité intra-

Le chiffre d'affaires autres espèces $CA_{a,f}$ par sous-flottille est supposé constant et calculé à partir des données de prix et débarquements moyens de ces espèces accessoires par sous-flottille sur la période 2001-2003.

Le chiffre d'affaires total par sous-flottille f à la période t , $CA_{f,t}$ est donc obtenu en sommant le chiffre d'affaires langoustine et le chiffre d'affaires autres espèces :

$$CA_{f,t} = CA_{l,t} + CA_{a,f} \quad (\text{Eq. 32})$$

Le chiffre d'affaires moyen par navire (v) de la sous-flottille f est :

$$CA_{fv,t} = CA_{f,t} / V_f \quad (\text{Eq. 33})$$

V_f le nombre de navires dans la sous-flottille f

Le chiffre d'affaires net d'un navire (v) de la sous-flottille f est donné par:

$$NR_{fv,t} = (1 - lc_{fv}) CA_{fv,t} \quad (\text{Eq. 34})$$

avec lc_{fv} les coûts de débarquement en pourcentage du chiffre d'affaires.

Le reste à partager par navire $RAP_{fv,t}$ est la différence entre le chiffre d'affaires net par navire et les coûts partagés $CP_{fv,t}$:

$$RAP_{fv,t} = NR_{fv,t} - CP_{fv,t} \quad (\text{Eq. 35})$$

spécifique de la langoustine. Cette hypothèse permettrait de prendre en compte les impacts d'une amélioration de la sélectivité non spécifique à l'espèce comme augmentation du maillage. Or on s'intéresse ici au cas spécifique d'une amélioration de la sélectivité intra-spécifique de la langoustine qui correspond plutôt à l'adoption d'un dispositif sélectif du type grille à langoustine.

où les coûts partagés sont la somme des frais de carburant et d'huile (fonction de l'effort nominal), des frais de glace (et frais d'appât s'il y en a, ce qui n'est pas le cas ici) et des frais de vivres (qui dépendent du nombre d'hommes à bord et de l'effort nominal).

La rémunération de l'équipage étant basée sur un système de rémunération à la part entre l'équipage et l'armement, la part équipage $PE_{fv,t}$ est obtenue en multipliant le taux de part équipage par flottille f noté c_f (tel que $0 \leq c_f \leq 1$) par le reste à partager :

$$PE_{fv,t} = c_f . RAP_{fv,t} \quad (\text{Eq. 36})$$

La part armement $PA_{fv,t}$ est obtenue par différence:

$$PA_{fv,t} = RAP_{fv,t} - PE_{fv,t} = (1 - c_f) RAP_{fv,t} \quad (\text{Eq. 37})$$

Le surplus du travail ou surplus de l'équipage, $SE_{fv,t}$, est la différence entre la part équipage nette $NPE_{fv,t}$ et le coût d'opportunité du travail $OL_{fv,t}$:

$$SE_{fv,t} = NPE_{fv,t} - OL_{fv,t} \quad (\text{Eq. 38})$$

où

$$NPE_{fv,t} = PE_{fv,t} - ic . n_{fv,t} \quad (\text{Eq. 39})$$

avec (ic), le coût unitaire de l'assurance et ($n_{fv,t}$), la taille de l'équipage

et

$$OL_{fv,t} = n_{fv,t} . h_{fv,t} . cl \quad (\text{Eq. 40})$$

avec $h_{fv,t}$, le nombre d'heures passé en mer par l'équipage et cl , le prix unitaire d'une heure de travail dans un autre secteur de l'économie correspondant à la meilleure alternative pour les marins.

L' Excédent Brut d'Exploitation $EBE_{v,t}$ est obtenu de la façon suivante:

$$EBE_{v,t} = PA_{fv,t} - ovac_{fv} \cdot E_{fv,t} - ovec_{fv} \quad (\text{Eq. 41})$$

avec $ovac_{fv}$ les autres coûts variables de l'effort (coûts d'engin...), $E_{fv,t}$ l'effort de pêche et $ovec_{fv}$ les coûts fixes (assurances, coûts de gestion, licence, taxe...).

L'Excédent Net d'Exploitation $ENE_{v,t}$ correspond à:

$$ENE_{v,t} = EBE_{fv,t} - A_{fv,t} \quad (\text{Eq. 42})$$

avec $A_{fv,t}$ l'amortissement annuel du capital tel que :

$$A_{fv,t} = k_{fv} \cdot K_{fv,t} \quad (\text{Eq. 43})$$

k_{fv} étant le taux de dépréciation et $K_{fv,t}$, la valeur du navire à la période t.

Le surplus du capital, profit net ou surplus de l'armateur $SA_{fv,t}$ est la différence entre L'Excédent Net d'Exploitation par navire et le coût d'opportunité du capital $OK_{fv,t}$:

$$SA_{fv,t} = ENE_{v,t} - OK_{fv,t} \quad (\text{Eq. 44})$$

avec

$$OK_{fv} = ir_{fv} \cdot K_{fv} \quad (\text{Eq. 45})$$

ir_{fv} étant le taux d'intérêt auquel le capital pourrait être rémunéré s'il était placé dans un autre secteur de l'économie.

On supposera dans un premier temps que l'investissement est nul. Les dynamiques d'investissement pourront ensuite être prises en compte.

Le surplus du producteur ou rente de la flottille langoustinière est la somme du surplus de l'équipage et du surplus de l'armateur (surplus du travail et du capital) :

$$PS_t = \sum_{f,v} SE_{fv,t} + \sum_{f,v} SA_{fv,t} \quad (\text{Eq. 46})$$

La valeur actualisée nette des différents scénarios de gestion réduit à un taux r la rente annuelle de la flottille sur la période de simulation $t = 1, \dots, T$ selon l'équation :

$$NPS = \sum_{t=1}^T PS_t / (1+r)^t \quad (\text{Eq. 47})$$

2.4.2. Surplus de l'Etat

Les coûts de débarquement correspondent à des taxes. Ces taxes sur les débarquements peuvent être considérées comme un coût de production s'il s'agit de la contrepartie d'un service rendu ou comme un supplément de revenu net pour l'Etat. La taxe correspond en effet à un pourcentage du chiffre d'affaires. Ainsi, lorsque le prix moyen des langoustines augmente, le montant de la taxe augmente alors que le coût du service ne varie pas. Une part de la taxe correspond donc à un revenu net de l'Etat. Dans le cas où l'on considère la taxe comme un supplément de revenu pour l'Etat, on calculera le surplus de l'Etat au temps t de la façon suivante :

$$ES_t = \sum_{f,v} lc_{fv} \cdot CA_{fv,t} \quad (\text{Eq. 48})$$

La valeur actualisée nette du surplus de l'Etat pour un taux d'actualisation r sur la période de simulation est calculée à partir de l'équation suivante:

$$NES = \sum_{t=1}^T ES_t / (1+r)^t \quad (\text{Eq. 49})$$

2.4.3. *Surplus des consommateurs*

a. **Surplus marshallien et surplus hicksien**

Les définitions et différences entre surplus marshallien et surplus hicksien sont discutées dans Desaigues et Point (1993). Nous en rappelons ici brièvement les principaux éléments qui nous concernent pour l'analyse des variations de surplus des consommateurs de langoustine. La fonction de demande « marshallienne » ou fonction de demande ordinaire est définie *ceteris paribus* c'est-à-dire à revenus et prix des autres biens constants. Marshall décrit dans ce cas le surplus du consommateur, approximation de la variation d'utilité individuelle, comme la différence entre le consentement maximal à payer pour acquérir un bien et le prix de ce bien. Il fait l'hypothèse que l'utilité marginale du revenu reste constante et considère le cas de la variation de bien-être liée à de faibles modifications de prix. En dehors de ces hypothèses, la mesure n'est pas correcte : en effet, dans le cas où le prix du bien considéré varie, le revenu est constant le long de la courbe de demande ordinaire mais le revenu réel du consommateur ne reste pas constant, le niveau de satisfaction change. Hicks définit une courbe théorique de demande compensée qui permet de raisonner à revenu inchangé et de ne tenir compte que des effets de substitution. L'effet de revenu est compensé de telle sorte que le niveau de satisfaction reste le même.

La question qui se pose est alors de savoir, pour le calcul de variation de surplus du consommateur, quelle courbe de demande hicksienne utiliser, la courbe de demande hicksienne initiale à partir de laquelle est calculé le surplus compensateur qui évalue les changements par rapport à l'état initial ou la courbe de demande finale, à partir de laquelle on définit le surplus équivalent qui évalue le changement par rapport à l'état final. On peut montrer cependant que si le calcul de variation de surplus du consommateur avec la courbe de demande marshallienne est théoriquement imparfait, il est constitué en revanche d'une bonne approximation de la variation de surplus puisqu'il se situe entre les deux mesures hicksiennes du surplus : surplus compensateur (courbe hicksienne initiale) et surplus équivalent (courbe hicksienne finale) (Desaigues et Point, 1993).

La différence entre demande marshallienne et hicksienne vient donc de l'effet de revenu, exprimé dans la courbe de demande marshallienne alors qu'il est compensé dans la courbe de demande hicksienne. Lorsque le bien considéré joue un rôle mineur dans la consommation, l'effet de revenu est faible et les deux courbes de demande (ordinaire et hicksienne) sont proches. C'est le cas pour la langoustine fraîche qui représente moins de 0,001% des poissons et crustacés achetés en 2006 (OFIMER-TNS Secodip, 2006). Le coefficient budgétaire des poissons et crustacés étant de 0,8% en 2006 pour les ménages français, le coefficient budgétaire de la langoustine fraîche représente moins de 0,00001% en

2006 et l'effet revenu est donc négligeable. Lorsqu'un bien joue un rôle majeur dans la consommation, la différence entre demande marshallienne et hicksienne peut être importante.

L'analyse des surplus des consommateurs présentée est donc basée sur le calcul de variations de surplus des consommateurs utilisant la courbe de demande marshallienne.

b. Variation de surplus des consommateurs dans le cas d'un modèle de prix sans élasticité croisée

Dans le cas où le modèle de formation des prix par catégorie c de langoustine est de la forme :

$$\ln P_{c,t} = \alpha_c + \beta_c \ln L_{c,t} \quad (\text{Eq. 50})$$

la variation de surplus du consommateur associée à une modification des quantités de catégorie c débarquées de $L_{c,ref}$ à $L_{c,t}$ est donnée par :

$$\Delta CS_{c,t} = \int_{L_{c,ref}}^{L_{c,t}} P_c(L) dL = \frac{e^{\alpha_c}}{\beta_c + 1} \left[(L_{c,t})^{\beta_c + 1} - (L_{c,ref})^{\beta_c + 1} \right] \quad (\text{Eq. 51})$$

La variation de surplus du consommateur totale associée aux modifications des quantités des catégories c débarquées à la période t est donnée par :

$$\Delta CS_t = \sum_c \int_{L_{c,ref}}^{L_{c,t}} P_c(L) dL = \sum_c \frac{e^{\alpha_c}}{\beta_c + 1} \left[L_{c,t}^{\beta_c + 1} - L_{c,ref}^{\beta_c + 1} \right] \quad (\text{Eq. 52})$$

La Figure 4. 3 illustre les variations de surplus du consommateur liées à des modifications de quantités de petites et grosses langoustines débarquées.

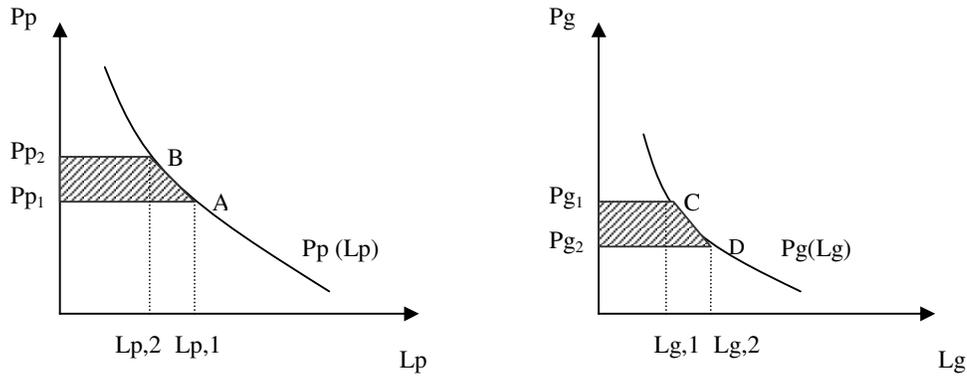


Figure 4. 3 : Fonctions de demande en petites (p) et grosses (g) langoustines et variation de surplus du consommateur lié à une modification des quantités de petites et grosses langoustines de ($L_{p,1}$; $L_{g,1}$) à ($L_{p,2}$; $L_{g,2}$).

La variation de surplus du consommateur correspondant à une diminution des quantités de petites langoustines débarquées de (L_{p1}) à (L_{p2}) est $-[P_{p1}ABP_{p2}]$. La variation de surplus liée à une augmentation des quantités de grosses langoustines débarquées de (L_{g1}) à (L_{g2}) correspond à l'aire de la surface $[P_{g1}CDP_{g2}]$. Lorsque les quantités de petites et grosses langoustines varient de L_{p1} à L_{p2} et de L_{g1} à L_{g2} , la variation de surplus du consommateur est :

$$[P_{g1}CDP_{g2}] - [P_{p1}ABP_{p2}].$$

La valeur actualisée nette du surplus du consommateur réduit à un taux r le surplus du consommateur annuel sur la période de simulation $n = 1, \dots, T$ selon l'équation :

$$NCS = \sum_{t=1}^T CS_t / (1+r)^t \quad (\text{Eq. 53})$$

c. Variations de surplus des consommateurs dans le cas de modèles de prix à élasticités croisées

Dans le cas où il existe une substitution possible entre petites langoustines notées p et grosses langoustines notées g , les modèles log-linéaires suivants de formation des prix de la petite langoustine et de la grosse langoustine ont été définis pour tenir compte des élasticités croisées:

$$\ln P_{p,t} = \alpha_p + \beta_p \ln L_{p,t} + \gamma_p \cdot \ln L_{g,t} \quad (\text{Eq. 54})$$

$$\ln P_{g,t} = \alpha_g + \beta_g \ln L_{g,t} + \gamma_g \cdot \ln L_{p,t} \quad (\text{Eq. 55})$$

où γ_p, γ_g sont les élasticités de substitutions de petites langoustines par des grosses langoustines et de grosses langoustines par des petites langoustines respectivement.

Dans le cas d'un modèle de prix à élasticités croisées, la courbe de demande est modifiée par une variation des quantités consommées. Le surplus du consommateur de petites langoustines associé aux débarquements $L_{p,ref}, L_{g,ref}$ de petites et grosses langoustines respectivement, à la période de référence est :

$$CS_{p,t} = \int_0^{L_{p,ref}} P_{p,t}(L_{p,t}) dL = \frac{e^{\alpha_p}}{\beta_p + 1} \cdot (L_{p,ref})^{\beta_p + 1} (L_{g,ref})^{\gamma_p} \quad (\text{Eq. 56})$$

Le surplus du consommateur de petites langoustines associé aux débarquements $L_{p,t}, L_{g,t}$ de petites et grosses langoustines respectivement, à la période t est :

$$CS_{p,t} = \int_0^{L_{p,t}} P_{p,t}(L_{p,t}) dL = \frac{e^{\alpha_p}}{\beta_p + 1} \cdot (L_{p,t})^{\beta_p + 1} (L_{g,t})^{\gamma_p} \quad (\text{Eq. 57})$$

Il s'ensuit que la variation de surplus du consommateur de petites langoustines associé aux variations de débarquement de petites langoustines de $L_{p,ref}$ à $L_{p,t}$ et de grosses langoustines de $L_{g,ref}$ à $L_{g,t}$ est donnée par:

$$\Delta CS_{p,t} = \frac{e^{\alpha_p}}{\beta_p + 1} \cdot (L_{p,t})^{\beta_p + 1} (L_{g,t})^{\gamma_p} - \frac{e^{\alpha_p}}{\beta_p + 1} \cdot (L_{p,ref})^{\beta_p + 1} (L_{g,ref})^{\gamma_p} \quad (\text{Eq. 58})$$

On calcule de la même façon la variation de surplus des consommateurs de grosses langoustines associé aux variations de débarquement de petites langoustines de $L_{p,ref}$ à $L_{p,t}$ et de grosses langoustines de $L_{g,ref}$ à $L_{g,t}$:

$$\Delta CS_{g,t} = \frac{e^{\alpha_g}}{\beta_g + 1} \cdot (L_{g,t})^{\beta_g + 1} (L_{p,t})^{\gamma_g} - \frac{e^{\alpha_g}}{\beta_g + 1} \cdot (L_{g,ref})^{\beta_g + 1} (L_{p,ref})^{\gamma_g} \quad (\text{Eq. 59})$$

La variation de surplus total du consommateur lié aux variations des débarquements de petites et grosses langoustines est la somme des variations de surplus du consommateur de grosses langoustines et de petites langoustines.

$$\Delta CS_t = \Delta CS_{g,t} + \Delta CS_{p,t} \quad (\text{Eq. 60})$$

2.5. Paramètres du modèle

2.5.1. Paramètres biologiques

Dans le cas de la langoustine, les données utilisées pour les simulations sont celles correspondant à l'année 2003, estimées par le groupe de travail du CIEM sur la base des résultats de l'évaluation de stock réalisée en 2005 (ICES, 2004). L'analyse de cohortes (Virtual Population Analysis, Gulland, 1965) et ses approximations sont les techniques standard d'évaluation de stock lorsque les données historiques de capture par âge sont disponibles. En l'absence de méthodes de détermination directe de l'âge, ce qui est le cas pour la langoustine, la technique de la « machette » (« slicing »⁶³) permet à partir de données de composition en longueur et des paramètres de la fonction de croissance de Von Bertalanffy de traduire les groupes de longueurs en cohortes synthétiques ou groupes d'âge. Les séries de données de composition en âge ainsi reconstituées permettent d'appliquer la méthode XSA (Extended Survivors Analysis, Shepherd, 1992) et d'estimer en particulier la série des mortalités par pêche aux âges. Dans la mesure où le but de l'analyse est de comparer les résultats de scénarios d'amélioration de la sélectivité au statu quo sur la période de simulation 2004-2015, les données d'évaluation de stock pour l'année 2003 ont été utilisées et non la moyenne des variables de stock sur les trois dernières années comme le fait le groupe de travail pour les prévisions de court terme.

Le poids moyen aux âges, w_i , calculé à partir de la courbe de croissance de Von Bertalanffy et des paramètres de la relation taille-poids estimés par le CIEM (ICES, 2000 est supposé constant au cours de la simulation. Les valeurs de recrutement de langoustine utilisées par le groupe de travail CIEM pour les prédictions de court terme ont été retenues pour les simulations. La moyenne géométrique des recrutements de langoustine à l'âge 1 estimés ces quinze dernières années (ICES, 2004; $GM_{1987-2002}=636$ millions individus) a été retenue pour les simulations. L'hypothèse de recrutements constants au cours de la période de simulation est une hypothèse forte comme l'indiquent les fluctuations de recrutement représentés en Figure 4. 4. Néanmoins cette hypothèse peut être raisonnable pour des stocks dont la biomasse féconde n'est pas trop faible. Si cette hypothèse peut être valide lorsque l'on raisonne à effort constant, il se peut qu'elle soit compromise si on suppose un effort variable.

⁶³ Le « slicing » consiste à repérer les modes dans la distribution en longueur des individus. Chaque mode est supposé correspondre à une cohorte.

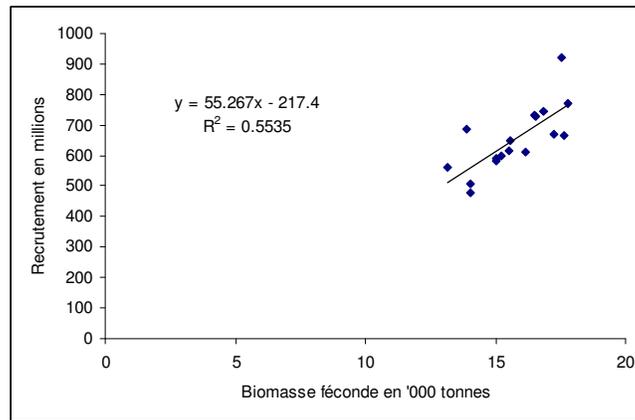


Figure 4. 4 : Relation stock-recrutement langoustine.

Une alternative est d'inclure une relation stock-recrutement qui permettrait de prédire le recrutement à partir de la biomasse féconde observée à chaque pas de temps. Pour l'instant cependant, cette relation n'est pas utilisée dans l'évaluation du stock (ICES, 2004). Nous avons donc choisi de reprendre les hypothèses utilisées dans les projections de court terme réalisées par le groupe de travail. Dans la mesure où nous comparons les résultats de différentes simulations pour évaluer l'impact spécifique de variations de la sélectivité, le raisonnement toutes choses égales par ailleurs à recrutement constant est justifié. Des analyses de sensibilité des résultats aux variations de recrutement ont néanmoins été menées.

Les données suivantes ont été utilisées pour modéliser la dynamique du stock de langoustine :

Groupe d'âge i	Mortalité par pêche captures mortes Fri(2003)	Rejets 2003 (en % des captures totales)	Mortalité par pêche captures totales Fi (2003)	Poids moyen aux âges Wi (2001-2003)	Effectif de la population Ni (2003)	Mortalité naturelle Mi
1	0,0201	100%	0,029	0,004	452366	0,3
2	0,2926	90%	0,401	0,009	380567	0,25
3	0,4842	26%	0,526	0,017	259802	0,25
4	0,4971	4%	0,503	0,026	121356	0,25
5	0,5149	3%	0,519	0,035	48339	0,25
6	0,4455	2%	0,448	0,046	19541	0,25
7	0,3981	0%	0,398	0,054	9159	0,25
8	0,4753	0%	0,475	0,057	4641	0,25
9+	0,4753	0%	0,475	0,071	6740	0,25

Tableau 4. 2 : Paramètres biologiques utilisés dans le modèle pour modéliser la dynamique du stock de langoustines. Mortalité par pêche des captures mortes et totales 2003 et rejet en pourcentage des captures totales (captures mortes + rejets vivants) (ICES; 2004).

La mortalité par pêche des langoustines F_i a été estimée à partir de la mortalité par pêche des captures mortes 2003 utilisée dans le groupe de travail (ICES, 2004) et des données de captures mortes, rejets morts et débarquements disponibles pour cette année là. Les rejets totaux et les captures totales ont pu être reconstitués en appliquant un taux de survie des rejets de langoustine de 30% (Guéguen et

Charuau, 1975) et nous avons pu calculer les rejets aux âges en pourcentage des captures totales (Tableau 4. 2).

En l'absence de données sur la structure des captures par sous-flottille, nous avons fait l'hypothèse que toutes les sous-flottilles exerçaient le métier de chalutage de fond à langoustine avec le même diagramme d'exploitation et les mêmes comportements de rejet. La langoustine n'étant capturée que par les sous-flottilles langoustinières, la mortalité par pêche langoustine totale de la flottille langoustinière (correspondant aux captures totales) F_i a été allouée entre les sous-flottilles au prorata de leur contribution aux débarquements totaux (à défaut de leurs captures totales) en utilisant les données de production de langoustines de ces flottilles en 2001, 2002 et 2003. Soit l_f , la quantité de langoustines moyenne débarquées entre 2001 et 2003 par la sous-flottille langoustinière f et $F_{i,f}$, la mortalité par pêche des langoustines d'âge i attribuée à cette sous-flottille, $F_{i,f}$ est donnée par :

$$F_{i,t} = \frac{l_f}{\sum_f l_f} \cdot F_i$$

Le Tableau 4. 3 donne la mortalité par pêche sur la langoustine par sous-flottille :

Flot langoustine Nb Hommes	Sous-flottille du Nord du golfe de Gascogne					Sous-flottille du Nord du golfe de Gascogne				
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Age/sous-flottille	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	0,004	0,006	0,007	0,005	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003	0,000
2	0,052	0,083	0,093	0,067	0,017	0,003	0,027	0,014	0,041	0,004
3	0,068	0,109	0,122	0,088	0,023	0,005	0,035	0,018	0,054	0,005
4	0,065	0,105	0,116	0,084	0,022	0,004	0,033	0,017	0,052	0,005
5	0,067	0,108	0,120	0,087	0,022	0,004	0,035	0,018	0,053	0,005
6	0,058	0,093	0,104	0,075	0,019	0,004	0,030	0,015	0,046	0,005
7	0,051	0,083	0,092	0,066	0,017	0,003	0,026	0,014	0,041	0,004
8	0,061	0,099	0,110	0,079	0,020	0,004	0,032	0,016	0,049	0,005
9	0,061	0,099	0,110	0,079	0,020	0,004	0,032	0,016	0,049	0,005
Débarquements langoustine par sous-flottille (moyenne 2001-2003 en tonnes)	505	816	908	656	168	34	261	134	404	40
Pourcentage des débarquements totaux de langoustines (moyenne 2001-2003)	13%	21%	23%	17%	4%	1%	7%	3%	10%	1%

Tableau 4. 3 : Mortalité par pêche sur le stock de langoustine par sous-flottille.

Les données d'échantillonnage des captures récoltées à bord de navires professionnels par l'IFREMER donnent les résultats suivants de pourcentage de rejet de langoustines par âge sur les navires de la flottille langoustinière échantillonnés, qu'on utilisera dans les simulations.

Groupe d'âge i	% rejet
1	96%
2	75%
3	28%
4	7%
5	4%
6	4%
7	1%
8	1%
9+	0%

Tableau 4. 4 : Pourcentage de langoustines en nombre par groupe d'âge. Source: Données Obsmer Juin 2002 à Septembre 2004.

Les données ne permettant pas de calculer des pourcentages de rejet par sous-flottille, on suppose donc que le pourcentage de rejet par sous-flottille est égal au pourcentage de rejet de l'ensemble de la flottille.

2.5.2. *Modèles de prix, surplus des producteurs et surplus des consommateurs*

En toute rigueur, le calcul du surplus des consommateurs devrait s'appuyer sur le prix au détail. Il faudrait donc en principe deux modélisations différentes, l'une sur les prix au débarquement et l'autre sur les prix au consommateur. En l'absence de données permettant de réaliser l'exercice (voir annexes 3.2 et 3.6) deux solutions sont possibles :

- a. supposer des taux de marges exogènes (constantes) de façon à extrapoler les prix au détail à partir des prix au consommateur. Mais l'hypothèse de taux de marge exogène est forte.
- b. ne considérer que les prix au débarquement et analyser le surplus du consommateur et les marges simultanément.

Le surplus du consommateur désignera par la suite par commodité un ensemble plus large regroupant le surplus du consommateur et les marges.

a. **Caractéristiques du marché de la langoustine vivante**

Une analyse des caractéristiques du marché de la langoustine présentée en annexe 3.2 a été réalisée à partir des données de production nationale par catégorie de taille de langoustine et type de produit (langoustine vivante, glacée, ou congelée) de 1999 à 2006 issues de la base de données Harmonie (IFREMER/SIH), des données SECODIP (SECODIP, 1997, 2002)⁶⁴ de comportements des

⁶⁴ Les données SECODIP proviennent d'enquêtes de panel consommateurs qui enregistrent les déclarations d'achat d'un échantillon CONSOSCAN de 8000 ménages représentatifs de la population métropolitaine totale en termes de répartition géographique et en fonction des critères socio-économiques usuels. Les données sont

consommateurs de langoustine fraîche de 1991 à 2002 et des données EUROSTAT de commerce extérieur de la langoustine fraîche et congelée de 1999 à 2005. Quatre entretiens complémentaires auprès de mareyeurs du quartier du Guilvinec ont d'autre part été réalisés qui permettent d'apporter des éléments qualitatifs, à dire d'expert, sur les caractéristiques du marché de la langoustine vivante qui nous intéresse ici. Les données de commerce extérieur et les données de comportement des consommateurs disponibles agrègent en effet les langoustines vivantes et glacées et les différentes catégories de taille de la langoustine ce qui rend difficile l'analyse du marché de la langoustine vivante et la mise en évidence de marchés segmentés par type de produit glacé ou vivant et de marchés segmentés par catégorie de taille. Cette analyse met en évidence trois caractéristiques principales du marché de la langoustine vivante :

1. S'il n'existe pas de statistiques européennes sur les imports et exports distinguant langoustines glacées et vivantes, les entretiens avec les mareyeurs ainsi que l'analyse des tendances des prix à l'importation de langoustine fraîche par rapport au prix des langoustines vivantes et glacées mettent cependant en évidence que le marché de la langoustine vivante est relativement segmenté : les imports et débarquements de langoustines glacées ou congelées n'influencent pas les prix de la langoustine vivante.

2. Il existe d'autre part une bonne adéquation entre marché et flottille langoustinière du golfe de Gascogne qui permet de supposer raisonnablement qu'il existe une élasticité prix.

Dans le cas de la petite langoustine vivante, le marché est segmenté et très local. Les petites langoustines vivantes sont vendues aux restaurants et Grandes et Moyennes Surfaces (GMS) proches des ports de débarquement. Compte tenu de l'adéquation forte entre flottille et marché, l'hypothèse d'une élasticité prix significative est raisonnable. D'autre part même s'il peut y avoir une substituabilité avec d'autres produits, la petite langoustine reste un produit bien identifié.

Dans le cas de la grosse langoustine vivante, la segmentation est moins nette puisqu'il existe des exports de grosse langoustine vivante en Espagne. Il existe un marché plus large où les grosses langoustines vivantes entrent en compétition avec les langoustines écossaises vivantes et les langoustines glacées, en particulier sur le marché espagnol, très demandeur des grosses tailles de langoustines sous toutes leurs formes.

3. Les prix dépendent de la catégorie commerciale (reliée à la taille des langoustines) et il existe des éléments en faveur d'une élasticité simple par catégorie et des éléments en faveur d'une élasticité croisée entre catégories:

D'après les mareyeurs, dans les conditions actuelles, il n'y a pas vraiment d'élasticité croisée entre les deux catégories de langoustines (grosses et petites), il s'agit de deux produits non substituables.

ensuite extrapolées à l'ensemble de la population et fournissent des indicateurs de marché qui permettent de décrire la consommation à domicile et de suivre les tendances d'évolution des achats en volume et prix.

Grosses et petites langoustines ne sont pas vendues sur les mêmes marchés et les consommateurs de grosses langoustines ne consomment pas de petites langoustines et inversement.

Une analyse de la formation des prix par catégorie a été menée pour être en mesure d'analyser les variations de surplus des producteurs et consommateurs, en liaison avec des modifications de sélectivité et l'évolution de la structure des débarquements. Le modèle bio-économique est développé à une échelle de temps annuelle. Les modèles de prix testés sont donc des modèles simplifiés qui ne prennent pas en compte la saisonnalité des débarquements mise en évidence mais estiment un prix moyen annuel.

Etant donné la nature des importations (constituées essentiellement de langoustines glacées) et la segmentation des marchés de langoustine vivante et langoustine glacée (géographique en particulier) mise en évidence grâce aux entretiens auprès des mareyeurs, nous estimons dans cette section un modèle de prix pour la langoustine vivante et supposons que les prix de la langoustine vivante ne sont pas sensibles aux importations et aux débarquements nationaux de langoustine glacée. La sensibilité des prix de la langoustine aux prix des substituts en particulier des crevettes (Paquette, com pers) n'a pas été prise en compte dans cette première analyse économétrique. On estime en première approche la sensibilité des prix par catégorie aux débarquements français de langoustine vivante.

L'analyse du marché de la langoustine vivante et des enquêtes menées auprès des mareyeurs suggèrent des éléments en faveur de deux types de modèles de formation des prix par catégorie de langoustine, avec ou sans élasticité croisée entre catégories.

Les deux types de modèles ont donc été testés :

- (i) Un modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée tel que :

$$\ln P_{c,t} = \alpha_c + \beta_c \ln L_{c,t} \quad (\text{Eq. 61})$$

avec $P_c = P_i$ pour $i \in c$

où

$P_{c,t}$ est le prix de la catégorie c à la période t ,

α_c est une constante spécifique à chaque catégorie c ,

β_c est l'élasticité prix de la catégorie c ,

$L_{c,t}$ sont les débarquements par catégorie c de l'ensemble de la flottille langoustinière à la période t ,

tels que :

$$L_c = \sum_{i \in c} L_i$$

(ii) Un modèle de formation des prix par catégorie avec élasticité croisée tel que :

$$\ln P_{p,t} = \alpha_p + \beta_p \ln L_{p,t} + \gamma_p \cdot \ln L_{g,t} \quad (\text{Eq. 62})$$

$$\ln P_{g,t} = \alpha_g + \beta_g \ln L_{g,t} + \gamma_g \cdot \ln L_{p,t} \quad (\text{Eq. 63})$$

où

l'indice pour les petites langoustines est noté p et l'indice pour les grosses langoustines est noté g,

$P_{p,t}$ et $P_{g,t}$ sont les prix des petites langoustines et grosses langoustines respectivement,

$L_{p,t}$ et $L_{g,t}$ sont les débarquements de petite langoustine et grosse langoustine respectivement de l'ensemble de la flottille langoustinière à la période t,

α_p et α_g sont les constantes spécifiques à la catégorie petite langoustine et à la catégorie grosse langoustine respectivement,

et γ_p, γ_g sont les élasticités de substitutions de petites langoustines par des grosses langoustines et de grosses langoustines par des petites langoustines respectivement.

b. Définition des catégories commerciales de langoustines

La variabilité des définitions des catégories commerciales et de la qualité des lots de langoustines selon les criées (confirmée lors des enquêtes de terrain) a nécessité d'homogénéiser la définition des catégories commerciales de langoustines et de réallouer les débarquements par catégorie pour pouvoir estimer les paramètres des modèles de formation des prix. Cette étape a été un obstacle important pour l'estimation de modèles de prix par catégorie. En effet, quatre catégories commerciales de langoustines vivantes sont définies au niveau européen (Règlement (CE) n° 2406/96) en fonction du nombre de langoustines au kg :

Catégorie 40 : $n \geq 41$

Catégorie 30 : $31 \leq n \leq 40$

Catégorie 20 : $21 \leq n \leq 30$

Catégorie 10 : $n \leq 20$

Avec n, le nombre de langoustines au kilo.

Mais le tri des langoustines ne respecte généralement pas cette classification. Selon les criées de débarquement, le nombre de catégories et leur définition ou appellation varie. Les limites entre

catégories commerciales et les appellations sont très hétérogènes. Les navires langoustiniers des ports de Sud-Bretagne débarquent ainsi généralement seulement deux catégories de langoustines, de la petite langoustine et de la grosse langoustine. D'autre part, selon les ports de débarquement, les petites langoustines sont vendues sous l'appellation catégorie 40 ou 30 et les grosses langoustines sous l'appellation catégorie 10, 20 ou 30. Une catégorie de langoustine royale de catégorie commerciale 10 est parfois distinguée. Une enquête auprès des criées a été menée afin de préciser les critères de définitions des catégories commerciales de langoustines et permettre d'agréger correctement certaines catégories entre elles pour être en mesure de proposer un modèle de formation des prix de la langoustine par groupe de catégories commerciales. L'enquête a été réalisée auprès des criées de Lorient, Concarneau, Le Guilvinec, Saint Guénolé et Oléron. Les résultats de l'enquête et les correspondances entre catégories commerciales débarquées par criée et catégories commerciales royale, grosses et petites langoustines sont présentées en annexe 3.3.

A partir des données récoltées pendant les enquêtes criées ainsi que du prix moyen des catégories commerciales, les débarquements de langoustines par catégorie commerciale (10,20, 30 et 40) par mois et par criée pour les années 2001, 2002, 2003 issus de la base de données Harmonie 2001-2003 (IFREMER/SIH), qui regroupe les données de débarquements par mois (espèces, taille, présentation, qualité), ont été réalloués en trois catégories, royale, grosse langoustine et petite langoustine. A partir de la clef taille-âge, des poids moyens aux âges et de la définition des catégories commerciales (annexe 3.4), on a d'autre part établi la correspondance entre les grandes catégories commerciales définies (grosses et petites langoustines et langoustine royale) et les âges qui permettent de faire le lien avec les débarquements par âge.

Catégorie recodée	Correspondance catégorie-âges
petite langoustine	[1;4]
grosse langoustine	[5,7]
langoustine royale	[8;9+]

Tableau 4. 5 : Correspondance catégories de langoustines recodées- groupes d'âge. Source : recodage des catégories par enquête et ICES, 2000.

c. Modèle à prix constants

Les données 2001-2003 de débarquement par grande catégorie recodée (langoustine royale, grosse et petite langoustine) permettent de calculer les prix moyens par catégorie utilisés dans le modèle à prix constant (Tableau 4. 6).

Catégorie recodée	Correspondance catégorie-âge	Prix moyen euros/kg
Petite langoustine	[1;4]	7.437
Grosse langoustine	[5;7]	13.204
Langoustine Royale	[8;9+]	14.804

Tableau 4. 6 : Prix moyens par catégorie 2001-2003. Source : données Harmonie IFREMER/SIH et recodage des catégories par enquête.

Les âges 1, 2 se situent en dessous de la Taille Minimale de Débarquement. Néanmoins, il existe des débarquements sous tailles généralement vendus hors criée et pour une faible proportion en criée. On suppose que les langoustines sous la Taille Minimale de Débarquement obtiennent les mêmes prix que les petites langoustines.

d. Modèles de formation des prix

Les données de débarquements et prix par catégorie recodées pour les années 2001 à 2003 ont été utilisées pour analyser la sensibilité des prix des catégories ainsi recodées aux quantités débarquées et estimer les paramètres des modèles de prix sans élasticité croisée et avec élasticité croisée. Compte tenu de l'hétérogénéité des appellations des catégories de langoustines selon les criées et les années, nous n'avons pas pu réallouer les débarquements de langoustine entre langoustine royale, grosses et petites langoustines pour une série temporelle plus longue que 2001-2003. Les paramètres de modèles de prix ont donc été estimés à partir des données de débarquements mensuels sur 36 données. Etant donné la saisonnalité, cette approximation est problématique puisqu'il s'agit d'estimer un modèle de prix annuels. Néanmoins les données de débarquement n'ont pu être recodées pour une série temporelle plus longue, par défaut les paramètres estimés sur les données mensuelles sont utilisés.

La série de données dont nous disposons (données mensuelles par catégorie recodées pour 2001-2003), ne nous a pas permis de spécifier un modèle de prix utilisable pour les simulations. D'autres facteurs interviennent dans la formation des prix qu'il ne nous a pas été possible d'identifier ou de prendre en compte pour spécifier un modèle annuel à l'échelle de la flottille langoustinière. D'autre part, les simulations de mesures de sélectivité modifient : (i) la part de petites langoustines par rapport à la part de grosses langoustines dans les débarquements, (ii) les quantités débarquées. Une modification de sélectivité correspond donc à un choc susceptible de modifier les comportements de demande. L'estimation de modèle de prix à partir de l'étude d'un échantillon de données correspondant à une situation économique stable passée est insuffisante pour prévoir les modifications de comportements de demande dans le cas d'une amélioration de la sélectivité. Les changements de structures de débarquement qu'entraîne une amélioration de la sélectivité, risqueraient donc d'invalider le modèle de prix estimé. Une analyse des consentements à payer permettrait de compléter l'approche mais sort du cadre de cette thèse.

Les résultats de l'analyse économétrique des deux types de modèle, à élasticité simple par catégorie et à élasticité croisée entre catégories sont présentés en annexe 3.5. Il existe des éléments empiriques en faveur des deux modèles mais le non respect de certaines des hypothèses (multicolinéarité dans le cas du modèle à élasticité croisée et non normalité et autocorrélation des résidus dans le cas du modèle à élasticité simple) engendre cependant des biais dans les estimations des deux modèles testés. Les paramètres estimés ne sont donc pas robustes mais sont néanmoins utilisés en première approche. Nous testerons donc trois hypothèses de modèles de prix :

Hypothèse 1 : Prix exogènes par catégorie (petite et grosse langoustine)

Hypothèse 2 : modèle de prix par catégorie (petite et grosse langoustine) sans élasticité croisée

Hypothèse 3 : modèle de prix par catégorie (petite et grosse langoustine) avec élasticité croisée

Dans le cas des hypothèses de modèles de prix 2 et 3, les variations de surplus des consommateurs liées aux modifications de structures de débarquement dans le cas d'une amélioration de la sélectivité pourront être étudiées. Pour le calcul des variations de surplus des simulations, les paramètres des modèles de prix estimés ont été utilisés comme valeurs conventionnelles. Ils permettent d'obtenir des valeurs plausibles. Dans la mesure où l'on cherche à étudier les effets d'une modification de la structure des débarquements sur les surplus, ces relations semblent être à ce stade les plus appropriées. On les utilisera cependant en tenant compte des limites importantes qu'elles présentent. Une analyse économétrique plus fine et davantage de données qualifiées auraient été nécessaire pour estimer des modèles de prix utilisables pour les simulations. Les paramètres du modèle de prix ayant été estimé pour des débarquements mensuels, on calculera à chaque période un prix moyen à partir des débarquements par mois moyen⁶⁵ qu'on supposera représentatif du prix moyen annuel.

On se limite pour l'analyse des variations de surplus des consommateurs à l'analyse des variations de surplus des acheteurs à la première vente c'est-à-dire qu'il s'agit en réalité du surplus des consommateurs plus les marges commerciales. Une analyse du marché de la langoustine et de la répartition des volumes à travers les filières présentée en annexe 3.6 montre en effet que les données disponibles sont à l'échelle agrégée des langoustines fraîches (vivantes plus glacées). Les données ne permettent donc pas d'approfondir l'analyse de la répartition de la variation de surplus entre les différents groupes concernés de la filière de commercialisation. Le modèle de prix ayant été estimé par mois, nous supposons que le surplus du consommateur associé au débarquement $L_{c,t}$ de catégorie c à la période t est égale à douze fois le surplus mensuel du consommateur⁶⁵. Les résultats des variations de surplus des producteurs sont discutés par rapport au scénario à prix exogènes et on

⁶⁵ On ne tient pas compte de la saisonnalité des débarquements et on suppose que chaque mois $\frac{L_{c,t}}{12}$ est débarqué

compare d'autre part les variations de surplus des consommateurs dans le cas à élasticité croisée et sans élasticité croisée.

2.5.3. Paramètres économiques et techniques des flottilles

L'entrée dans la pêche étant limitée par un système de Permis de Pêche Spécial (PPS), le modèle suppose que le nombre de navires ne varie pas au cours de la période de simulation. Les paramètres économiques et techniques des flottilles modélisées proviennent des enquêtes économiques réalisées depuis 2001 par l'Ifremer dans le cadre du SIH (Berthou *et al.* 2003). Les données d'entrées utilisées pour les simulations sont issues de données collectées en 2001 et 2002 pour un échantillon représentatif de navires pour chaque sous-flottille. Pour des raisons d'échantillonnage, le modèle s'appuie sur une structure de coût identique quelle que soit la région considérée. La segmentation des flottilles langoustinières ne tient pas compte du critère géographique pour l'élaboration du modèle de coûts. Les caractéristiques économiques intègrent uniquement la segmentation en classes de nombre d'hommes à bord. Le taux d'échantillonnage serait en effet insuffisant pour tenir compte des deux critères de segmentation par quartier et par nombre d'hommes à bord. Cinq sous-flottilles langoustinières sont donc considérées, correspondant à une segmentation par classe de nombre d'hommes à bord.

D'autre part, l'hypothèse a été faite que les années 2001 et 2002 étaient semblables du point de vue de la structure des coûts, ce qui a permis de considérer un échantillon plus important de navires et de lisser la structure des coûts par sous-flottille. Cette hypothèse fait abstraction à ce stade de la hausse du prix du gazole. Soixante treize enquêtes économiques ont été réalisées auprès de chalutiers langoustiniers en 2001 ou 2002. Trente six navires ont été enquêtés ces deux années. L'échantillon considéré en 2001 est de 41 navires pour une flottille de 245 navires (taux d'échantillonnage 17%) et de 32 en 2002 pour une flottille de 231 navires (taux d'échantillonnage 14%).

Classe de nombre d'hommes à bord	2001	2002
]1-2] marins	10	7
]2-3] marins	17	11
]3-4] marins	12	6
]4-5] marins	1	7
]5-10] marins	1	1

Tableau 4. 7: Effectifs par année et par classes d'effectif des navires langoustiniers échantillonnés.

Pour chacune des 5 sous-flottilles langoustinières les différents postes de coûts ont été exprimés par navire moyen en pourcentage du chiffre d'affaires moyen 2001-2002 à partir de l'échantillon. Le

Tableau 4. 8 donne la structure des coûts des 5 sous-flottilles langoustinières distinguées en fonction du nombre d'hommes à bord.

classe de nb d'hommes à bord	Flottilles langoustinières				
	[1;2]	[2;3]	[3;4]	[4;5]	[5; [
Structure de coût en % du CA	F1	F2	F3	F4	F5
Frais de débarquement	3.8%	5.5%	4.8%	5.5%	5.5%
Frais Carburant et huile	11.3%	14.1%	15.9%	15.8%	14.9%
Frais Appâts	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Frais Vivres	0.5%	1.6%	2.2%	2.7%	2.1%
Frais Glace	0.1%	0.4%	0.6%	0.9%	0.9%
Part équipage (%reste à partager)	44.5%	44.1%	43.6%	43.4%	42.0%
Part équipage (% CA)	37.5%	34.7%	33.0%	32.7%	31.9%
Prime équipage (source comptable)	1.5%	4.0%	4.7%	4.2%	2.0%
Cotisations salariales	4.6%	4.3%	4.2%	3.5%	2.7%
Cotisations patronales	3.9%	4.7%	4.7%	4.1%	3.1%
Frais engins - gréements	4.9%	4.8%	5.2%	4.8%	5.6%
Entretien réparations	5.3%	7.0%	7.4%	6.9%	7.3%
Prime d'assurance	4.2%	3.8%	3.7%	3.3%	3.8%
Frais de gestion et d'armement	4.1%	2.8%	2.8%	3.3%	2.3%
Licences	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Taxes comités	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%
Amortissement économique	4.6%	4.7%	4.2%	4.5%	4.6%
Intérêts	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%

Tableau 4. 8 : Structure en coûts des différentes sous-flottilles établie à partir des données d'enquêtes économiques 2001-2002. Source : IFREMER/SIH.

Les mesures de sélectivité peuvent engendrer une augmentation des coûts d'engin due soit au changement d'engin soit à l'adoption du dispositif de sélectivité. Néanmoins, on supposera que ces coûts sont négligeables au regard des autres coûts pris en compte par le modèle.

Le chiffre d'affaires langoustine et autres espèces de chacune des 10 sous-flottilles a été paramétré à partir des données de débarquement en valeur sur la période 2001-2003. A partir du nombre de navires et du chiffre d'affaires total par sous-flottille, les données ont été extrapolées à l'ensemble de chaque sous-flottille. Les caractéristiques techniques, les coûts et revenus moyens 2001-2003 et les principaux indicateurs économiques calculés dans le modèle sont présentés en annexe 3.7 pour chacune des dix sous-flottilles langoustinières.

Le taux d'intérêt à long terme moyen en France sur la période 2001-2003 (4,6%) a été utilisé pour approcher le coût d'opportunité du capital (OCDE, Principaux Indicateurs Economiques, juillet 2004). Pour le calcul du coût d'opportunité du travail, nous avons considéré que tous les pêcheurs ont la même qualification qui leur donne les mêmes alternatives. Le coût d'opportunité du travail a été calculé à partir du SMIC (13850,16 euros/an calculé sur la base de 35 h de travail par semaine). Le prix unitaire d'une heure de travail utilisé est donc 7,19 euros.

3. Analyse coût-bénéfice de mesures d'amélioration du diagramme d'exploitation de la langoustine

Dans cette section, nous présentons les résultats de l'analyse coût-bénéfice des impacts d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers par rapport à la taille des langoustines. Pour cette analyse, le modèle bio-économique de simulation n'intègre que la dynamique du stock de langoustine et les sous-flottes langoustinières. Cinq scénarios théoriques d'amélioration du diagramme d'exploitation de la langoustine sont simulés et comparés au statu quo sous différentes hypothèses de formations des prix. Les scénarios d'amélioration de la sélectivité sont simulés à partir de 2004 sur la période 2004-2015. Les conséquences bio-économiques d'une diminution des productions jointes intra-spécifiques sont analysées à court terme et à long terme. Nous décrivons les phases de transition et les états d'équilibre. Les impacts potentiels des scénarios d'amélioration de la sélectivité sur la biomasse et la structure en âge du stock de langoustine, sur les captures, les rejets et les débarquements de langoustines sont analysés. Le calcul des impacts économiques de mesures de sélectivité (traduit en variations de surplus) prend en compte les impacts pour les producteurs langoustiniers, l'Etat et les consommateurs. Les simulations sont menées en environnement certain (non stochastique), on envisagera néanmoins des analyses de sensibilité des résultats aux hypothèses de recrutement et survie des rejets.

3.1. Scénarios d'amélioration de la sélectivité

Les scénarios d'amélioration de la sélectivité simulés consistent à faire varier le facteur de sélectivité aux âges SF_i (défini à la section précédente) pour améliorer le diagramme d'exploitation. En pratique, une amélioration de la sélectivité intra-spécifique de la langoustine pourrait être obtenue par l'adoption de dispositifs sélectifs ou une augmentation de maillage. Des expérimentations sur des grilles à langoustine ont ainsi été testées par l'Ifremer et les représentants professionnels depuis 2004 pour mettre au point des dispositifs sélectifs. Les essais menés sur des grilles d'espacement entre barreaux différents (grille d'espacement entre barreaux 13 mm, 15 mm et récemment 20 mm) ont mis en évidence que de tels dispositifs permettaient l'échappement des petites langoustines, les autres productions jointes étant retenues. En fonction de l'espacement entre barreaux, les pertes de langoustines au-dessus de la taille minimale de débarquement sont plus ou moins importantes. Les scénarios théoriques d'amélioration de la sélectivité testés peuvent correspondre à l'adoption de dispositifs d'amélioration de la sélectivité tels que les grilles à langoustines développées pour offrir un bon compromis entre échappement des petites langoustines sous la Taille Minimale de Débarquement et limitation des pertes commerciales de langoustines et autres espèces commercialisables.

On suppose que les mesures d'amélioration de la sélectivité s'appliquent de la même façon à toutes les sous-flottilles langoustinières. On suppose d'autre part que la mesure de sélectivité testée (traduite par le facteur de sélectivité SF_i) est appliquée à partir de 2004 et que la même mesure s'applique durant toute la période 2004-2015. Le Tableau 4. 9 décrit les facteurs de sélectivité par âge SF_i correspondant aux scénarios d'amélioration de la sélectivité qui ont été testés :

	Age/Scénario	Statu quo	Sel1	Sel2	Sel3	Sel4	Sel5
âges sous la TMD*	1	1	0	0	0	0	0
	2	1	1	0	0	0	0
	3	1	1	1	0	0	0
	4	1	1	1	1	0	0
âges au-dessus de la TMD*	5	1	1	1	1	1	0
	6	1	1	1	1	1	1
	7	1	1	1	1	1	1
	8	1	1	1	1	1	1
	9	1	1	1	1	1	1
Pas de capture en dessous de l'âge	Statu quo		2	3	4	5	6
Pas de capture en dessous de la taille	Statu quo		6.3 cm	8.8 cm	10.4 cm	11.8 cm	13.1 cm

* TMD: Taille Minimale de Débarquement

Tableau 4. 9 : Facteur de sélectivité SF_i par âge correspondant aux scénarios de sélectivité (Sel1 à Sel5) simulés et correspondance en taille.

On suppose que la sélectivité de l'engin de pêche reste inchangée pour les groupes d'âge 6+ : $SF_i = 1$ pour $i \geq 6$. On considère également dans ces scénarios que l'efficacité du chalut (capturabilité) ne peut pas être améliorée par une modification de la sélectivité.

Le statu quo suppose que le diagramme d'exploitation de la langoustine ne varie pas au cours de la période de simulation. Le scénario 1 suppose une sélectivité totale pour les langoustines d'âge 1. Il n'y a donc aucune capture d'âge 1 c'est-à-dire aucune capture en dessous de 6,3 cm. Le scénario 2 suppose qu'un engin sélectif est introduit tel qu'aucune capture n'a lieu sur les âges 1 et 2 c'est-à-dire sur les individus de taille inférieure à 8,8 cm. Ce scénario correspond au scénario d'amélioration de la sélectivité qui permettrait de ne capturer aucune langoustine sous la Taille Minimale de Débarquement c'est-à-dire que la taille minimale de capture et la Taille Minimale de Débarquement (26 mm céphalothoracique) sont en adéquation. La taille limite entre l'âge 2 et 3 est de 8,8 cm ce qui correspond environ à la Taille Minimale de Débarquement autorisée par la réglementation actuelle (8,5 cm et 9 cm depuis 2005). Ce scénario implique néanmoins quelques pertes de langoustines commercialisées proches de la taille minimale de débarquement. On suppose par ailleurs que cet engin ne modifie pas la sélectivité des groupes d'âge 3 et plus. SF_i étant le facteur de sélectivité à l'âge i , ce

scénario correspond à $S_1=0$, $S_2=0$, $S_i=1$ quel que soit $i > 2$. Le scénario 3 correspond à une situation où seules les langoustines âgées de plus de 3 ans sont capturées. Le facteur de sélectivité est nul pour les trois premiers groupes d'âge et il n'y a pas de capture en dessous de 10,4 cm. Les scénarios de sélectivité 4 et 5 correspondent à des scénarios « extrêmes » peu réalistes à technologie de production identique (avec l'engin de pêche chalut). Ils supposent une sélectivité parfaite sur les âges inférieurs à 5 et 6 respectivement c'est-à-dire que les sous-flottes ne capturent (donc ne rejettent) aucune langoustine d'âges 1 à 4 dans le cas du scénario 4 et d'âge 1 à 5 dans le cas du scénario 5.

Les analyses présentées en annexe 3.5 ne permettent pas de conclure en faveur de l'un des modèles testés. Compte tenu de la sensibilité prévisible des résultats au modèle de prix adopté, trois scénarios de modèle de prix sont testés. Pour les 5 scénarios sélectifs et le statu quo, les résultats de l'analyse coût-bénéfice sont présentés, en supposant un recrutement moyen (R_{moy}) et un taux de survie des rejets de 30% (Sv_{Moy}), sous trois hypothèses de formation des prix décrits dans la section 3 :

1. P1 : Prix exogènes par catégorie (petite et grosse langoustine)
2. P2 : Modèle de prix par catégorie (petite et grosse langoustine) sans élasticité croisée
3. P3 : Modèle de prix par catégorie (petite et grosse langoustine) avec élasticité croisée

3.2. Etat de la pêcherie à l'équilibre

Lorsque le recrutement, l'effort de pêche et la capacité de pêche sont supposés constants et exogènes, l'état d'équilibre de la pêcherie est atteint après une période de transition dont la durée dépend du scénario sélectif considéré. L'adoption de mesures de sélectivité modifie la distribution en âge des effectifs de la population (Figure 4. 5) en permettant la survie des jeunes recrues. Cette modification de la distribution en âge se traduit par une augmentation de la proportion des individus les plus âgés dans les débarquements (Figure 4. 6) et par une diminution des rejets.

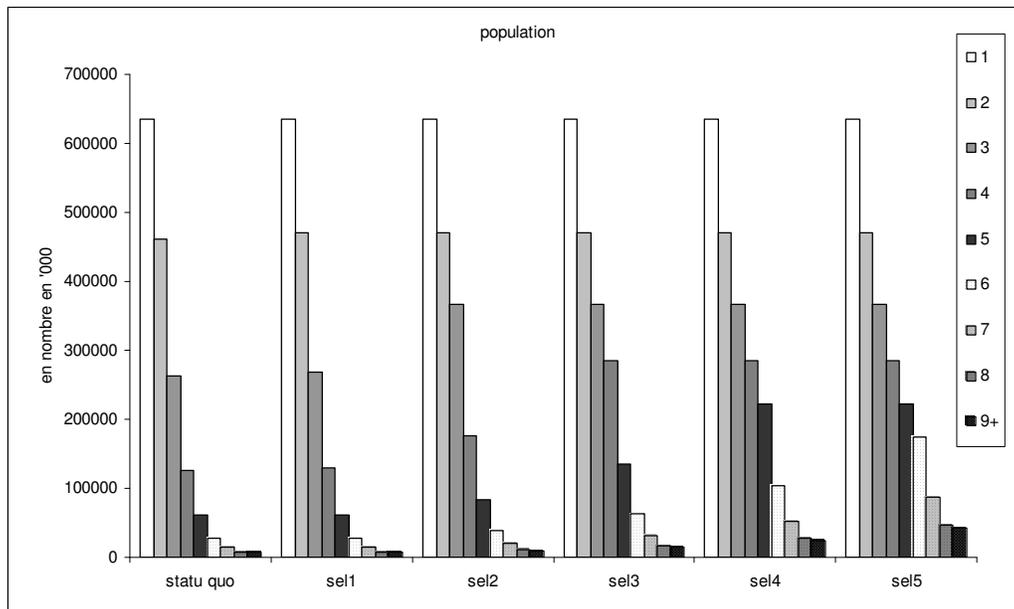


Figure 4.5 : Distribution en âge des effectifs de la population à l'équilibre (en 2015) en fonction du scénario d'amélioration de la sélectivité

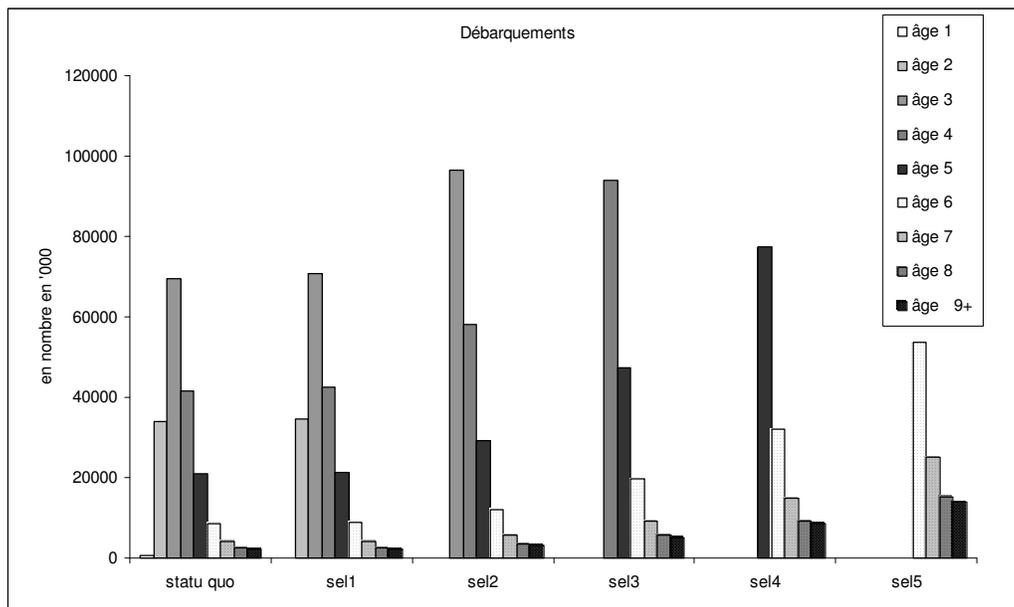
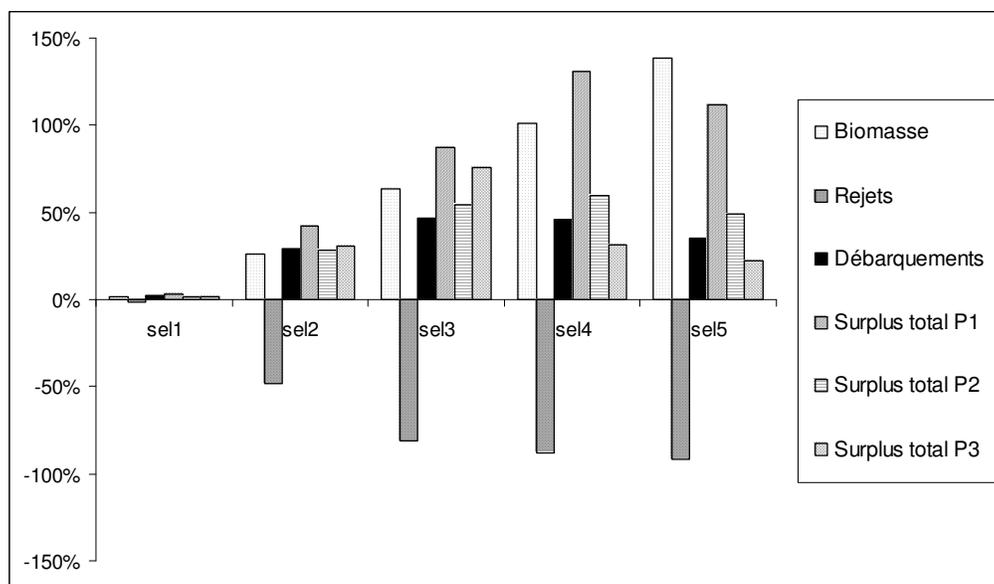


Figure 4.6 : Composition des débarquements en âge à l'équilibre en 2015 en fonction du scénario d'amélioration de la sélectivité

L'état d'équilibre de la pêcherie en fin de simulation (2015) est décrit dans la Figure 4.7 et le Tableau 4.10 pour chacun des scénarios de sélectivité simulés en comparaison avec le statu quo. Les indicateurs à l'équilibre en valeur absolue sont présentés en annexe 3.8.



P1 : Prix exogène constants

P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée

P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Figure 4. 7 : Variation par rapport au statu quo des indicateurs à l'équilibre pour les différents scénarios sélectifs et sous les différentes hypothèses de modèle de prix : P1 , P2 , P3 .

en 2015	sel1	sel2	sel3	sel4	sel5
Biomasse	2%	26%	63%	101%	138%
Rejets	-2%	-48%	-81%	-88%	-92%
Débarquements	2%	29%	47%	46%	35%
P1					
Chiffre d'affaires langoustine	2%	31%	65%	98%	84%
Surplus des Producteurs	3%	42%	87%	131%	112%
Surplus des consommateurs					
Surplus Etat	1%	15%	31%	47%	40%
Surplus total	2%	38%	80%	120%	102%
P2					
Chiffre d'affaires langoustine	2%	26%	50%	56%	46%
Surplus des Producteurs	2%	35%	67%	76%	62%
Surplus des consommateurs	2%	26%	49%	53%	44%
Surplus Etat	1%	12%	23%	26%	22%
Surplus total	2%	28%	54%	60%	49%
P3					
Chiffre d'affaires langoustine	2%	29%	78%	30%	22%
Surplus des Producteurs	2%	38%	100%	39%	28%
Surplus des consommateurs	2%	28%	64%	28%	20%
Surplus Etat	1%	15%	40%	16%	11%
Surplus total	2%	31%	76%	31%	22%

P1 : Prix exogène constants

P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée

P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Tableau 4. 10 : Variation par rapport au statu quo des indicateurs à l'équilibre pour les différents scénarios sélectifs et sous les différentes hypothèses de modèle de prix : P1, P2, P3.

Le statu quo et le scénario 1 sont presque équivalents du point de vue des indicateurs présentés dans la Figure 4. 7. Le scénario 2 réduit les rejets totaux de 48% et les scénarios 3, 4 et 5 permettent de

diminuer les rejets de 81%, 88% et 92% respectivement permettant ainsi d'atteindre des niveaux de rejet très faibles comparés aux 1500 tonnes de rejet par an observés dans le cas du statu quo. Les résultats des simulations indiquent que l'amélioration de la sélectivité à effort de pêche et capacité de pêche constants a un impact positif sur la biomasse. L'adoption d'une mesure de sélectivité correspondant au scénario 2 permettrait ainsi de dépasser les plus forts niveaux de biomasse observés sur la série 1987-2002 (18000 tonnes) par le CIEM (ICES, 2004). Dans le cas des scénarios 4 et 5, la biomasse serait multipliée par 2 et 2,25 respectivement. Cependant l'augmentation de la biomasse peut être limitée par la capacité de charge de l'écosystème⁶⁶. Le scénario 2 (sel2 : scénario permettant que les langoustines sous la taille minimale de débarquement ne soient pas capturées) permet ainsi une augmentation des débarquements de 29% (5438 tonnes) qui se traduit par une augmentation de 31% du chiffre d'affaires langoustine (54 millions d'euros) dans le cas où l'on suppose un modèle de prix à prix exogènes et constants (P1), de 26% dans le cas d'un modèle de prix sans élasticité croisée (50 millions d'euros), et de 29% dans le cas d'un modèle de prix avec élasticité croisée (61 millions d'euros). En termes de variation de surplus (surplus des producteurs, des consommateurs et de l'Etat), à l'équilibre, le scénario 4⁶⁷ donne les variations de surplus par rapport au statu quo les plus importantes sous les hypothèses de prix P1 et P2 (P1 : modèle à prix exogènes et constants et P2 : modèle de formation des prix sans élasticité croisée). Dans le cas où l'on suppose un modèle de formation des prix à élasticité croisée (P3), le scénario 3 donne les variations de surplus par rapport au statu quo les plus importantes.

3.3. Analyse des phases de transition

L'analyse de l'état d'équilibre met en évidence les bénéfices de long terme pour le stock et les flottilles que permet l'adoption de mesures de sélectivité. Les périodes de transition vers l'état d'équilibre peuvent néanmoins être caractérisées par des pertes à court terme pendant des phases plus ou moins longues. Les pertes de court terme redoutées par rapport aux gains de long terme incertains sont une des raisons qui opposent généralement les pêcheurs à l'amélioration de la sélectivité. L'analyse des phases de transition permet de discuter la longueur et l'ampleur des phases de transition. Les variations dans le cas du statu quo sont dues au fait que le stock initial n'est pas à l'équilibre et à l'hypothèse de recrutement retenue (moyenne géométrique des recrutements ayant eu lieu sur la période 1987-2002). Les données de pourcentages de rejet aux âges utilisés pour corriger la mortalité par pêche en tenant compte de la survie des rejets et pour calculer les débarquements et rejets à partir des captures correspondent d'autre part aux données récoltées à bord des navires professionnels (données Obsmer) et diffèrent légèrement des données de rejet utilisées par le groupe de travail CIEM.

⁶⁶ Nous ne connaissons pas cependant quelle pourrait être la biomasse vierge.

⁶⁷ Ce scénario correspondrait, étant donné l'effort de pêche à la sélectivité optimale (point de la courbe enveloppe décrite au chapitre 3).

Le scénario 2, où l'on ne suppose aucune capture (donc aucun rejet) de langoustines sous la Taille Minimale de Débarquement, est ainsi caractérisé par de faibles pertes à court terme et des gains non négligeables à moyen et long terme. L'échappement concerne en effet des langoustines non commercialisables généralement rejetées (75%). La mortalité par pêche ainsi diminuée sur les jeunes âges permet une augmentation de la biomasse, des captures par unité d'effort et *in fine* des débarquements (Figure 4. 8). Dans le cas des scénarios 3, 4 et 5, l'amélioration de la sélectivité permet de diminuer les captures sur les plus jeunes âges (et donc les rejets) et d'augmenter la biomasse (Figure 4. 8). On observe en revanche une période de transition suivant l'adoption de la mesure sélective dont la durée dépend du scénario sélectif considérée et pendant laquelle les débarquements sont inférieurs à ceux obtenus dans le cas du statu quo. La diminution des débarquements la première année suivant l'augmentation de la sélectivité est respectivement de 33%, 62%, 81% pour les scénarios 3, 4 et 5. Ces pertes à court terme constituent l'une des raisons pour lesquelles les mesures de sélectivité ont été peu adoptées. Elles correspondent au coût de l'adoption de mesures sélectives (voir chapitre 3).

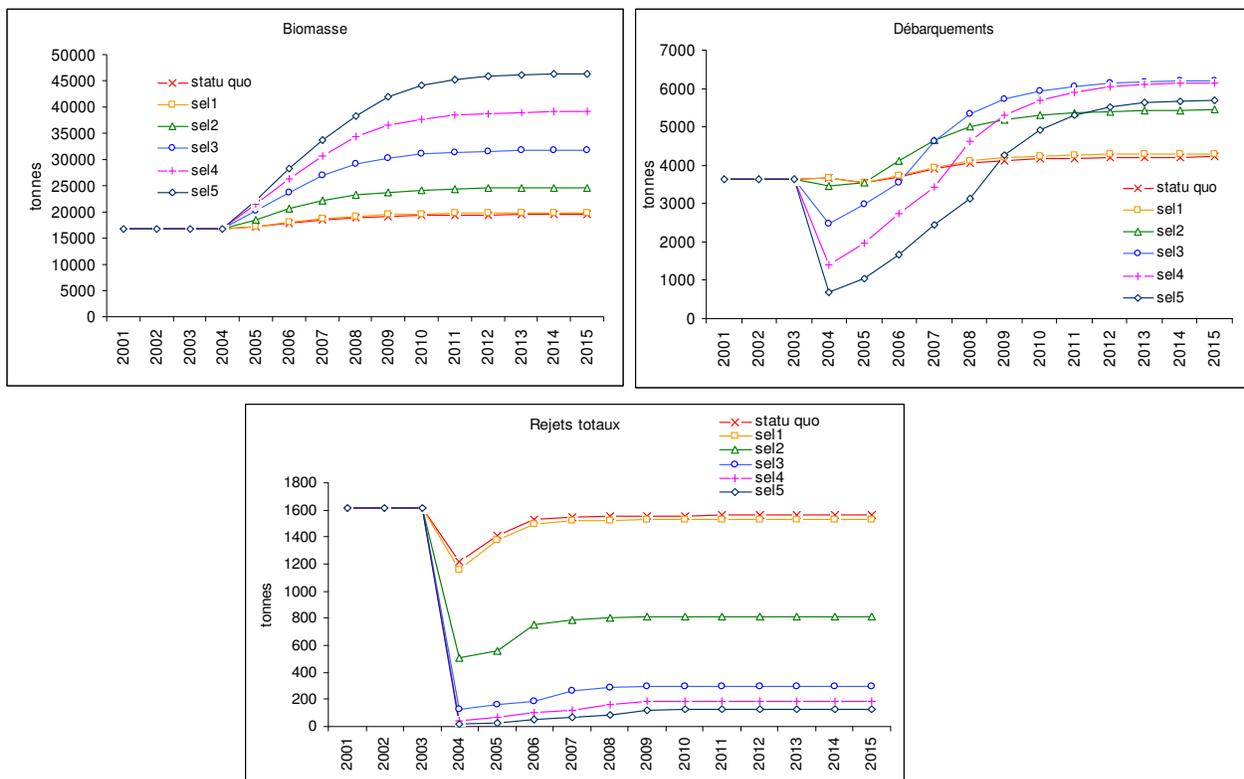
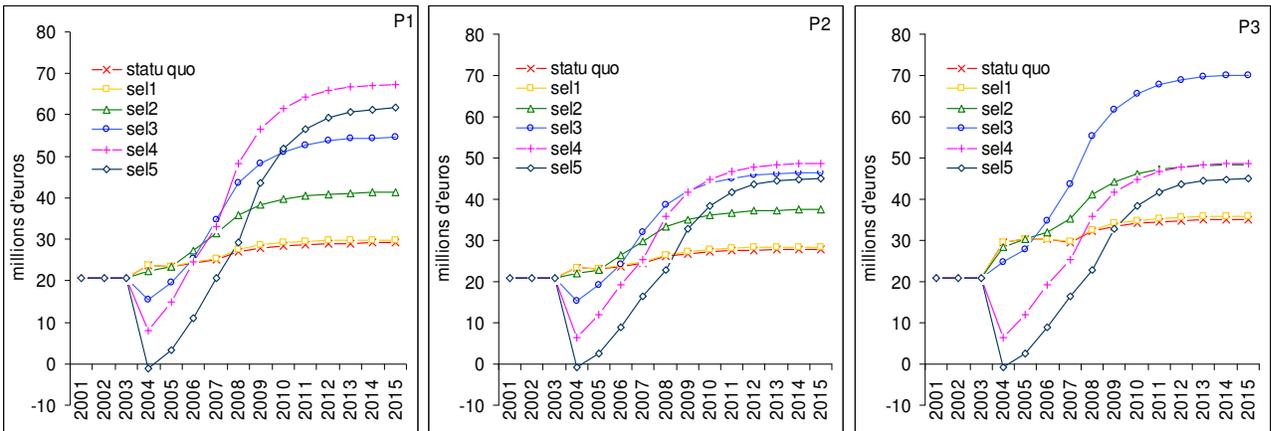


Figure 4. 8 : Evolution de la biomasse, des débarquements et des rejets totaux (morts et vivants) de langoustine en tonnes au cours de la période de simulation pour les différents scénarios d'amélioration de la sélectivité.

Source : Modèle

Ces impacts négatifs sur les débarquements peuvent cependant être atténués en termes de chiffre d'affaires par des effets prix positifs (annexe 3.9). Dans le cas des scénarios les plus sélectifs, scénarios 4 et 5, les pertes à court terme sont néanmoins importantes.

L'analyse des évolutions des surplus des producteurs dans le cas des différents scénarios sélectifs testés (Figure 4. 9) met en évidence l'existence de phases de transition critiques dans le cas des scénarios 4 et 5. La Figure 4. 9 montre cependant qu'une augmentation significative du surplus des producteurs survient après une période de transition de 3 à 5 ans selon les scénarios (quelle que soit l'hypothèse de modèle de prix envisagée).



P1 : Prix exogène constants

P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée

P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Figure 4. 9 : Evolution du surplus des producteurs en millions d'euros au cours de la période de simulation pour les différents scénarios d'amélioration de la sélectivité et sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3.

L'évolution de l'excédent net d'exploitation (ENE) est présenté en annexe 3.10 pour les différents scénarios. L'ENE peut être utilisé comme indicateur de viabilité des entreprises de pêche. Une des contraintes des armateurs est en effet le remboursement de leurs dettes avec l'excédent net d'exploitation qu'ils parviennent à dégager. Si l'ENE est négatif ou trop faible pour couvrir le service de la dette, la viabilité de l'entreprise peut être menacée. L'ENE est négatif dans le cas du scénario 5 et faible dans le cas du scénario 4 (10 keuros par navire en moyenne). Dans le cas de ces scénarios (peu probables), les entreprises de pêche seraient obligées de puiser dans leur trésorerie.

L'analyse des évolutions de surplus des consommateurs totales et par catégorie, petite et grosse langoustine est présentée en annexe 3.11.

3.4. Analyse coût-bénéfice

Le bilan fait intervenir trois types de surplus : le surplus des producteurs, le surplus des consommateurs et le surplus de l'Etat. On évalue ici, pour les différents scénarios, les surplus actualisés nets sur la période de simulation. Etant donné le système de rémunération à la part, le surplus des producteurs se répartit entre surplus de l'armateur et surplus de l'équipage⁶⁸.

L'analyse coût-bénéfice est menée en utilisant la formule classique de la valeur actualisée nette (voir Eq.31) qui convertit les coûts et bénéfices futurs attendus en équivalents actuels. Le taux d'actualisation permet de prendre en compte dans le calcul des coûts et bénéfices d'une amélioration de la sélectivité la préférence pour le présent des pêcheurs, décideurs ou gestionnaires des pêches initiant un projet d'amélioration de la sélectivité. L'application du taux d'actualisation donne ainsi plus de poids aux coûts et bénéfices de court terme qu'à ceux attendus à long terme. Le problème du choix du taux d'actualisation pertinent a été discuté par Arrow *et al.* (1996), et Portney et Weyant (1999). Ces auteurs suggèrent d'adopter une approche basée sur le coût d'opportunité pour l'analyse coût-bénéfice de projets publics destinés à limiter les impacts environnementaux (pollution, etc.) et d'utiliser un taux d'actualisation de 4%. Ce taux est également utilisé par plusieurs agences publiques pour évaluer leurs projets. Dans notre cas, les autorités publiques pourraient être l'Union Européenne, le gouvernement français ou des autorités publiques régionales intéressées à investir dans ce type de projet public qui pourraient compenser les pertes de court terme par rapport au statu quo⁶⁹.

Les variations de valeurs actualisées nettes du surplus total des différents scénarios sélectifs ont été calculées sur la période 2004-2015 pour différentes hypothèses de taux d'actualisation (Tableau 4. 11).

⁶⁸ Nous n'évaluons pas ici les variations de surplus de l'équipage liés aux variations de temps de tri qui aurait nécessité une approche par consentement à payer pour trier moins.

⁶⁹ Ce type d'aide publique existe dans le cadre de la Politique Commune des Pêches pour compenser les pertes supportées par les pêcheries lors d'une fermeture de la pêche ou d'une réduction d'effort imposée.

taux d'actualisation	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%
P1 sel1	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
P1 sel2	88	75	64	56	48	42	37	32	28	25	22	20	18	16	14
P1 sel3	162	136	115	97	83	71	60	52	44	38	33	28	24	21	18
P1 sel4	221	184	154	129	108	91	76	64	54	45	38	32	26	22	18
P1 sel5	109	83	62	45	32	21	12	4	-2	-7	-11	-14	-16	-19	-20
P2 sel1	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2
P2 sel2	153	131	112	97	84	73	64	56	49	44	39	34	31	28	25
P2 sel3	250	210	176	149	126	107	90	77	65	56	47	40	34	29	24
P2 sel4	198	158	125	99	77	59	44	31	21	13	5	0	-5	-10	-13
P2 sel5	24	0	-18	-32	-43	-52	-59	-64	-67	-70	-72	-73	-74	-75	-75
P3 sel1	12	10	9	7	6	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2
P3 sel2	197	168	144	124	107	93	81	71	63	55	49	43	39	35	31
P3 sel3	458	388	330	282	242	208	180	156	136	118	104	91	80	70	62
P3 sel4	32	11	-5	-18	-29	-37	-43	-48	-52	-55	-57	-59	-60	-61	-61
P3 sel5	-142	-146	-148	-149	-149	-147	-146	-143	-141	-138	-135	-132	-129	-126	-123

P1 : Prix exogène constants

P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée

P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

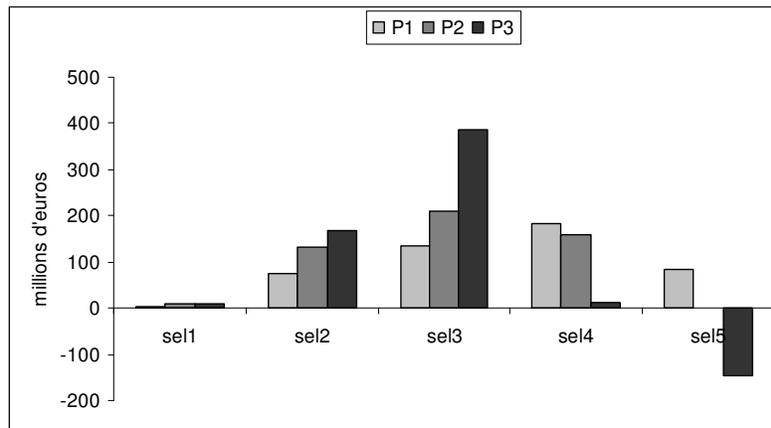
Tableau 4. 11 : Variation du surplus total actualisé (surplus des producteurs, des consommateurs et de l'Etat) des différents scénarios sélectifs par rapport au statu quo en millions d'euros sur la période 2004-2015 en fonction du taux d'actualisation sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3.

Dans le cas des modèles de prix endogènes, jusqu'à des taux d'actualisation de 30%, la valeur actualisée nette du surplus total est d'autant plus élevée que le scénario est sélectif jusqu'au scénario 3 et diminue ensuite pour les scénarios 4 et 5 pour lesquels les pertes à court terme sont très importantes. Le scénario 3 correspond donc au scénario optimal excepté dans le cas du modèle de prix P2, où pour un taux d'actualisation de 30%, le scénario 2 devient alors le scénario optimal. Si les pêcheurs décidaient d'emprunter pour couvrir la réduction de surplus du producteur ou d'excédent net d'exploitation de court terme, ils ne pourraient pas emprunter à un taux de 4% mais plutôt à un taux qui inclurait une prime de risque. Jusqu'à un taux d'intérêt de 28%, le scénario 3 reste cependant le scénario optimal. Au-delà de ce taux d'intérêt (très élevé et peu probable) le scénario 2 devient plus intéressant. Dans le cas du modèle de prix exogène, en revanche, le scénario 4 est le scénario optimal jusqu'au taux d'actualisation de 30%.

Quel que soit le taux d'actualisation considéré (dans la limite de 30%) et quel que soit le modèle de prix pris en compte, les scénarios d'amélioration de la sélectivité 2 et 3 dégagent un surplus total plus important que dans le cas du statu quo. La variation de surplus dans le cas de ces scénarios qui sont des scénarios d'amélioration de la sélectivité plausibles, correspond au coût social de la faible sélectivité. Dans le cas où l'on suppose un modèle de prix exogène, le scénario 4 est le scénario optimal jusqu'à un taux d'actualisation très élevé. Dans le cas du modèle de prix P2 (sans élasticité croisée), le scénario 4 reste préférable au statu quo jusqu'à des taux d'actualisation importants (26%). En revanche, lorsque l'on suppose le modèle de prix P3 (à élasticité croisée), le scénario 4 n'est préférable au statu quo que jusqu'à des taux d'actualisation autour de 4%. La variation de surplus correspondant au scénario 5 est positive pour des taux d'actualisation inférieurs à 18% dans le cas du

modèle de prix P1, inférieurs à 6% dans le cas du modèle de prix P2 et n'est jamais positive dans le cas où l'on suppose un modèle de prix P3.

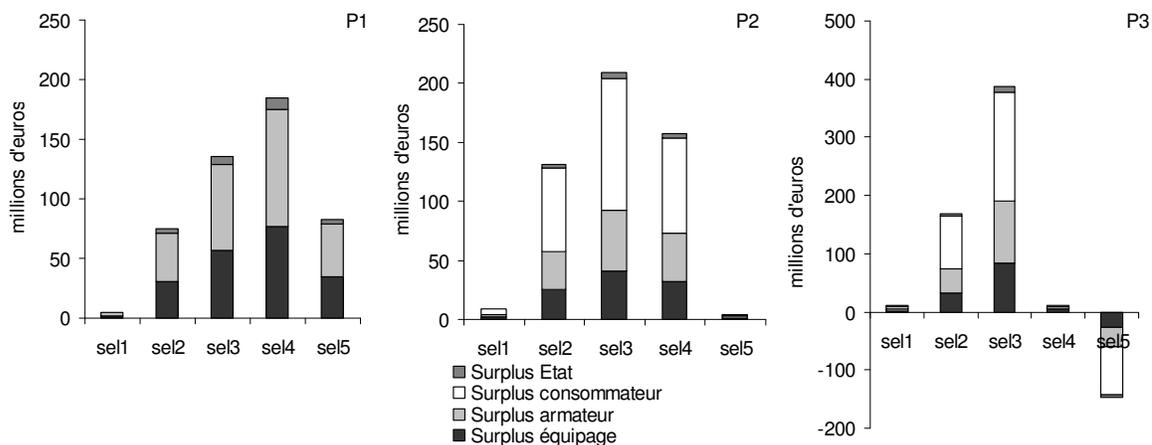
Dans le cas où l'on considère un taux d'actualisation de 4%, recommandé dans la littérature, la variation de surplus total actualisée à ce taux sur la période 2004-2015, augmente avec la sélectivité jusqu'au scénario 3 puis diminue ensuite pour les scénarios 4 et 5 pour les modèles de formation des prix endogènes (P2 et P3). Dans le cas à prix exogènes et supposés constants, le scénario optimal du point de vue de la variation de surplus total est le scénario 4. Les résultats des simulations indiquent néanmoins que, excepté dans le cas extrême du scénario sélectif 5, quel que soit le scénario d'amélioration de la sélectivité envisagé, la variation de surplus total actualisée à un taux 4% sur la période 2004-2015 est strictement positive (Figure 4. 10).



P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Figure 4. 10 : Variation de surplus total actualisé sur la période 2004-2015 au taux d'actualisation de 4% en millions d'euros sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3.

Le surplus total se partage entre surplus des consommateurs (plus marges) et surplus de l'Etat d'une part et surplus de l'équipage et surplus de l'armateur d'autre part dont la somme correspond au surplus des producteurs c'est-à-dire à la rente dégagée (Figure 4. 11). L'analyse de la répartition du surplus montre que les scénarios sélectifs 2 à 4 bénéficient à la flottille et à l'ensemble de la société. Lorsque les prix sont endogènes (P2 et P3), le surplus du consommateur représente en général plus de 50% du surplus total.



P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Figure 4. 11 : Variation du surplus équipage, armateur, Etat et surplus des consommateurs en fonction du scénario de sélectivité actualisé sur la période 2004-2015 au taux d'actualisation de 4%, en millions d'euros sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3. (Tableau de données en annexe 3.12).

Du point de vue des producteurs, dans le cas où l'on suppose un taux d'actualisation de 4%, le scénario 3 dégage la rente actualisée la plus élevée pour les modèles de prix endogènes P2 et P3 (335 millions d'euros dans le cas du modèle de prix P2 et 496 millions d'euros dans le cas du modèle de prix P3, actualisation à un taux 4% sur la période 2004-2015).

	Surplus par navire en keuros			Variation de surplus par navire en keuros		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
statu quo	1061	1023	1288			
sel1	1081	1039	1307	19	16	18
sel2	1363	1266	1604	301	243	315
sel3	1607	1415	2095	545	392	806
sel4	1801	1330	1330	739	308	42
sel5	1393	1037	1037	332	14	-252

P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Tableau 4. 12 : Surplus des producteurs langoustiniers total, par navire, et différence par rapport au statu quo par scénario d'amélioration de la sélectivité. Actualisation au taux 4% sur la période 2004-2015.

Le scénario 2 permettrait d'améliorer la durabilité de la pêcherie en diminuant les rejets et en valorisant mieux le potentiel de production des stocks sans induire pour autant de pertes de court terme. Ce scénario suppose en effet qu'aucune capture de langoustine n'a lieu sur les deux premiers groupes d'âges généralement rejetés (car sous la Taille Minimale de Débarquement ou pour les raisons présentées dans le chapitre 2). En supposant un taux d'actualisation de 4% sur la période 2004-2015, une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 permettrait de dégager une rente de

243 keuros par navire dans le cas où l'on suppose un modèle de prix sans élasticité croisée P2 et 315 keuros par navire dans le cas où l'on suppose un modèle de prix avec élasticité croisée P3). Les scénarios 3 et 4 bénéficieraient également aux différentes sous-flottes par rapport au statu quo. Ces scénarios engendreraient cependant une diminution des débarquements à court terme compensée en partie par un effet prix, mais qui rendrait peu populaires ces mesures d'amélioration de la sélectivité parmi les pêcheurs. Dans le cas du scénario 5, la diminution importante des débarquements bénéficie au stock mais engendre des pertes importantes à court terme qui rendent ce scénario peu intéressant comparé au statu quo et rendent son adoption par les pêcheurs peu réaliste.

Le surplus des producteurs se répartit cependant de façon hétérogène entre les sous-flottes. L'augmentation du surplus des producteurs des navires de la sous-flotte Nord ayant 3 hommes à bord dans le cas du scénario 2 est ainsi dans le cas où l'on suppose un modèle de prix P2, de 31% mais seulement de 15% pour les navires de même nombre d'hommes à bord de la sous-flotte du Sud. Les navires opérant dans le Sud de la pêche sont moins sensibles à une amélioration du statut du stock de langoustines que les navires opérant dans le Nord de la pêche. La langoustine représente en effet une part moins importante des débarquements et du chiffre d'affaires dans le sud de la pêche.

Segmentation géographique	nombre d'hommes à bord	sous-flotte	sel1	sel2	sel3	sel4	sel5
Sous-flotte Nord	2	F1	2%	29%	47%	37%	2%
	3	F2	2%	31%	50%	40%	2%
	4	F3	2%	32%	51%	40%	2%
	5	F4	2%	27%	44%	34%	2%
	6	F5	1%	18%	29%	23%	1%
Sous-flotte Sud	2	F6	1%	10%	16%	12%	1%
	3	F7	1%	15%	24%	19%	1%
	4	F8	1%	15%	24%	18%	1%
	5	F9	1%	15%	25%	19%	1%
	6	F10	1%	14%	23%	18%	1%

Tableau 4. 13: Variation du surplus total par navire et par sous-flotte des différents scénarios sélectifs par rapport au statu quo dans le cas où l'on suppose un modèle de prix sans élasticité croisée (P2).

En résumé, dans ce type de pêcheries caractérisées par un niveau de rejet élevé sur les jeunes individus peu ou pas valorisables, améliorer la durabilité de la pêche et mieux valoriser le potentiel de production n'est donc pas synonyme de bénéfice net négatif mais permet au contraire un bénéfice net positif pour les entreprises de pêche et les consommateurs.

Ces résultats doivent cependant être nuancés au regard des hypothèses que nous avons faites dans le modèle. En particulier nous avons considéré un recrutement exogène moyen et un taux de survie des rejets de 30%. La mortalité d'échappement à travers les mailles du chalut n'est pas non plus considérée.

3.5. Analyse de sensibilité des résultats aux hypothèses du modèle

Dans le cas du scénario sélectif 2 (Sel 2), qui suppose qu'aucune langoustine d'âge 1 et 2 n'est capturée après adoption du dispositif sélectif correspondant, on analyse la sensibilité des résultats de l'analyse coût-bénéfice à trois hypothèses de recrutement :

1. Rmin : une hypothèse de recrutement faible correspondant au recrutement minimum observé sur la série 1987-2002 (474 millions d'individus)
2. Rmoy : une hypothèse de recrutement moyen utilisée dans l'analyse coût bénéfice présentée précédemment où le recrutement correspond à la moyenne géométrique des recrutements de langoustine à l'âge 1 estimés ces quinze dernières années (ICES, 2004; $GM_{1987-2002}=636$ millions individus)
3. Rmax : une hypothèse de fort recrutement correspondant au recrutement maximum observé sur la série 1987-2002 (921 millions d'individus)

et trois hypothèses de taux de survie des rejets :

1. SvMax : une hypothèse de faible survie des rejets : 10%
2. SvMoy : une hypothèse de survie moyenne : 30%, utilisée dans l'analyse coût-bénéfice présentée précédemment et correspondant au taux de survie observé par Guéguen et Charuau (1975)
3. SvMin : une hypothèse de forte survie des rejets : 50%

3.5.1. Sensibilité à l'hypothèse de recrutement

La comparaison des évolutions des débarquements dans le cas du statu quo et dans le cas du scénario de sélectivité 2 (sel2) pour les trois hypothèses de recrutement met en évidence que dans le cas d'un faible recrutement, l'amélioration de la sélectivité permet de compenser la baisse des débarquements qui serait intervenue du fait du faible recrutement (Figure 4. 12).

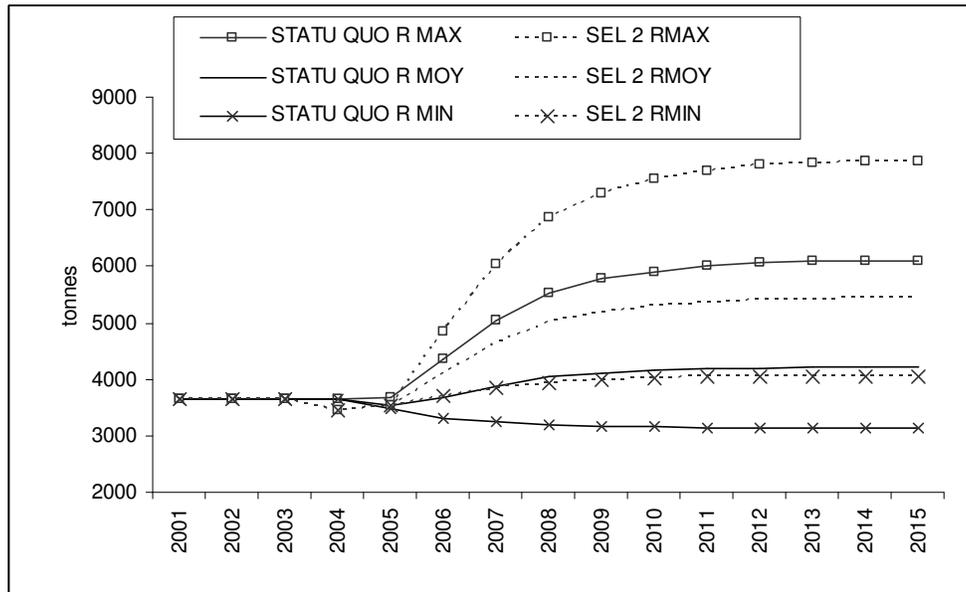


Figure 4. 12 : Comparaison des évolutions des débarquements en tonnes dans le cas du statu quo et dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 pour trois hypothèses de recrutement, faible recrutement, recrutement moyen et recrutement fort.

A l'équilibre, la variation de biomasse, rejet et débarquement du scénario sélectif 2 par rapport au statu quo ne varie pas en fonction de l'hypothèse de recrutement. En valeur absolue en revanche pour le scénario sélectif 2 à l'équilibre, la biomasse à l'équilibre varie de 18300 tonnes à 35600 tonnes, et les débarquements correspondants varient de 4000 tonnes à 8000 tonnes environ suivant l'hypothèse de recrutement.

En termes de variation de surplus (Tableau 4. 14), la variation en pourcentage par rapport au statu quo correspondant augmente avec le recrutement. Cette augmentation non linéaire provient essentiellement des variations de surplus des consommateurs et de l'Etat liées aux changements de la structure des débarquements et des quantités débarquées lorsque la sélectivité augmente. Dans le cas d'un recrutement fort, une amélioration de la sélectivité permet la survie d'un plus grand nombre d'individus jeunes. L'augmentation des débarquements qui en résulte améliore le surplus des consommateurs (via les effets prix-quantités) et le surplus de l'Etat. Les variations de surplus des producteurs en pourcentage de variation par rapport au statu quo correspondant sont peu modifiées en revanche par l'hypothèse de recrutement.

	Variation de surplus	Rmin	Rmoy	Rmax	Rmin	Rmoy	Rmax
P1	Producteur	55	71	100	28%	28%	28%
	Consommateur	-	-	-	-	-	-
	Etat	3	4	5	8%	10%	12%
	Total	58	75	106	25%	26%	26%
P2	Producteur	46	57	77	24%	24%	24%
	Consommateur	56	71	94	16%	17%	18%
	Etat	2	3	4	7%	8%	9%
	Total	105	131	175	18%	19%	20%
P3	Producteur	59	75	100	24%	24%	25%
	Consommateur	71	89	120	17%	18%	20%
	Etat	3	4	5	8%	9%	11%
	Total	134	168	226	19%	20%	21%

P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Tableau 4. 14 : Variation des surplus des producteurs, surplus des consommateurs, surplus de l'Etat et surplus total pour le scénario d'amélioration de la sélectivité 2 par rapport au statu quo correspondant en fonction des hypothèses de recrutement : faible recrutement, recrutement moyen et recrutement fort (en millions d'euros, actualisation 4% sur la période 2004-2015) et pour les différentes hypothèses de modèle de prix.

Les résultats de l'analyse de sensibilité indiquent que quelle que soit l'hypothèse de recrutement formulée, le scénario sélectif reste néanmoins préférable au statu quo. L'analyse de sensibilité des résultats de l'analyse coût bénéfice au recrutement met d'autre part en évidence l'intérêt de l'adoption de mesures de sélectivité lors de l'arrivée d'une forte classe.

3.5.2. Taux de survie des rejets

On teste ensuite la sensibilité des résultats de l'analyse coût-bénéfice à l'hypothèse de taux de survie des rejets dans le cas du scénario 2. On compare ainsi l'hypothèse de taux de survie des rejets issue de la littérature (30%, Guéguen et Charuau, 1975) à une hypothèse de faible taux de survie des rejets (10%) et à une hypothèse de fort taux de survie des rejets (50%).

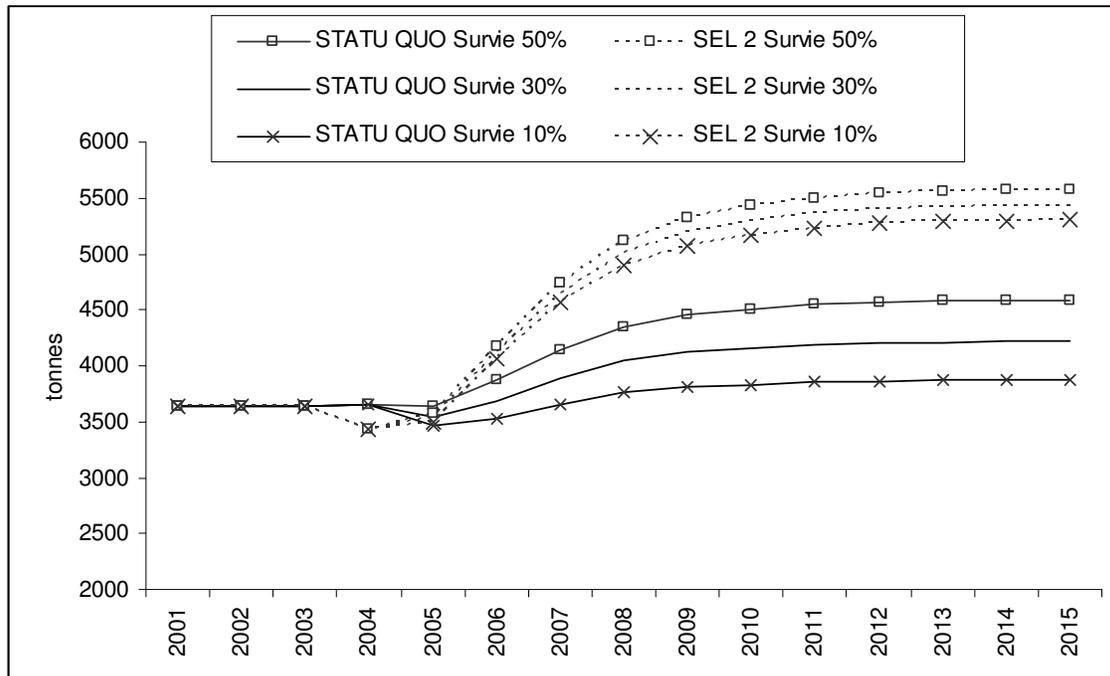


Figure 4.13 : Comparaison des évolutions des débarquements en tonnes dans le cas du statu quo et dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 pour trois hypothèses de taux de survie des rejets : l'hypothèse de taux de survie des rejets issue de la littérature (30%, Guéguen et Charuau, 1975), une hypothèse de faible taux de survie des rejets (10%), une hypothèse de fort taux de survie des rejets (50%).

Lorsque le taux de survie des rejets est important (50%), la quantité de rejets morts est diminuée et on observe une augmentation de la biomasse par rapport aux deux autres scénarios (taux de rejet 30% et 10%) qui se traduit par une augmentation des débarquements (Figure 4.13). La survie des rejets diminue en effet la mortalité par pêche effective sur les jeunes groupes d'âges rejetés.

En termes de variation de surplus en pourcentage par rapport au statu quo correspondant, on observe que dans le cas où la survie des rejets est très faible, une amélioration de la sélectivité se traduit par des gains de surplus plus importants que dans le cas d'une survie des rejets de 30% ou de 50% : la variation de surplus total est ainsi de 24% lorsque le taux de survie des rejets est de 10% et que l'on suppose le modèle de prix P2, alors qu'elle n'est que de 19% et 14% lorsque le taux de survie des rejets est de 30% et 50% respectivement.

	Variation de surplus	Survie 10%	Survie 30%	Survie 50%	Survie 10%	Survie 30%	Survie 50%
P1	Producteur	84	71	57	36%	28%	21%
	Consommateur	-	-	-	-	-	-
	Etat	4	4	3	12%	10%	7%
	Total	88	75	61	33%	26%	19%
P2	Producteur	68	57	46	30%	24%	17%
	Consommateur	84	71	56	21%	17%	13%
	Etat	4	3	2	9%	8%	6%
	Total	155	131	104	24%	19%	14%
P3	Producteur	86	75	61	30%	24%	19%
	Consommateur	104	89	72	22%	18%	14%
	Etat	5	4	3	11%	9%	7%
	Total	195	168	137	25%	20%	15%

P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Tableau 4. 15 : Variation des surplus des producteurs, surplus des consommateurs, surplus de l'Etat et surplus total pour le scénario d'amélioration de la sélectivité 2 par rapport au statu quo correspondant en fonction du taux de survie des rejets (en millions d'euros, actualisation 4% sur la période 2004-2015) et pour les différentes hypothèses de modèle de prix.

Nous avons supposé pour l'analyse un taux de survie des rejets de 30% qui correspond aux expérimentations de Guéguen et Charreau (1975). Cependant, la durée des traits puis du tri abîme les langoustines. L'hypothèse de taux de survie de 30% semble donc être un scénario optimiste. Dans le cas de taux de survie plus faibles, on aurait alors des bénéfices plus importants en termes de variation de surplus. Chapman *et al.* (2000) montrent en revanche que les lésions oculaires induites par l'exposition à la lumière du jour des langoustines capturées et rejetées n'affectent pas la survie, la croissance et la reproduction à long terme comme on pourrait le supposer.

3.6. Conclusion

L'analyse coût bénéfice menée dans cette section à effort de pêche et capturabilité constante, met en évidence qu'une amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers permettrait de diminuer la mortalité sur les jeunes individus généralement pas valorisés et ainsi de produire des bénéfices nets positifs pour le stock, la flotte langoustinière, l'Etat et les consommateurs (sous certaines hypothèses). L'analyse de sensibilité menée montre que quelle que soit l'hypothèse de recrutement, une amélioration de la sélectivité n'est jamais moins préférable que le statu quo plus de trois ans et que les bénéfices potentiels associés peuvent être très importants.

Un élément important garantissant l'efficacité de mesures de sélectivité est cependant la survie des individus qui passent au travers des mailles du chalut ou du dispositif sélectif. Dans l'analyse coût-bénéfice des mesures d'amélioration de la sélectivité, nous avons supposé que le taux de survie des individus échappés était de 100%. Il existe peu d'études expérimentales traitant cet aspect. On

retrouve une étude de Morizur *et al.* (1982) qui montre expérimentalement que le taux de survie moyens des langoustines après échappement est de 70%. La valeur de ce taux de survie est cependant fondamentale. Un taux de survie très faible ne permettrait en effet pas la survie des plus jeunes individus échappés lorsque la sélectivité augmente et annulerait donc tous les effets bénéfiques d'une amélioration de la sélectivité. La prise en compte de la mortalité d'échappement est un enjeu important pour l'évaluation des impacts de mesures de sélectivité. Elle a cependant rarement été prise en compte, étant donné la difficulté de son estimation.

L'analyse coût-bénéfice a d'autre part été menée en supposant que l'effort nominal, les capacités de pêche et les comportements de rejet étaient constants tout au long de la simulation. Les comportements des pêcheurs en termes de dynamique d'investissement et de comportement de rejet en réponse à une amélioration de la sélectivité n'ont pas été pris en compte.

4. Prise en compte des dynamiques d'investissement et augmentation de la capturabilité

La section 4 a présenté une analyse coût-bénéfice de scénarios d'amélioration de la sélectivité intra-spécifique des langoustines à comportements supposés exogènes et constants. En particulier, l'analyse coût-bénéfice présentée dans cette section supposait que l'effort de pêche et la capturabilité sont constants au cours de la période de simulation. Dans ce cas, on a mis en évidence les bénéfices nets positifs importants que peut permettre l'adoption d'un dispositif sélectif. Néanmoins, si une sélectivité efficace peut rendre opérationnelle ou du moins faciliter la gestion de l'accès, elle ne résout pas les problèmes de surcapacité liés à la nature commune des ressources. Mesure technique de conservation, la sélectivité ne s'attaque pas en effet au problème économique de l'exploitation d'une ressource commune exposé dans l'introduction de cette partie et qui trouve sa solution dans la mise en place de droits d'accès à la ressource (Boncoeur et Troadec, 2006). Le surplus dégagé par une amélioration de la sélectivité peut ainsi être réinvesti dans la pêcherie et augmenter les capacités de pêche. L'investissement peut augmenter la capturabilité indépendamment de la sélectivité. Dans cette section, nous prenons en compte les comportements d'investissement et d'augmentation de la capturabilité dans l'analyse coût-bénéfice d'une amélioration de la sélectivité. L'efficacité de mesures de sélectivité pourra ainsi être discutée.

4.1. Endogénéisation des dynamiques d'investissement et augmentation des capacités de pêche

On a supposé dans un premier temps que les capacités de pêche par sous-flottille étaient constantes tout au long de la période de simulation. Dans un second temps, on endogénéise les comportements d'investissement des pêcheurs en réponse à une augmentation du surplus des producteurs pour tenir compte de l'augmentation des capacités de pêche. On utilise ici une variante simplifiée de la méthodologie utilisée dans le modèle bio-économique MEFISTO pour endogénéiser les comportements d'investissement des pêcheurs (Lleonart *et al.*, 2003). Le modèle décrit par Lleonart *et al.* (2003) suppose, dans le contexte méditerranéen de limitation de l'effort de pêche (limitation du temps de pêche et de la puissance des navires), que les pêcheurs, en cherchant à maximiser leur profit à effort nominal constant, augmentent la capturabilité⁷⁰. En l'absence de système de régulation de l'accès, les pêcheurs sont en effet incités à augmenter leur effort jusqu'à ce que la rente soit dissipée. Dans le cas où l'effort de pêche est contrôlé, un substitut à l'effort de pêche est la capturabilité.

Dans le modèle appliqué à la pêcherie langoustinière que nous avons construit, on suppose de même que l'effort de pêche nominal est contraint : le nombre de navires, le nombre de jours de mer et la durée des marées sont supposés constants. L'accès à la pêcherie est en effet régulé depuis 2005 par un système de Permis de Pêche Spécial qui limite les entrées de navires dans la pêcherie. D'autre part, le nombre de jours de pêche est généralement limité par la taille et la puissance des navires et par les rythmes acceptables par l'équipage. Enfin, la durée des marées est généralement contrainte par l'heure de la criée qui fixe l'heure de retour et par le lever du jour, moment où la langoustine devient vulnérable et est donc ciblée. Le modèle suppose d'autre part que lorsqu'un profit est dégagé les pêcheurs sont incités à réinvestir dans leur navire. Cette hypothèse repose sur deux constatations :

- (i) D'une part, le coût d'opportunité d'un changement de pêcherie ou d'un investissement dans un autre secteur de l'économie est élevé et les pêcheurs sont donc incités à rester dans la même pêcherie et à investir dans cette pêcherie lorsqu'un profit est dégagé. La mobilité du capital n'est pas évidente.
- (ii) D'autre part, il existe une rente. Comme l'accès à la ressource n'a pas de prix explicite, l'investissement dans la pêche est rentable (d'autant qu'une partie de ces investissements est subventionnée).

⁷⁰ Plus précisément, ils augmentent l'efficacité, composante de la capturabilité reliée, entre autres, aux stratégies de pêche. Les autres composantes de la capturabilité sont l'accessibilité et la vulnérabilité dont la somme définit la disponibilité. La somme de la disponibilité et de l'efficacité correspond à la capturabilité (voir glossaire).

La rente dégagée et le coût d'opportunité élevé d'un changement de pêche incitent donc les pêcheurs langoustiniers à investir dans leur navire.

Leonart *et al.* (2003) décrivent ainsi un modèle d'augmentation de la capturabilité avec le capital investi (l'investissement augmente l'efficacité de pêche) et le progrès technique (fonction du temps) que nous appliquons ici au cas de la pêche langoustinière du golfe de Gascogne. Le modèle raisonne à effort de pêche constant mais tient compte de la stratégie d'augmentation de l'efficacité de pêche qui est modélisée par une fonction donnant la relation entre l'efficacité de pêche ou progrès technique et le temps et le capital investi dans la pêche.

La capturabilité au temps t et pour un capital K $q_{t,K}$ est telle que :

$$q_{t,K} = q_0 \tau^t \frac{1 - e^{-hK}}{1 - e^{-hK_0}} \quad (\text{Eq. 64})$$

q_0 et $K_0 \neq 0$ sont respectivement la capturabilité initiale et le capital initial.

h tel que $h > 0$ et τ tel que $\tau > 0$ et raisonnablement $\tau \geq 1$ sont les paramètres qui traduisent respectivement la dépendance de la capturabilité au capital investi et la dépendance au temps.

Lorsque $\tau = 1$ et $h \rightarrow \infty$, $q_{t,K}$ est constant égal à q_0

Lorsque $\tau \neq 1$ et $h \rightarrow \infty$, $q_{t,K}$ ne dépend que du temps

Lorsque $\tau = 1$ et $h > 0$ mais proche de 0, $q_{t,K}$ ne dépend que du capital investi

Etant donné la mortalité par pêche initiale par sous-flottille $F_{i,f,0} = S_{i,f,0} \cdot E_{f,0} \cdot q_{f,0}$, on a :

$$F_{i,f,t} = S_{i,f,0} \cdot E_{f,t} \cdot q_{f,t} \quad (\text{Eq. 65})$$

on suppose que $E_{f,0} = E_{f,t}$ quel que soit t

on en déduit que :

$$F_{i,f,t} = F_{i,f,0} \cdot \frac{q_{f,t}}{q_{f,0}} \quad (\text{Eq. 66})$$

on note :

$$mF_{f,t} = \frac{q_{f,t}}{q_{f,0}} = \tau^t \frac{1 - e^{-hK_{f,t-1}}}{1 - e^{-hK_{f,0}}} \quad (\text{Eq. 67})$$

l'année de référence 0 correspond à l'année 2003.

L'investissement et le progrès technique se traduisent donc par une augmentation de la capturabilité traduite dans un multiplicateur de mortalité par pêche $mF_{f,t}$.

Lorsque la capturabilité est constante $m_{f,t} = 1$, quel que soit t

On a alors la mortalité totale:

$$Z_{i,t} = M_i + SF_i \sum_f m_{f,t} \cdot F_{i,f,0} \cdot K_{i,f,0} \quad (\text{Eq. 68})$$

Le multiplicateur de mortalité par pêche permet de décrire l'augmentation des capacités de pêche au cours de la période de simulation.

On supposera que le taux annuel de progrès technique est de 2%.

On a donc $\tau = 1 + p$, $p=2\%$

Lorsque h est élevé, le capital affecte peu la capturabilité, lorsqu'il est proche de 0 en revanche, l'augmentation de la capturabilité avec le capital est importante. On supposera conventionnellement que $h=0.00001$

La dynamique du capital est décrite d'autre part pour chacune des sous-flottille par:

$$K_{f,t+1} = K_{f,t} - A_{f,t} + I_{f,t} \quad (\text{Eq. 69})$$

avec $K_{f,t}$, la valeur du navire de la sous-flottille f à la période t, $A_{f,t}$ l'amortissement économique annuel du capital à la période t et $I_{f,t}$ l'investissement à chaque période tel que :

$$I_{f,t} = iv \cdot SA_{f,t} \text{ lorsque } SA_{f,t} > 0$$

et $I_{f,t} = 0$ sinon,

où $SA_{f,t}$ est le surplus de l'armateur ou profit net par navire de la sous-flottille f et iv le taux d'investissement qu'on suppose conventionnellement égal à 80%. On suppose que le capital de l'année de référence $K_{f,0}$ correspond à la valeur de l'assurance du navire de la sous-flottille f en 2003. L'investissement engendre des coûts d'amortissement supplémentaires et un coût d'opportunité du capital plus important. Les dynamiques d'investissement et d'augmentation de la capturabilité sont décrites pour chacune des sous-flottilles. On tient ainsi compte des différences de répartition du

surplus des producteurs entre les sous-flottes qui incitent donc plus ou moins à investir dans la pêche.

4.2. Impact de la prise en compte de dynamiques d'investissement sur les résultats de l'analyse coût-bénéfice.

Nous présentons ici les résultats des simulations à investissement endogène dans le cas d'un scénario sélectif 2 et nous comparons ces résultats au scénario 2 à effort nominal et capacité de pêche constants. Dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2, le surplus des armateurs dégagé est réinvesti dans la pêche et augmente le capital.

Lorsque l'on suppose que le surplus de l'armateur dégagé par une mesure de sélectivité est réinvesti et augmente les capacités de pêche, on observe que l'évolution de la biomasse de langoustine est caractérisée par une phase de croissance due à la diminution de la mortalité par pêche lors de l'adoption d'une mesure sélective puis une phase de décroissance due à l'augmentation de la mortalité par pêche liée à l'augmentation de la capturabilité.

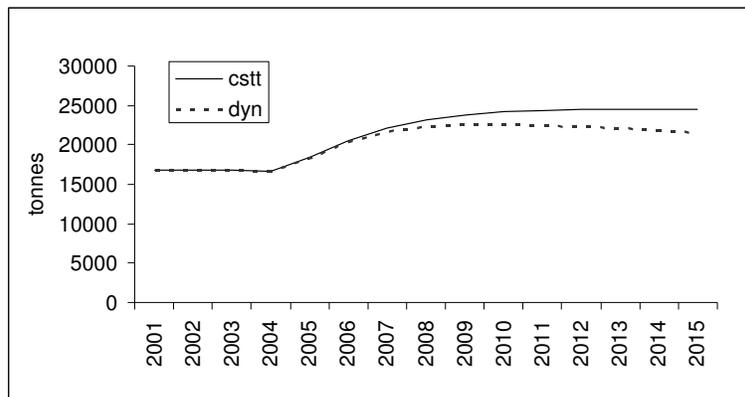


Figure 4. 14 : Evolution de la biomasse en tonnes dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 à capacité de pêche constante (cstt) et lorsque la dynamique d'investissement est endogène (dyn).

En termes de débarquements, en revanche, l'augmentation de la capturabilité et de la biomasse permet d'augmenter les captures par unité d'effort et donc les débarquements par rapport au scénario 2 de référence dont les débarquements ne bénéficient que de l'augmentation de la biomasse.

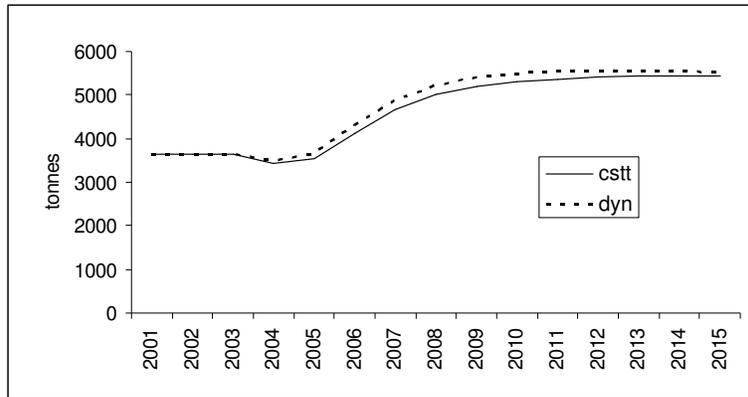
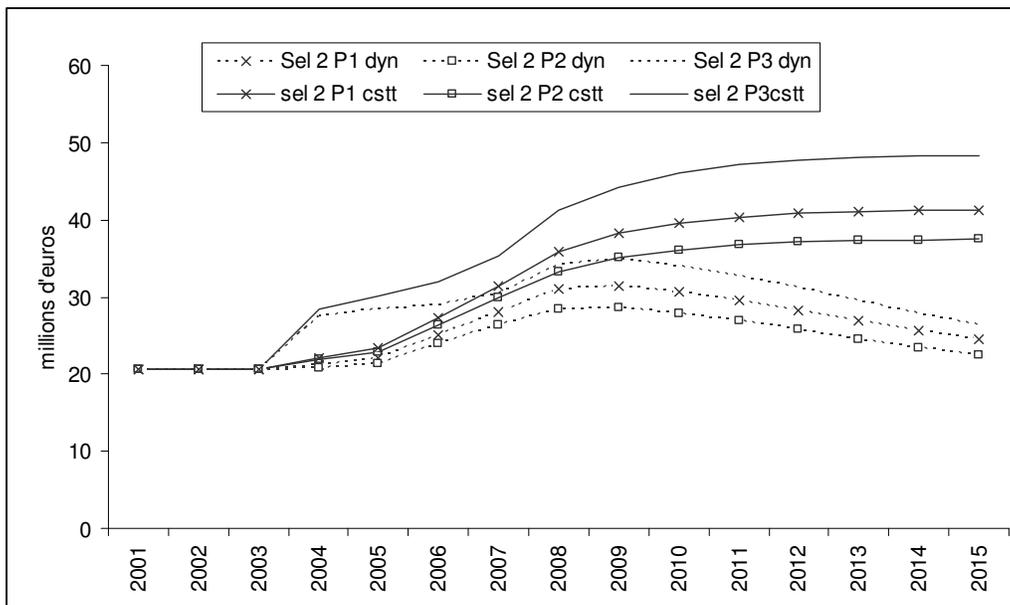


Figure 4.15 : Evolution des débarquements en tonnes dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 à capacité de pêche constante (cstt) et lorsque la dynamique d'investissement est endogène (dyn).

Les dynamiques d'investissement contribuent cependant à l'augmentation du capital et engendrent donc des coûts supplémentaires : coût d'opportunité du capital et coûts d'amortissement. L'accroissement des capacités de pêche s'accompagne alors d'une diminution du surplus des producteurs (Figure 4.16) et du surplus total par rapport au scénario 2 de référence.



P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Figure 4.16 : Evolution du surplus des producteurs en millions d'euros dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 (sel2) à capacité de pêche constante (cstt) et lorsque la dynamique d'investissement est endogène (dyn) pour différentes hypothèses de modèles de formation des prix : P1, P2, P3.

L'endogénéisation des dynamiques d'augmentation des capacités de pêche met en évidence les risques de dissipation de la rente lorsque les capacités de pêche ne sont pas maîtrisées. Dans le cas où les bénéfices d'une mesure d'amélioration de la sélectivité sont réinvestis pour augmenter les capacités de pêche, la rente est rapidement dissipée. Les bénéfices d'une amélioration de la sélectivité sont dissipés par l'augmentation des capacités de pêche.

P1	statu quo cstt	Sel 2 cstt	Sel 2 dyn
Surplus équipage	160	191	193
Surplus armateur	92	132	59
Surplus consommateur	0	0	0
Surplus Etat	40	43	44
Surplus total	291	366	296
P2	statu quo cstt	Sel 2 cstt	Sel 2 dyn
Surplus équipage	156	181	183
Surplus armateur	87	119	51
Surplus consommateur	411	482	489
Surplus Etat	39	42	42
Surplus total	692	823	766
P3	statu quo cstt	Sel 2 cstt	Sel 2 dyn
Surplus équipage	183	216	213
Surplus armateur	122	164	73
Surplus consommateur	492	581	581
Surplus Etat	42	46	46
Surplus total	839	1007	913

P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Tableau 4. 16 : Surplus des producteurs, surplus des consommateurs et surplus total du statu quo de référence (statu quo cstt) et du scénario d'amélioration de la sélectivité 2 de référence (sel 2 cstt) et à dynamique d'investissement endogène (sel 2 dyn) (en millions d'euros actualisation 4% sur la période 2004-2015).

Dans le cas du scénario 2 à dynamique d'investissement endogène, le surplus des producteurs (actualisé à un taux de 4% sur la période 2004-2015) est ainsi inférieur au surplus des producteurs correspondant au statu quo à capacité de pêche constante (Tableau 4. 16). La différence de surplus des producteurs vient essentiellement de la différence de surplus de l'armateur liée à l'accroissement des coûts d'amortissement du capital et des coûts d'opportunité du capital lorsque les capacités de pêche augmentent. L'augmentation de la capturabilité ne modifie pas beaucoup en revanche le surplus de l'Etat et le surplus des consommateurs.

L'analyse comparée des surplus des producteurs des différents scénarios sélectifs à capacité de pêche constante et à dynamique d'investissement endogène montre que les scénarios 2 à 5 à capacité de pêche endogènes sont préférables au statu quo à capacité de pêche constante sauf dans le cas du scénario 5 avec hypothèse de modèle de prix à élasticité croisée (Tableau 4. 17). Une analyse complémentaire est présentée en annexe 3.13. En revanche, quel que soit le scénario sélectif, la rente est dissipée dès lors que l'on considère des dynamiques d'augmentation des capacités de pêche (excepté dans le cas du scénario 5 qui engendre des pertes à court terme importantes et donc pas

d'investissement). Pour un même scénario sélectif, l'augmentation des capacités de pêche dissipe la rente.

	Variation de surplus total du scénario sélectif dynamique par rapport au scénario statu quo constant			Variation de surplus total du scénario sélectif dynamique par rapport au scénario sélectif constant		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Sel 1	-21%	-8%	-10%	-22%	-9%	-11%
Sel 2	2%	11%	9%	-19%	-7%	-9%
Sel 3	24%	24%	35%	-16%	-5%	-7%
Sel 4	44%	21%	0%	-12%	-2%	-2%
Sel 5	18%	1%	-17%	-8%	1%	1%

P1 : Prix exogène constants; P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée; P3 : Modèle de formation des prix avec élasticité croisée entre catégories

Tableau 4. 17 : Variation du surplus du total des scénarios sélectifs à capacité de pêche endogène comparé au statu quo à capacité pêche constante et au scénario sélectif correspondant à capacité pêche constante.

4.3. Conclusion

A effort de pêche et capacité de pêche constants, on montre les bénéfices potentiels d'une amélioration de la sélectivité permettant de diminuer les productions jointes intra-spécifiques de langoustine. Néanmoins, la prise en compte des dynamiques d'investissement et d'augmentation des capacités de pêche montre ici que l'amélioration de la sélectivité ne règle pas la question de l'allocation des droits d'usage et de sélection des opérateurs qui doivent contribuer à ajuster les capacités de pêche et permettre ainsi de maximiser la rente. Pour un même scénario sélectif, l'augmentation des capacités de pêche peut dissiper la rente. Les mesures de sélectivités sont donc certes nécessaires pour limiter les externalités négatives des productions jointes mais elles sont insuffisantes.

5. Prise en compte des modifications de comportement de rejet en réponse à une amélioration de la sélectivité

Dans le chapitre 2, nous avons décrit les comportements de tri par trait à stocks exogènes. La fonction de tri des captures dépend notamment du volume de captures de la catégorie triée et du volume de captures totales. En modifiant la structure des captures, une amélioration de la sélectivité est susceptible de modifier les comportements de tri. Le modèle microéconomique de comportement de rejet décrit dans le chapitre 2 est couplé au modèle bio-économique de simulation pour permettre d'endogénéiser les comportements de rejet de langoustines des sous-flottes langoustinières et de prendre en compte les réponses des pêcheurs à une modification de la structure des captures. La fonction de production est ici appréhendée dans son ensemble comme la résultante d'une fonction de

capture et d'une fonction de tri. On s'intéresse ici aux effets de court et long terme d'une amélioration de la sélectivité sur les comportements de rejet jusqu'alors supposés constants et exogènes.

5.1. Endogénéisation des comportements de rejet

Les résultats du chapitre 2 sont utilisés pour tenir compte des modifications de comportement de tri en réponse à une amélioration de la sélectivité et analyser les effets bio-économiques de la somme des comportements microéconomiques de court terme sur le long terme. Les comportements de tri des catégories de langoustine par sous-flottille sont endogénéisés en couplant un modèle de comportement de tri par trait moyen par sous-flottille au modèle de simulation bio-économique d'une amélioration de la sélectivité intra-spécifique des langoustines. Un modèle d'optimisation du profit par trait moyen permet de déterminer les comportements de rejet de langoustine par catégorie par sous-flottille langoustinière à chaque pas de temps. On analyse le cas d'une amélioration de la sélectivité telle que les langoustines ne sont pas capturées en dessous de l'âge 3 ce qui correspond au scénario d'amélioration de la sélectivité 2. La variabilité des comportements de rejet a été décrite plus en détail dans le chapitre 2. Pour simplifier, on suppose dans cette section que les comportements de rejet peuvent être décrits pour un trait moyen c'est-à-dire qu'ils ne varient pas d'un trait à l'autre quels que soient la saison ou l'ordre du trait au cours de la marée.

5.1.1. Modèle microéconomique de comportement de rejet

Le modèle de comportement de rejet décrit dans le chapitre 2 est utilisé pour déterminer les temps de tri optimaux par homme par sous-flottille, par catégorie de langoustine et par période t . On suppose qu'au sein d'une même sous-flottille, pour une période t , les comportements de tri ne varient pas d'un trait à l'autre. A chaque période, les comportements de rejets sont donc décrits par sous-flottille pour un trait moyen.

On considère les trois catégories de langoustines suivantes :

- (i) lan1 : la langoustine sous la Taille Minimale de Débarquement qui correspond à l'agrégation des âges 1 et 2
- (ii) lan2 : la langoustine de petite taille qui correspond à l'agrégation des âges 3 et 4
- (iii) lan3 : la grosse langoustine qui correspond à l'agrégation des âges 5 et plus. On ne distingue pas ici la langoustine royale de la grosse langoustine.

A chaque pas de temps, pour chaque sous-flottille f , on cherche les temps de tri par catégorie c de langoustine par homme qui maximisent la somme des bénéfices marginaux par trait moyen du tri des catégories de langoustine parmi un volume Y d'autres captures.

Le problème de maximisation est le suivant :

Déterminer $T_c, c \in (lan_1, lan_2, lan_3)$

Tels que :

$$\sum_c p_c \cdot n \cdot L_{c,Y}(T_c) - C_T \cdot \sum_c n \cdot T_c \rightarrow \max \quad (\text{Eq. 70})$$

avec

p_c , le prix de la catégorie c de langoustine

T_c , le temps de tri de la catégorie c par homme

$L_{c,Y}(T_c)$, la fonction de tri par homme et par trait de la catégorie c de langoustine, à trier parmi un volume Y d'autres captures.

n , le nombre d'hommes qui trient

C_T , le coût unitaire du temps de tri, indépendant de la catégorie triée

Des temps de tri optimaux par catégorie par trait, on déduit les débarquements optimaux de langoustine par catégorie par trait moyen, par sous-flottille à la période t et par différence avec les captures, les rejets optimaux de langoustine par catégorie par trait moyen. On réalloue ensuite les rejets et débarquements par catégorie par trait entre les âges en utilisant la distribution en âge des captures de chaque catégorie recalculée à chaque période. On obtient ainsi le pourcentage de rejet optimal qu'on utilise pour calculer les débarquements et rejets totaux de l'ensemble de la flottille simulés à chaque pas de temps et pour décrire la dynamique du stock en tenant compte d'un taux de survie des rejets de 30%.

On analyse les modifications de comportement de rejet en réponse à une modification de la structure des captures de langoustine et leur impact sur les coûts et bénéfices attendus d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario sélectif 2.

Deux types de contraintes de comportement de rejet sont testés :

1. On suppose dans un premier temps le cas d'une contrainte de temps de tri très limitante qui ne laisse que 30 minutes pour trier. On supposera d'autre part qu'il existe un marché pour les langoustines sous la Taille Minimale de Débarquement. On supposera alors qu'elles obtiennent un prix au débarquement inférieur aux petites langoustines de tailles légales (4 euros de moins).
2. On teste ensuite un cas plus réaliste où les débarquements de langoustine sous la taille minimale sont interdits et où le temps de tri ne doit pas dépasser deux heures (pour des raisons de préservation de la fraîcheur des langoustines débarquées vivantes que nous avons évoquées dans le chapitre 2).

5.1.2. Paramétrage

a. Fonction de tri

On suppose que la fonction de tri par homme par catégorie c qui donne les débarquements par catégorie a la forme suivante (voir chapitre 2) :

$$L_c = \frac{Y_c}{n} (1 - e^{-a_c \cdot T_c}), \quad a_c = \frac{b_c}{Y/n}, \quad b_c \geq 0 \quad (\text{Eq. 71})$$

avec :

L_c , le volume d'individus de catégorie c trié (ou volume débarqué) par homme

Y_c , le volume de captures de langoustines de catégorie c par trait

Y , le volume de captures total des autres espèces et catégories capturées par trait

Les paramètres de la fonction de tri estimés dans le chapitre 2 ont été utilisés dans le modèle :

	b_c	Pc
lan1	8	7.44
lan2	10	7.44
lan3	30	13.20

Tableau 4. 18 : Paramètres de la fonction de tri par catégorie de langoustine lan1 : sous la Taille Minimale de Débarquement, lan2 : petite langoustine, lan3 : grosse langoustine.

b. Reconstitution des captures initiales par trait moyen par sous-flottille

Le modèle biologique permet d'estimer les captures de langoustine par âge par sous-flottille à chaque pas de temps. Les données de débarquement par sous-flottille nous renseignent d'autre part sur le volume d'espèces accessoires débarquées, supposé constant au cours de la simulation. Les captures totales par trait par sous-flottille ont pu être estimées en utilisant les données de captures, rejets et débarquements de la base Obsmer (IFREMER/SIH). A partir de ces données, nous avons pu estimer pour chaque sous-flottille langoustinière les captures par trait d'autres espèces que la langoustine et le taux de débarquement des autres espèces par sous-flottille langoustinière par trait :

Sous-flottille	Taux de débarquement
F1	32%
F2	39%
F3	36%
F4	29%
F5	13%
F6	38%
F7	14%
F8	23%
F9	20%

Tableau 4. 19 : Taux de débarquement des captures autres que la langoustine par sous-flottille en pourcentage des captures par trait en poids. Source : données Obsmer, IFREMER/SIH, échantillonnage de 242 traits.

La sous-flottille 10 n'a pas été échantillonnée lors des embarquements à bord des navires professionnels ; nous supposons donc que le taux de débarquement des captures autres que la langoustine pour cette sous-flottille est le même que pour la sous-flottille 9 qui opère dans le Sud du golfe de Gascogne et dont l'activité est proche de celle de la sous-flottille 10. Seule la structure des débarquements est en effet connue par sous-flottille et étant donné l'impact du volume total capturé par trait sur le travail de tri, il était nécessaire de prendre en compte l'ensemble des captures d'autres espèces par trait. Les captures des autres espèces ont pu être recalculées en utilisant le taux de débarquement des autres espèces. Connaissant le nombre de jours de mer par an par sous-flottille (données d'enquêtes économiques) et le nombre de traits moyen par jour de mer par sous-flottille (données d'enquêtes activité, économiques et Obsmer), il nous est possible de calculer le volume d'autres espèces capturées par trait moyen. On supposera que le nombre moyen de traits par jour de mer et le nombre de jours de mer par an sont constants au cours de la période de simulation et que les espèces autres que la langoustine sont capturées toute l'année.

	Nombre de navires par sous-flottille	Nombre de jours de mer par an par navire	Nombre de jours de mer métier langoustine par an par navire	Nombre de trait moyen par jour de mer par navire	Nombre de trait par an par sous-flottille
F1	46	199	146	2	13332
F2	47	199	159	2	14852
F3	41	201	143	3	17609
F4	23	217	149	3	10309
F5	7	225	133	4	3710
F6	8	199	93	2	1421
F7	23	199	106	2	4961
F8	13	201	115	3	4353
F9	27	217	103	3	8370
F10	3	225	74	4	792

Tableau 4. 20 : Nombre de trait par jour, nombre de jour de mer par an et nombre de navires par sous-flottilles. Nombre de jours de mer moyen consacré au métier de chalut de fond à langoustine par sous-flottille. Sources : données Obsmer, données économiques, données d'activité. IFREMER/SIH.

Pour estimer les captures de langoustine par catégorie par trait moyen nous avons pris en compte l'activité des flottilles. La langoustine n'est en effet ciblée qu'une partie de l'année lorsque le chalutage de fond à langoustine est pratiqué. Les données des enquêtes activité ont permis d'estimer le nombre de jours de pêche moyen consacré au métier de chalutage de fond à langoustines par sous-flottille.

Les captures moyennes de langoustine du métier de chalutage de fond à langoustine ont ainsi pu être calculées par sous-flottille par jour de mer puis par trait en divisant les captures de langoustine par catégorie par le nombre de jours de mer passés à cibler la langoustine par sous-flottille puis par le nombre de traits moyen par jour du métier chalutage de fond à langoustine par sous-flottille. On estime ensuite les captures à trier par homme en divisant les captures moyennes par trait par le nombre d'hommes à bord dans la sous-flottille considérée moins un homme. Les enquêtes, entretiens et embarquements nous ont en effet confirmé qu'un homme (le patron) restait généralement en passerelle pendant que les autres hommes triaient. Les captures moyennes initiales totales et les captures de langoustine par catégorie à trier par homme par trait par sous-flottille sont indiquées dans le Tableau 4. 21:

Captures à trier par homme											
en kg	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	
captures ln1	12.0	9.0	5.5	5.3	2.9	7.7	8.4	3.4	3.9	3.0	
captures ln2	25.0	18.5	11.5	10.7	6.4	16.4	17.2	7.3	8.2	6.2	
captures ln3	11.0	8.2	5.1	4.8	2.8	7.3	7.7	3.2	3.7	2.8	
captures autres espèces	139.4	110.2	77.3	118.2	290.5	316.3	591.3	239.0	244.9	150.1	
captures tot	187.4	145.9	99.5	139.0	302.6	347.8	624.7	252.9	260.6	162.1	

Tableau 4. 21 : Captures initiales moyennes autres espèces, captures totales (toutes espèces) et captures de langoustine par catégorie à trier par homme par trait par sous-flottille. Sources : données Obsmer, IFREMER/SIH.

5.2. Impact de la prise en compte des comportements de rejet sur les résultats de l'analyse coût-bénéfice.

On présente dans cette section les résultats d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario sélectif 2 (qui suppose un diagramme d'exploitation tel qu'aucune capture de langoustines n'a lieu sur les âges 1 et 2) pour les différents modèles de comportements de rejet présentés précédemment :

- Comportements de rejets exogènes (cpt exogènes)

- Modèle de comportement de rejet supposant qu'il existe un marché pour les langoustines sous la Taille Minimale de Débarquement et qu'une contrainte de temps de tri limite à 30 minutes la durée du tri par trait (**cpt marché TMD et temps de tri 30 min**).
- Modèle de comportement de rejet supposant une contrainte réglementaire qui interdit le débarquement de langoustines sous la Taille Minimale de Débarquement (et une contrainte de temps de tri de 120 minutes par trait) (**cpt TMD interdit et temps de tri 120 min**).

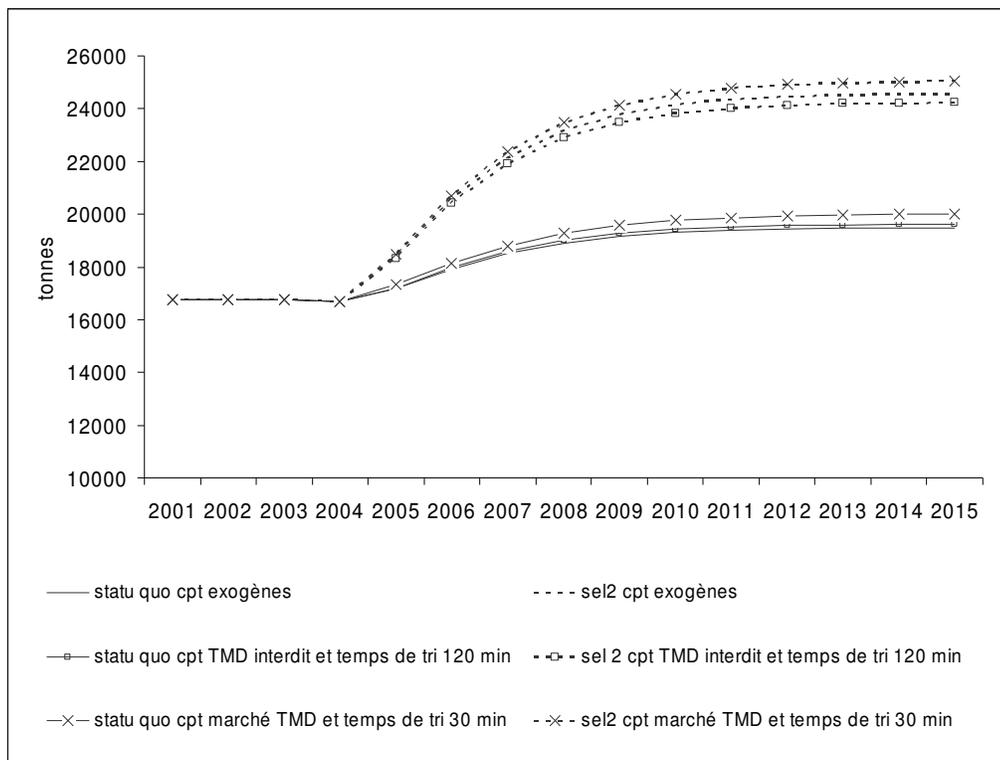


Figure 4. 17 : Evolution de la biomasse de langoustine en tonnes pour différents modèles de comportement de rejet dans le cas du statu quo (ligne pleine) et du scénario d'amélioration de la sélectivité 2 (en pointillés).

On observe sur la Figure 4. 17 qu'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 se traduit par une augmentation de la biomasse significative par rapport au statu quo quel que soit le modèle de rejet pris en compte.

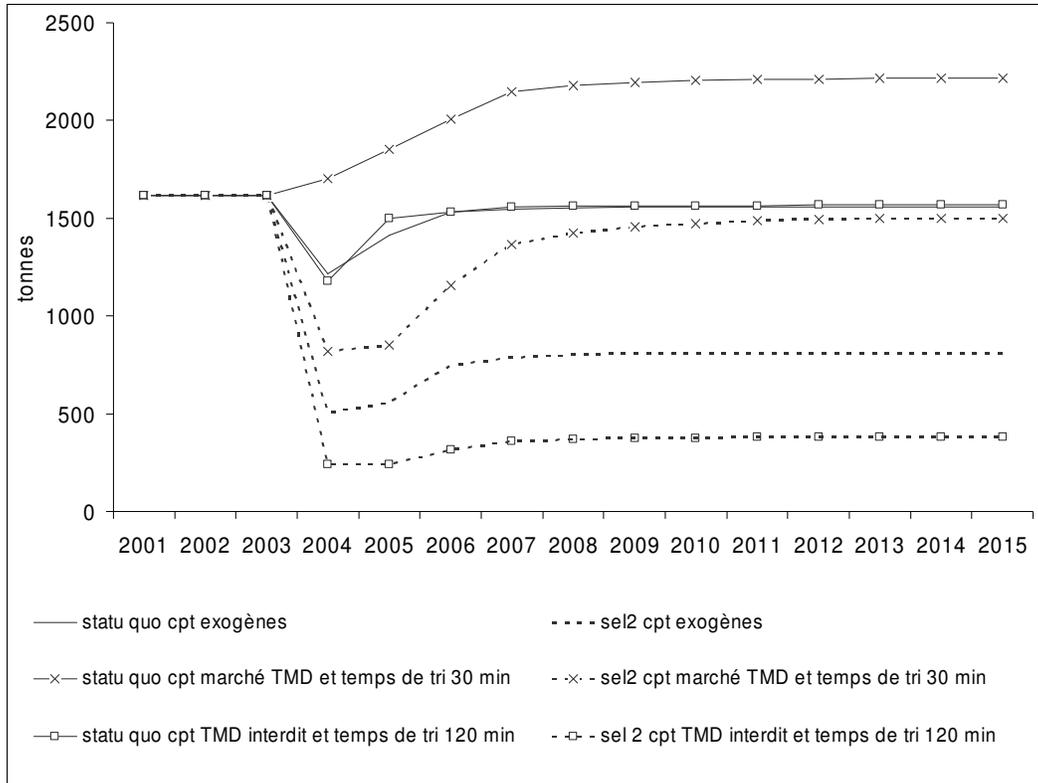


Figure 4. 18 : Evolution des rejets de langoustine en tonnes pour différents modèles de comportement de rejet dans le cas du statu quo (ligne pleine) et du scénario d'amélioration de la sélectivité 2 (en pointillés).

Néanmoins, en termes de rejets (Figure 4. 18), l'endogénéisation des comportements permet de mettre en évidence que les effets d'une amélioration de la sélectivité sur les rejets peuvent être limités par des comportements de « highgrading » en réponse aux contraintes en particulier. Ainsi, l'existence de contrainte de temps de tri peut annuler les effets positifs d'une amélioration de la sélectivité sur le niveau de rejet et amener les pêcheurs à un niveau de rejet proche de celui observé dans le cas du statu quo à comportements exogènes. Dans ce cas, la contrainte de temps de tri amène les pêcheurs à rejeter davantage de langoustine de taille 2 capturées en plus grande quantité. Dans le cas où l'on suppose des comportements de rejet dictés par l'interdiction de débarquer des langoustines sous-la Taille Minimale de Débarquement et une contrainte de temps de 120 minutes, on observe en revanche que les niveaux de rejet sont inférieurs à ceux que l'on observerait dans le cas d'une amélioration de la sélectivité supposant des taux de rejet constants.

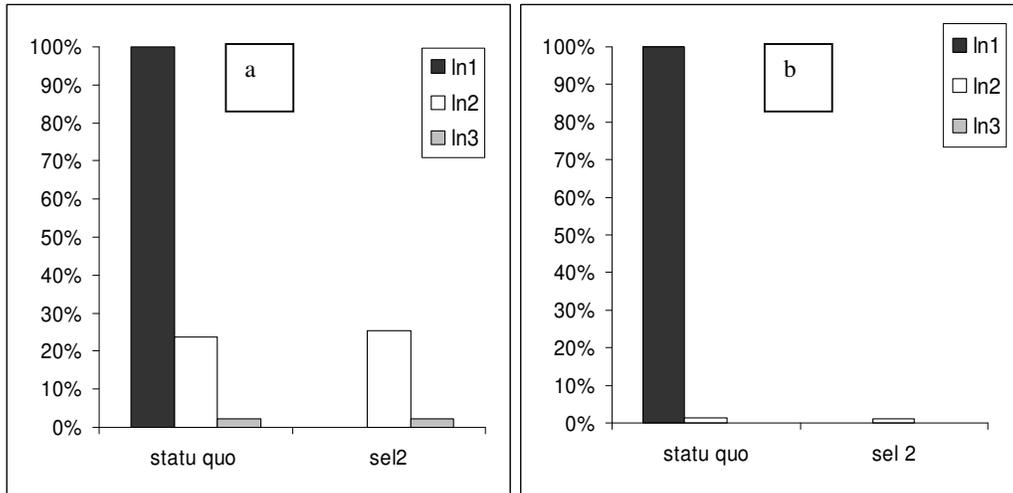


Figure 4. 19 : Comparaison des pourcentages de rejet par catégorie à l'équilibre pour le statu quo et le scénario sélectif 2 en fonction des comportements de rejets pris en compte pour la sous-flottille langoustinière du Nord Gascogne ayant 3 hommes à bord, F2, a : marché pour les sous tailles et contrainte de temps de tri 30 minutes, b : contrainte réglementaire sur les langoustines sous la taille minimale de débarquement et temps de tri limité à 120 minutes (ln1 : langoustine sous la Taille Minimale de Débarquement, ln2 : petite langoustine, ln3 : grosse langoustine).

Les temps de tri par homme par catégorie pour la sous-flottille F2 en fonction du modèle considéré sont présentés en annexe 3.14. L'analyse des rendements du tri par catégorie à l'équilibre en kg trié par homme par minute dans le cas de la sous-flottille F2 (Tableau 4. 22) permet de mettre en évidence qu'une amélioration de la sélectivité augmente le rendement du tri. Dans le cas de contraintes de temps de tri, une amélioration de la sélectivité peut permettre de relâcher la contrainte, de diminuer les rejets et d'augmenter les bénéfices en débarquant davantage.

	statu quo cpt marché TMD et temps de tri 30 min	sel2 cpt marché TMD et temps de tri 30 min	statu quo cpt TMD interdit et temps de tri 120 min	sel 2 cpt TMD interdit et temps de tri 120 min
ln1	0	0	0	0
ln2	0.61	0.33	0.27	0.34
ln3	2.23	3.33	1.23	1.56

Tableau 4. 22 : Rendement du tri en kg trié par minute en fonction des scénarios de sélectivité et de comportement de rejet testés pour la sous-flottille langoustinière de Sud-Bretagne ayant 3 hommes à bord (ln1 : langoustine sous la Taille Minimale de Débarquement, ln2 : petite langoustine, ln3 : grosse langoustine).

L'analyse des variations de surplus des producteurs, des consommateurs et variation du surplus total dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 (Tableau 4. 23) montre que quel que soit le modèle de comportement de rejet pris en compte, une amélioration de la sélectivité est toujours préférable au statu quo. Néanmoins, l'endogénéisation des comportements de rejet peut modifier les surplus attendus d'une amélioration de la sélectivité en fonction des contraintes prises en compte. Dans le cas où la seule contrainte de rejet effective est la réglementation sur les tailles minimales (cas le plus probable), le surplus total dégagé par une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario sélectif 2 est supérieur au surplus total dégagé par la même mesure de sélectivité dans le cas où les comportements de rejet sont supposés exogènes et constants. Ce résultat est lié au fait que lorsque la sélectivité augmente, la structure des captures est modifiée et le tri s'en trouve facilité.

	Surplus producteurs	Surplus consommateur	Surplus Etat	Surplus total	Variation par rapport au statu quo ref
Statu quo ref	242	411	39	692	
Sel2 ref	300	482	42	824	19%
Sel 2 cpt TMD interdit et temps de tri 120 min	318	504	43	865	25%
Sel2 cpt marché TMD et temps de tri 30 min	274	450	41	765	11%

P2 : Modèle de formation des prix par catégorie sans élasticité croisée

Tableau 4. 23 : Surplus des producteurs, des consommateurs, de l'Etat et surplus total en millions d'euros (actualisation 4% sur la période 2004-2015) en fonction des comportements de rejets pris en compte pour le scénario sélectif 2 et variation du surplus total par rapport au statu quo à comportements de rejet exogènes.

5.3. Conclusion

L'endogénéisation des comportements de tri et des dynamiques d'investissement permet de mettre en évidence l'importance de la prise en compte des comportements des pêcheurs dans l'analyse coût-bénéfice de scénarios de gestion. Wilen (1979) puis Wilen *et al.* (2002) soulignaient ainsi l'importance de la prise en compte des comportements des pêcheurs en réponse à des mesures de gestion pour être en mesure de prédire l'efficacité d'une mesure et « éviter les surprises ».

6. Discussion et conclusions du chapitre 4

L'analyse coût-bénéfice présentée dans ce chapitre met en évidence les bénéfices nets potentiels, *ceteris paribus*, d'une amélioration de la sélectivité intra-spécifique des langoustines à l'échelle de la pêcherie du golfe de Gascogne. Les conséquences à court terme et à long terme, biologiques et économiques d'une amélioration de la sélectivité sont soulignées pour le stock, pour la flottille et l'ensemble de la société (Etat et consommateurs). Nous mettons en évidence que dans des pêcheries

telles que la pêcherie chalutière langoustinière, caractérisées par des taux de rejet (morts) importants sur les plus jeunes individus non commercialisables, une amélioration de la sélectivité permet une meilleure valorisation du potentiel de production mais n'implique pas nécessairement un bénéfice net négatif (étant donné le niveau de l'effort de pêche dans la pêcherie). Les gains de long terme peuvent compenser les pertes de court terme (s'il y en a). Ainsi, une amélioration de la sélectivité adaptée à la Taille Minimale de Débarquement (TMD), c'est-à-dire permettant de ne capturer que des langoustines au-dessus de la TMD permettrait de remplir les objectifs de conservation en augmentant la biomasse du stock et d'améliorer la valorisation du potentiel de production en limitant les pertes à court terme. Dans ce cas, l'amélioration de la sélectivité sur les langoustines, habituellement rejetées car sous la taille minimale de débarquement (TMD), se traduit par de faibles pertes sur les langoustines commercialisables proches de la TMD. Une amélioration de la sélectivité pourrait d'autre part se traduire par une meilleure qualité des débarquements qui pourrait être récompensée par de meilleurs prix compensant, du point de vue des producteurs, la diminution des débarquements à court terme. Dans le cas de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne, une amélioration de la sélectivité intra-spécifique des langoustines telle qu'aucune langoustine sous-taille n'est capturée permettrait ainsi de dégager une rente actualisée nette de 243 keuros par navire moyen en prenant en compte un taux d'actualisation de 4% sur la période 2004-2015. La segmentation de la flottille langoustinière en différentes sous-flottilles en fonction de la structure en coût et revenu permet de mieux apprécier la distribution des pertes et bénéfices de mesures de gestion et souligne les enjeux liés à une bonne définition des sous-flottilles impliquées.

D'un point de vue collectif, on montre ainsi qu'une amélioration de la sélectivité permettrait un bénéfice social et individuel important. Dans le cas de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne, l'analyse coût-bénéfice d'une amélioration de la sélectivité met ainsi en évidence des bénéfices nets potentiels importants et des périodes de transition limitées dans le cas des scénarios les plus plausibles (scénarios 2 ou 3). Il y a peu de pertes à court terme⁷¹ comparées aux gains espérés et la rapide reconstitution du stock de langoustine permet des phases de transition relativement courtes. Dans la mesure où la langoustine n'est pas une prise accessoire d'autres pêcheries, et est presque exclusivement exploitée par des chalutiers français, la flottille langoustinière bénéficierait des gains de long terme. On montre qu'une amélioration de la sélectivité permet, *ceteris paribus*, de limiter les effets externes des productions jointes et est une mesure de gestion efficace du point de vue de la conservation de la ressource et rentable pour la collectivité dans les pêcheries comme la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne où la sélectivité touche des tailles/âges rejetés en grande proportion.

⁷¹ Un moyen de limiter les pertes à court terme serait de mettre en place des mesures d'amélioration de la sélectivité graduellement par exemple en adoptant d'abord une grille à langoustine d'espacement 15 mm puis deux à trois ans plus tard une grille à espacement 20 mm et de profiter d'un bon recrutement pour mettre en place les mesures (si le recrutement est prévisible).

Compte tenu de la difficulté du contrôle des engins de pêche (Discours du Commissaire Franz Fishler, 24-27 octobre 2000) et de leur sélectivité et des moyens nombreux et indétectables pour détourner la sélectivité, l'efficacité d'une mesure technique dépend cependant de l'adhésion qu'elle rencontre dans les milieux professionnels (Suuronen et Sarda, 2007). La littérature existante fait état de fortes incitations parmi les pêcheurs à contrecarrer les mesures techniques en raisons des pertes de court terme, de l'accroissement des coûts qu'elles impliquent et de la durée des périodes de transition vers l'équilibre (Suuronen et Sarda, 2007). Si les pertes causées par une amélioration de la sélectivité sont trop importantes, les engins seront manipulés et les règles contournées (Suuronen *et al.*, 2000 ; Tchernij *et al.*, 2004 ; Halliday et Pinhorn, 2002). Heikinheimo *et al.* (2006) rapportent ainsi les critiques des fileyeurs à sandre de l'archipel de Finlande contre une amélioration de la sélectivité. Une amélioration de la sélectivité affecterait la profitabilité de la pêcherie en diminuant les captures. De plus, la phase de transition serait trop longue, comparée aux risques et au retour sur investissement espéré, pour être acceptable. La principale incitation à contourner les mesures de sélectivité provient en réalité essentiellement de la tentation du passager clandestin (mise en évidence dans le chapitre 3) liée à la nature commune des ressources halieutiques et aux difficultés pour observer la sélectivité réellement appliquée. D'un point de vue individuel, les pêcheurs ont intérêt à ne pas améliorer la sélectivité et à laisser les autres subir les pertes éventuelles d'une amélioration de la sélectivité. Ces comportements expliquent que les mesures de sélectivité aient été souvent inefficaces. Ferro et Graham (2000) décrivent ainsi de quelle façon l'augmentation du maillage des navires de la pêcherie anglaise de Mer du Nord à la fin des années 1980 et au début des années 1990 fut contournée petit à petit par des modifications de la forme du cul de chalut qui réduisaient la sélectivité. Suuronen et Tchernij (2003) rapportent d'autre part que plusieurs modifications d'engin furent observées dans la pêcherie de morue de la mer Baltique pour réduire la sélectivité.

D'autre part, l'endogénéisation des dynamiques d'accroissement des capacités de pêche montre que les mesures de sélectivité, si elles sont nécessaires pour diminuer les externalités négatives que peuvent engendrer les productions jointes, ne permettent pas en revanche de résoudre le problème de la course au poisson (tragédie des communs décrite par Hardin, 1968) qui induit des phénomènes de surcapacité (voir aussi Hillis et Arnason, 1995, Shepherd, 1993, Suuronen et Sarda, 2007). La rente dégagée par l'exploitation d'une ressource commune et les coûts d'opportunité élevés d'un changement de pêcherie incitent les pêcheurs à investir dans leur navire. L'augmentation de la capturabilité qui en résulte dissipe la rente dégagée par une amélioration de la sélectivité et met en évidence la nécessité de compléter les mesures de sélectivité par des mesures de régulation de l'accès à la pêcherie. Shepherd (1993) montrait ainsi que les mesures techniques ne modifient pas les structures d'incitations économiques sous jacentes et mettait donc en évidence la nécessité de

compléter les mesures techniques par une réduction des captures ou de l'effort pour assurer une gestion efficace de la pêcherie.

La description des productions jointes dans le chapitre 1 permettait de souligner la difficulté de mettre en place des droits d'accès sans résoudre le problème technique des productions jointes. Dans ce chapitre, on montre que la résolution du problème technique de productions jointes ne suffit pas à résoudre les problèmes de gestion des pêcheries mixtes. En présence de production jointe, la mise en place d'une régulation de l'accès est difficile si le problème technique n'est pas résolu et de même, si on augmente la sélectivité sans réguler l'accès, les problèmes liés aux externalités négatives ne sont pas résolus non plus. L'allocation des capacités de pêche est également nécessaire pour garantir une exploitation durable et limiter les externalités négatives. Un système de quotas individuels permettrait ainsi d'éviter que la rente dégagée par l'amélioration de la sélectivité ne soit dissipée par une augmentation des capacités de pêche. Nous montrons également dans ce chapitre que les comportements de rejets en réponse aux contraintes de gestion doivent être pris en compte pour prévenir les effets contraires que ces mesures pourraient induire comme les pratiques de « highgrading ». Ce chapitre met donc en évidence la complémentarité nécessaire entre mesures techniques et mesures de régulation de l'accès dans le cas de productions jointes.

Chapitre 5 – Productions jointes et technique de pêche alternative

1. Introduction

L'analyse du problème des productions jointes menée dans le chapitre précédent s'appuie sur un cadre technique restreint à une seule flottille, la flottille langoustinière, pratiquant un seul métier, le chalutage de fond à langoustine. Seule la dynamique du stock de langoustine est prise en compte; l'analyse est centrée sur le cas des productions jointes intra-spécifiques de langoustines. Nous proposons ici un élargissement de la notion de productions jointes qui prend en compte une autre espèce, le merlu et intègre les interactions associées entre flottilles et métiers. Les dynamiques des stocks de merlu et de langoustine sont modélisées ; la flottille langoustinière et les flottilles de fileyeurs à merlus⁷² sont représentées. Les externalités croisées intra-pêcheries et les externalités inter-pêcheries sont ici considérées. L'évaluation du coût social des productions jointes non désirées intra-spécifiques et inter-spécifiques de langoustine et merlu par la flottille langoustinière menée dans ce chapitre permet de caractériser au-delà des coûts privés, l'ensemble des coûts pour la société : pour les producteurs langoustiniers et les autres producteurs, pour les consommateurs et pour l'Etat. Après avoir décrit la structure du modèle bio-économique étendu (multi-espèce, multi-flottille et multi-métier), les résultats d'une estimation du coût social des rejets de langoustine et merlu sous-taille sont présentés. Les solutions qui permettent de réduire le coût social sont discutées.

L'approche privilégiée ces vingt dernières années pour pallier les problèmes de gestion des pêcheries chalutières mixtes s'est appuyée sur des mesures d'amélioration de la sélectivité. Ces mesures techniques ont été fixées dans le cadre de la PCP principalement dans un objectif de conservation des ressources (Holden, 1994). Si en théorie, les bénéfices potentiels d'une amélioration de la sélectivité pour les producteurs, les consommateurs et l'Etat sont importants, en pratique la pénétration effective de dispositifs sélectifs dans les pêcheries est restée marginale et l'efficacité de mesures de sélectivité

⁷² Nous ne nous intéressons ici qu'aux flottilles merlutières françaises. Les flottilles espagnoles n'ont pas pu être modélisées par manque de données.

demeure encore très dépendante de leur acceptation et donc de leur application par les pêcheurs (Suuronen et Sardà, 2007). Les essais d'amélioration de la sélectivité se sont ainsi multipliés sans donner de résultats significatifs soit parce qu'ils n'ont pas abouti à une mesure de régulation, soit parce que les mesures adoptées ont été contournées en raison des comportements de « passagers clandestins » auxquels incitent l'existence des externalités négatives entre pêcheurs (Olson, 1965) et de la difficulté à observer la sélectivité réellement appliquée.

L'analyse coût-bénéfice d'une amélioration de la sélectivité par rapport à la langoustine, présentée dans le chapitre précédent, montre qu'une partie des effets négatifs des productions jointes peut être maîtrisée par des mesures de gestion à technologie de production identique. Les mesures d'amélioration de la sélectivité des chaluts via l'augmentation du maillage des chaluts ou l'adoption de dispositifs sélectifs ne limitent cependant les productions jointes que de façon imparfaite. Compte tenu de la faible sélectivité des engins de pêche tractés et de la nature multi-spécifique et multi-taille de l'écosystème, la fonction de captures d'engins de pêche peu sélectifs tels que le chalut reste multi-produit (multi-espèce et multi-taille). Ainsi, ces mesures ne limitent que partiellement les impacts du chalutage de fond sur la faune. Les mesures d'amélioration de la sélectivité ne résolvent pas non plus le problème des productions jointes de type environnemental liées aux impacts physiques et mécaniques des engins sur le fond tels que la remise en suspension des vases, la destruction des habitats et l'homogénéisation du substrat (Bourillet *et al.*, 2006)⁷³.

Nous étudions dans ce chapitre une technique de pêche alternative au chalut de fond, le casier, à partir de l'exemple de la pêcherie au casier à langoustine de Loch Torridon (Ecosse). Dans ce contexte, le casier à langoustine apparaît comme un engin de pêche très sélectif ne générant pas ou peu de production jointe dans l'écosystème étudié et dont l'impact sur l'environnement est limité comparé au chalut de fond⁷⁴. L'adoption du casier constitue d'autre part une amélioration de la sélectivité observable contrairement à une amélioration de la sélectivité d'un engin de pêche donné, facilement contournable. Nous nous intéressons dans ce chapitre au rôle de la technique de production alternative dans la réduction des productions jointes et donc du coût social qu'elles peuvent engendrer. Nous analysons le cas extrême d'un scénario supposant l'adoption d'une technique de pêche alternative au chalut, le casier, par les navires de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne. Ce scénario permet d'analyser la rentabilité d'une activité casier dans le golfe étant donné les conditions actuelles (structure du stock notamment) et d'analyser la durée de la phase de transition vers des niveaux de

⁷³ Nous avons cependant choisi de ne pas traiter ces aspects dans cette thèse compte tenu du peu de données disponibles et de la complexité de la modélisation nécessaire à ce type.

⁷⁴ Toutefois, la sélectivité des casiers par rapport à l'espèce et la taille peut être moins bonne dans d'autres contextes. D'autre part, les casiers perdus sont parfois à l'origine de pêche fantôme dont l'impact sur l'environnement peut être important (Al-Masroori *et al.*, 2004. Brown et Macfadyen, 2007).

captures permettant la viabilité de cette activité. Le rôle des instruments économiques dans la création d'incitations à changer de technique est ensuite analysé.

L'adoption de techniques de pêche alternatives pose deux questions :

- le changement de technique de pêche pour adopter une technique de pêche alternative produisant moins de productions jointes est-il intéressant d'un point de vue global ?
- individuellement, l'adoption d'une technique de pêche alternative est-elle intéressante ?

Ces questions, largement d'actualité dans d'autres secteurs de production, sont finalement peu traitées dans la littérature (voir Eggert et Ulmestrand 2000, pour une comparaison qualitative des avantages du casier et du chalut et Sumalia *et al.* (2006), pour une discussion sur le rôle des subventions dans le maintien artificiel de la viabilité du chalutage de fond). L'analyse s'inscrit également dans un contexte d'augmentation significative du prix du carburant qui soulève la question des incitations au changement d'engin, des arts traînants vers les arts dormants moins consommateurs de carburant, et des conditions de viabilité et de réussite d'un changement vers des modes d'exploitation alternatifs.

Après avoir présenté une estimation du coût social des rejets de langoustine et merlu sous-taille (productions jointes non désirées) par la flottille langoustinière, nous présentons une comparaison entre la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne et la pêcherie de caseyeurs de Loch Torridon en Ecosse. Les deux pêcheries sont comparées du point de vue de leurs productions, de leur système de gestion et de leurs performances économiques. A partir de cette comparaison, nous analysons l'attractivité relative des métiers chalut de fond à langoustine et casier à langoustine dans le golfe de Gascogne dans différentes conditions d'exploitation. Une approche de long terme est ensuite envisagée pour estimer les coûts et bénéfices de différentes mesures (normes ou incitations économiques) favorisant l'émergence de techniques de pêche alternatives. Le coût social des productions jointes de merlu et langoustine est évalué comme la différence de bénéfice net entre la situation actuelle et l'adoption par la flottille langoustinière du casier à langoustine, meilleure alternative technique permettant de ne pas produire de productions jointes (ou peu).

2. Estimation du coût social des rejets de langoustines et merlus sous-taille par la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne

Dans la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne, les externalités négatives croisées entre pêcheurs langoustiniers exploitant un même stock, le stock de langoustines, se doublent d'externalités inter-métiers via les captures accessoires de la langoustine ciblées par d'autres flottilles. Les productions jointes non désirées de la flottille langoustinière créent des effets externes négatifs sur la flottille langoustinière elle-même et sur les autres flottilles qui capturent les espèces ou catégories

rejetées par la pêcherie langoustinière. Les rejets de langoustine produisent des effets négatifs externes sur la flottille langoustinière, les rejets de merlus par la flottille langoustinière produisent des effets externes négatifs sur les producteurs de merlu. La superposition de l'aire d'activité des chalutiers langoustiniers dans le golfe de Gascogne et de l'aire de distribution des juvéniles de merlus (annexe 5.1) entraîne en effet la capture accessoire de juvéniles de merlu par les navires de la flottille langoustinière. La mortalité des juvéniles de merlus infligée par la flottille chalutière langoustinière est source d'interactions avec les autres flottilles qui ciblent cette espèce. Débarqués par les navires de la flottille langoustinière jusqu'en 1999, les merlus capturés en dessous de la taille minimale de débarquements sont rejetés depuis la mise en application de contrôles réguliers des tailles minimales. Les rejets de langoustines et merlus sous-taille par la flottille chalutière langoustinière, s'accompagnent d'un taux de mortalité élevé (70% dans le cas de la langoustine et près de 100% dans le cas du merlu) et affectent l'ensemble de la société : les producteurs langoustiniers, les flottilles merlutières du golfe qui ciblent le merlu (fileyeurs à merlus, chalutiers et palangriers), les consommateurs et l'Etat.

Dans cette section, nous nous intéressons à l'estimation du coût social des rejets de langoustines et merlus sous-taille par les chalutiers de fond à langoustines. Nous limitons donc l'estimation du coût social du chalutage de fond à l'estimation des coûts sociaux liés aux impacts directs sur les productions jointes non désirées de deux espèces commercialisables (langoustine et merlu) du chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne. D'autre part, l'ensemble des flottilles impactées par les pratiques de rejet des chalutiers langoustiniers n'a pas pu être pris en compte, seules les flottilles françaises de chalutiers langoustiniers et de fileyeurs à merlu ont été modélisées. L'Espagne et la France sont les deux principaux producteurs de merlu du Nord et contribuent respectivement pour 59% et 26% des débarquements totaux en 2006 (ICES, 2007). En France, 9797 tonnes de merlu du Nord ont été produites en 2006 pour un chiffre d'affaires de 40.7 millions d'euros (STECF, 2007). Les captures françaises de merlu ont principalement lieu dans les divisions CIEM VIIIab et VII et sont réalisées essentiellement par des fileyeurs qui contribuent pour 57% en volume et valeur aux débarquements français de merlu. Les chalutiers contribuent pour 26% aux débarquements (ICES, 2007). L'évaluation du coût social est donc partielle. L'analyse est ici menée à effort constant même s'il n'existe pas a priori de raison de supposer l'absence de comportements de dynamique d'investissement et d'augmentation de la capturabilité en réponse à une augmentation du surplus dégagé (si ce n'est en première approximation). L'endogénéisation des comportements d'investissement dans le cas d'un modèle multi-métier nécessiterait cependant de pouvoir définir l'impact sur la capturabilité par métier et par espèce. Toutefois, les conséquences de l'endogénéisation des comportements ont été décrites dans le chapitre précédent et on peut s'attendre qualitativement à observer les mêmes résultats de dissipation de la rente et d'annulation des gains par une augmentation de l'effort pour les fileyeurs que ceux qui ont été décrits dans le cas des langoustiniers.

2.1. Méthodologie du calcul du coût social et paramétrage du modèle bio-économique

Le coût social des rejets de langoustines et merlus sous-taille par la flottille langoustinière est évalué à partir de l'analyse des bénéfices pour les producteurs, les consommateurs et l'Etat, d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers correspondant à une augmentation de maillage ou à l'adoption de dispositifs sélectifs telle que les langoustines et merlus sous la taille minimale de débarquement ne sont plus capturés, donc plus rejetés, toutes choses égales par ailleurs. Le coût social est entendu ici comme la différence de surplus total entre la situation actuelle et la meilleure alternative réalisable techniquement permettant de réduire l'écart entre le coût marginal privé et le coût marginal social qui naît des externalités négatives existantes. Boncoeur *et al.* (2000) se sont appuyés sur ce type d'approche pour évaluer le coût social des rejets d'araignées par les chalutiers du golfe Normand-Breton. Le coût social est ici estimé par la différence entre une amélioration de la sélectivité correspondant à la meilleure alternative réalisable techniquement permettant de diminuer les captures de petites langoustines et petits merlus et le statu quo à sélectivité inchangée. Le coût de la sélectivité correspond aux pertes de langoustines et merlus commercialisés que peut engendrer une augmentation de la sélectivité. Nous ne tenons pas compte ici des pertes sur les autres espèces commercialisables qui nécessiteraient de pouvoir prendre en compte la dynamique de ces stocks. Pour cette même raison, l'analyse du coût social se limite à l'évaluation du coût social des rejets de langoustines et merlu.

2.1.1. Structure du modèle bio-économique

Le modèle bio-économique de simulation décrit dans le chapitre 4 a été étendu pour permettre de prendre en compte dans le module biologique la dynamique du stock de merlu du Nord, décrite, comme la dynamique de la langoustine, par un modèle annuel structuré en âge (Figure 5. 1).

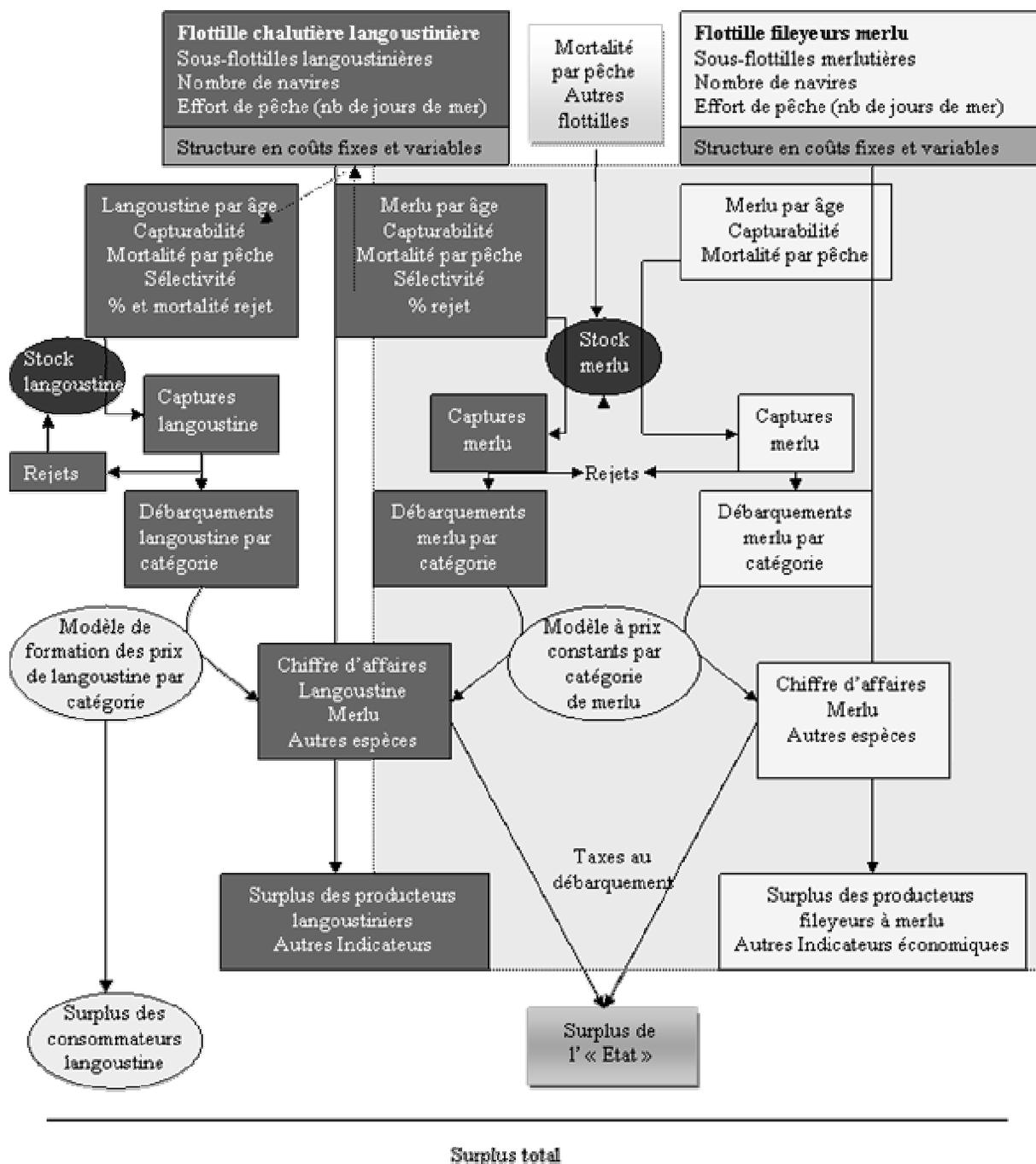


Figure 5. 1 : Structure du modèle de simulation permettant de calculer le coût social des rejets de merlus et langoustines par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne

Des flottilles merlutières ont été modélisées pour permettre d'évaluer l'impact des rejets de merlu par la flottille langoustinière sur ces flottilles. Le Groupe de Travail du CIEM sur les « Fishery Units » dans les sous-zones VII et VIII (ICES, 1991) distingue dans la pêche merlutière, pêche démersale

mixte internationale, 17 « Fishery Units » ou flottilles correspondant à l'utilisation de trois engins de pêche pour cibler le merlu : le chalut de fond, la palangre et le filet (Tableau 5. 1).

“Fishery Unit”	Description	Sub-area	Flottilles Modélisées
FU1	Long-line in medium to deep water	VII	→ Autres flottilles
FU2	Long-line in shallow water	VII	→ Autres flottilles
FU3	Gill nets	VII	→ Autres flottilles
FU4	Non- <i>Nephrops</i> trawling in medium to deep water	VII	→ Autres flottilles
FU5	Non- <i>Nephrops</i> trawling in shallow water	VII	→ Autres flottilles
FU6	Beam trawling in shallow water	VII	→ Autres flottilles
FU8	<i>Nephrops</i> trawling in medium to deep water	VII	→ Autres flottilles
FU9	<i>Nephrops</i> trawling in shallow to medium water	VIII	→ Flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne
FU10	Trawling in shallow to medium water	VIII	→ Autres flottilles
FU12	Long-line in medium to deep water	VIII	→ Autres flottilles
FU13	Gill nets in shallow to medium water	VIII	→ Flottille des fileyeurs français à merlu
FU14	Trawling in medium to deep water	VIII	→ Autres flottilles
FU15	Miscellaneous	VII & VIII	→ Autres flottilles
FU16	Outsiders	IIIa, IV, V & VI	→ Autres flottilles
FU00	French unknown		→ Autres flottilles

Tableau 5. 1:Correspondance entre « Fishery Units » dans les pêcheries de merlu du Nord et flottilles modélisées. Source : ICES, 1991.

Deux sous-flottilles de fileyeurs français à merlu segmentées en fonction de la classe de longueur des navires (20-24 mètres et 24-40 mètres) et correspondant aux « Fishery Units » FU3 et FU13 ont été intégrées à l'évaluation du surplus des producteurs en plus des dix sous-flottilles de chalutiers langoustiniers (correspondant à la « Fishery Unit » FU9). Les navires de la flottille française de fileyeurs à merlu ont été sélectionnés à partir de la typologie Ifremer/SIH en sélectionnant les fileyeurs exclusifs de 20-24 mètres et 24-40 mètres. Les autres flottilles qui ciblent ou capturent accessoirement le merlu n'ont pas été modélisées explicitement soit parce que la contribution des ces sous-flottilles à la mortalité par pêche sur le merlu était marginale soit parce que les données techniques et économiques permettant de caractériser ces flottilles n'étaient pas disponibles. C'est en particulier le cas des flottilles espagnoles ce qui constitue une limite importante. Les effets sur les débarquements ont néanmoins pu être décrits pour les flottilles non modélisées à une échelle agrégée.

La Figure 5. 2 représente le profil de la mortalité par pêche du merlu aux âges par grandes flottilles (pratiquant le même métier) opérant dans le golfe de Gascogne

- flottille des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne (FU9)
- flottille des fileyeurs à merlus du golfe (FU3-13)
- autres flottilles qui capturent du merlu

Elle met en évidence des différences significatives entre le diagramme d'exploitation du merlu de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne et celui des flottilles de fileyeurs à merlus du golfe.

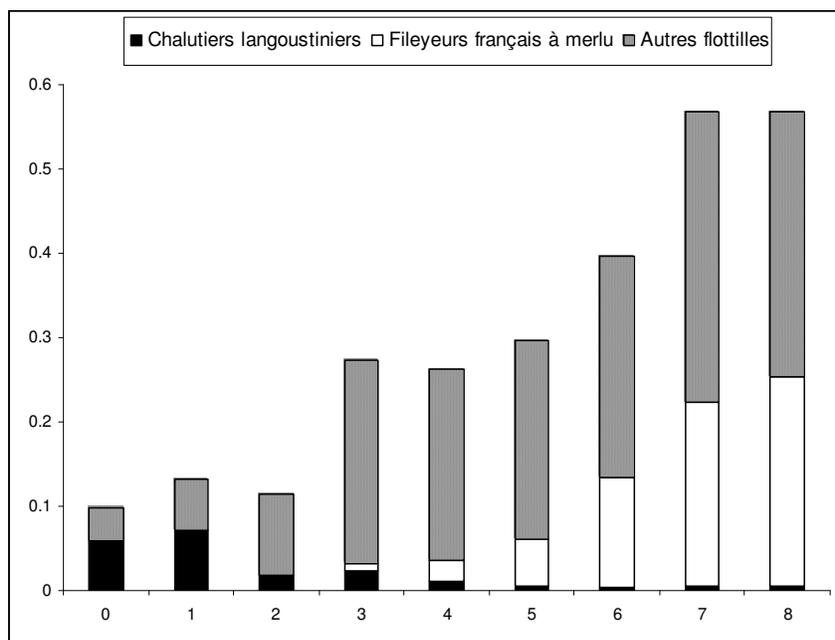


Figure 5. 2 : Mortalité par pêche par âge sur le merlu de la flottille chalutière langoustinière, des fileyeurs français à merlus et des autres flottilles agrégées. Source : Allocation de la mortalité par pêche aux âges par grande flottille merlutières du golfe de Gascogne à partir des données de débarquements 2002 (d'après ICES, 2003).

Les chalutiers langoustiniers capturent essentiellement les merlus d'âge 0 et 1 tandis que les fileyeurs ciblent les individus plus âgés d'âges 5 à 8 ce qui met en évidence l'impact sur les flottilles de fileyeurs à merlus des pratiques de rejets des chalutiers langoustiniers. Les flottilles non modélisées impactent les différents âges du stock de merlu.

La mortalité par pêche appliquée par les flottilles non modélisées sur le merlu a été agrégée et prise en compte dans la description de la dynamique du stock et des évolutions des débarquements de ces flottilles. L'impact économique d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers sur ces flottilles n'a cependant pas pu être pris en compte pour l'estimation du coût social des rejets de merlus sous-taille par la flottille langoustinière faute de données. L'évaluation du coût social présentée dans cette section est donc partielle, elle sous-évalue les coûts sociaux réels engendrés par la flottille chalutière langoustinière.

Deux métiers, le métier de chalutage de fond à langoustine dans le golfe de Gascogne et le métier de fileyeurs à merlus dans le golfe de Gascogne sont donc modélisés. Le modèle alloue la mortalité par pêche par âge sur le merlu entre les sous-flottilles modélisées au prorata de la contribution aux

débarquements par âge du chalut et du filet et des débarquements totaux de merlu par sous-flottille. La mortalité par pêche non-allouée entre ces sous-flottilles constitue la mortalité par pêche appliquée au stock de merlu par les autres flottilles non modélisées et supposée constante au cours de la simulation.

A partir de la mortalité par pêche par sous-flottille, par espèce, le modèle permet de calculer, à chaque période de la simulation, les captures aux âges de merlu et/ou de langoustine qui se divisent en débarquements et rejets aux âges en fonction du pourcentage de rejet. La dynamique des autres espèces capturées par la flottille langoustinière et la flottille des fileyeurs français à merlu est supposée exogène. Le modèle produit les indicateurs annuels décrits dans le chapitre 4 : biomasse, capture, débarquement, rejet de langoustines et merlus, le chiffre d'affaires et les surplus des producteurs, de l'Etat et des consommateurs utilisés pour le calcul du coût social. Le coût social des rejets de langoustines et merlus sous-taille par la flottille langoustinière est estimé à partir de la différence entre le surplus total généré par une sélectivité techniquement réalisable et correspondant à la meilleure alternative pour réduire les rejets sous-taille et le surplus total généré par la situation actuelle.

2.1.2. Éléments de paramétrage du modèle bio-économique

Les paramètres décrits dans le chapitre 4 sont utilisés pour décrire la dynamique du stock de langoustine et paramétrer la mortalité par pêche sur la langoustine et la structure en coût par sous-flottille langoustinière. On décrit ici la méthodologie de paramétrage et les paramètres utilisés pour décrire la dynamique du stock de merlu, la mortalité par pêche sur le merlu par sous-flottille et la structure en coûts des deux sous-flottilles supplémentaires considérées : la sous-flottille française de fileyeurs à merlus de 20-24 mètres et la sous-flottille française de fileyeurs à merlus de 24-40 mètres.

Les données réestimées pour l'année 2003 lors du groupe de travail sur l'évaluation du stock de merlu de 2007 (ICES, 2007) ont été utilisées pour modéliser la dynamique du stock de merlu (Tableau 5. 2). Les données de mortalité par pêche estimées pour l'année 2003 lors du groupe de travail 2005 (ICES, 2006a) n'intégraient en effet pas la mortalité par pêche liée aux rejets. La mortalité par pêche estimée correspondait à la mortalité par pêche des débarquements.

Groupe d'âge i	Mortalité par pêche totale F_i (2003)	Poids moyen aux âges W_i (2003)	Effectif de la population N_i (2003)	Mortalité naturelle M_i
0	0,0988	0,075	253236	0,2
1	0,132	0,146	151010	0,2
2	0,114	0,219	98768	0,2
3	0,2726	0,344	71240	0,2
4	0,2622	0,595	50454	0,2
5	0,2966	0,963	33705	0,2
6	0,3965	1,402	19972	0,2
7	0,5679	1,958	7499	0,2
8 +	0,5679	2,65	6674	0,2

Tableau 5. 2 : Paramètres biologiques utilisés dans le modèle pour modéliser la dynamique du stock de merlu.

Source : ICES, 2007.

Les valeurs strictement positives de la mortalité par pêche des merlus d'âges 0 et 1 (sous la taille minimale de débarquements) correspondent à la mortalité par pêche des rejets sous la taille minimale de débarquement (27 cm). Il existe néanmoins des incertitudes sur la croissance du merlu et donc la clef taille-âge. Les campagnes de marquage-recapture de merlu (De Pontual *et al.*, 2003, De Pontual *et al.*, 2006) ont montré que la croissance du merlu serait plus rapide que celle estimée à partir de lecture d'âge sur les otholites (Piñeiro et Sainza, 2003) et classiquement utilisée jusqu'ici pour l'évaluation de stock. Les lectures d'âge utilisées jusqu'à présent surestimeraient l'âge du merlu et sous-estimeraient la croissance. Les merlus sous la taille minimale de débarquement correspondraient ainsi à des merlus d'âge 0 dans le cas de l'hypothèse de croissance rapide et à des merlus d'âge 0 et 1 dans le cas de l'hypothèse de croissance lente. Les travaux en cours sur ce sujet (De Pontual *et al.*, 2006 et Bertignac et de Pontual, 2007) sont un enjeu majeur pour l'évaluation de stock et l'analyse bio-économique des conséquences des mesures de gestion. Les données utilisées par défaut dans le cadre de cette thèse correspondent à l'hypothèse classique de croissance lente du merlu.

On suppose comme dans le chapitre 4 que les recrutements de langoustine et de merlu sont exogènes et constants au cours de la période de simulation. Les valeurs de recrutement utilisées par le groupe de travail CIEM pour les prédictions de court terme ont été retenues pour les simulations. La moyenne géométrique des recrutements de merlu à l'âge 0 (ICES, 2006a; $GM_{1990-2001}=191$ millions individus) a été retenue pour les simulations. Dans le cas de la langoustine, on suppose que le recrutement est égal à la moyenne géométrique 1987-2002 soit 636 millions d'individus. On suppose d'autre part que la survie des rejets est nulle pour le merlu et de 30% pour la langoustine (Guéguen et Charreau, 1975). Dans le cas du merlu, le facteur de correction lié à la survie des rejets (F_{di}) est donc égal à un. La mortalité par pêche correspondant aux captures totales d'âge i , (F_i) et la mortalité par pêche correspondant aux captures mortes (F_{ri}) (définies dans le chapitre 4) sont donc égales.

Le pourcentage des captures totales de merlu par âge i donné par le groupe de travail 2002 (ICES, 2003) par grande flottille F opérant dans le golfe de Gascogne (chalutiers langoustiniers, fileyeurs à merlus et autres flottilles qui capturent du merlu) est noté cF_i (annexe 5.2).

A partir des débarquements moyens de merlu par sous-flottille f des grandes flottilles F (langoustinières ou merlutières) sur la période 2001-2003, noté me_f , on décrit les captures de merlus par âge par sous-flottille langoustinière et sous-flottille merlutière modélisée, notée $Cme_{f,i}$:

$$Cme_{f,i} = me_f \cdot cF_i \quad (\text{Eq. 72})$$

On en déduit la part des captures totales de merlu d'âge i $Pme_{f,i}$ réalisées par la sous-flottille f :

$$Pme_{f,i} = \frac{Cme_{f,i}}{\sum_f Cme_{f,i}} \quad (\text{Eq. 73})$$

La mortalité par pêche des merlus d'âge i est allouée pour sous-flottille f au prorata des captures de merlu par âge réalisées par sous-flottille f . La mortalité par pêche des merlus d'âge i par sous-flottille f $F_{i,t,f}$ est donnée par :

$$F_{i,t,f} = Pme_{f,i} \cdot \hat{F}_{i,t} \quad (\text{Eq. 74})$$

Ce calcul permet de tenir compte des différences de diagrammes d'exploitation du merlu entre les sous-flottilles langoustinières et merlutières, et donne les mortalités par pêche aux âges par sous-flottille modélisée (annexe 5.3). Les mortalités par pêche par sous-flottille permettent de calculer à chaque pas de temps les captures de merlu par sous-flottille.

Le pourcentage de rejet de merlu aux âges des navires de la flottille chalutière langoustinière a été initialisé à partir des données de la base Obsmer et le pourcentage de rejet de merlu aux âges des flottilles non modélisées a été déduit à partir des données du groupe de travail de rejets totaux de merlu aux âges sur l'ensemble des flottilles disponibles pour les années 2001-2003 (ICES, 2007) et des pourcentages de rejets de merlu aux âges de la flottille chalutière langoustinière (Figure 5. 3). On suppose que la flottille des fileyeurs à merlu ne rejette pas de merlu et que les pourcentages de rejet de merlu aux âges ne varient pas au cours de la simulation.

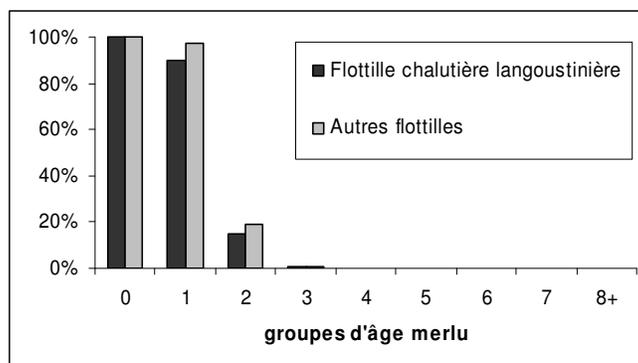


Figure 5. 3: Rejets de merlus par groupe d'âge des navires de la flottille chalutière langoustinière et des navires des flottilles non modélisées en pourcentage moyen des captures en poids. moyenne 2001-2003 (rejets de merlu par la flottille des fileyeurs à merlu supposés nuls). Sources : ICES, 2007 et données Obsmer, IFREMER/SIH.

A partir des captures de merlu aux âges par sous-flottille et des pourcentages de rejet par flottille, on déduit les débarquements de merlu aux âges par sous-flottille.

Le marché du merlu, marché international complexe est décrit par Perez (2001). Les débarquements de merlu par les sous-flottilles langoustinières et la flottille française des fileyeurs à merlu ne représentent qu'environ 30% des débarquements totaux de merlus. On supposera que le prix du merlu est exogène. Les enquêtes que nous avons menées auprès des criées ont montré que les catégories commerciales de merlu sont plus stables d'une année à l'autre et plus homogènes d'une criée à l'autre que les catégories de langoustine dont on a mis en évidence l'hétérogénéité dans le chapitre 3. Ces enquêtes ont permis donner la correspondance entre catégories commerciales et classe de poids (annexe 5.4) et les poids moyens aux âges permettent d'établir la correspondance entre catégories commerciales et âges (annexe 5.5). Les catégories commerciales ont été agrégées en une catégorie de gros merlu, les catégories 30 et 40 en une catégorie de merlu de taille moyenne et la catégorie 50 de petit merlu a été conservée pour l'analyse. Les données 2001-2003 de débarquement par catégorie (merlu 50, merlu 30-40 et merlu 10-20) donnent les prix moyens par catégorie (Tableau 5. 3). Les prix augmentent avec l'âge et montrent donc l'intérêt d'une augmentation de la taille de capture pour une meilleure valorisation du potentiel de production:

Catégorie	Correspondance catégorie-âge	Prix moyen euros/kg
50	[0;2]	3,0598
30-40	[3;5]	3,8091
10-20	[6;8+]	5,0330

Tableau 5. 3 : Prix moyen par âge et catégorie. Sources : Enquêtes en criée et données IFREMER/SIH.

On suppose que les prix par catégorie de merlu sont constants au cours de la période. A partir des prix moyens par catégorie du merlu et des débarquements, on calcule le chiffre d'affaires merlu par sous-flottille. Les hypothèses de calcul de surplus des producteurs, consommateurs et de l'Etat sont

présentées dans le chapitre 3. Les prix par catégorie du merlu étant supposés exogènes, le surplus des consommateurs ne tient donc compte que de la consommation de langoustines. Les résultats sont présentés en supposant des recrutements moyens et constants pour la langoustine et le merlu et pour les trois hypothèses de prix de la langoustine supposés dans le chapitre 4 :

P1 : Prix exogènes par catégorie (petite et grosse langoustine)

P2 : Modèle de prix par catégorie (petite et grosse langoustine) sans élasticité croisée

P3 : Modèle de prix par catégorie (petite et grosse langoustine) avec élasticité croisée

Les données économiques récoltées annuellement par l'Ifremer ont été utilisées pour paramétrer les caractéristiques techniques et économiques des deux sous-flottes françaises de fileyeurs à merlu prises en compte dans le modèle bio-économique en plus des sous-flottes langoustinières (dont les caractéristiques sont décrites dans le chapitre 4). Les différents postes de coûts ont été exprimés par navire moyen en pourcentage du chiffre d'affaires moyen 2001-2002 à partir de l'échantillon. Les caractéristiques techniques, structure des coûts, coûts et revenus moyens 2001-2003 et les principaux indicateurs économiques calculés dans le modèle sont présentés en annexe 5.6 pour les deux sous-flottes françaises de fileyeurs à merlu prises en compte dans le modèle et distinguées en fonction de la classe de longueur. L'analyse de la structure des débarquements des fileyeurs français à merlu indique que 43% et 30% du chiffre d'affaires des sous-flottes de fileyeurs à merlus de [20 ;24[mètres et [24 ;40[mètres respectivement est constitué d'autres espèces que le merlu (sole, baudroie, lieu jaune, bar, mostelle et lingue franche). Cela limite donc les impacts de mesures d'amélioration de la sélectivité par rapport au merlu des chalutiers langoustiniers sur les fileyeurs à merlus. Mais les autres espèces rejetées par les langoustiniers peuvent être ciblées également par les fileyeurs. C'est le cas des baudroies par exemple. Une amélioration de la sélectivité des langoustiniers par rapport au merlu pourrait se traduire également par une diminution des captures accessoires des autres espèces et ainsi bénéficier aux fileyeurs.

2.2. Evaluation du coût social des rejets de langoustines et merlus par la flottille chalutière langoustinière

On analyse donc dans cette section les impacts bio-économiques sur la période de simulation 2004-2015 des rejets de langoustine et merlu sous la taille minimale de débarquement par la flottille chalutière langoustinière pour les producteurs, les consommateurs et l'Etat. On considère pour cela la meilleure alternative techniquement réalisable qui permet de ne plus capturer de langoustines ni de merlus sous-taille. Cette alternative correspond à une amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers telle que le dispositif sélectif ou l'augmentation de maillage adopté permette de ne plus capturer de langoustines et merlus au-dessous de la taille minimale de débarquement. Le facteur de

sélectivité défini dans le chapitre 4 est donc à 0 pour les âges 1, 2 de langoustines et 0 et 1 de merlu (taille minimale de débarquement de la langoustine : 8.5 cm puis 9 cm et taille minimale de débarquement de merlu : 27 cm). Le coût de l'amélioration de la sélectivité correspond donc aux pertes de langoustines et merlu commercialisés d'âges 2 pour la langoustine et 1 pour le merlu que l'on retrouve dans les données de débarquement.

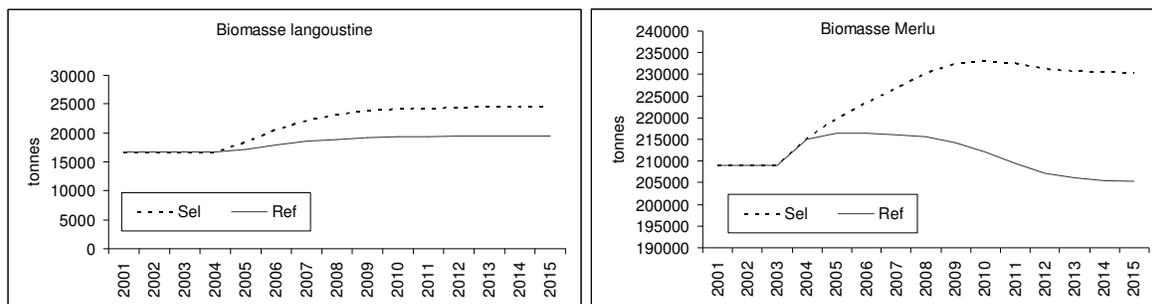
A l'équilibre, l'amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers par rapport à la langoustine et au merlu, permet une augmentation de 26% de la biomasse de langoustines et de 12% de la biomasse de merlu. Les rejets de langoustines diminuent de 48% et les rejets de merlus de 44%. Les débarquements de langoustines par la flottille langoustinière augmentent de 29% et les débarquements de merlus totaux augmentent de 14%. Les variations de biomasse et débarquements de merlu dans le cas du statu quo sont dues au bon recrutement intervenu en 2002, ainsi qu'à l'hypothèse de recrutement moyen supposé constant pour les simulations.

	Ref	Sel	Variation
Biomasse langoustines en tonnes	19475	24568	26%
Rejets langoustines en tonnes	1559	811	-48%
Débarquements langoustines en tonnes	4216	5438	29%
Biomasse merlu en tonnes	205349	230329	12%
Rejets merlus totaux en tonnes	3843	2146	-44%
Débarquements merlu des fileyeurs français à merlu en tonnes	11203	12750	14%
Débarquements merlu des chalutiers langoustiniers en tonnes	1483	1546	4%
Débarquements merlus totaux en tonnes	43823	49765	14%

Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

Tableau 5. 4 : Biomasse, rejets et débarquements de langoustine et biomasse, rejets et débarquements de merlu à l'équilibre dans le cas d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers permettant de ne plus rejeter de langoustines et merlus sous-taille.

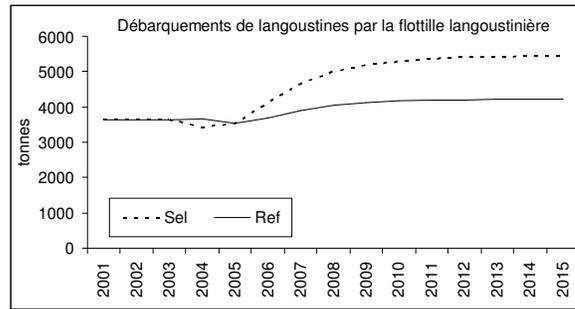
La Figure 5. 4 représente les évolutions des biomasses de langoustine et merlu au cours de la période de simulation.



Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

Figure 5. 4 : Evolution de la biomasse de langoustine (figure de gauche) et de la biomasse de merlu (figure de droite) au cours de la période de simulation dans le cas d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers permettant de ne plus rejeter de langoustines et merlus sous-taille.

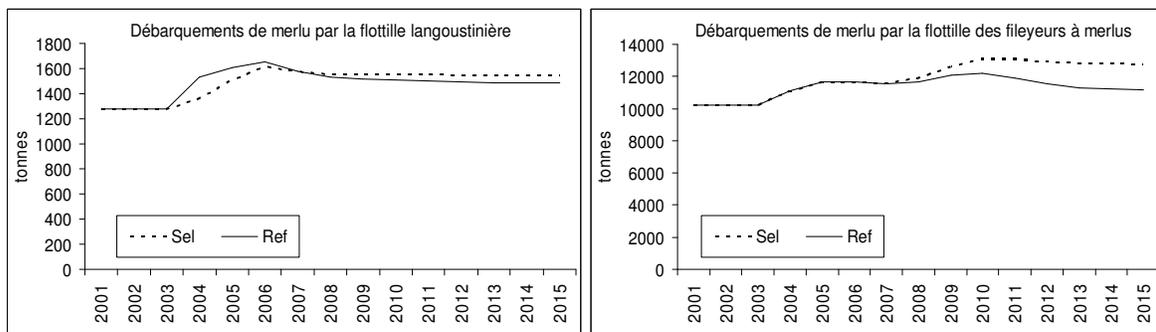
L'amélioration de la sélectivité se traduit à court terme par une légère diminution des langoustines débarquées par la flottille langoustinière puis une augmentation des débarquements à partir de 2006 grâce à l'augmentation de la biomasse et la modification de la structure en âge de la biomasse (Figure 5. 5).



Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

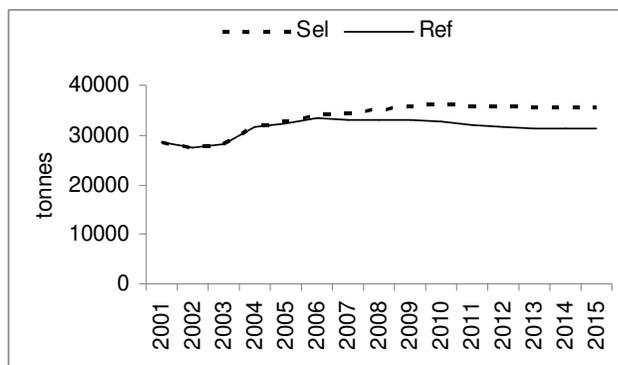
Figure 5. 5 : Débarquements de langoustine par la flottille langoustinière.

Dans le cas du merlu (Figure 5. 6), les débarquements de merlus par la flottille langoustinière diminuent à court terme lorsqu'une mesure de sélectivité permet de ne plus capturer les merlus sous-taille puis les débarquements augmentent et se stabilisent autour du niveau de débarquement initial. Dans le cas de la flottille des fileyeurs (pour lesquels le diagramme d'exploitation est tel que les captures de merlus d'âge 0 à 2 sont faibles), l'augmentation des débarquements de merlus par rapport au statu quo intervient à partir de 2007.



Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

Figure 5. 6 : Débarquements de merlus par la flottille langoustinière (figure de gauche) et par la flottille des fileyeurs (figure de droite).



Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

Figure 5. 7 : Evolutions des débarquements de merlus du Nord des autres flottilles merlutières non modélisées.

Une amélioration de la sélectivité des chalutiers par rapport aux merlus et aux langoustines permet donc, en augmentant la survie des jeunes individus, de reconstituer la biomasse de merlu et de langoustine et d'augmenter les débarquements de langoustines des chalutiers langoustiniers (+4.2%) et les débarquements de merlu des fileyeurs à merlus (+13.8%) sans pour autant diminuer les débarquements de langoustines et merlus des chalutiers qui rejettent habituellement ces catégories sous-taille non commercialisables. L'évaluation est partielle dans la mesure où l'on ne considère pas les bénéfices d'une amélioration de la sélectivité pour les autres flottilles non modélisées. L'analyse de l'évolution des débarquements de merlus des flottilles non modélisées permet de mettre en évidence que l'estimation du coût social des rejets sous tailles est probablement (certainement) sous-estimée. A l'équilibre ainsi les débarquements de merlu des autres flottilles augmentent de 14%.

L'augmentation des débarquements se traduit par une augmentation du surplus des producteurs langoustiniers et des fileyeurs à merlu, et la modification de la structure en taille des langoustines et des quantités débarquées de langoustines se répercutent également sur le surplus des consommateurs.

	Ref			Sel			Variation en valeur absolue (Sel-Ref)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Surplus total des producteurs	617	608	671	717	694	774	100	86	103
Surplus des langoustiniers	259	250	313	331	308	388	72	58	75
Surplus des fileyeurs	358	358	358	386	386	386	28	28	28
Surplus des Consommateurs	0	411	492	0	482	581	0	71	89
Surplus de l'Etat	40	39	43	44	42	47	4	3	4
Surplus total	657	1058	1205	761	1218	1402	104	160	197

Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

P1 : modèle à prix exogènes et constants pour les différentes catégories de langoustine

P2 : modèle de formation des prix sans élasticité croisée entre les différentes catégories de langoustine

P3 : modèle de formation des prix à élasticité croisée entre les différentes catégories de langoustine

Tableau 5. 5 : Comparaison des valeurs actuelles nettes des surplus des producteurs, consommateurs et surplus totaux entre le scénario de référence et le scénario sélectif en millions d'euros (actualisation 4% sur la période 2004-2015).

Les résultats pour un taux d'actualisation de 10% sont présentés dans le Tableau 5. 6 et montrent que le bénéfice actualisé est net d'une amélioration de la sélectivité est positif même pour un taux d'actualisation élevé.

	Ref			Sel			Variation en valeur absolue (Sel-Ref)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Surplus total 4%	657	1058	1205	761	1218	1402	104	160	197
Surplus total 10%	474	763	869	539	864	993	65	101	124

Ref : statu quo, Sel : scénario sélectif testé

P1 : modèle à prix exogènes et constants pour les différentes catégories de langoustine

P2 : modèle de formation des prix sans élasticité croisée entre les différentes catégories de langoustine

P3 : modèle de formation des prix à élasticité croisée entre les différentes catégories de langoustine

Tableau 5. 6 : Comparaison de la valeur actuelle nette des surplus totaux entre le scénario de référence et le scénario sélectif testé, en millions d'euros pour deux taux d'actualisation : actualisation 4% et actualisation 10% sur la période 2004-2015.

Une diminution des productions jointes non désirées de langoustine et merlu produites par la flottille chalutière langoustinière permettrait ainsi une augmentation du surplus des producteurs de 15 à 16% selon l'hypothèse de prix par catégorie de langoustine retenue. L'amélioration de la sélectivité par rapport à la langoustine et au merlu profite aux producteurs langoustiniers dont le surplus est augmenté de 23 à 28% par rapport au statu quo. L'amélioration de la sélectivité par rapport au merlu profite d'autre part aux fileyeurs à merlu qui ciblent des merlus plus âgés et dont le surplus augmente de 8% par rapport au statu quo. Le surplus des consommateurs de langoustines augmente de 17 à 18% selon l'hypothèse de prix par catégorie de langoustine retenue. Le surplus de l'Etat augmente de 8 à 10% en fonction du modèle de formation des prix supposé. L'hypothèse de recrutement formulée pour le merlu et l'existence d'une forte classe en 2002 expliquent en partie l'augmentation des surplus des producteurs observée par rapport à la situation de référence en 2001-2003.

On se retrouve donc, dans le cas où l'on suppose que l'effort est exogène, dans une situation où une amélioration de la sélectivité bénéficie aux fileyeurs mais également aux producteurs langoustiniers (compte tenu des impacts d'une amélioration de la sélectivité par rapport à la langoustine discutés plus en détail dans le chapitre précédent). D'un point de vue collectif, l'efficacité économique d'une amélioration de la sélectivité est certaine. Les producteurs langoustiniers supportent cependant seuls les coûts transitoires des pertes à court terme qui peuvent survenir après une augmentation de la sélectivité.

L'estimation du coût social des rejets de langoustines et merlus sous-taille par la flottille langoustinière est comprise entre 104 et 197 millions d'euros selon l'hypothèse de prix par catégorie de langoustine retenue (prix constants, prix avec élasticité croisée entre catégories) en supposant un

taux d'actualisation de 4% sur la période 2004-2015. Rapporté au nombre de navires de la flottille langoustinière, les pratiques de rejets de langoustines et merlus sous-taille par la flottille langoustinière impliquent un coût social de 37 à 69 keuros par navire et par an non pris en compte dans le calcul des résultats des entreprises de pêche. Les rejets ont un coût « interne » pour les langoustiniers de 21 à 27 keuros par navire langoustinier par an (coût lié au rejet de langoustines non recapturées) et un coût externe subit par les consommateurs, l'Etat et la flottille des fileyeurs français à merlu, de 11 à 43 keuros par navire langoustiniers par an.

2.3. Conclusions

Cette analyse permet de mettre en évidence les externalités négatives liées aux productions jointes non désirées. Ces externalités négatives, croisées ou non, se traduisent par le fait que la flottille chalutière ne subit pas seule le coût de sa production. L'estimation du coût social de ces pratiques de rejet sous-taille devrait ainsi être prise en compte dans le cadre d'une comptabilité environnementale (Verhaegen *et al.*, 2004 ; Hecht, 2005 ; Boyd, 2007).

Cette thèse se limite aux productions jointes d'espèces commercialisables. L'évaluation du coût social des productions jointes non désirées ne tient compte ici que des deux espèces, la langoustine et le merlu. Les autres espèces rejetées n'ont pas été prises en compte dans l'analyse bio-économique notamment en raison des difficultés liées à l'estimation de la mortalité par pêche due à l'activité des chalutiers langoustiniers sur ces espèces. L'analyse n'intègre pas non plus les coûts liés aux productions jointes environnementales (destruction des habitats par les chaluts de fond) ou aux productions jointes d'espèces non valorisables mais dont le rôle dans la chaîne trophique peut être important. Le coût social évalué dans cette section est donc sous-estimé.

A cette évaluation s'ajoute en effet le coût social des rejets des autres espèces ou catégories valorisables ou non, le coût de la destruction des habitats, le coût de la perturbation des écosystèmes et des relations trophiques entre espèces et le coût de l'appauvrissement de la biodiversité, que nous ne sommes pas en mesure d'évaluer, compte tenu des données disponibles. D'autre part, le coût des effets externes des pratiques de rejet de merlus sous-taille des chalutiers langoustiniers n'est estimé que pour les flottilles françaises de fileyeurs à merlus pour lesquelles on dispose des données nécessaires. Les flottilles palangrières et chalutières françaises et les flottilles chalutières, de fileyeurs et palangrières espagnoles ne sont pas modélisées faute de données disponibles. L'évaluation du coût social est ici partielle et minimise ces coûts dans la mesure où toutes les flottilles ne sont pas prises en compte dans l'analyse. Si tous les impacts économiques ne peuvent être mesurés, on peut néanmoins caractériser les implications en termes de débarquements totaux de merlu des pratiques de rejet de merlu par la flottille langoustinière pour les autres flottilles non modélisées. La solution technique d'une

amélioration de la sélectivité permet de limiter le problème de surexploitation mais ne résout pas le problème de la surcapacité à laquelle incitent les externalités négatives qui naissent de l'exploitation de ressources communes. En endogénéisant les comportements d'augmentation des capacités de pêche, nous aurions ainsi montré que cette tendance peut annuler les gains attendus d'une amélioration de la sélectivité comme cela a été décrit dans le chapitre 4.

La taxation, la norme technique ou les marchés de droits font partie des solutions permettant de résoudre des problèmes d'externalité en réduisant l'écart entre productivité marginale sociale et privée, et en incitant à l'internalisation des coûts sociaux. Parmi les solutions pouvant permettre de réduire les effets des externalités négatives, on pourrait imaginer dans un marché de droits que les fileyeurs français ou autres producteurs ciblant le merlu achètent les droits de pêche des chalutiers langoustiniers pour limiter ou geler les externalités. Guyader (1998) décrit et formalise un marché de droits de pêche dans le cas de la pêche thonière au filet maillant dérivant qui capture accessoirement des dauphins. La définition de tels droits de pêche pose cependant la question de la définition des droits de propriété sur la ressource et de la difficulté de la mise en place pratique d'un tel marché dans un contexte de productions jointes. En l'absence de droits de propriété clairement définis, la négociation entre parties (entre les pêcheurs langoustiniers et les autres parties subissant les coûts externes de leur production) peut difficilement se mettre en place.

Dans le cas de la langoustine et du merlu, il n'existe pas de droits d'accès clairement définis même si l'existence de PME, d'un PPS depuis 2005 pour la langoustine et l'allocation des quotas de pêche par OP qui les redistribue ensuite tendent vers un système de droits de pêche individuels. Cependant, même s'il y avait un marché de droits avec des droits bien définis sur la langoustine et sur le merlu, on peut se demander comment un tel marché pourrait effectivement fonctionner, en pratique, dans un contexte de productions jointes. Cela supposerait que les flottilles (ou armements) qui font l'objet d'effets externes rachètent les droits des langoustiniers ou que les langoustiniers achètent des droits sur le merlu. Dans le premier cas, il n'y aurait plus (ou peu) de rejets de langoustines et merlus sous-taille mais les fileyeurs devraient compenser la non-production des langoustiniers. Dans le deuxième cas en revanche, les rejets de merlu ne seraient pas pour autant diminués étant donné le diagramme d'exploitation du merlu par la flottille langoustinière et la taille minimale de débarquement du merlu. D'autre part, nous avons traité dans cette section uniquement les rejets de langoustines et merlus sous taille mais la flottille chalutière langoustinière rejette également d'autres espèces avec un taux de mortalité élevé. Elle devrait alors racheter les droits sur ces autres espèces également.

Le changement d'engin de pêche pourrait permettre de supprimer ou réduire les productions jointes donc les effets externes qu'elles peuvent impliquer et rendre les solutions de gestion basées sur des droits applicables. Le changement de technique de pêche est étudié dans les sections suivantes.

3. Le casier à langoustine comme technique de pêche alternative au chalut de fond : une analyse comparative

Le coût social élevé des rejets et la résolution imparfaite des problèmes de productions jointes par les solutions classiques, nous amènent dans ce chapitre à analyser l'adoption d'une technique de pêche au casier, comme alternative permettant de diminuer les productions jointes et donc les effets externes négatifs qu'elles peuvent engendrer. Selon l'utilisation qui en est faite (maillage, fenêtre d'échappement, appâts utilisés), le casier peut être un engin parfaitement sélectif permettant de cibler les catégories voulues, donc d'éviter les productions jointes. La gestion est dès lors facilitée. Les solutions théoriques de gestion des externalités négatives basées sur des droits de propriété deviennent applicables. Ce qui constitue un autre effet externe positif de ce changement de technique de pêche.

L'analyse des incitations au changement technique, à l'adoption du casier, s'appuie sur l'exemple de la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon (Ecosse). On compare dans cette section la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon et la pêcherie langoustinière au chalut du golfe de Gascogne du point de vue de leur activité, structure d'exploitation et productions jointes et de leurs performances économiques à partir des données suivantes :

- Des données de productions issues de la base de données Harmonie (IFREMER/SIH) dans le cas de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne et récoltées auprès de la coopérative Shildaig Export dans le cas de la pêcherie de Loch Torridon (Macher et Talidec, 2008)
- Des données de campagnes d'échantillonnage sur le stock de langoustine de Loch Torridon réalisées par le FRS d'Aberdeen (Anon., 1998) et des données d'observation des captures en mer à bord des navires langoustiniers du golfe de Gascogne (données Obsmer, IFREMER/SIH).
- Des données comptables récoltées pour les périodes 2002/2003 et 2003/2004 à Loch Torridon en 2006 sur les caseyeurs à langoustines (Macher et Talidec, 2008).
- Des données issues des enquêtes économiques menées par l'Ifremer chaque année auprès d'un échantillon représentatif de navires permettant d'estimer les coûts et revenus par métiers et flottilles (dans notre cas pour les caseyeurs et les chalutiers), décrites dans le chapitre 4.
- Des données qualitatives récoltées auprès des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne et issues d'embarquements et entretiens avec les pêcheurs de Loch Torridon

Cette analyse comparative permet de souligner quelles peuvent être les conditions qui permettent la rentabilité d'une activité de casier à langoustine. L'analyse du système institutionnel et de gestion encadrant la pêcherie au casier doit permettre également de réfléchir aux incitations à mettre en place et de discuter les conditions d'émergence d'une technique de pêche alternative au chalut dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne.

3.1. La pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon : une pêcherie écolabellisée opérant dans une zone fermée au chalutage

Si la plupart des langoustines écossaises sont capturées par des chalutiers⁷⁵, la pêche au casier représente, dans certaines zones de la côte Ouest Ecossoise, jusqu'à 20% des captures de langoustines en poids et 40% en valeur. En outre, ces dernières années, on observe une tendance au passage du chalut au casier dans l'Ouest Ecosse, motivée par la différence de consommation de gazole entre le chalut et le casier qui sert d'incitation économique au changement d'engin de pêche (Adley, 2007). Les caseyeurs exploitent essentiellement les stocks de langoustines côtiers inaccessibles aux chalutiers (soit pour des raisons de restrictions réglementaires soit parce que les fonds ne s'y prêtent pas). C'est le cas de la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon, située dans le Nord-Ouest Ecosse, dans le Loch Torridon et dans la zone fermée du détroit intérieur du Rona qui ont été interdits au chalutage.

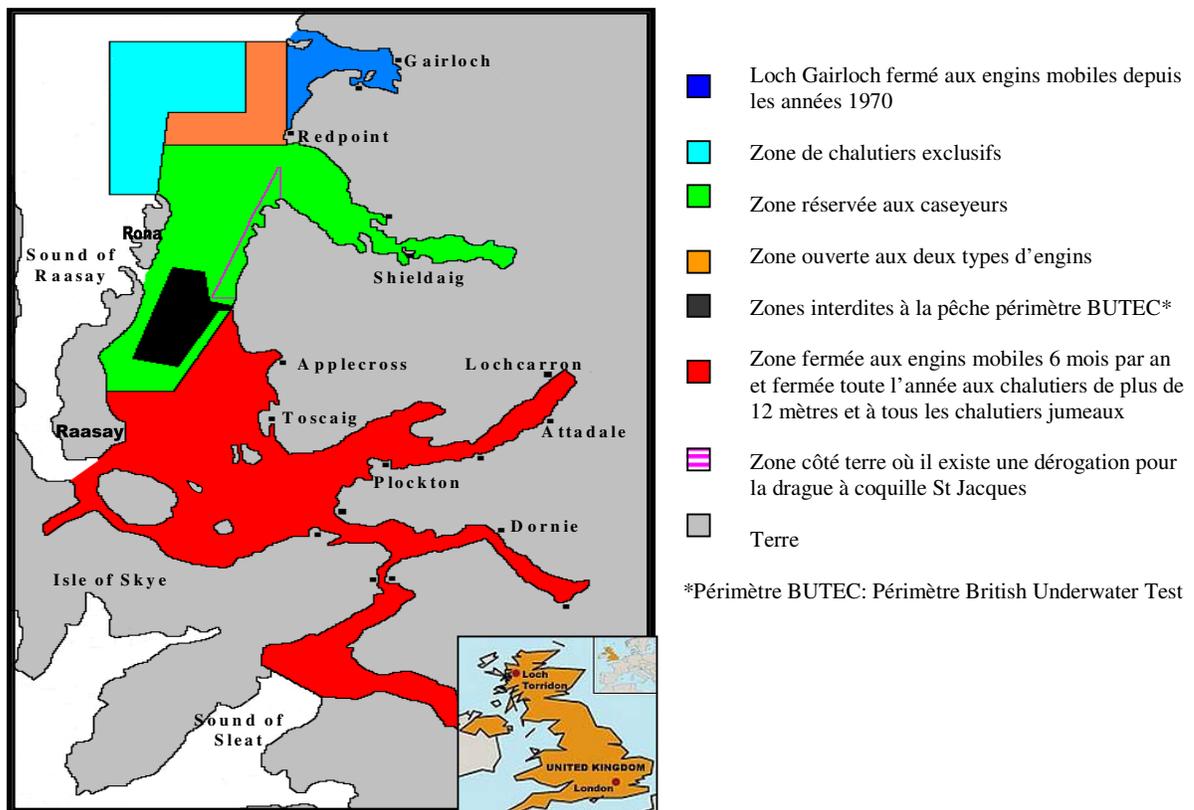


Figure 5. 8 : Zones de pêche des caseyeurs à langoustine de Loch Torridon. Sources : Carte de localisation, WWF et carte des différentes zones, Shieldaig export.

⁷⁵ 90% des débarquements de langoustines écossaises en poids proviennent des chalutiers hauturiers opérant dans la zone centrale de la mer du Nord et par des chalutiers côtiers.

A partir de 2001, trois zones de pêche, créées par le Torridon *Nephrops* Management Group (TNMG), segmentent la zone de Loch Torridon (Figure 5. 8):

- (i) une zone réservée aux chalutiers exclusivement
- (ii) une zone mixte ouverte aux chalutiers et aux caseyeurs
- (iii) une zone fermée à tous les engins mobiles de pêche. La zone fermée au chalutage et réservée aux casiers représente environ 100km² dans les eaux du Loch Torridon. Dans la zone fermée au chalutage, les caseyeurs capturaient environ 90% des langoustines capturées. Cette mesure a donc peu atteint les chalutiers qui ont reporté leur effort sur d'autres zones.

Les grandes étapes de la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon sont présentées dans le Tableau 5. 7.

1984	Loi sur la pêche côtière en Ecosse ⁷⁶ : fin de l'interdiction de pêche des engins mobiles dans la limite des 3 milles → chalutiers et caseyeurs en compétition directe pour la ressource et pour les zones de pêche
Début des années 1990	Début de la mobilisation des pêcheurs au casier de Loch Torridon pour la fermeture d'une zone aux engins mobiles
1er novembre 2000	Fermeture d'une zone à tous les engins mobiles dans le Loch Torridon ⁷⁷
2001	Gestion de la zone confiée à la communauté de Loch Torridon (TNMG) par le Parlement Ecossais Mise au point d'un code de conduite à l'intérieur de la 'zone fermée' aux engins mobiles
Janvier 2003 ⁷⁸	Eco-certification par le « Marine Stewardship Council » (MSC) ⁷⁹

Tableau 5. 7 : Contexte institutionnel et historique de la gestion de la pêcherie au casier de Loch Torridon.

3.2. Comparaison des systèmes de gestion entre la pêcherie au casier à langoustine de Loch Torridon et la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne

La gestion de la pêcherie de Loch Torridon définie dans le code de conduite établi par le TMNG, repose essentiellement sur des mesures de conservation. Les tableaux 8 et 9 récapitulent les mesures

⁷⁶ Inshore Fishing Scotland Act, 1984

⁷⁷ Le Scottish Statutory Instrument N° 174 crée la zone réservée aux casiers.

⁷⁸ Le processus d'évaluation mené par l'organisme certificateur Moody Marine Limited Centre for Marine and Coastal Studies avait débuté en janvier 2002.

⁷⁹ Le MSC a été créé en 1997 par Unilever et WWF et est devenu indépendant en 1999. Son rôle est d'identifier via un programme de certification les pêcheries bien gérées et d'informer les consommateurs sur les produits portant le label MSC. 857 produits étaient certifiés par le MSC fin 2007 et une cinquantaine de pêcheries dont la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon. Les critères de certification sont l'état d'exploitation du stock, l'impact de la pêche sur l'écosystème et le système de gestion de la pêcherie.

de gestion de la pêcherie de Loch Torridon et comparent le système de gestion de la pêcherie de Loch Torridon à celui de la pêcherie chalutière du golfe de Gascogne en s'appuyant sur la typologie des mesures de gestion des pêcheries de Boncoeur *et al.* (2003).

Mesures techniques	Pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon	Pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne
Sélectivité, restriction de maillage		Maillage de 70 mm dans le cul de chalut, maillage de 100 mm dans le box merlu
Dispositif sélectif	Sur une base volontaire : Fenêtre d'échappement dont l'espacement est de 22mm	Obligatoire pour le PPS : Panneau à mailles carrées pour favoriser l'échappement du merlu Sur une base volontaire : Grille à langoustine d'espacement entre barreaux 13 mm ou 15 mm
Restriction de pêche de certaines espèces	Rejet des femelles grainées	
Pourcentages autorisés de l'espèce cible et des captures accessoires		
Restrictions sur les rejets		
Taille minimale de débarquement	Obligatoire : 25 mm Appliquée : 28 mm Mais la fenêtre d'échappement permet captures > 40mm	Obligatoire (CE) : 20 mm Appliquée par les OP : 28mm
TAC et quotas	Quotas (100 à 150 tonnes ⁸⁰) sur le quota global de langoustine de la zone de gestion C dans la sous-zone CIEM VIa ⁸¹	Quota=94%TAC zone CIEM VIIIab
Limitation du nombre de navires	Pas de <i>numerus clausus</i>	<i>Numerus clausus</i> : 250 navires
Limitation du nombre de jours de mer, du temps de pêche	200 jours de pêche par an autorisés	
Limitation du nombre d'engins de pêche Limitation du nombre d'engins virés par jour	2 jeux de 800 casiers par navire de deux hommes 1 jeu relevé par jour	
Restriction sur les gréements	Espacement obligatoire entre les casiers : 16 mètres	
Période de pêche	Toute l'année	Toute l'année
Restriction de pêche dans certaines zones ou à certaines périodes de l'année et Restriction de l'utilisation de certains engins	Zone de pêche interdite au chalutage toute l'année, et autre zone de pêche interdite au chalutage 6 mois par an, interdiction de la drague toute l'année	Chalutage interdit dans la zone des 3 milles

Tableau 5. 8: Comparaison des mesures techniques (lato sensu) mise en œuvre dans la pêcherie au casier de Loch Torridon et dans la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne.

⁸⁰ Le TAC langoustine pour la zone CIEM VIa zone de gestion C (11300 tonnes en 2002), décidé au niveau européen, est distribué entre les différents Etats membres. Le quota anglais est ensuite alloué par le Department of the Environment Food and Rural Affairs (DEFRA) entre les Organisations professionnels, les autres organisations et les navires de moins de 10m. En Ecosse, le Scottish Executive Environment and Rural Affairs (SEERAD) est en charge de la réallocation des quotas. La pêcherie de Loch Torridon dispose ainsi d'un quota de 100 à 150 tonnes par an qui peut fluctuer en fonction des mesures sur les limites de captures, des variations de licences et de l'arrivée ou du départ de navires de la zone. Il existe des mécanismes de fermetures de la pêcherie lorsque les débarquements approchent le quota.

⁸¹ Nous rappelons, pour mémoire que le quota français de langoustine en 2004 était de 2961 tonnes pour la zone CIEM VIIIab.

		Pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon		Pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne	
		Variable de Contrôle		Variable de Contrôle	
Méthode de contrôle		A. Effort de pêche	B. Captures	A. Effort de pêche	B. Captures
1. Administrative (command and control)		Licence pas de numerus clausus 200 j par an 800 casiers / jour	Quotas individuels non transférables (non explicitement du mojns) Quotas individuels non utilisés retournent à la coopérative qui peut les redistribuer	Licences non transférables : Permis de Pêche Spécial <i>Numerus clausus</i> 250 navires	Quotas distribués aux Organisations de producteurs depuis 1998 qui les redistribuent Quotas individuels Non explicites Non transférables
2. Economique (incitations)	2.1. Taxés	Ecolabel Plan de sorties de flotte	Ecolabel	Plan de sorties de flotte	
	2.2. Méthodes basées sur les droits	Licences transférables	Pas de quotas individuel transférable	Licence attachée au navire ou permis transférable	Pas de quotas individuel transférable

Tableau 5. 9 : Comparaison des mesures de régulation de l'accès mise en œuvre dans la pêche au casier de Loch Torridon et dans la pêche langoustinière du golfe de Gascogne. Mesures classées suivant la variable de contrôle (effort ou captures) et la méthode de contrôle (méthode économique ou méthode administrative).

Les mesures dictées par la PCP déterminent la gestion globale de la pêche⁸². La pêche de Loch Torridon dispose par ailleurs d'un quota de 100 à 150 tonnes. Elle est également soumise à un régime de quotas individuels attribués sur une base de droits historiques qui ont donné aux caseyeurs des quotas individuels non contraignants par rapport aux productions réalisables. La pêche au casier s'est entourée de mesures notamment sur le nombre de casiers mouillés et relevés chaque jour et le nombre de jours de pêche. Les navires de Loch Torridon sont soumis à une limitation du nombre de jours de mer à 200 jours de mer par an fixée dans le cadre du code de conduite et repris dans la charte de l'écolabel. Le système de licence espèce et de quotas individuels associé à une limitation de l'effort en nombre de casiers permet de contenir la pression de pêche. Cependant aucun *numerus clausus* n'est pour l'instant appliqué dans cette pêche ce qui peut représenter un danger majeur.

Le code de conduite est appliqué sur une base volontaire. L'écolabel joue cependant le rôle d'incitation à appliquer les mesures énoncées par le code. La charte de l'écolabel porte en effet à la

⁸² Les mesures de conservation (Règlement (CE) No. 850/98 sur les mesures techniques), les mesures de contrôle (Règlement (CEE) No. 2847/93 sur les livres de bord et déclaration de captures et d'effort) et les mesures de TAC et quotas sont ainsi également en vigueur dans la pêche du Loch Torridon.

fois sur la technique de pêche, le nombre d'engins, le respect des quotas et le respect des mesures dictées par le code de conduite⁸³. D'autre part, la coopérative Shieldaig Export Limited⁸⁴, créée en 1996 par les pêcheurs de Loch Torridon, intervient également dans la gestion de la pêcherie. L'entreprise se réserve le droit de donner des avertissements aux navires qui ne respectent pas le code de conduite. Elle peut refuser leurs débarquements s'ils ne sont pas conformes aux engagements du code. Elle joue donc le rôle de contrôle et de taxation et crée ainsi des incitations fortes au respect des règles. Enfin la désapprobation collective dans cette petite communauté peut jouer en faveur de la bonne gestion de la pêcherie.

3.3. Comparaison des structures d'exploitation et des activités entre les deux pêcheries

Dans les années 1990, la flottille de Loch Torridon comptait seulement 3 caseyeurs. Depuis 2003, environ 13 navires d'une taille moyenne de 9.5 m et d'une puissance moyenne de 170 kW avec un effectif moyen de deux hommes ciblent la langoustine dans la zone fermée au chalutage de Loch Torridon (Macher et Talidec, 2008). Dans le golfe de Gascogne, les chalutiers langoustiniers ont une taille moyenne de 15 mètres, un effectif moyen de trois hommes et une puissance moyenne de 235 kW (voir chapitre 1).

Au sein de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne, les navires de la sous-flottille de Sud-Bretagne, qui ciblent la langoustine la majeure partie de l'année, sont comparables aux navires de la flottille des caseyeurs de Loch Torridon du point de vue de l'activité et de la durée des marées : ces navires réalisent environ 200 jours de mer par an et la durée de leurs marées varie de 10 à 14 heures environ. Le temps de route pour se rendre sur les zones de pêche ou pour se déplacer d'une filière de casier à l'autre est en revanche plus court dans le cas des caseyeurs de Loch Torridon qui ont environ 2h de route aller-retour alors que le temps de route aller-retour est de 3 à 4h pour les chalutiers langoustiniers de Sud-Bretagne. La puissance relativement importante des caseyeurs de Loch Torridon⁸⁵ leur permet de se rendre rapidement sur les zones de pêche où se trouvent les filières.

Contrairement aux chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne qui pratiquent généralement 2 à 3 métiers par an en moyenne (chapitre 1), l'essentiel de l'activité des navires de la flottille des caseyeurs de Loch Torridon est le casier à langoustine, pratiqué toute l'année, cinq jours sur sept dans la limite

⁸³ Les mesures techniques relèvent essentiellement d'une gestion administrative mais peuvent être accompagnées d'incitations économiques à l'adoption d'engins sélectifs par exemple par écolabelling des produits capturés par un engin plus sélectifs ou taxation des captures de l'engin non sélectif.

⁸⁴ Structure chargée de l'exportation des langoustines vivantes, elle fonctionne comme une coopérative, chaque pêcheur prenant des parts égales. L'entreprise s'occupe de la recherche de marchés, du contrôle du vivier et du transport des langoustines vers les marchés européens. Une certaine stabilité des prix et des marchés sécurisés est ainsi assurée.

⁸⁵ comparée aux caseyeurs de Manche-Mer du Nord français de longueur équivalente (9.4 mètres en moyenne et puissance de 104 kW en moyenne). Source : IFREMER/SIH.

des 200 jours de mer autorisés. Quelques navires pratiquent également le casier à crabe comme activité complémentaire mais de façon très occasionnelle. La principale et généralement unique source de revenu des caseyeurs de Loch Torridon est donc la langoustine. Les deux flottilles présentent en revanche une saisonnalité quasi-synchrone de l'activité et la production de langoustine. Les captures de langoustine par les caseyeurs de Loch Torridon et les chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne ont ainsi lieu essentiellement au printemps et en été, de février à août à Loch Torridon et d'avril à août dans le golfe de Gascogne (chapitre 1). Entre les mois de février et août, 10 à 14 tonnes de langoustines sont débarquées par mois par la flottille des caseyeurs de Loch Torridon (2002-2004). De septembre à janvier, la flottille ne débarque plus que 6 à 7 tonnes par mois (2002-2004).

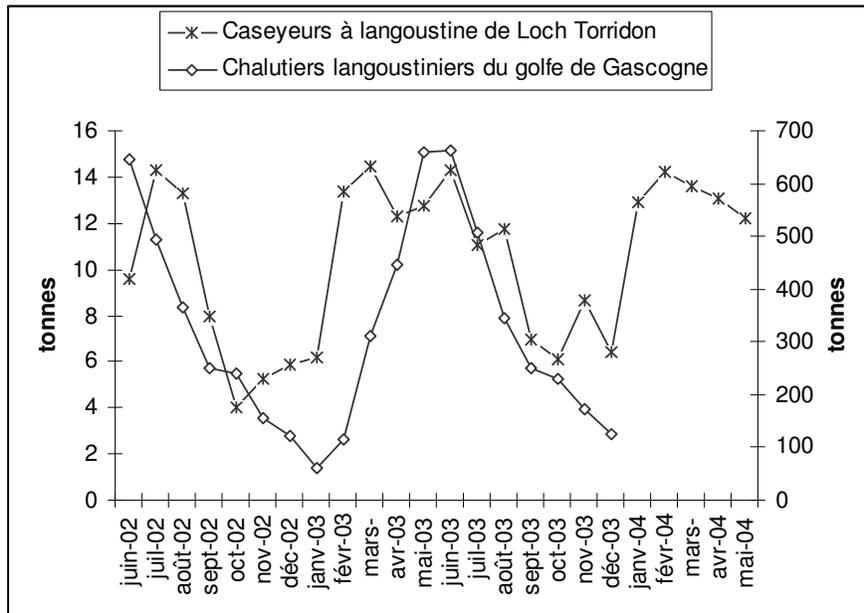


Figure 5.9 : Débarquements totaux de langoustines des navires de la flottille des caseyeurs à langoustines de Loch Torridon et des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne en tonnes par mois. Sources : Shildaig Export et IFREMER/SIH.

L'activité des langoustiniers (caseyeurs ou chalutiers) est concentrée sur la langoustine lors de ces mois de printemps été. Dans le golfe de Gascogne on observe ainsi un pic d'activité sur le métier chalutage de fond à langoustine à cette époque de l'année. C'est à cette saison en effet que la langoustine est plus disponible et que les chalutiers du sud de la pêcherie notamment, moins spécialisés sur la langoustine, ciblent cette espèce. A Loch Torridon, les données disponibles indiquent de fortes variations saisonnières du nombre de casiers virés par navire par jour, avec une moyenne de 709 casiers virés par jour en 2003.

Chaque navire de la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon débarque environ 9,5 tonnes de langoustines par an (jusqu'à 14 tonnes pour les navires les plus performants) pour une valeur de

124 keuros et l'ensemble de la flottille des caseyeurs opérant dans cette zone débarque entre 100 à 150 tonnes de langoustines par an en fonction du quota fixé qui fluctue d'année en année entre ces deux valeurs. Les chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne débarquent quant à eux en moyenne 15.4 tonnes de langoustines par navire par an avec néanmoins une forte variabilité en fonction de la classe de longueur des navires ou du nombre d'hommes à bord. Les chalutiers langoustiniers ayant deux hommes à bord débarquent ainsi en moyenne 11,5 tonnes de langoustines par an pour un chiffre d'affaires de langoustine de 89 keuros et un chiffre d'affaires toutes espèces de 148 keuros.

3.4.CPUE et productions jointes

Les caseyeurs de Loch Torridon utilisent des casiers contenant des appâts⁸⁶ et déployés sur des filières de plus de 100 casiers, les casiers devant être espacés de 16 mètres. Les casiers reposent sur le fond à environ 200 mètres de profondeur et sont immergés pendant un à deux jours. Les données de captures de langoustines par navire et de nombre de casiers virés par an permettent de calculer que les CPUE des caseyeurs de Loch Torridon sont en moyenne de 98g par casier viré par jour de mer (par levée) avec néanmoins une variabilité saisonnière marquée. Les CPUE par casier peuvent ainsi varier du simple au double (Figure 5. 10).

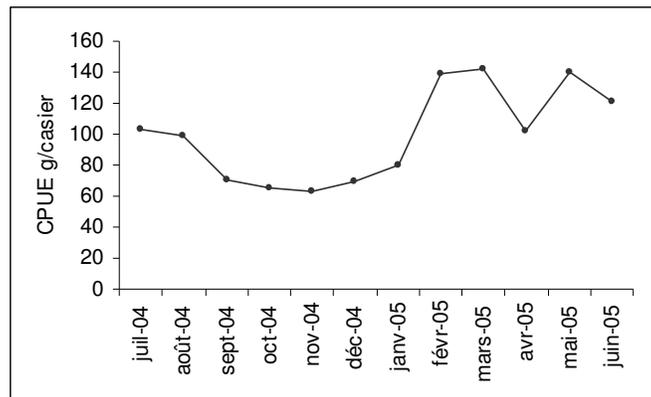


Figure 5. 10 : Captures par unité d'effort de langoustines en g/casier levé par mois dans la pêcherie de Loch Torridon. Sources : d'après données Shildaig export.

Etant donné la durée des marées et le temps de route, le temps de pêche par marée des caseyeurs de Loch Torridon est d'environ 10h. Les navires totalisent donc environ 2000h de pêche par an pour 9,5 à 14 tonnes débarquées par navire. Les CPUE en heure de pêche varient entre 4,75kg/heure de pêche et 6,94kg/heure de pêche pour les navires les plus performants de la pêcherie. Du point de vue de la capturabilité des casiers, seul un jeu de casier peut être viré par jour mais deux jeux de casiers peuvent être en pêche. Les casiers sont refileés immédiatement après virage et restent donc en pêche toute

⁸⁶ Les appâts sont du hareng congelé (fournis par les chalutiers pélagiques de façon irrégulière) puis trempés dans une saumure pour ne pas attirer d'autres prédateurs que les langoustines comme c'est le cas lorsque le poisson est frais.

l'année. Deux jeux de 400 casiers à langoustines sont autorisés par homme-navire⁸⁷ soit 1600 casiers pour un navire ayant deux hommes à bord. L'effort appliqué au stock par navire ayant deux hommes à bord correspond donc à $1600 \text{ casiers} * 365 \text{ j} * 24 \text{ h} = 14 \text{ millions casiers.h}$. Etant donné 9,5 à 14 tonnes de langoustines débarquées par navire, la CPUE est de 0.7-1g par heure de pêche casier.

Dans le cas de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne, les débarquements par unité d'effort utilisés par le groupe de travail d'évaluation du stock de langoustine (ICES, 2004) pour paramétrer XSA (EXtended Survivors Analysis, Shepherd, 1992.) sont estimées pour les navires du quartier du Guilvinec au deuxième trimestre. Elles indiquent pour 2003, que les débarquements de langoustines par unité d'effort sont de 13kg/h en 2003. Les CPUE peuvent cependant varier entre 4.5kg/h et 13kg/h selon la saison et selon la sous-flottille langoustinière. Les chalutiers de Sud-Bretagne de 12 mètres ayant deux hommes à bord ont une CPUE annuelle moyenne de 4.49kg/h (11 tonnes de langoustines capturées par an pour environ 2450 heures moteur par an) ce qui est comparable au tonnage (par navire) réalisé par les navires de Loch Torridon.

Si les captures par unité d'effort et tonnages totaux de langoustines débarqués sont du même ordre de grandeur entre le métier de casier à langoustine de Loch Torridon et le métier de chalut de fond à langoustines du golfe de Gascogne (pour des classes de longueur de navire ou de nombre d'hommes à bord comparables), les productions jointes diffèrent en revanche en fonction de la technique de production.

De la structure en taille des stocks de langoustines ciblés, des propriétés sélectives des engins et du changement de comportement des langoustines en présence de casiers résultent des structures de captures différentes entre les deux engins de pêche, casier et chalut. Les chalutiers capturent les plus jeunes individus dont une proportion importante est sous la taille minimale de débarquement et les caseyeurs capturent des individus de plus grande taille et de valeur unitaire plus élevée destinés à l'exportation de produits vivants. Parmi les quatre catégories de tailles classées en catégorie S, M, L, XL débarquées à Loch Torridon, les navires de la flottille débarquent essentiellement des langoustines de taille M et L c'est-à-dire d'âge 7 à 9+ qui représentent environ 70% des débarquements. Comparés aux débarquements de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne, les débarquements de la flottille au casier sont constitués essentiellement d'individus de grande taille. Plus de 90% des débarquements de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne sont constitués de langoustines d'âge inférieur ou égal à 5 alors que plus de 80% des débarquements de langoustines par

⁸⁷ Les mesures de limitation de l'effort en nombre de casiers et nombre de jours de mer, sont adaptables en fonction du quota de l'année qui varie entre 100 et 150 tonnes par an en fonction de l'Etat du stock.

les caseyeurs de Loch Torridon sont constitués de langoustines d'âge supérieur à 6. La mortalité par pêche du casier sur les âges inférieurs à 5 ans est nulle⁸⁸ (Figure 5. 11).

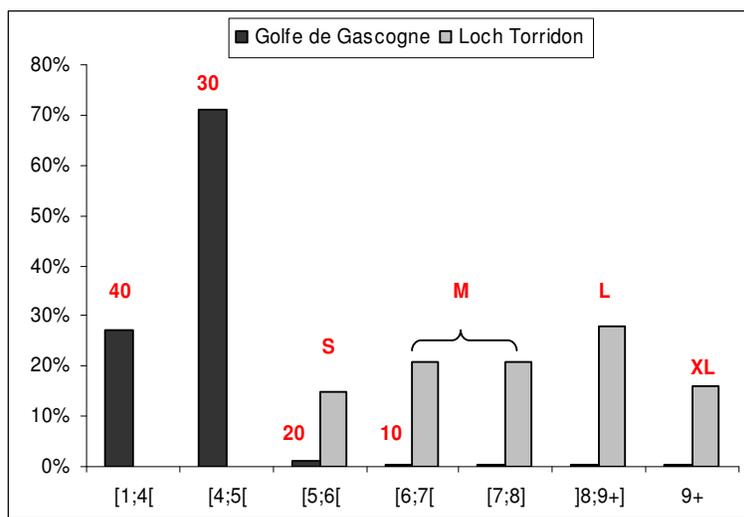


Figure 5. 11 : Correspondance en âge des catégories de langoustines débarquées par la flottille des caseyeurs langoustiniers de Loch Torridon et par la flottille des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne et distribution en poids des débarquements par catégorie. Sources : d'après données Shildaig Export, IFREMER/SIH et ICES, 2004.

Des campagnes à la mer ont montré des taux de rejet et prises accessoires limités dans le cas de la pêcherie au casier de Loch Torridon. Les campagnes d'échantillonnage menées par le Fisheries Research Services d'Aberdeen ont ainsi montré que sur 115 casiers relevés, 60% ne contenaient aucune espèce accessoire. Aucun casier ne contenait plus de deux espèces accessoires et au maximum 16 individus étaient présents. Ainsi sur une capture totale de 16,22 kg de langoustine, 5,8 kg ont été rejetés. La taille moyenne des rejets de langoustine mâles était de 35,9 mm de longueur céphalothoracique (LC) et la taille moyenne des rejets de langoustines femelles de 34,9 mm LC. 13 femelles grainées ont également été rejetées selon la réglementation imposée par le code de conduite du Loch Torridon. Une fenêtre d'échappement d'une largeur de 22 mm récemment mises au point par l'association de pêcheurs Highlands & Islands Fishermen's Association améliore encore davantage la sélectivité des casiers. Le système permet l'échappement de langoustines de 40 mm de longueur de carapace.

Contrairement à la technique de pêche au chalut dans le golfe de Gascogne qui engendre de forts rejets entre autres de langoustines capturées sous la taille minimale de débarquement (fixée à 90 mm de longueur totale ou 28 mm de longueur céphalothoracique par les OP), il n'existe donc pas ou peu de rejets de langoustines sous la taille minimale de débarquement que se sont imposés les pêcheurs de

⁸⁸ Il existe en réalité de faibles captures au-dessous de l'âge 5 mais celles-ci sont rejetées vivantes.

Loch Torridon (28 mm de longueur céphalothoracique)⁸⁹. En outre, des travaux (relativement anciens) menés sur la survie des rejets montrent que le taux de survie des rejets des chalutiers est d'environ 30% (Guéguen et Charuau, 1975). Le taux de survie des langoustines échappées du chalut est cependant bien supérieur (81%, Ulmestrand *et al.*, 1998). La survie des rejets de langoustines capturées par des casiers peut être supposée proche de celle des langoustines qui s'échappent du chalut. Les études sur les dommages causés sur les langoustines par l'exposition à la lumière ont montré par ailleurs que ceux-ci n'affectaient pas leur survie (Chapman *et al.*, 2000) ni leur comportement (Richardson, 1996). On peut donc supposer que la plupart des langoustines capturées par des casiers et rejetées survivent.

Le casier, comme l'ensemble des engins dormants peut, selon l'utilisation qui en est faite (conditions d'utilisation et mesures de gestion), avoir un impact limité sur l'écosystème. Dans le cas de la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne en revanche, une évaluation de l'effort déployé par les navires langoustiniers du golfe de Gascogne a mis en évidence que la grande Vasière était chalutée sur toute sa surface de 3 à 6 fois par an (Bourillet *et al.*, 2005). Les conséquences du chalutage en termes d'impact sur les habitats sont donc importantes. Bourillet *et al.* (2005) estiment ainsi que les effets du chalutage en termes de remise en suspension des vases fines sont comparables à ceux des tempêtes. Les casiers peuvent néanmoins dans certaines conditions, engendrer une mortalité supplémentaire non intentionnelle liée à la pêche fantôme des casiers perdus (Ghost fishing, Al-Masroori *et al.*, 2004, Brown et Macfadyen, 2007) et à l'enchevêtrement dans les mailles du casier. L'étude menée par le FRS d'Aberdeen a montré cependant que les casiers à langoustines laissés plusieurs jours contenaient peu de captures ou n'en contenaient pas du tout.

3.5. Comparaison des prix et du marché des langoustines pêchées au chalut et au casier

Alors que le marché de la langoustine vivante française est un marché essentiellement local (voir chapitre 3), la quasi-totalité des langoustines écossaises de Loch Torridon sont exportées. La coopérative Shialdaig Export rachète les langoustines aux caseyeurs et les exporte vivantes essentiellement vers l'Espagne ainsi que dans des restaurants français et londoniens où sont acheminées également une partie des langoustines françaises de catégorie royale pêchées au chalut⁹⁰. Le fonctionnement en coopérative de Shialdaig export garantit le même prix à tous les navires. La commercialisation vivante est rendue possible par une logistique appropriée⁹¹. Un système de stockage en viviers géré par la coopérative Shialdaig Export permet d'adapter l'offre à la demande et ainsi de

⁸⁹ La taille minimale de débarquement des langoustines imposée pour les stocks écossais de la côte ouest est de 20 mm de longueur céphalo-thoracique (soit 70 mm de longueur totale).

⁹⁰ Une partie des langoustines était exportée vers l'Italie mais le marché trop fluctuant a été abandonné.

⁹¹ Le système de vivier et un conditionnement individuel permettent de conserver la qualité des langoustines qui sont ensuite exportées par avion.

stabiliser les prix. Les grosses langoustines sont ainsi généralement exportées le jeudi et le vendredi pour être mises sur le marché avant le week-end. La comparaison des prix par classe d'âge entre les langoustines du golfe de Gascogne pêchées au chalut et les langoustines pêchées au casier de Loch Torridon montre que pour des langoustines de classe de tailles à peu près équivalentes, la différence de prix est faible (Figure 5. 12).

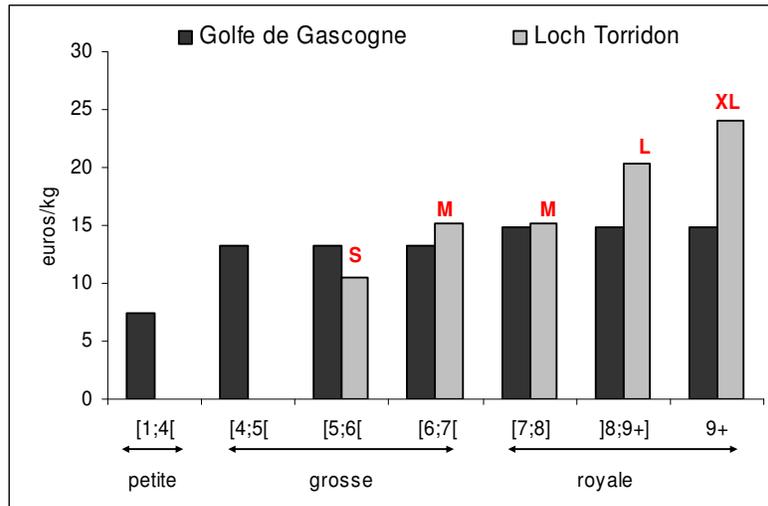


Figure 5. 12 : Comparaison des prix moyens en 2003/2004 en euros/ kg des langoustines vivantes du golfe de Gascogne et de Loch Torridon. Source : Shildaig Export et IFREMER/SIH.

Les langoustines d'âge [5;6[pêchées au chalut obtiennent même de meilleurs prix que celles pêchées au casier. Les langoustines de très grande taille pêchées au casier obtiennent en revanche des prix élevés sur les marchés de luxe et de façon croissante sur les marchés domestiques. Nous ne disposons cependant pas des données de prix de vente à l'export par catégorie pour la langoustine vivante française avec lesquels nous devrions faire la comparaison en toute rigueur et d'autre part, la correspondance entre les catégories de Loch Torridon et celles débarquées dans le golfe de Gascogne n'est pas évidente à établir.

Compte tenu de la structure des débarquements, il existe en revanche une différence de prix moyen d'environ 4 euros/kg entre les langoustines pêchées au chalut et celles pêchées au casier (Tableau 5. 10). Le prix moyen des langoustines de Loch Torridon est de 13 euros/kg ce qui correspond à peu près au prix obtenu pour la catégorie royale vendue en France.

	Loch Torridon en 2003/2004	golfe de Gascogne en 2003
Prix moyen de la langoustine	13 euros/ kg	9,10 euros/kg
Chiffre d'affaires langoustine de la pêcherie	1.7 millions d'euros	30 millions d'euros
Chiffre d'affaires moyen par navire	122 keuros	128 keuros
Structure du chiffre d'affaires	catégorie S : 9% catégorie M et L : 66% catégorie XL : 25%	catégorie 40 : 65%

Tableau 5. 10 : Comparaison des prix moyens au kg des langoustines pêchées au casier et des langoustines pêchées au chalut, des chiffres d'affaires moyens par navire et de la structure du chiffre d'affaires des deux pêcheries. Sources : d'après données Shieldaig export et IFREMER/SIH.

La majorité des débarquements de langoustines de Loch Torridon sont en effet constitués de catégories M et L (catégories de taille intermédiaires) et non de catégories les plus petites comme dans le cas de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne. L'effet structure en taille des débarquements explique la différence de prix moyen observé⁹², et la structure du chiffre d'affaires.

3.6. Analyse des performances économiques des deux flottilles

Nous comparons dans cette section les performances économiques des deux métiers : le métier de caseyeur à langoustine et le chalutage de fond à langoustine. La structure des débarquements et du chiffre d'affaires et les coûts variables sont comparés pour les deux métiers.

Les performances économiques des navires de Loch Torridon sont comparées aux performances économiques de chalutiers langoustiniers de Sud-Bretagne de caractéristiques techniques et d'effort de pêche nominal comparable (classe de longueur, nombre d'hommes à bord, nombre de jours de pêche et durée des marées comparables) (Tableau 5. 11).

⁹² La Figure 5. 12 laisse à penser qu'il n'existe pas d'effet de l'écolabel MSC dans la formation des prix de la langoustine pêchée par les caseyeurs de Loch Torridon. Il n'existe cependant pas de données sur les préférences des consommateurs qui permettraient de mettre en évidence le rôle de l'écolabel MSC dans la formation des prix de la langoustine vivante pêchée au casier.

	Caseyeurs à langoustines	Chalutiers langoustiniers
	Loch Torridon	Sud-Bretagne
Nb hommes à bord	2	2
Longueur moyenne en m	10	12.14
Nb jours de mer	200	199
Durée marée en h	12	13
Temps de pêche par jour	10	10
Puissance moyenne en kW	200	165
Age moyen des navires en années	2	19

Tableau 5. 11 : Caractéristiques techniques et effort de pêche des deux flottilles comparées.

L'échantillon économique est constitué de :

- 2 navires pour lesquels les données comptables ont été récoltées (Macher et Talidec, 2008) sur les 13 navires constituant la flottille de Loch Torridon ;

- 13 navires sur les 46 navires de la sous-flottille langoustinière de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord (données récoltées au cours des enquêtes économiques de l'IFREMER/SIH).

Compte tenu du peu de données disponibles, cette analyse comparée doit être interprétée qualitativement plutôt que quantitativement.

	Caseyeurs à langoustines	Chalutiers langoustiniers
	Loch Torridon	Sud-Bretagne
Taille de l'échantillon	2	13
Prix moyen langoustine en euros/kg	13	9
Tonnage moyen langoustine en t/navire	9.7	11.5
Tonnage langoustine min-max tonnes par navire par an	9.5-14	
CPUE* (en kg par heure de pêche)	4.75-6.94	5.8-13
Chiffre d'affaires/nav en euros	124000	148000
Chiffre d'affaires langoustine/nav en euros	124000	89000
Chiffre d'affaires/heure en euros/h	52	57
Chiffre d'affaires langoustine/heure en euros/h	52	34
Salaire net par marin en euros/an	30515	26000

Tableau 5. 12 : CPUE et indicateurs économiques des deux flottilles comparées. Source : Données récoltées à Loch Torridon (Macher et Talidec, 2008) et IFREMER/SIH⁹³.

⁹³ Remarques : il s'agit de débarquements par unité d'effort et non pas de Captures par Unité d'Effort *sensu stricto*. Dans le cas des caseyeurs de Loch Torridon, l'intervalle de CPUE correspond aux CPUE moyennes et maximales observées. Dans le cas des chalutiers langoustiniers, la borne inférieure de CPUE correspond aux CPUE moyennes de la flottille, il s'agit d'une borne inférieure dans la mesure où les navires de la flottille langoustinière ne ciblent pas la langoustine toute l'année ni pendant toute la durée de la marée. La borne supérieure est établie pour les navires du Guilvinec au deuxième trimestre où la langoustine est très largement ciblée.

Le Tableau 5. 12 met en évidence que les captures par unité d'effort de Loch Torridon sont du même ordre de grandeur que celles des chalutiers et que le tonnage annuel de langoustine est comparable. Dans le cas des caseyeurs, le tonnage moyen, un peu plus faible que celui des chalutiers, est compensé par un prix au kilogramme plus élevé (du fait de la structure des débarquements). Le chiffre d'affaires total est supérieur dans le cas des chalutiers langoustiniers car ces derniers tirent près de 40% de leur chiffre d'affaires des productions jointes. Les caseyeurs ont cependant un chiffre d'affaires langoustine plus important. De même, le chiffre d'affaires langoustine par heure de mer des caseyeurs est plus important que le chiffre d'affaires langoustine par heure des chalutiers.

On compare ensuite, à partir de données moyennes de structure en coût variable sur la période 2001-2003, les coûts par métier nécessaires pour générer 100 euros de langoustine dans le cas des caseyeurs de Loch Torridon et dans le cas des chalutiers langoustiniers de caractéristiques comparables (Tableau 5. 13). Les coûts nécessaires pour générer 100 euros de chiffre d'affaires toutes espèces confondues dans le cas des chalutiers langoustiniers figurent également. Le reste à partager moyen par heure de mer par métier est calculé pour la période 2001-2003.

	Pour 100 euros de chiffre d'affaires langoustines		Pour 100 euros de chiffre d'affaires toutes espèces confondues
	Caseyeurs	Chalutiers langoustiniers	Chalutiers langoustiniers
	Loch Torridon	Sud-Bretagne	Sud-Bretagne
Chiffre d'affaires total en euros	100	167	100
Chiffre d'affaires langoustine en euros	100	100	60
Frais Débarquement en euros	0	6.3	3.8
Frais glace en euros	0	0.1	0.1
Frais appât en euros	1.3	0	0
Frais carburant et huile en euros	4.63	18.9	11.3
Frais vivre en euros	0.5	0.8	0.5
Frais engins gréement en euros	1.3	8.1	4.9
Frais totaux en euros	8	34	21
Reste à partager en euros	92	133	79
Reste à partager en euros/ heure de mer	48	45	45

Tableau 5. 13 : Comparaison des frais par métier nécessaires pour générer 100 euros de chiffre d'affaires langoustine ou 100 euros de chiffre d'affaires toutes espèces confondues et comparaison des restes à partager par heure de mer par métier. Moyenne 2001-2003. Sources : à partir des données comptables récoltées à Loch Torridon et des données économiques de l'IFREMER/SIH.

L'absence de frais de débarquements dans le cas des caseyeurs de Loch Torridon est spécifique au fonctionnement de cette pêcherie. On pourrait donc prendre en compte les frais de débarquements obtenus par des caseyeurs français (3 euros pour 100 euros de chiffre d'affaires flottille des caseyeurs

de moins de 12 mètres de Manche Mer du Nord synthèse des flottilles 2003 8.2 m de longueur moyenne 2,2 hommes à bord, puissance 85kW⁹⁴). Il faut 8 euros de coûts variables pour générer 100 euros de langoustines dans le cas du métier casier contre 34 euros de frais pour générer 100 euros de langoustines et 21 euros de frais pour générer 100 euros de chiffre d'affaires toutes espèces confondues dans le cas du métier de chalutage de fond à langoustine. Ces résultats indiquent que le métier de caseyeur peut être un métier rentable dégageant un reste à partager par unité d'effort qui peut approcher celui du métier de chalutage de fond. La différence de reste à partager par heure de mer entre les métiers (48 euros/heure de mer pour les caseyeurs et 45/heure de mer pour les chalutiers) provient essentiellement des frais de carburant et huile et des frais d'engins⁹⁵, de la différence de prix moyen des langoustines et des différences de captures par unité d'effort.

Ces résultats sont ensuite recalculés en utilisant les frais de carburant 2007. En 2007, le prix moyen du gazole a été de 0.4897 euros/litre (Source : Ministère de l'Industrie). Les données d'achat et vente de gazole de la coopérative Shildaig Export aux caseyeurs de Loch Torridon et les données de coûts de carburant, prix du gazole et effort de pêche des langoustiniers du golfe de Gascogne permettent d'estimer la consommation de carburant des deux métiers et de montrer l'évolution de la part du poste carburant par rapport au chiffre d'affaires entre 2001-2003 et 2007 (Tableau 5. 14).

	Caseyeur Loch Torridon	Chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne 2 hommes à bord
Consommation de carburant	moyenne 2002-2004 5.625 litres/h	moyenne 2001-2003 26.77litres/h
Part carburant par rapport au chiffre d'affaires en 2001-2003	4.63%	11,34%
Part carburant par rapport au chiffre d'affaires en 2007	8.47%	21,74%
Reste à partager en euros/h en 2007	46 euros/h	39 euros/h

Tableau 5. 14 : Extrapolation du reste à partager par heure de mer par métier en 2007. Sources : d'après données Shildaig Export, IFREMER/SIH.

La comparaison du reste à partager par heure de mer par métier moyen 2001-2003 et du reste à partager par heure de mer par métier en 2007 permet de mettre en évidence que le casier devient une activité plus attractive avec l'augmentation des frais de carburant.

⁹⁴ Le faible coût de débarquement pour les caseyeurs s'explique par des ventes en direct nombreuses.

⁹⁵ Les frais d'engin-gréement sont ici inclus dans les frais communs pour le calcul du reste à partager comme cela a pu être observé pour certains armements du golfe de Gascogne.

3.7. Conclusions

Le système de gestion de la pêcherie au casier de Loch Torridon et son organisation institutionnelle ont favorisé le maintien et le développement du métier de casier à langoustine dans cette zone et ont contribué à la rentabilité de cette activité dans le Loch Torridon. La zone de Loch Torridon, interdite au chalutage à partir de 2001, a ainsi permis aux caseyeurs d'exercer leur activité sans conflit avec les chalutiers. Elle réserve l'accès aux seuls caseyeurs et évite ainsi l'encombrement, la compétition pour la ressource et les destructions d'engins observées lorsque casiers et chaluts cohabitent dans une même zone. La zone fermée au chalutage à Loch Torridon limite ainsi les altérations des casiers par l'activité chalutière. Dans le golfe de Gascogne, quelques caseyeurs ont pratiqué ou pratiquent occasionnellement le casier à langoustine (annexe 5.7). Ils déclarent néanmoins que l'activité est peu viable compte tenu des coûts d'engin qu'engendrent l'activité des chalutiers sur les mêmes zones. Le casier trouve difficilement sa place dans les zones chalutées dans la mesure où les chalutiers imposent des destructions et coûts d'engin importants. A Loch Torridon, La forte sélectivité des engins de pêche et la limitation de l'effort (en nombre de casiers) garantit la gestion durable du stock et limite les interactions avec d'autres pêcheries. Le nombre réduit de navires opérant dans une zone définie par des éléments naturels et de faible surface et le lieu unique de débarquement ont également favorisé l'auto-surveillance dans la pêcherie de Loch Torridon. Enfin l'écolabel et le fonctionnement de la coopérative Shieldaig Export ont servi d'incitations économiques à respecter les règles proposées par le plan de gestion de Loch Torridon mais n'ayant pas de valeur légale. Le système de vivier permet d'autre part de stabiliser les prix et de limiter ainsi les risques liés à la spécialisation sur une seule espèce.

L'analyse comparée de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne et de la pêcherie au casier de Loch Torridon montre que le casier, engin très sélectif ne produisant peu ou pas de productions jointes, peut permettre des performances économiques avantageuses par rapport au chalut dans certaines conditions institutionnelles et réglementaires.

4. Attractivité des métiers et incitations au changement de technique de pêche : du chalut au casier

Nous discutons dans cette section les conditions d'attractivité relative des deux métiers, pêche au casier à langoustine et chalutage de fond à langoustine, en nous appuyant sur l'analyse du reste à partager par métier dans le cas où l'on suppose que les navires de la flottille chalutière langoustinière de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord peuvent pratiquer le chalut de fond à langoustine ou le

casier à langoustine dans le golfe de Gascogne. L'analyse de l'attractivité relative des métiers est menée en fonction de différentes conditions d'exploitation et mesures de régulation. Les conditions de l'adoption du casier sont discutées en termes d'incitations au changement de pratique à partir des résultats économiques espérés.

Après avoir décrit le modèle de comparaison de l'attractivité des métiers, nous décrivons les paramètres utilisés dans le cas du scénario de référence (définis à partir des données récoltées à Loch Torridon) et les paramètres correspondant à différentes conditions d'exploitation et mesures de gestion. Nous comparons, pour un même navire moyen, l'attractivité du métier chalutage de fond à langoustine et du métier casier à langoustine dans le cas du scénario de référence et nous analysons ensuite le rôle de mesures de régulation dans l'incitation au changement d'engin de pêche.

4.1. Modèle de comparaison de l'attractivité des deux métiers

A partir des CPUE des deux métiers et de l'effort de pêche, les captures par métier par an sont calculées. On en déduit les débarquements aux âges par an puis le chiffre d'affaires langoustines. A partir du chiffre d'affaires total et des coûts partagés, le reste à partager (RAP) par métier est calculé dont la différence définit l'attractivité du métier.

On note :

$CPUE_{i, chalut}$, les captures par unité d'effort d'âge i en kg/h réalisées par le métier chalut de fond à langoustines

$CPUE_{i, casier}$, les captures par unité d'effort d'âge i en kg/casier viré réalisées par le métier casier à langoustine

Tp , le temps de pêche par an par navire tel que :

$$Tp = (Tm - Tr) \cdot j \quad (\text{Eq. 75})$$

avec

Tm : le temps de mer par jour ou la durée des marées par jour en h/jour

Tr : le temps de route par jour (aller-retour) en h/jour⁹⁶

j : le nombre de jours de mer par an

n , le nombre de casiers levés par an par navire tel que :

⁹⁶ On suppose ici que le temps de route total par marée et le temps de route pour se rendre sur les zones de pêche et en revenir sont identiques. On ne tiendra pas compte en effet du temps de route pour aller d'une filière de casier à l'autre que l'on suppose négligeable au regard du temps de route pour se rendre sur les zones de pêche.

$$n = nc.(Tm - Tr).j \quad (\text{Eq. 76})$$

avec

nc : le nombre de casiers levés par heure

Les captures d'âge i par an par navire en kg/an/navire du métier chalut $C_{i, \text{chalut}}$ et du métier casier à langoustine $C_{i, \text{casier}}$ sont donnés respectivement par :

$$C_{i, \text{chalut}} = CPUE_{i, \text{chalut}}.Tp \quad (\text{Eq. 77})$$

$$C_{i, \text{casier}} = CPUE_{i, \text{casier}}.n \quad (\text{Eq. 78})$$

On suppose que dans le cas du métier casier il n'y a pas de rejet et on note d_i , le pourcentage de rejet d'âge i du métier chalut.

Les débarquements d'âge i par an par navire en kg/an/navire du métier chalut $L_{i, \text{chalut}}$ et du métier casier à langoustine $L_{i, \text{casier}}$ sont donc donnés par :

$$L_{i, \text{chalut}} = C_{i, \text{chalut}}.(1 - d_i) \quad (\text{Eq. 79})$$

$$L_{i, \text{casier}} = C_{i, \text{casier}} \quad (\text{Eq. 80})$$

Etant donné $p_{i, \text{chalut}}$ et $p_{i, \text{casier}}$, les prix moyens par âge i des métiers chalut et casier à langoustine respectivement⁹⁷, le chiffre d'affaires langoustine (lan) par métier est donné par :

$$CA_{\text{lan, chalut}} = \sum_i p_{i, \text{chalut}}.L_{i, \text{chalut}} \quad (\text{Eq. 81})$$

$$CA_{\text{lan, casier}} = \sum_i p_{i, \text{casier}}.L_{i, \text{casier}} \quad (\text{Eq. 82})$$

Le chiffre d'affaires autres espèces du métier chalut représente 40% du chiffre d'affaires total pour la sous-flottille considérée.

Dans le cas du métier casier, on suppose qu'il n'y a pas de productions jointes. Le chiffre d'affaires total correspond au chiffre d'affaires langoustine.

Le reste à partager du métier chalut RAP_{chalut} est donné par :

$$RAP_{\text{chalut}} = CA_{\text{chalut}} - C_{c, \text{chalut}} - C_{e, \text{chalut}} - C_{a, \text{chalut}} \quad (\text{Eq. 83})$$

⁹⁷ On peut supposer que les prix aux âges par métier sont égaux ou qu'il peut exister une prime pour les langoustines pêchées au casier (de meilleure qualité).

De même, le reste à partager du métier casier RAP_{casier} est donné par:

$$RAP_{casier} = CA_{casier} - C_{c,casier} - C_{e,casier} - C_{a,casier} \quad (\text{Eq. 84})$$

avec

Cc_m : les coûts de carburant du métier m

Ce_m : les coûts d'engins du métier m

Ca_m : les autres coûts partagés du métier m

Les coûts d'engins sont pris en compte dans le calcul du reste à partager. Cette hypothèse ne correspond pas au calcul du reste à partager généralement observé mais est néanmoins observée pour plusieurs armements dans le golfe de Gascogne. On supposera ici que dans un contexte de changement d'engin, l'armement partage une part du risque lié à l'exercice d'une nouvelle activité avec les membre de l'équipage en incluant les coûts d'engin dans le calcul du reste à partager.

Les coûts de carburants par métier Cc en euros/an sont calculés à partir de la consommation de gazole par métier C_o en litres/h, du prix du carburant P_c en euros/Litre et du temps de mer annuel total par métier $Tm.j$:

$$Cc = C_o \cdot P_c \cdot Tm.j \quad (\text{Eq. 85})$$

La différence d'attractivité entre le chalut et le casier est donnée par:

$$A = RAP_{casier} - RAP_{chalut} \quad (\text{Eq. 86})$$

Si $A > 0$, le casier est plus attractif que le chalut.

avec

$$A = \left(\sum_i p_{i, chalut} \cdot d_{i, chalut} \cdot CPUE_{i, chalut} \right) \cdot T_{p, chalut} - C_{o, chalut} \cdot P_c \cdot T_{m, chalut} \cdot j_{chalut} - C_{e, chalut} - C_{a, chalut} \\ - \left(\sum_i p_{i, casier} \cdot CPUE_{i, casier} \right) \cdot n - C_{o, casier} \cdot P_c \cdot T_{m, casier} \cdot j_{casier} - C_{e, casier} - C_{a, casier} \quad (\text{Eq. 87})$$

4.2.Paramétrage

Les données d'effort, de CPUE, de prix et coûts d'un métier casier à langoustine qui serait pratiqué dans le golfe de Gascogne par un navire de la flottille des chalutiers langoustiniers de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord ont été paramétrées à partir des données de la flottille de Loch Torridon

présentées dans la section précédente et des caractéristiques de la sous-flottille chalutière langoustinière étudiée. Les hypothèses et les valeurs des paramètres correspondant au scénario de référence sont présentées dans cette section. Les données d'effort de pêche des métiers de chalutage de fond à langoustine et casier à langoustine utilisées pour les navires de la sous-flottille Nord Gascogne ayant deux hommes à bord figurent dans le Tableau 5. 15.

<u>Effort de pêche</u>	
Nombre de jours de mer/an	199
Temps de route en h/jour (A/R)	2.5
Nombre d'heures moteur en h/an	2450
Temps de pêche en h/an (référence heures moteur)	1953
Durée de marée en h/jour	12.7
Temps de pêche par marée en h/jour	10.2
Nombre de jours de mer chalutage de fond à langoustines	146
Nombre de casiers levés par homme par marée	400

Tableau 5. 15 : Effort de pêche des navires de la sous-flottille Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord.

Sources : d'après données IFREMER/SIH.

Les données de nombres de casiers levés par jour par homme sont initialisées à partir des données de la flottille des caseyeurs langoustiniers de Loch Torridon. Les autres données d'effort de pêche correspondent aux données de la sous-flottille chalutière langoustinière de Nord Gascogne ayant deux hommes à bord.

Dans le cas des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne pratiquant le métier de chalutage de fond à langoustine, les mortalités par pêche ont été réparties au prorata des débarquements par sous-flottille (chapitre 4) et permettent de calculer des captures par an et par sous-flottille de ce métier. Etant donné le temps de pêche annuel (calculé à partir de la durée des marées, du nombre de jours de mer et du temps de route), on calcule des captures par unité d'effort par âge (en kg/h) du métier chalut pour cette sous-flottille.

La question du paramétrage des captures par unité d'effort d'un métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne n'est pas évidente. Les informations disponibles sur le stock de langoustine de la sous-zone CIEM VI a, zone de gestion C, Unité fonctionnelle 11, ciblé par les caseyeurs du Loch Torridon ne permettent pas d'utiliser les méthodes habituelles d'évaluation de la biomasse féconde et de la mortalité par pêche. Cependant, les résultats des campagnes de surveillance vidéo suggèrent que cette unité de gestion est exploitée à un niveau soutenable. La zone de Loch Torridon fait l'objet de récoltes de données supplémentaires par le FRS d'Aberdeen et l'UMBSM (Adley, 2007) qui indiquent que le stock ciblé par les navires de Loch Torridon présente moins de risques de surexploitation de croissance que lorsqu'il avait été évalué en 1996-1998. Ces résultats vont dans le même sens que les campagnes vidéos. Dans la mesure où il n'existe pas d'évaluation du stock de langoustine de la zone de Loch Torridon, nous n'avons pas pu estimer la capturabilité et la sélectivité des casiers à langoustine qui nous auraient permis, étant donné la distribution en âge du stock de langoustine de la

division CIEM VIIIab, de calculer des CPUE qu'obtiendrait le casier à langoustine dans le golfe de Gascogne. Des essais de pêche au casier à langoustine dans le golfe de Gascogne ont commencé dans le cadre de projets de recherche menés par l'Ifremer. Ils devraient permettre d'estimer les captures par unité d'effort de casiers à langoustines dans des conditions réelles d'exploitation dans le golfe de Gascogne. Les essais menés dans la fosse de Capbreton dans le cadre du projet ITIS-SQUAL (Morandeau *et al.*, 2007) ont montré que sur 18 poses effectuées, les captures moyennes de langoustine par levée étaient de 64 g comparées à 98 g en moyenne à Loch Torridon. Le stock de langoustine de Cap breton est cependant un stock vierge et l'on peut s'attendre étant donné la structure du stock de langoustine de la zone VIIIab (essentiellement constitué de langoustines d'âge 1 à 3) à des rendements inférieurs. Ces éléments laissent à penser que les CPUE d'un métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne seraient inférieures à celles obtenues à Loch Torridon.

Deux hypothèses sont donc testées :

- (i) Nous avons supposé conventionnellement que les CPUE obtenues dans le golfe de Gascogne seraient deux fois plus faibles que celles de Loch Torridon
- (ii) Nous testons ensuite le cas où les CPUE d'un métier casier dans le golfe seraient les mêmes qu'à Loch Torridon

Les données de CPUE de la flottille des caseyeurs langoustiniers de Loch Torridon présentées dans la section 3 ont été utilisées pour initialiser les captures par unité d'effort que pourraient obtenir des chalutiers langoustiniers de caractéristiques comparables qui pratiqueraient le casier à langoustine dans le golfe de Gascogne. Les données de CPUE par catégorie commerciale (XL, L, M, S) de Loch Torridon sont réparties par âge à partir de la correspondance entre ces catégories commerciales et les âges présentées en section 3 pour obtenir des captures par âge par casier levé.

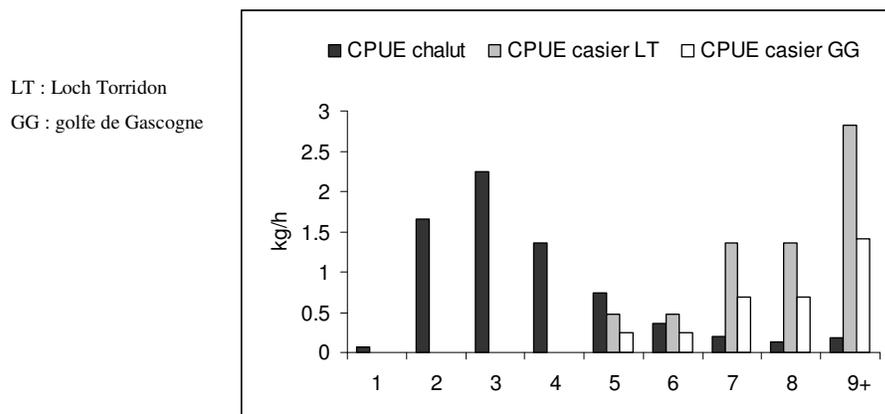


Figure 5. 13 : Comparaison des CPUE de langoustine aux âges (en kg/h) par métier pour les caseyeurs de Loch Torridon et pour les navires de la sous-flottille Nord Gascogne ayant deux hommes à bord (hypothèse CPUE casier dans le golfe de Gascogne=1/2 CPUE Loch Torridon). Sources : d'après ICES, 2004.

On suppose dans le cas du scénario de référence que les prix des langoustines aux âges ne sont pas différenciés en fonction de la technique de production et correspondent pour le métier chalut et le métier casier aux prix moyens 2001-2003 par catégorie décrits dans le chapitre 3. La structure de coût fixe est identique quel que soit le métier pratiqué (à l'exception des coûts d'entretien réparation présentés dans le tableau précédent). La structure de coût du métier chalut utilisée pour le paramétrage du modèle est celle définie dans le chapitre 4 pour la sous-flottille langoustinière 1 (Nord-Gascogne 2 hommes à bord). A partir de cette structure de coût et des données comptables récoltées à Loch Torridon, nous définissons la structure en coûts d'un navire de la sous-flottille 1 qui pratiquerait le casier à langoustine. La structure définie en pourcentage du chiffre d'affaires est la suivante :

% par navire	Chalutage de fond à langoustines	Casier à langoustines
Chiffre d'affaires brut	100.00%	100.00%
Frais de débarquement	3.79%	3.79%
Frais Carburant et huile	11.34%	4.63%
Frais Appâts	0.00%	1.27%
Frais Vivres	0.47%	0.47%
Frais Glace	0.08%	0.00%
Frais engins - gréements	4.92%	1.27%
Entretien réparations	5.30%	6.26%

Tableau 5. 16 : Structure des coûts partagés et frais d'engins, gréement et entretien réparation en pourcentage du chiffre d'affaires par métier: chalutage de fond à langoustine et casier à langoustine (2001-2003). Sources : données économiques IFREMER/SIH, données récoltées à Loch Torridon.

On supposera que les frais de débarquement en pourcentage du chiffre d'affaires sont identiques pour les deux métiers. Les frais de vivres sont également supposés identiques pour les deux métiers puisque les deux activités nécessitent le même nombre d'hommes à bord et que l'on suppose la même durée de marée. Les frais d'entretien réparation sont comptés parmi les frais communs et figurent donc dans le tableau même s'il s'agit de coûts fixes. Les frais de carburant, glace, appâts, engins gréement sont empruntés aux caseyeurs langoustiniers de Loch Torridon. Les frais de carburant et huile peuvent être calculé en pourcentage du chiffre d'affaires ou à partir de la consommation de gazole et de l'effort de pêche (voir supra). La consommation de gazole estimée pour le métier casier à langoustine de Loch Torridon à la section 3 est faible. La configuration de la zone de pêche et la proximité des filières de casiers peuvent expliquer ces faibles consommations. On supposera donc que la consommation de gazole d'un métier casier à langoustine pratiqué dans le golfe de Gascogne correspondrait à la consommation moyenne 2002-2004 de la flottille des caseyeurs français de moins de 12 mètres du golfe de Gascogne calculée à partir des données économiques et techniques récoltées par l'Ifremer/SIH (9.186 litres/h)(Tableau 5. 17). On suppose dans l'analyse que la consommation en route ou en pêche est équivalente. Le prix du gazole est initialisé avec le prix moyen 2001-2003 donné par le ministère de l'Industrie : 0.2751 euros/litre. On analysera cependant les impacts de l'augmentation du prix du carburant intervenue ces dernières années.

	2001-2003	2007
Prix du gazole Euros/litre	0.2751	0.4897
Consommation gazole métier casier Litre/h	9.186	

Tableau 5. 17 : Paramètres prix du gazole et consommation du métier casier dans le golfe de Gascogne. Source : Ministère de l'Industrie, IFREMER/SIH.

4.3. Résultats dans le cas du scénario de référence

On compare, à partir des paramètres définis précédemment, le reste à partager par navire moyen dans le cas où les navires de la sous-flottille chalutière langoustinière Nord Gascogne ayant deux hommes à bord pratiquent le chalutage de fond à langoustine et dans le cas où ces navires se mettent à pratiquer le métier casier à langoustine.

Etant donné les CPUE supposées, les débarquements du métier casier à langoustine pratiqué dans le golfe de Gascogne seraient diminués de 21% comparés aux débarquements de langoustines par les chalutiers du golfe de Gascogne (hors productions jointes). Néanmoins, la structure des débarquements permettrait une meilleure valorisation des débarquements vendus à un prix moyen de 12,6 euros. Les différences de tonnage débarqué entre les deux métiers sont compensées par le prix moyen plus élevé et on observerait ainsi un chiffre d'affaires langoustine plus élevé pour la pêche au casier que pour la pêche au chalut. Le chiffre d'affaires total des chalutiers est cependant formé à 40% par des productions jointes commercialisables inexistantes ou très faible dans le cas de la pêche au casier. Le chiffre d'affaires total du métier chalut serait donc supérieur à celui du métier casier (+35%). Malgré les économies de coûts de carburant permises par la pratique du casier (Tableau 5. 18), les performances économiques de navires pratiquant le métier casier à langoustine seraient inférieures à celles de navires pratiquant le métier chalut de fond à langoustine dans les conditions et sous les hypothèses que nous avons supposées. Dans le cas du scénario de référence, la différence de reste à partager par unité d'effort entre le métier casier et le métier chalut est de -13,3 euros par heure de mer. Dans ces conditions, le chalut reste le métier le plus attractif d'un point de vue privé (Tableau 5. 18).

Indicateurs économiques en euros	Chalutage de fond à	Casier à
	langoustine	langoustine
Chiffre d'affaires brut	151111	98309
Frais de débarquement	5722	3722
Frais Carburant et huile	18550	6365
Frais appâts	0	1245
Frais vivre	703	703
Frais Glace	123	0
Frais engins	7434	1246
Reste à partager	118579	85027
Reste à partager en euros/heure de mer	47.1	33.8
Attractivité casier	-13.3	

Tableau 5. 18 : Comparaison de l'attractivité du chalut et du casier dans le golfe de Gascogne pour un navire moyen de la sous-flottille langoustinière du Nord Gascogne ayant deux hommes à bord. Sources : d'après IFREMER/SIH et données récoltées à Loch Torridon.

Si l'on actualise ce scénario à partir des données de prix du gazole 2007, la différence de reste à partager par heure de mer entre le casier et le chalut n'est plus que de -8.4 euros/heure de mer⁹⁸. Le contexte d'augmentation du prix du gazole renforce donc l'attractivité privée du casier par rapport au chalut.

4.4. Analyse de sensibilité de la différence d'attractivité des métiers aux paramètres

Dans les conditions correspondant au scénario de référence dont les paramètres sont décrits en section 4.2., le casier est moins attractif que le chalut. Néanmoins, plusieurs hypothèses ont été faites pour le paramétrage et les conditions d'exploitation peuvent d'autre part évoluer en fonction du contexte environnemental et économique ou du système de gestion et peuvent ainsi modifier les incitations à changer d'engin. Nous analysons donc dans cette section la sensibilité de l'attractivité du métier casier des deux métiers casier et chalut à langoustine dans le golfe de Gascogne aux valeurs de paramètres susceptibles de changer. On s'intéresse aux valeurs de ces paramètres pour lesquelles le casier à langoustine peut devenir plus attractif que le chalutage de fond, l'attractivité des métiers étant définie par la différence de reste à partager par unité d'effort entre le métier casier et le métier chalut.

Dans un contexte d'augmentation du prix du gazole, on s'intéressera donc au prix du gazole limite tel que l'attractivité du casier serait supérieure à celle du chalut. Nous avons supposé par ailleurs que les

⁹⁸ En mai 2008 le prix du gazole a atteint 74 centimes d'euros/litre. La part du carburant dans le chiffre d'affaires est alors de 12.8% pour le métier casier et de 32.8% pour le métier chalut. On aurait alors une différence de reste à partager par heure de mer entre le métier casier et le métier chalut de -3.45 euros/heure de mer.

langoustines pêchées au chalut et au casier obtenaient les mêmes prix à taille ou catégorie identique, sans prendre en compte une éventuelle demande sociale pour des produits pêchés par des engins plus respectueux de l'environnement ou un écolabel qui augmenterait les prix des langoustines au casier (discuté dans le cas des ligneurs de bar par Charles et Boude, 2004). Nous analyserons donc la sensibilité de l'attractivité des métiers au prix moyen des langoustines pêchées au chalut et au casier.

Le manque d'information sur le stock de langoustines de Loch Torridon ne permet pas d'estimer la capturabilité du casier à langoustine. Les captures par unité d'effort que pourraient obtenir des navires pratiquant le casier à langoustine dans le golfe de Gascogne ont donc été supposées conventionnellement égales à la moitié des CPUE réalisées à Loch Torridon (étant donné les éléments disponibles qui permettent de supposer que les CPUE d'un métier casier dans le golfe seraient inférieures à celles obtenues à Loch Torridon). On cherchera donc la valeur limite de captures par unité d'effort (en kg/casier levé) au-dessus de laquelle le casier deviendrait plus attractif que le chalut. L'augmentation des captures par unité d'effort pourrait être obtenue par la mise en place de zones réservées au casier comme dans le Loch Torridon.

On testera également la valeur limite de temps de route du chalut au-dessus de laquelle le métier chalut deviendrait moins attractif que le casier. La mise en place de zones côtières réservées au casier pourrait en effet contraindre les chalutiers à reporter leur effort vers des zones plus éloignées.

On cherche donc à déterminer dans cette section la valeur limite de la variable V telle que la différence de reste à partager par unité d'effort du métier casier et du métier chalut est nulle :

$$R_{casier}(V) - R_{chalut}(V) = 0,$$

R_{casier} et R_{chalut} étant le reste à partager par unité d'effort en euros par heure de mer du casier et du chalut respectivement

et V correspondant aux variables susceptibles de varier en fonction de la réglementation et des conditions environnementales et économiques:

- au prix du carburant P_c
- au prix moyen des langoustines au chalut P_{chalut}
- au prix moyen des langoustines au casier P_{casier}
- aux captures par unité d'effort du métier casier $CPUE_{casier}$
- au temps de route des chalutiers Tr_{chalut}

Paramètre	Définition	Unité	Scénario Référence	Valeur limite Attractivité casier>0
P_c	Prix du gazole	euros/litre	0.28	>1.03
P_{chalut}	Prix moyen langoustine chalut	euros/kg	9.29	<5.74
P_{casier}	Prix moyen langoustine casier	euros/kg	12.63	>17.11
$CPUE_{casier}$	Captures par unité d'effort	kg/casier	0.049	>0.066
Tr_{chalut}	Temps de route chalut	h/jour	2.50	>4.85

Tableau 5. 19 : Valeurs limites des paramètres pour lesquels l'attractivité du casier par rapport au chalut devient positive. La référence correspond aux données moyennes 2001-2003.

Les résultats du Tableau 5. 19 indiquent que toutes choses égales par ailleurs :

- le casier devient plus attractif que le chalut pour un prix du gazole supérieur à 1.03 euros/litre. En 2007, le prix du gazole a atteint 0.49 euros/L et en mai 2008 il a atteint 0.74 euros/litre.
- lorsque le prix moyen des langoustines pêchées au chalut est inférieur à 5.74 euros/kg ou lorsque le prix moyen des langoustines pêchées au casier est supérieur à 17.11 euros/kg, le casier devient plus attractif que le chalut.
- lorsque les captures par unité d'effort des caseyeurs deviennent supérieures à 0.066kg/casier (CPUE qui restent inférieures à celles observées à Loch Torridon), le casier devient plus attractif que le chalut. Le détail des captures par unité d'effort aux âges dans ce cas est présenté en annexe 5.8.
- lorsque le temps de route des chalutiers est supérieur à 4.85 heures aller-retour par jour, la durée de la marée restant constante, la différence de reste à partager entre le métier casier et le métier chalut devient positive.

Le détail des performances économiques des deux métiers est présenté en annexe 5.9 pour les différentes valeurs de paramètres du Tableau 5. 19.

4.5. Mesures de régulation et système incitatif au changement de technique de pêche

L'analyse comparée de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne et de la pêcherie au casier à langoustine de Loch Torridon a mis en évidence que le casier produit peu ou pas de productions jointes. Le casier apparaît dans ces conditions comme un engin très sélectif dont l'adoption permettrait de réduire ou supprimer les effets externes négatifs. L'analyse des revenus associés à la pratique du métier casier et du métier chalut, en supposant que les mêmes navires peuvent pratiquer l'une ou l'autre activité, montre dans le cas du scénario de référence que le chalut reste plus

attractif que le casier (la différence de reste à partager par unité d'effort entre casier et chalut est de 13 euros par heure de mer). S'il existe des possibilités techniques permettant de réduire les coûts externes, celles-ci peuvent être coûteuses pour le pêcheur (coût interne) et nécessitent donc qu'il y ait des incitations économiques à les adopter. Dans cette section nous nous intéressons à l'analyse des incitations à changer de technique de pêche et aux mesures de régulation qui permettraient d'inciter les navires pratiquant le chalut à se reconvertir dans la pratique du casier.

4.5.1. Présentation des instruments économiques, mesures de régulation et scénarios testés

On analyse, dans cette section, le rôle que peuvent jouer dans le changement technique, les instruments économiques de régulation modifiant la différence de reste à partager et donc l'attractivité du métier. Quatre types de scénarios sont testés :

- (i) le cas d'une **taxation T** des débarquements de langoustines pêchées au chalut : compte tenu du coût social qu'engendre le chalutage de fond (section 2.), nous discutons la possibilité de taxer cette activité pour internaliser les externalités. Nous étudions ainsi dans quelle mesure une taxation de cette activité peut contribuer à rendre attractif la pêche au casier.

On supposera cinq scénarios :

- T1 : les débarquements de langoustines pêchées au chalut sont taxés de 1 euros par kg ;
 T2 : de 2 euros par kg ;
 T3 : de 3 euros par kg ;
 T4 : de 4 euros par kg ;
 T5 : de 5 euros par kg.

- (ii) le cas d'un **écolabel E** sur les langoustines pêchées au casier : l'analyse du marché de la langoustine, les entretiens avec les mareyeurs décrits dans le chapitre 2 et l'émergence de label de qualité mettent en évidence qu'il pourrait exister une demande pour des produits de plus belle qualité et/ou issus d'une pêche respectueuse de l'environnement ou en tous cas pour une différenciation du produit. Les langoustines écossaises pêchées au casier commencent ainsi à conquérir des parts de marché de plus en plus importantes. Compte tenu de l'absence de débarquement de langoustines au casier en France, il est difficile de prévoir la structure de la demande en fonction des techniques de pêche. On suppose qu'un écolabel sur la langoustine pêchée au casier permet d'obtenir de meilleurs prix. On testera plusieurs valeurs de primes qui pourraient correspondre au consentement des consommateurs à payer pour une meilleure qualité ou une différenciation des produits:

E1 les langoustines pêchées au casier obtiennent une prime de 1 euros par kg ;

- E2 : de 2 euros par kg ;
 E3 : de 3 euros par kg ;
 E4 : de 4 euros par kg ;
 E5 : de 5 euros par kg.
- (iii) le cas d'une **aire marine protégée côtière A**, interdite au chalutage mais autorisée aux engins de pêche dormants, dont la mise en place est nécessaire étant donné l'incompatibilité spatiale des deux métiers. On suppose, dans ce cas, que les chalutiers sont contraints de reporter leur effort sur des zones plus éloignées. On suppose que la durée de la marée n'est pas modifiée. Le temps de route des chalutiers est allongé et le temps de pêche est donc diminué. Les navires subissent des coûts de carburant semblables mais les captures journalières sont plus faibles. Dans le cas des caseyeurs en revanche, l'aire marine protégée peut permettre de diminuer les coûts d'engins et permet à plus long terme des captures par unité d'effort supérieures et la modification de la structure des captures vers davantage de captures des plus grands individus. On supposera quatre scénarios :
- A1 : l'aire marine protégée implique un allongement du temps de route des chalutiers mais n'engendre aucun changement pour les caseyeurs ;
 A2 : le temps de route des chalutiers est allongé et les coûts liés à la perte d'engins des caseyeurs sont réduits (les effets d'encombrements sont moins importants);
 A3 : le temps de route des chalutiers augmente, les coûts d'engins des caseyeurs diminuent et le prix des langoustines pêchées au casier augmente de 2 euros ;
 A4 : un scénario à plus long terme où les effets des scénarios précédents sont encore valables et les captures par unité d'effort des caseyeurs augmentent avec la reconstitution de la biomasse dans la zone protégée pour être égales à celles observées à Loch Torridon.
- (iv) Un cas prenant en compte l'augmentation du **prix du carburant** (prix 2007) et la mise en place d'une **zone réservée au casier** permettant des rendements du casier dans le golfe de Gascogne équivalents à ceux observés à Loch Torridon (**scénario P**).

Les paramètres du scénario de référence sont utilisés par défaut. Les valeurs des paramètres (qui diffèrent de ceux du scénario de référence) utilisés pour tester les quatre scénarios de zone réservée au métier casier ces scénarios sont représentés dans le Tableau 5. 20.

	Référence	A1	A2	A3	A4
Temps de route h/jour	2.5	5	5	5	5
Coûts d'engins euros/an	1246	1246	125	125	125
Prime Ecolabel euros/kg	0	0	0	2	2
CPUE kg/casier	0.049	0.049	0.049	0.049	0.098

Tableau 5. 20 : Valeur des paramètres du modèle utilisés pour tester les quatre scénarios de zone réservée aux engins dormants.

4.5.2. Effets de mesures de régulation sur les incitations à changer d'engin de pêche

Les résultats des scénarios sont présentés en termes de différence de reste à partager entre les deux métiers (Figure 5. 14).

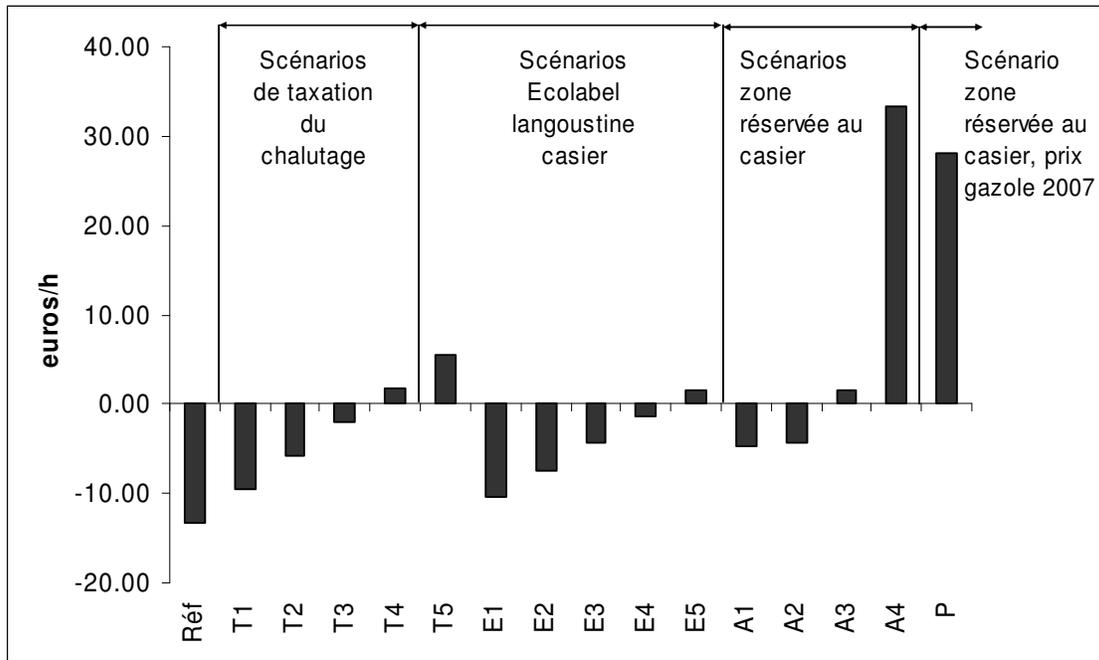


Figure 5. 14 : Effets incitatifs au changement d'engins de pêche de différentes mesures de régulation : différence de reste à partager en euros/h entre le casier et le chalut à langoustine.

Les résultats indiquent qu'il faut atteindre des valeurs élevées de taxation des langoustines pêchées au chalut (4 euros par kg) ou de prime sur les langoustines pêchées au casier (5 euros par kg), pour que le casier devienne plus attractif que le chalutage. L'augmentation du temps de route des chalutiers et la diminution des frais d'engin des caseyeurs ne suffisent pas à rendre attractif le métier casier par rapport au métier chalut. Lorsque ces effets sont pris en compte et que l'on suppose d'autre part un écolabel sur les langoustines pêchées au casier dans la zone protégée, le casier devient plus attractif que le chalut. Les effets en termes d'incitations à changer d'engin dans une zone réservée aux engins dormants sont essentiellement des effets de long terme liés à une augmentation des CPUE des casiers dans la zone protégée. Lorsque les CPUE des casiers augmentent, les incitations à changer d'engin augmentent fortement. On considère ici que les chalutiers ne profitent pas de la restauration de la biomasse⁹⁹. La différence d'attractivité des métiers est très sensible aux CPUE. Le scénario de gestion qui permettrait de créer les incitations les plus fortes à changer d'engin serait donc la mise en place

⁹⁹ On raisonne ici à CPUE constantes pour les chalutiers c'est-à-dire que l'on suppose ici qu'il n'existe pas d'effet de stock dans les zones exploitées par les chalutiers. La dynamique du stock sera prise en compte dans la section suivante et permettra de tenir compte des modifications de CPUE des chalutiers avec la restauration du stock.

d'une zone réservée au casier où la restauration de la biomasse localement permettrait d'obtenir des CPUE importantes pour le casier. Le scénario P considère la mise en place d'une zone réservée au casier permettant de meilleurs rendements pour le casier et tient compte de l'augmentation du prix du carburant. On suppose que la zone réservée ne modifie pas l'activité des chalutiers langoustiniers (pas d'augmentation de temps de route). Ce scénario correspond au scénario de gestion le plus probable. Dans ces conditions, le métier de casier à langoustine serait plus attractif que le métier de chalutage de fond à langoustine.

La différence de reste à partager entre le métier casier et le métier chalut est choisie comme indicateur d'attractivité relative des métiers et traduit les incitations à changer d'engin de pêche pour passer du chalut au casier. Cet indicateur tient compte de la rémunération des pêcheurs mais n'inclut pas les coûts du changement technique à court terme (coûts d'achats et d'installations des matériels et coûts de transformation des superstructures des navires) qui peuvent être un frein au changement d'engin et à sa faisabilité. En Ecosse, le coût d'une filière de 115 casiers est ainsi de 4430 euros dont 3735 euros de casiers (environ 32 euros par casier). Les coûts d'engin nécessaires pour l'achat de 800 casiers sont donc d'environ 31000 euros. Outre les coûts directs du changement d'engin, le changement d'engin peut se heurter à l'aversion pour le risque des pêcheurs et à l'apprentissage d'une nouvelle technique de pêche qui peut se traduire à court terme par des performances économiques inférieures à celles attendues. Cet indicateur n'inclut pas non plus les bienfaits potentiels en termes de travail à bord qui contribuent également à l'attractivité d'un métier à plus long terme.

L'analyse menée dans cette section permet de discuter les mesures incitatives à mettre en place pour favoriser le changement technique, du chalut au casier à langoustine. La sensibilité des résultats aux CPUE réalisables montre les enjeux liés au développement de techniques de pêche alternatives performantes et à la mise en place de zones réservées à certains usages. L'augmentation du prix du carburant est d'autre part une incitation forte à la mutation vers des arts dormants moins consommateurs d'énergie que les arts traînants et qui produisent généralement moins de productions jointes (en particulier moins de productions jointes environnementales).

5. Analyse des bénéfices à long terme de l'adoption d'un engin de pêche alternatif au chalut

Dans la section précédente, les performances économiques des deux métiers ont été comparées d'un point de vue statique et les seuils d'attractivité du métier casier et mesures incitatives favorisant à court terme l'adoption d'engins de pêche plus sélectifs ont été discutés. A court terme, le casier peut être un métier peu attractif mais peut en revanche le devenir à long terme avec le changement de

structure des captures en particulier. Dans cette section, nous intégrons un module de dynamique des stocks qui permet d'analyser les effets à court et long terme de différents scénarios d'adoption du casier par toute ou partie de la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne. Le modèle bio-économique présenté dans la section 2 de ce chapitre est étendu pour permettre de tenir compte de la possibilité pour les navires de la flottille langoustinière de pratiquer le métier chalut à langoustine et/ou le métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne. Une analyse coût-bénéfice de différents scénarios d'adoption du casier est menée et nous analysons les dynamiques de changement technique en fonction des évolutions d'attractivité du métier. Après avoir décrit le modèle et la méthodologie de paramétrage du métier casier des dix sous-flottilles langoustinières considérées dans le modèle bio-économique, nous présentons les scénarios de changement d'engin testés et les résultats obtenus en termes de coût social.

5.1. Modèle bio-économique de changement d'engin de pêche : du chalut au casier

Deux grandes flottilles et deux métiers étaient modélisés dans la version du modèle bio-économique décrite dans la section 2: un métier de chalut de fond à langoustine pratiqué par les navires de la flottille langoustinière et un métier fileyeur à merlu pratiqué par les navires de la flottille merlutière. Nous introduisons ici un métier supplémentaire qui peut être pratiqué par les navires de la flottille langoustinière : le métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne. Ainsi, le modèle de simulation décrit annuellement la dynamique des stocks de langoustine et merlu (structurée en âge), les captures, débarquements et rejets aux âges par espèce et métier, le chiffre d'affaires, les coûts variables et le reste à partager par métier et les performances économiques par sous-flottille. Dans cette section, nous décrivons la structure du modèle, la méthodologie de paramétrage et les scénarios de changement technique testés.

5.1.1. Structure du modèle de simulation d'un changement d'engin

La Figure 5. 15 décrit la structure du modèle. L'effort de pêche appliqué au(x) stock(s) par chacun des métiers produit des captures dont les caractéristiques (espèces, structure en âge et quantités) dépendent des propriétés de sélectivité et capturabilité du métier. Les débarquements, obtenus des captures après rejet des catégories non désirées, forment le chiffre d'affaires du métier. Le prix peut varier en fonction du métier. L'exercice de chaque métier induit des coûts variables de l'effort par métier (coûts de carburant, coûts d'huile, coûts d'appâts et vivres). Le reste à partager par métier est calculé à partir du chiffre d'affaires et des coûts partagés par métier comme nous l'avons décrit en section 4. Les

performances économiques par flottille sont ensuite calculées annuellement à partir des résultats de chacun des métiers pratiqués par une flottille et des coûts fixes (voir chapitre 4).

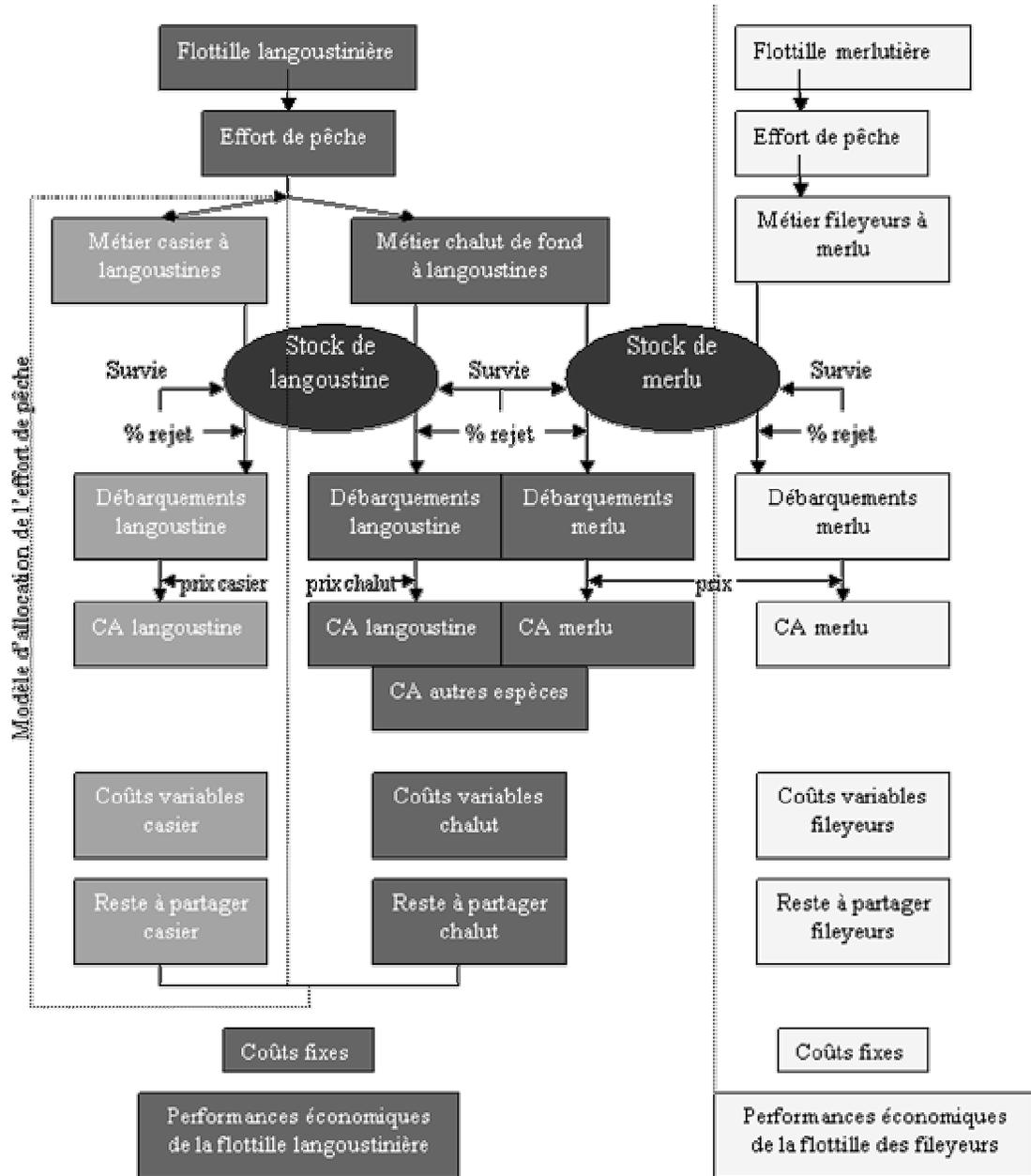


Figure 5. 15 : Structure du modèle bio-économique de simulation pluri-flottilles, pluri-métiers permettant de simuler les impacts d'un changement d'engin du chalut au casier par la flottille langoustinière

5.1.2. *Modèle d'allocation de l'effort entre les métiers*

Le modèle bio-économique permet d'allouer l'effort de pêche en nombre de jours de mer par navire moyen par sous-flottille langoustinière entre la pratique du casier à langoustine et/ou du chalut de fond à langoustine de deux façons différentes :

- A. a priori, en supposant qu'une norme impose la pratique du casier à la place du chalut. Ce scénario extrême n'est pas réaliste mais permet de tester la durée de la phase de transition vers une structure de stock permettant des niveaux de CPUE rentables pour une activité casier
- B. selon un modèle dynamique d'allocation de l'effort de pêche entre les métiers de casiers à langoustine et de chalut de fond à langoustine en fonction de la différence de reste à partager entre ces métiers qui peut varier selon les mesures de régulation et le système incitatif mis en oeuvre

Le principe du modèle d'allocation de l'effort entre les métiers, décrit dans Soulié et Thébaud (2006) est utilisé pour décrire l'allocation de l'effort entre les métiers chalut de fond à langoustines et casier à langoustine. Soulié et Thébaud (2006) supposent que l'effort de pêche global est fixé et que l'allocation de l'effort par métier (espèce ciblée et zone) est basée sur la marge sur coût variable anticipée associée à chaque métier. Le modèle tient compte d'un coefficient de polyvalence n traduisant la capacité d'une unité de pêche à changer d'espèce cible et d'un coefficient de mobilité spatiale m traduisant la capacité à changer de zone. L'interaction des deux coefficients (mn) traduit la capacité à changer de zone et d'espèce cible c'est-à-dire de métier. Le modèle d'effort est le suivant avec i l'espèce cible et j la zone :

$$\frac{dE_{ij}}{dt} = m(g_{ij} - g_{ij'}) + n(g_{ij} - g_{i'j}) + mn(g_{ij} - g_{i'j'})$$

avec $g_{ijt} = \frac{M_{ij}}{E_{ij,t-1}}$ la marge sur coût variable du métier ciblant l'espèce i dans la zone j

La marge anticipée par métier est supposée égale à la marge observée à la période précédente corrigée des coûts associés à la sélection d'une nouvelle zone de pêche.

Dans le modèle d'allocation dynamique de l'effort de pêche entre les deux métiers chalutage de fond à langoustine et casier, on suppose un cas extrême d'anticipation adaptative où le pêcheur alloue son effort de pêche par métier seulement en fonction des résultats de l'année précédente¹⁰⁰. L'effort de pêche moyen par navire en nombre de jours de mer de chacune des dix sous-flottilles langoustinières et le nombre de navires par sous-flottille sont supposés constants au cours de la simulation. Seule la répartition de l'effort de pêche par métier varie. On suppose que l'effort de pêche est alloué par métier

¹⁰⁰ Il s'agit donc d'un cas extrême d'anticipation adaptative : l'anticipation extrapolative.

l'année t en fonction de la différence de reste à partager entre les deux métiers l'année $t-1$. On introduit un coefficient d'inertie qui traduit le fait que les pêcheurs ont tendance à pratiquer l'année t le métier qu'ils ont pratiqué l'année $t-1$. Cette inertie traduit l'aversion pour le risque¹⁰¹ mais également le coût d'opportunité du changement de métier lié à la rente qui lui est attachée. Elle permet de traduire la vitesse de diffusion de l'innovation technologique. Les incitations à changer de technique de pêche sont donc réduites par rapport à la différence de reste à partager par unité d'effort.

La dynamique d'allocation de l'effort de pêche au métier casier par navire moyen d'une sous-flottille est décrite par :

$$\frac{dE_{casier}}{dt} = \alpha \cdot \left(\frac{RAP_{casier}}{E_{casier}}(t) - \frac{RAP_{chalut}}{E_{chalut}}(t) \right)$$

tel que :

$$E_{casier}(t) + E_{chalut}(t) = E(ref)$$

avec

$\frac{RAP}{E}$: la valeur (à t) du reste à partager par unité d'effort de chacun des métiers

$\alpha > 0$: le paramètre d'inertie traduisant la résistance au changement de technique de pêche.

On suppose initialement que tous les navires pratiquent le chalutage de fond à langoustine toute l'année. On supposera néanmoins que chaque année, au moins un navire par sous-flottille pratique le casier à langoustine au moins une journée par an pour pouvoir calculer le reste à partager par jour de mer par navire moyen par sous-flottille.

Le comportement qualitatif du modèle est le suivant :

$$\text{Lorsque } \frac{RAP_{casier}}{E_{casier}}(t) = \frac{RAP_{chalut}}{E_{chalut}}(t), \frac{dE_{casier}}{dt} = 0$$

L'effort nominal est réalloué au métier casier à la période t , si la différence de reste à partager entre le casier et le chalut est positif l'année $t-1$. Dans tous les autres cas, il n'y a pas de réallocation d'effort.

On a :

¹⁰¹ Eggert et Tveteras (2004) ont montré à partir d'un modèle de choix d'engin de pêche appliqué aux chalutiers suédois, qui permet de prendre en compte l'hétérogénéité dans la technologie de production et les préférences pour le risque que les pêcheurs répondent positivement à une augmentation de la valeur moyenne des débarquements mais négativement à l'augmentation de la variabilité. Ils mettent en évidence une aversion pour le risque et montrent que les pêcheurs ont tendance à choisir le même engin de pêche qu'à la marée précédente.

$$\begin{aligned} \frac{dE_{casier}}{dt} &= \alpha \cdot \left(\frac{RAP_{casier}}{E_{casier}}(t) - \frac{RAP_{chalut}}{E_{chalut}}(t) \right) \\ &= \alpha \cdot \left[\sum_c p_{c,casier} \cdot LPUE_{c,casier}(t) - CP_{casier}(t) - \sum_c \left(p_{c,chalut} \cdot LPUE_{c,chalut}(t) \right) + \frac{CAa}{E_{chalut}(t)} - CP_{chalut}(t) \right] \end{aligned}$$

avec

m	Le métier : casier à langoustine ou chalut de fond à langoustines
$p_{c,m}$	Prix des langoustines de catégorie c pêchées par le métier m
$LPUE_{c,m} = \frac{L_{c,m}}{E_m}$	Débarquements par unité d'effort de langoustines de catégorie c du métier m
CAa	Chiffre d'affaires autres espèces du métier chalut
$CP_m = Cc_m + Cap_m + Cv_m + Cg_m$	Coûts partagés du métier m par unité d'effort
Cc	Coûts unitaires de carburant (par unité d'effort)
Cap	Coûts d'appât
Cv	Coûts de vivre
Cg	Coûts de glace

$$\begin{aligned} \frac{dE_{casier}}{dt} &> 0 \\ \Leftrightarrow \sum_c p_{c,casier} \cdot LPUE_{c,casier}(t) - CP_{casier}(t) &> \sum_c \left(p_{c,chalut} \cdot LPUE_{c,chalut}(t) \right) + \frac{CAa}{E_{chalut}(t)} - CP_{chalut}(t) \end{aligned}$$

L'allocation de l'effort de pêche au métier casier dépend donc du prix des langoustines pêchées au casier par rapport au prix des langoustines pêchées au chalut, de la différence de débarquement par unité d'effort entre les métiers casier et chalut, du chiffre d'affaires autres espèces du métier chalut et de la différence de coûts partagés entre les deux métiers.

5.1.3. Paramétrage du modèle

Les paramètres des métiers chalut de fond à langoustine et fileyeurs à merlu et les paramètres utilisés pour décrire la dynamique du stock de merlu et de langoustine sont ceux décrits dans le chapitre 4 et dans la section 4 de ce chapitre. Dans le cas du métier chalut, le chiffre d'affaires des espèces accessoires de la langoustine sera exprimé en fonction du chiffre d'affaires langoustine de manière à

faire varier les captures accessoires en fonction du nombre de jours de mer alloué au métier chalut. On détaille dans cette section la méthodologie de paramétrage du métier casier à langoustine.

On suppose, comme dans la pêcherie au casier de Loch Torridon que les navires de chaque sous-flottille langoustinière possèdent chacun deux jeux de 400 casiers par homme et sont autorisés à virer un jeu de casier par jour de pêche. On a donc le nombre de casiers suivant par sous-flottille :

Classe de nombre d'hommes à bord Sous-flottille	Flottille langoustinière Sud-Bretagne					Flottille langoustinière autres régions				
	[1;2] F1	]2;3] F2	]3;4] F3	]4;5] F4	]5; [F5	[1;2] F6	]2;3] F7	]3;4] F8	]4;5] F9	]5; [F10
Nombre d'hommes à bord	2.0	2.9	3.9	4.9	5.8	2.0	3.0	3.8	4.9	6.4
Nombre de casiers par navire	1 600	2 355	3 159	3 898	4 637	1 567	2 392	3 035	3 921	5 101
Nb maximum de casiers virés/ jour	800	1 178	1 580	1 949	2 318	783	1 196	1 518	1 961	2 550

Tableau 5. 21 : Nombre de casiers et nombre de casiers virés par jour par navire moyen par sous-flottille.

On suppose d'autre part que les CPUE (par casier) sont les mêmes quelle que soit la sous-flottille considérée. On supposera initialement comme dans la section 4 que les CPUE obtenues initialement dans le golfe de Gascogne sont deux fois moins élevées que celles obtenues à Loch Torridon¹⁰², puis on analysera le cas où les captures par unité d'effort sont les mêmes qu'à Loch Torridon.

La mortalité par pêche sur la langoustine du métier casier est initialisée pour chacune des sous-flottilles à partir des CPUE en kg par casier en supposant que les navires de chaque sous-flottille ont pratiqué le métier casier un jour dans l'année 2003. A partir des données de débarquements aux âges par sous-flottille et métier, on alloue ensuite la mortalité par pêche entre sous-flottille et métier. On utilise la méthodologie d'allocation de la mortalité par pêche sur la langoustine entre métiers et sous-flottilles décrite dans la section 2 dans le cas du merlu. La mortalité par pêche à l'âge i est allouée par sous-flottille et métier au prorata de la part des débarquements à l'âge i réalisée par chaque sous-flottille-métier. Les captures aux âges par jour par navire du métier casier par sous-flottille sont présentées en annexe 5.10. A partir de la mortalité par pêche du métier casier par sous-flottille et du nombre de jours de pêche par an alloués au métier casier, on pourra calculer les captures de langoustine du métier casier par sous-flottille. On suppose qu'il n'y a pas de rejet de langoustine pêchée au casier. La mortalité par pêche du métier casier sur le merlu est nulle.

¹⁰² Les éléments d'évaluation de stock permettent de supposer que les CPUE du casier dans le golfe de Gascogne seraient plus faible que celles de Loch Torridon. En l'absence d'éléments permettant d'estimer les CPUE d'une activité casier dans le golfe on a supposé par convention, que celles-ci sont deux fois moins élevés.

A partir du modèle de prix considéré, on calcule le chiffre d'affaires du métier casier.

Les données récoltées à Loch Torridon ont permis de paramétrer les coûts variables du métier casier de la sous-flottille ayant deux hommes à bord présentés dans la section 4. La structure en coût de cette sous-flottille sert de référence pour le paramétrage du métier casier des autres sous-flottilles. Elle est exprimée en pourcentage du chiffre d'affaires du métier. On supposera que les frais de débarquement et frais de vivre sont les mêmes quel que soit le métier. Pour les autres coûts, coûts de carburant et coûts d'engins, la structure en coûts variables du métier casier des autres sous-flottilles est paramétrée en supposant que la part des coûts variables d'un métier par rapport au chiffre d'affaires dépend de la sous-flottille considérée. Il existe la même différence de structure de coût pour le métier casier entre une sous-flottille considérée et la sous-flottille paramétrée à partir des données de la pêcherie de Loch Torridon que la différence de structure de coûts observée pour le métier chalut de fond à langoustine entre ces deux mêmes sous-flottilles :

soit $Cc_{1,1}$, le coût de carburant en pourcentage du chiffre d'affaire du métier 1 pratiqué par la flottille 1, $Cc_{1,i}$, le coût de carburant en pourcentage du chiffre d'affaire du métier 1 pratiqué par la flottille i ($i > 1$) et $Cc_{2,1}$, le coût de carburant en pourcentage du chiffre d'affaire du métier 2 pratiqué par la flottille 1 estimé d'après les données de la pêcherie de Loch Torridon, le coût de carburant en pourcentage du chiffre d'affaire du métier 2 pratiqué par la flottille i est calculé par règle de trois :

$$Cc_{2,i} = Cc_{2,1} \cdot \frac{Cc_{1,i}}{Cc_{1,1}}$$

La part du chiffre d'affaires des coûts d'appâts étant égale à la part du chiffre d'affaires des coûts d'engin pour les navires de la pêcherie de Loch Torridon donc pour les navires de la sous-flottille ayant deux hommes à bord, on supposera que cette égalité est valable quelle que soit la sous-flottille. Ces deux coûts dépendant du nombre d'engins, il s'agit d'une hypothèse acceptable. La structure en coût variable du métier casier par sous-flottille langoustinière distinguées suivant le nombre d'hommes à bord est la suivante :

Sous-flottille	classe de nb d'hommes à bord				
	[1;2]	[2;3]	[3;4]	[4;5]	[5;6]
Frais de débarquement	3.79%	5.48%	4.76%	5.45%	5.53%
Frais Carburant et huile	4.63%	5.75%	6.49%	6.46%	6.07%
Frais Appâts	1.27%	1.25%	1.33%	1.25%	1.44%
Frais Vivres	0.47%	1.61%	2.23%	2.67%	2.12%
Frais Glace	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Frais engins - gréements	1.27%	1.25%	1.33%	1.25%	1.44%

Tableau 5. 22 : Structure en coût variable du métier casier par sous-flottille en pourcentage du chiffre d'affaires.
Source : Données de la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon et données économiques Ifremer/SIH.
Données 2001-2003.

Cette structure permet d'initialiser les coûts variables sur la période 2001-2003. On fera ensuite varier ces coûts en fonction de la variation du nombre de jours de mer par métier.

Le chiffre d'affaires et les coûts variables du métier casier et du métier chalut d'une sous-flottille permettent de calculer l'attractivité du métier casier à chaque pas de temps. A partir de la structure en coût fixe par sous-flottille et des résultats des métiers casiers et chalut de fond à langoustine, on calculera les indicateurs économiques par sous-flottille.

5.1.4. Scénarios

Deux types de scénarios de changement de techniques de pêche sont testés :

- A. Dans un premier type de scénarios, on suppose que l'ensemble des navires de la flottille chalutière se met à pratiquer le métier de casier à langoustine. Ce type de scénarios permet de mener une analyse coût-bénéfice du passage de l'ensemble de la flottille langoustinière au métier casier et de discuter de la faisabilité d'un tel scénario étant donné notamment la durée de la phase de transition.
- B. Un deuxième type de scénarios décrit le passage du chalut au casier à partir d'un modèle d'allocation dynamique de l'effort de pêche entre les métiers en fonction de la différence de reste à partager par unité d'effort entre les deux métiers. On suppose alors que tous les navires d'une même sous-flottille répondent de la même façon à une différence d'attractivité des métiers en allouant une partie de leur effort de pêche au métier casier, lorsqu'il est plus attractif que le métier chalut. Ce scénario traite seulement l'interaction via le stock entre les deux métiers. L'incompatibilité spatiale entre les deux métiers n'est pas intégrée car elle nécessiterait une spatialisation du modèle qui n'a pas encore été réalisée¹⁰³.

On fera d'autre part différentes hypothèses sur les paramètres utilisés afin de tester les effets des mesures de régulation sur la dynamique de changement d'engin de pêche. Pour chacun de ces scénarios, on testera ainsi la sensibilité des résultats :

(i) à l'hypothèse de **CPUE** retenue

C1 : les CPUE du métier casier dans le golfe de Gascogne sont égales à la moitié des CPUE obtenues à Loch Torridon

¹⁰³ On pourrait supposer dans ce cas que les activités sont exercées dans différentes zones mais que la répartition du stock est parfaitement homogène entre zones. La phase larvaire de la langoustine est relativement longue (6 mois environ) et peut donc laisser supposer une homogénéisation spatiale du recrutement. Mais la vie sédentaire de la langoustine adulte implique en revanche une structure en âge du stock différente entre zones exploitées par des chalutiers et zones exploitées par des caseyeurs.

C2 : les CPUE du métier casier dans le golfe de Gascogne sont égales celles obtenues à Loch Torridon

(ii) Au **prix du gazole**

G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.2751 euros/litre

G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre

(iii) Au **modèle de prix** choisi pour les langoustines pêchées au casier :

P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers

Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier par rapport au modèle à prix constant P1 pour les langoustines pêchées au chalut¹⁰⁴.

Les scénarios suivants sont testés :

		A. Allocation de tout l'effort de pêche au métier casier		B. Allocation dynamique de l'effort de pêche entre métiers	
		C1 : CPUE casier =1/2 CPUE Loch Torridon	C2 : CPUE casier =CPUE Loch Torridon	C1 : CPUE casier =1/2 CPUE Loch Torridon	C2 : CPUE casier =CPUE Loch Torridon
G1 : Prix gazole 2001-2003	P1	A/C1/G1P1	A/C2/G1P1	B/C1/G1P1	B/C2/G1P1
	Prime 3	A/C1/G1Prime3	A/C2/G1Prime3	B/C1/G1Prime3	B/C2/G1Prime3
G2: Prix gazole 2007	P1	A/C1/G2P1	A/C2/G2P1	B/C1/G2P1	B/C2/G2P1
	Prime 3	A/C1/G2Prime3	A/C2/G2Prime3	B/C1/G2Prime3	B/C2/G2Prime3

Tableau 5. 23 : Scénarios de passage du chalut au casier testés.

Nous ne disposons pas de données sur la vitesse de changement de technique qui nous permettraient d'estimer une valeur pour le paramètre α . Une analyse de sensibilité des résultats au paramètre α est donc présentée¹⁰⁵. On testera donc pour les scénarios B, différentes valeurs pour le paramètre α correspondant à différentes vitesses d'adoption du casier à langoustine : $\alpha = 0.005, \alpha = 0.01, \alpha = 0.05, \alpha = 0.1$.

5.2. Résultats des scénarios de passage de l'ensemble des navires de la flottille langoustinière au casier

Dans le cas de l'adoption du casier par toute la flottille langoustinière à partir de 2004, on observe une augmentation de la biomasse de langoustine qui se stabilise autour de 40000 tonnes (Figure 5. 16). Les

¹⁰⁴ Les enquêtes menées par Charles (2001) auprès des pêcheurs de bar de ligne mettaient en évidence une prime de l'ordre de 20-25 francs/ kg en faveur des bars de ligne labellisés par rapport aux bars de chalut.

¹⁰⁵ L'analyse des données de changement de technique de pêche en Ecosse où on assiste à un passage du chalut au casier en réponse à l'augmentation du prix du gazole permettrait de donner un ordre de grandeur à ce paramètre.

captures de langoustines subissent une diminution par rapport au niveau observé en 2001-2003, les quatre années suivant l'adoption du casier. Cette diminution est liée à la différence de diagramme d'exploitation du métier casier par rapport au métier chalut (pression de pêche absente sur les quatre plus jeunes groupes d'âge et faible sur les âges 5 et 6). Les captures se stabilisent ensuite autour de 5000 tonnes, c'est-à-dire proche du niveau de captures initial. Les rejets sont réduits à 0.

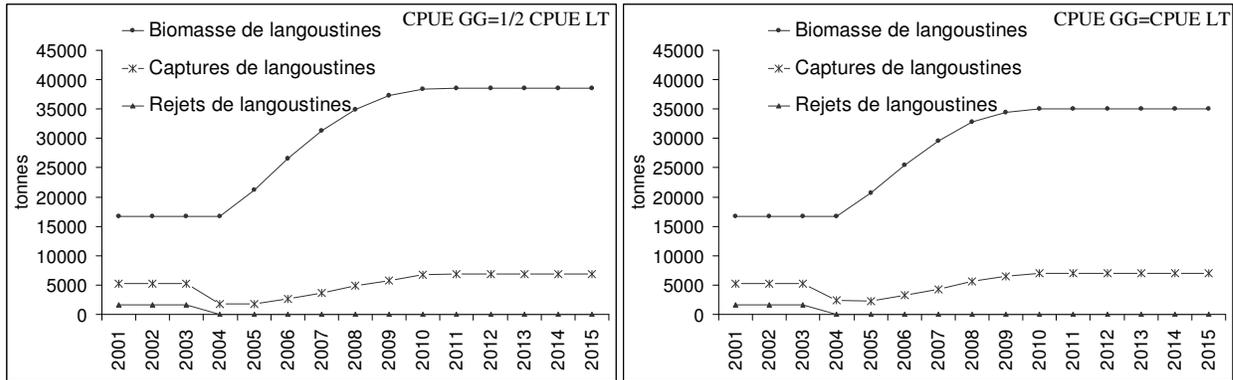


Figure 5. 16 : Evolution de la biomasse, des captures et des rejets de langoustines en tonnes dans le cas du passage de l'ensemble de la flottille langoustinière au métier casier.

La structure de la biomasse de langoustine est modifiée par la survie des plus jeunes âges. De cette modification résulte une augmentation des CPUE de langoustine du métier casier au cours de la période de simulation. La réduction de la mortalité par pêche appliquée par la flottille chalutière langoustinière du golfe de Gascogne sur le merlu, lorsque l'on suppose que les chalutiers se mettent à pratiquer le métier de casier à langoustine, permet une augmentation de la biomasse de merlu et par conséquent des captures totales de merlu (Figure 5. 17).

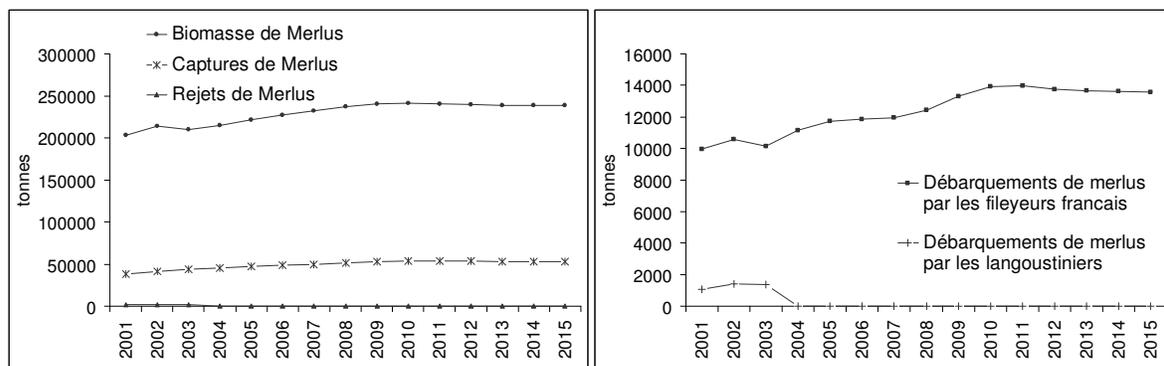
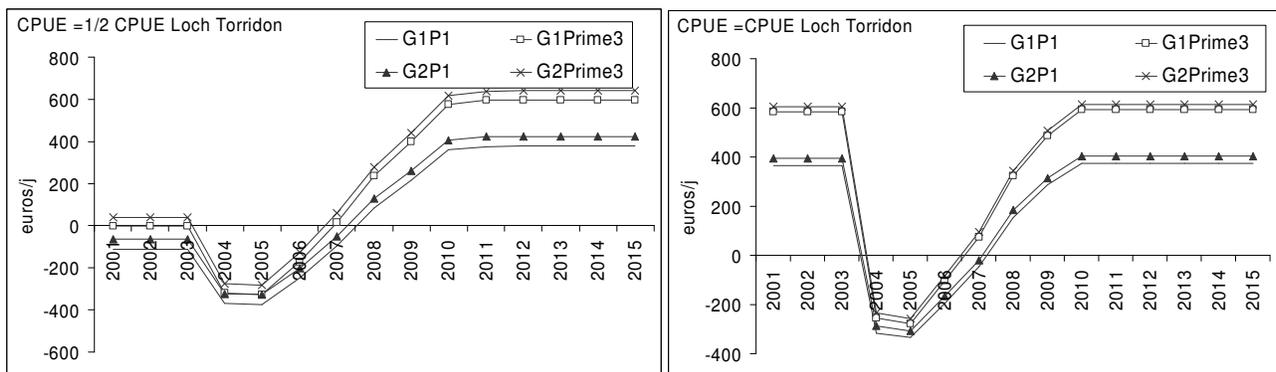


Figure 5. 17 : Evolution de la biomasse, des captures, des rejets de merlu en tonnes (à gauche) et des débarquements de merlu en tonnes des fileyeurs français à merlu et des chalutiers langoustiniers (à droite) dans le cas du passage de l'ensemble de la flottille langoustinière au métier casier.

La différence de reste à partager entre le métier casier et le métier chalut (indicateur de l'attractivité du métier casier) pour les différents scénarios est ensuite analysée. Lorsque les CPUE du métier casier

dans le golfe sont supposées deux fois plus faibles que les CPUE obtenues à Loch Torridon, le casier est initialement plus attractif que le métier chalut seulement dans le cas où l'on suppose une prime au débarquement de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier et lorsque le prix du gazole considéré est celui de 2007 (G2Prime3)(Figure 5. 18). Dans le cas où l'on suppose que les CPUE du métier casier sont les mêmes qu'à Loch Torridon, le casier est initialement plus attractif que le chalut quelles que soient les hypothèses. L'évolution de la différence de reste à partager entre les deux métiers est caractérisée par une période de transition de 4 ans avant que le casier ne devienne plus attractif que le chalut (étant donné la distribution en âge du stock de langoustine dans le golfe et la capturabilité). Cette période correspond à la période de transition nécessaire pour que les jeunes langoustines épargnées par l'arrêt du chalutage atteignent l'âge 5 qui est l'âge de première capture par le casier. L'attractivité du casier augmente ensuite et se stabilise autour de 400 à 800 euros/ jour de mer (différence entre le reste à partager par unité d'effort du casier et du chalut) en fonction du scénario de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE considéré. Cette analyse permet notamment de mettre en évidence le rôle de l'augmentation du prix du carburant comme incitation au changement technique. Une augmentation du prix du carburant creuse en effet la différence de reste à partager entre les deux métiers et accroît ainsi l'attractivité du casier.



G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.2751euros/litre. G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre. P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers. Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier

Figure 5. 18 : Evolution l'attractivité du métier casier par rapport au l'attractivité de référence du métier chalut (moyenne 2001-2003) pour la sous-flottille de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord pour différentes hypothèses de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE.

Les différences de surplus total entre le scénario de passage au casier et le statu quo sont ensuite calculées. A l'échelle de l'ensemble de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne, le calcul du surplus inclut la variation de surplus de l'Etat, des langoustiniers et des fileyeurs français. Ce calcul n'intègre pas la variation de surplus des consommateurs de langoustine. Nous avons supposé un modèle à prix constant. La variation de surplus des autres flottilles qui ciblent ou capturent

accessoirement des espèces capturées par la flottille langoustinière n'est pas non plus prise en compte faute de données disponibles (voir section 2).

Les différences de surplus total par rapport au statu quo pour les différents scénarios de prix des langoustines, prix du gazole et CPUE testés sont présentées pour deux taux d'actualisation, 4% et 10% sur la période 2004-2014 dans le Tableau 5. 24 et pour un taux d'actualisation de 4% sur la période 2004-2014 dans la Figure 5. 19.

Taux d'actualisation	CPUE métier casier=1/2 CPUE Loch Torridon				CPUE métier casier=CPUE Loch Torridon			
	G1P1	G2P1	G1Prime3	G2Prime3	G1P1	G2P1	G1Prime3	G2Prime3
4%	-86	-26	38	94	-71	-30	56	89
10%	-96	-52	-13	27	-82	-52	3	27

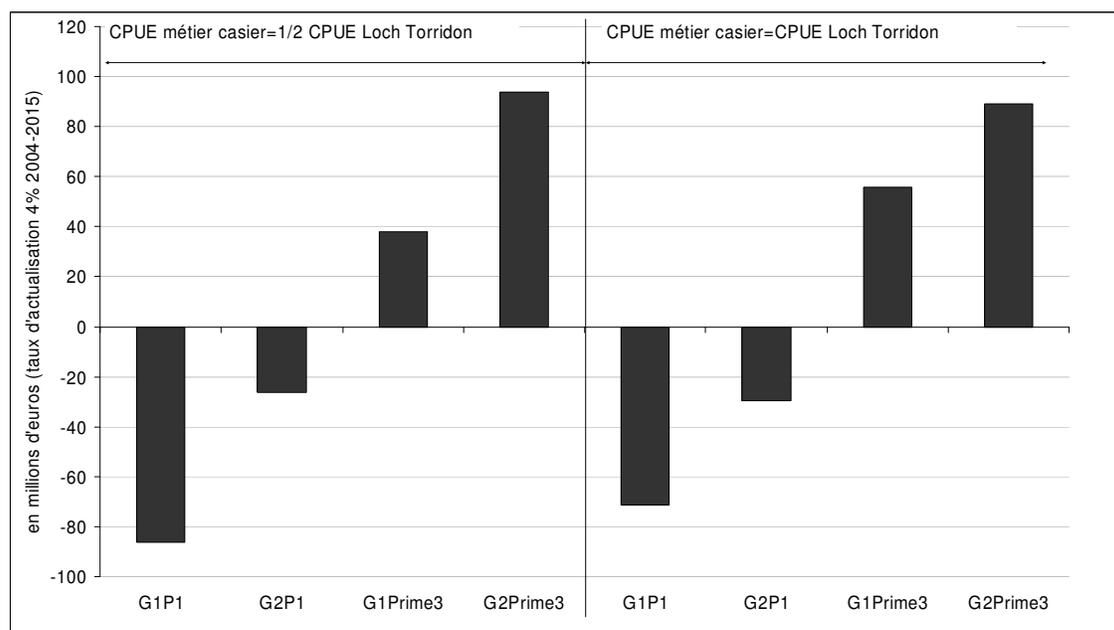
G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.2751euros/litre

G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre

P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers

Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier

Tableau 5. 24 : Différence de surplus total dans le cas de l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne par rapport au statu quo (en millions d'euros actualisation 4% et 10% sur la période 2004-2015) pour différentes hypothèses de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE.



G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.2751 euros/litre. G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre. P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers. Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier

Figure 5. 19 : Différence de surplus total dans le cas de l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne par rapport au statu quo (en millions d'euros, actualisation 4% sur la période 2004-2015) pour différentes hypothèses de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE.

Les résultats indiquent que dans le cas d'un taux d'actualisation de 4%, la différence de surplus total n'est positive que lorsque l'on considère qu'il existe une prime pour les langoustines pêchées au casier par rapport aux langoustines pêchées au chalut (Figure 5. 19). Le bénéfice net de l'adoption du casier est positif pour ces scénarios. Dans le cas d'un taux d'actualisation de 10%, lorsque les CPUE du métier casier sont supposées inférieures à celles de Loch Torridon, la variation de surplus est également négative pour le scénario à prix de gazole 2001-2003 et prime de 3 euros/kg.

L'analyse des variations de surplus des producteurs langoustiniers et des fileyeurs français à merlu permet d'analyser la répartition des bénéfices nets entre les producteurs (Tableau 5. 25).

	CPUE métier casier=1/2 CPUE Loch Torridon				CPUE métier casier=CPUE Loch Torridon			
	G1P1	G2P1	G1Prime3	G2Prime3	G1P1	G2P1	G1Prime3	G2Prime3
Fileyeurs Français à merlu	51	51	51	51	51	51	51	51
Langoustiniers	-127	-67	-9	47	-115	-73	5	38
Producteurs	-76	-16	42	98	-64	-22	56	89

G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.2751 euros/litre

G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre

P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers

Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier

Tableau 5. 25 : Différence de surplus des producteurs (langoustiniers et fileyeurs) dans le cas de l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne par rapport au statu quo (en millions d'euros actualisation 4% sur la période 2004-2015) pour différentes hypothèses sur les CPUE, les prix des langoustines et le prix du gazole.

L'analyse indique que l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière engendre des bénéfices nets positifs pour les fileyeurs à merlu (Tableau 5. 25). Ils profitent de la diminution de la mortalité par pêche appliquée au stock de merlu par les chalutiers langoustiniers. Les bénéfices nets sont en revanche négatifs dans le cas des producteurs langoustiniers lorsque l'on suppose le modèle de prix P1. L'adoption du casier entraînerait une perte de surplus pour les producteurs langoustiniers de 16 à 76 millions d'euros (en supposant un taux d'actualisation de 4% sur la période 2004-2015) par rapport au statu quo. Cette variation de surplus reste inférieure au coût social qu'impliquent les pratiques de rejet de langoustines et merlus par les chalutiers langoustiniers¹⁰⁶. Le bénéfice net est positif pour les producteurs langoustiniers lorsque les langoustines pêchées au casier obtiennent des prix élevés (prime 3 euros/kg) qui permettent de compenser les pertes à court terme, la différence de rendement par rapport au chalut et le manque à gagner lié aux captures accessoires qui participaient pour moitié environ au chiffre d'affaires des chalutiers langoustiniers. L'adoption du casier dans ces circonstances permettrait donc de réduire les impacts économiques engendrés par les rejets de langoustines et merlus et profiterait également aux navires.

¹⁰⁶ Le coût social des rejets de langoustines et merlus par la flottille langoustinière évalué dans la section 2 à 157 millions d'euros en supposant un taux d'actualisation de 4% sur la période 2004-2015.

Ces estimations de variations de surplus entre l'adoption du casier par la flottille langoustinière et le statu quo ne prennent pas en compte les bénéfices de l'adoption du casier pour les autres flottilles qui bénéficieraient d'une diminution de la mortalité par pêche des langoustiniers sur les espèces qu'elles ciblent, ni la variation de surplus des consommateurs. La variation de surplus total prenant en compte ces différents aspects permettrait d'estimer le coût social des productions jointes (rejets et prises accessoires). Le casier à langoustine ne capture en effet que des langoustines au-dessus de la taille minimale de débarquement et n'engendrent pas de captures accessoires ni de rejets morts. Les bénéfices pour la préservation des habitats et de la biodiversité ne sont pas non plus évalués ici. L'estimation du coût social des productions jointes ou du chalutage de fond n'est que partielle. On peut s'attendre, étant donné les rejets engendrés par la flottille langoustinière et les impacts du chalutage de fond sur les écosystèmes, à un coût social élevé du chalutage élevé par rapport au bénéfice de l'adoption du casier.

L'analyse des phases de transition met cependant en évidence que les navires de la flottille langoustinière devraient subir une période de perte importante dans le cas d'une adoption du casier. Les pertes engendrées par le changement technique ne paraissent pas compatibles avec la viabilité des entreprises. Dans ce contexte, on pourrait envisager que le changement technique fasse l'objet d'aides justifiées par le coût social des pratiques des chalutiers de fond. Les écolabels peuvent d'autre part jouer un rôle essentiel du point de vue des incitations économiques au changement d'engin de pêche. Enfin, l'augmentation des coûts de carburant devrait inciter à envisager des techniques de pêche alternatives moins consommatrices de carburant comme le casier.

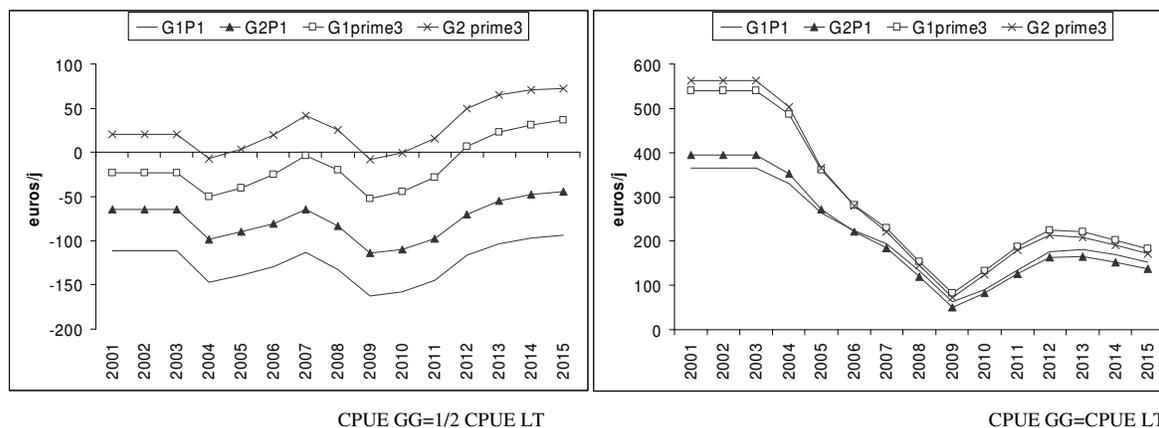
5.3. Résultats des scénarios d'allocation dynamique de l'effort de pêche entre les métiers chalut et casier

On suppose dans ces scénarios que le changement d'engin de pêche suit le modèle d'allocation dynamique de l'effort de pêche entre métiers décrit dans la section 5.1.2. L'effort de pêche est alloué au métier casier est fonction de la différence d'attractivité du casier par rapport au chalut. Le nombre de jour de mer total par navire est constant, seule la répartition de ces jours de mer entre les métiers varie. Initialement, la différence de reste à partager par unité d'effort moyenne 2001-2003 entre le casier et le chalut avec les paramètres par défaut est en faveur du chalut (Tableau 5. 26).

Classe de nombre d'hommes à bord	Flottille langoustinière Sud-Bretagne					Flottille langoustinière autres régions				
	[1;2]	]2;3]	]3;4]	]4;5]	]5; [	[1;2]	]2;3]	]3;4]	]4;5]	]5; [
Sous-flottille	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
RAP chalut	590	934	1222	1506	2165	767	1203	1274	1666	1787
RAP casier	478	675	898	1096	1310	468	685	863	1102	1441
Δ RAP casier-chalut	-111	-260	-325	-410	-855	-299	-517	-411	-563	-346

Tableau 5. 26 : Reste à partager par jour de mer par navire moyen par sous-flottille et par métier (RAP), moyenne 2001-2003 et différence de reste à partager casier-chalut. Modèle de prix constants P1, CPUE casier golfe de Gascogne=1/2 CPUE casier Loch Torridon.

L'analyse de l'évolution de la différence de reste à partager entre le métier casier et le métier chalut dans le cas des différents scénarios est présentée dans la Figure 5. 20, pour $\alpha=0.005$ (voir annexe 5.11 pour $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$, $\alpha=0.1$). Les résultats indiquent que dans le cas des scénarios supposant que les CPUE obtenues par le métier de casier à langoustine dans le golfe de Gascogne sont deux fois moins élevées qu'à Loch Torridon, le métier casier devient plus attractif que le métier chalut seulement lorsque l'on suppose une prime au débarquement de 3 euros par kg pour les langoustines pêchées au casier (Figure 5. 20).



G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.275 leuros/litre

G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre

P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers

Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier

Figure 5. 20 : Evolution de la différence de reste à partager par jour de mer du métier casier par rapport au reste à partager par jour de mer du métier chalut pour la sous-flottille de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord pour $\alpha=0.005$ et pour différentes hypothèses sur les CPUE du casier.

Lorsque l'on suppose que les CPUE obtenues par le métier de casier à langoustine dans le golfe de Gascogne sont les mêmes qu'à Loch Torridon, le métier casier est plus attractif que le métier chalut quel que soit le scénario envisagé. L'évolution des différences de reste à partager par unité d'effort entre les deux métiers fait apparaître des oscillations qui correspondent aux variations d'effort de pêche par métier. L'évolution du nombre de jours de mer alloué au métier casier par l'ensemble des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne est représentée dans les figures 21 et 22 pour différentes valeurs de α et différentes hypothèses de modèles de prix et de CPUE du métier casier.

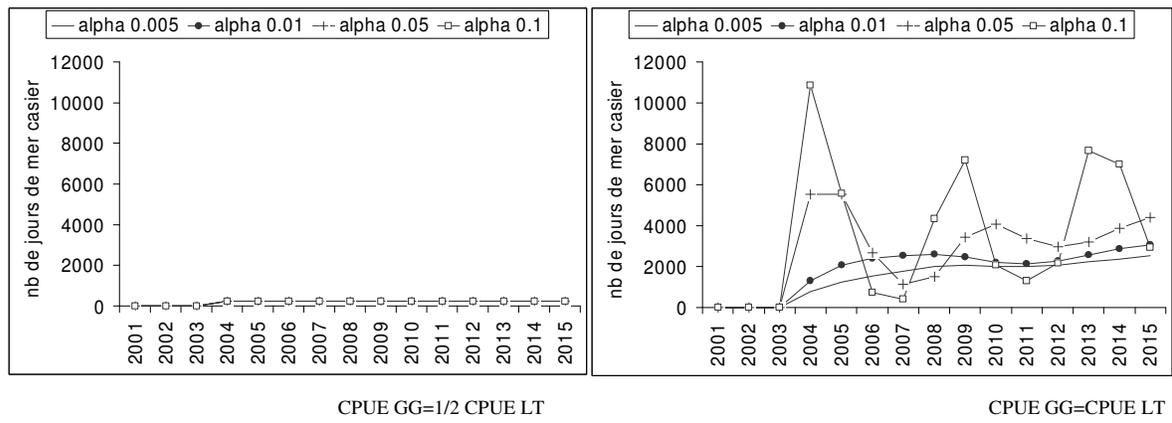


Figure 5. 21 : Evolution du nombre de jour de mer alloué par la flottille langoustinière au métier de casier à langoustine pour le scénario G1P1 (prix de gazole 2001-2003 et prix des langoustines constants et identiques quel que soit le métier) et pour différentes hypothèses de CPUE du casier.

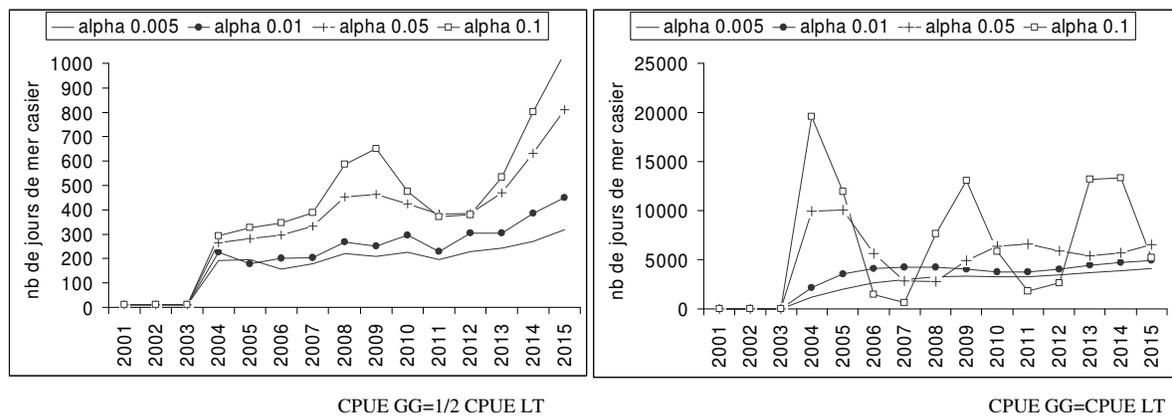
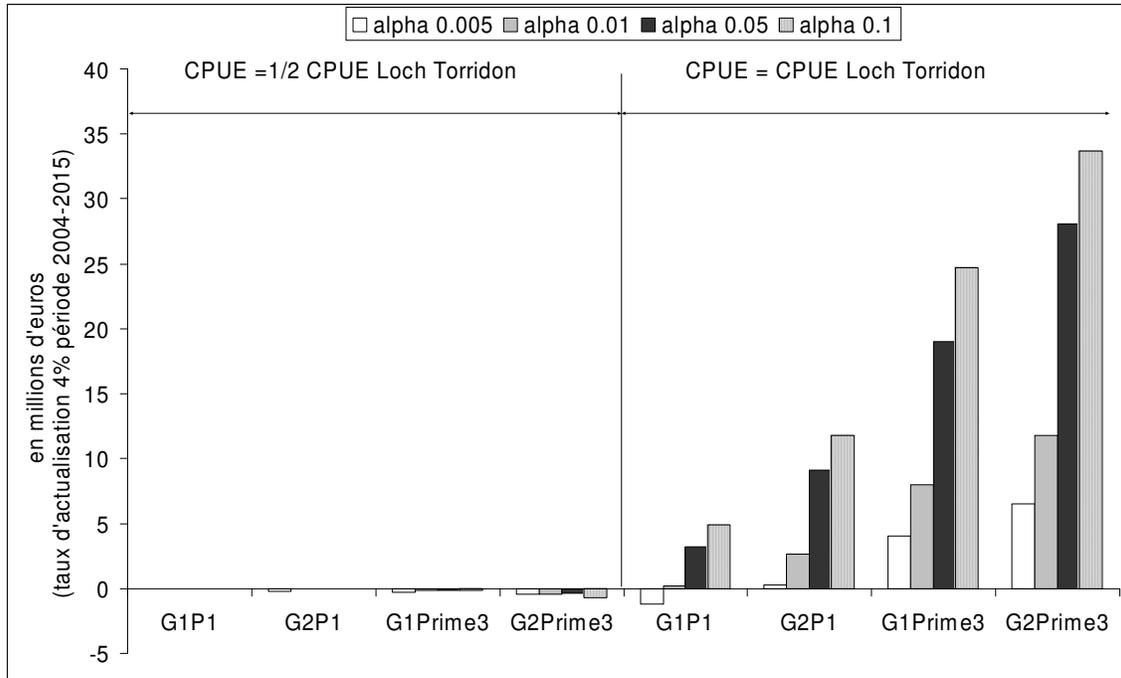


Figure 5. 22 : Evolution du nombre de jour de mer alloué par la flottille langoustinière au métier de casier à langoustine pour le scénario G2Prime3 (prix de gazole 2007 et prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier) et pour différentes hypothèses de CPUE du casier.

Dans les scénarios proposés, les deux métiers ont accès au même stock de langoustine mais le métier chalut prélève les jeunes individus et le métier casier prélève les individus plus âgés. Lorsque le casier devient plus attractif que le chalut, une partie des jours de mer est alloué l'année suivante au métier casier suivant le modèle d'allocation dynamique de l'effort de pêche. Cette redistribution de l'effort diminue la mortalité par pêche totale sur le stock de langoustines et permet la survie des jeunes individus recrutés. La survie de ces individus profite ensuite au métier du chalut dont les captures par unité d'effort augmentent sur les jeunes âges ce qui augmente également le reste à partager et rend le chalut de nouveau plus attractif que le casier. Dans le cas d'une allocation dynamique de l'effort de pêche entre métier, étant donné le diagramme d'exploitation de la langoustine par le métier chalut, une partie des bénéfices de la réduction de la mortalité du à un passage du chalut au casier est récupérée par le métier chalut qui devient alors plus attractif. Selon la valeur du paramètre α , les oscillations sont plus ou moins importantes et l'équilibre de la répartition des jours de mer par métier est atteint plus ou moins rapidement.

Lorsque la différence de reste à partager par unité d'effort engendre des variations de l'allocation de l'effort de pêche par métier, on observe des oscillations dans l'allocation de l'effort et non une adoption progressive de la technique de pêche alternative jusqu'à un équilibre. Il s'agit probablement d'un artefact dû au modèle un peu simpliste d'anticipation extrapolative et au fait que le coût de la reconversion n'est pas pris en compte. Néanmoins Sampson (1992), décrit les mêmes dynamiques dans le cas où il suppose deux technologies de production, une technologie active ou art traînant (le chalut) et une technologie passive ou art dormant (la palangre). Initialement l'engin traînant dégage le plus de profit mais au fur et à mesure que la biomasse décline, l'engin dormant devient plus profitable et on assiste à une mutation des arts traînant vers les arts dormants. La biomasse se reconstitue et on assiste alors à un deuxième changement de technique de pêche : un retour vers le chalut. L'analyse du progrès technique montre que la diffusion d'une nouvelle technologie ou l'évolution de la proportion d'entreprises qui adoptent une nouvelle technologie peut être décrite par une courbe logistique (Stoneman, 1983). Le développement de la nouvelle technologie initialement lent s'accélère lorsque la supériorité de la nouvelle technologie devient plus évidente. Dans le cas de la technologie de pêche, Sampson montre que l'attractivité relative d'une technologie de pêche est très dépendante de l'abondance du stock qui dépend lui-même du taux de prélèvement de chacune des technologies ce qui explique les oscillations observées dans la diffusion de la technologie.

L'analyse des variations de surplus total dans le cas des différents scénarios d'allocation de l'effort de pêche entre le métier de casier à langoustine et le métier de chalutage de fond à langoustine testés (Figure 5. 23) montre que le bénéfice net du changement technique est positif pour les scénarios qui supposent que les CPUE du métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne sont les mêmes qu'à Loch Torridon.



G1 : prix du gazole 2001-2003 : 0.2751 euros/litre

G2 : prix 2007 : 0.4897 euros/litre

P1 : même modèle de prix des langoustines pour les deux métiers

Prime3 : prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier

Figure 5. 23 : Variations de surplus total pour différents scénarios d'allocation dynamique de l'effort par métier. Actualisation 4 % sur la période 2004-2015 en millions d'euros.

L'analyse des dynamiques d'allocation de l'effort de pêche entre métiers met en évidence des oscillations dues aux différences de diagrammes d'exploitation entre les deux métiers. L'analyse montre d'autre part que les incitations au changement technique dépendent essentiellement des CPUE que permet d'obtenir l'utilisation du casier à langoustine par rapport aux CPUE du chalut. Ces résultats soulignent donc la nécessité de garantir des rendements suffisants du casier à langoustine dans le golfe de Gascogne pour que celui-ci soit attractif par rapport au chalut. Les CPUE du métier casier à langoustine dépendent également de la structure du stock. Dans le cas d'une coexistence des deux activités casier et chalut, les jeunes individus sont capturés par le chalut et affectent ainsi les CPUE du métier casier en diminuant la survie des jeunes langoustines. D'autre part, la coexistence d'engins traînants et dormants dans les mêmes zones pose des problèmes de conflits d'usage. Les caseyeurs subissent ainsi des coûts d'engin plus importants induits par la destruction des casiers par l'activité de chalutage. L'existence d'une aire réservée à l'utilisation du casier permettrait de favoriser la survie des jeunes langoustines et ainsi d'obtenir des CPUE plus importantes pour le métier de casier à langoustine. Elle réduirait d'autre part les problèmes liés à l'incompatibilité spatiale des deux

activités. L'augmentation du prix du gazole devrait d'autre part contribuer à une mutation vers des techniques de pêche moins consommatrice d'énergie.

6. Discussion et conclusions du chapitre 5

L'estimation du coût social des rejets de langoustine et merlu sous-taille par la flottille chalutière langoustinière menée dans ce chapitre met en évidence les coûts externes subies par les flottilles merlutières et pose la question des possibilités de négociation et des échanges de droits de captures entre flottilles langoustinières et merlutières. La faible sélectivité et l'absence de droits de propriété clairement définis rendent les systèmes d'échanges de droits difficilement applicables. Selon les droits de propriété initiaux, deux situations peuvent se présenter. Si l'on suppose que les flottilles merlutières possèdent les droits de capture de merlu, la flottille langoustinière devrait racheter des droits de capture de merlu pour pouvoir exercer son activité. On peut imaginer que la flottille langoustinière doive également racheter les droits de capture des espèces accessoires aux flottilles qui ciblent ces espèces. Si l'on suppose que les navires langoustiniers possèdent des droits de capture sur le merlu, les navires des flottilles merlutières auraient intérêt à racheter une partie des droits de pêche des langoustiniers pour limiter leur activité compte tenu des coûts externes engendrés par l'activité des langoustiniers sur les flottilles merlutières. Ils devraient cependant compenser les pertes des autres espèces capturées par les navires langoustiniers. La possibilité d'un marché de droit à l'échelle du golfe de Gascogne paraît difficilement envisageable.

Outre l'amélioration de la sélectivité à technique de production identique, une solution pour diminuer les conséquences des productions jointes et faciliter la gestion est l'adoption d'un engin de pêche alternatif ne produisant pas de productions jointes (y compris environnementales non quantifiées dans cette thèse) et dont la sélectivité est observable. L'exemple de la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon (Ecosse) présenté dans ce chapitre permet d'analyser les mécanismes d'incitation au changement d'engin et les conditions de viabilité d'une activité de pêche sélective et respectueuse de l'environnement. Plusieurs facteurs ont contribué au développement de cette pêcherie : la réservation d'une zone aux casiers, la mise en place d'un écolabel qui incite au respect des mesures de gestion et le système de vivier qui garantit des prix stables. Les conditions d'attractivité d'un métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne par rapport au métier de chalutage de fond à langoustine ont été discutées en tenant compte des coûts variables par métier et de différentes incitations économiques types écolabel, écotaxe ou zone réservée au casier. Les effets d'un changement technique et de la pratique du métier casier à langoustine par toute ou partie de la flottille langoustinière à la place du métier chalutage de fond à langoustine ont été analysés.

L'analyse coût-bénéfice de l'adoption du casier par les navires de la flottille langoustinière permet d'estimer le coût social des productions jointes d'engins de pêche peu sélectifs. L'analyse souligne cependant les pertes à court terme qu'infligerait un tel changement technique. La période de transition de quatre à cinq ans correspond à la durée de reconstitution du stock de langoustines. Dans un contexte d'augmentation des coûts de carburant, les débats sont lancés sur les modes d'exploitation alternatifs permettant de réduire la consommation d'énergie. Compte tenu du coût social des productions jointes du chalut de fond, la question des aides à la reconversion vers une technique de pêche alternative se pose. Une aide transitoire à la reconversion vers des techniques de pêche moins consommatrice de carburant et engendrant des coûts externes limités pourrait être envisagée dans ce contexte. Elle permettrait de promouvoir certains modes d'exploitation plus sélectifs peu attractifs compte tenu des rendements attendus les premières années, des conditions économiques et des coûts d'engin et de changement de pratique.

Les résultats de l'analyse coût-bénéfice d'un changement technique dans le cas d'une allocation dynamique de l'effort entre métiers, soulignent que l'adoption du casier dans la cas d'une cohabitation des deux métiers paraît difficile. Le modèle d'allocation de l'effort de pêche par métier utilisé est très simplifié. Il pourrait être complexifié en utilisant des modèles de choix discret (Vermard, 2007) pour permettre de mieux prendre décrire les comportements de choix technique. L'analyse des dynamiques d'allocation de l'effort entre les métiers chalut et casier dans le cas où les deux métiers cohabitent rend la propagation de l'utilisation du casier difficile même dans le cas d'incitations type écolabel sur les langoustines pêchées au casier. L'analyse des incitations économiques permettant de rendre la pratique du casier attractive montre qu'il faut atteindre des primes au débarquement très importantes pour les langoustines pêchées au casier pour que le casier devienne plus attractif que le chalut. La pratique des deux activités dans les mêmes zones poserait d'autre part des problèmes d'encombrements et compétition d'usage. Les chalutiers risqueraient d'infliger des coûts d'engin importants aux caseyeurs.

Ces éléments montrent que le choix d'une technique de pêche sélective doit être initié par une combinaison de mesures incitatives et de mesures de régulation. Une gestion spatialisée et des incitations économiques fortes pourraient permettre de promouvoir et diffuser des techniques de pêche sélectives et d'améliorer les rendements de techniques de pêche alternatives. La recherche en technologie des pêches doit également permettre de mettre au point des engins de pêche alternatifs performants. Des essais casier ont déjà été entrepris dans le Cap Breton (Morandeau, 2007). La mise en place d'un réseau d'aire marine protégées, requis par les engagements pris au Sommet mondial sur le Développement Durable, peut favoriser le changement d'engin de pêche et inciter à adopter des engins de pêche compatibles avec le statut d'aire marine protégée. L'augmentation des coûts de carburant constitue d'autre part une incitation économique.

La gestion des pêches par réservation de zone (dont une revue de littérature est proposée dans Alban, 2003) pose cependant la question du report d'effort dans d'autres zones qui n'est pas abordée ici (Holland et Sutinen, 1999). On ne considère pas non plus les effets réserves et migration qui pourraient profiter à d'autres pêcheries. Les bienfaits du casier sont également à nuancer et nécessiteraient d'étudier également les implications de changement de métier en termes de travail à bord et de considérer le problème de la pêche fantôme. Il existe d'autre part des casiers dont la sélectivité est plus faible que celle observée dans le cas des casiers à langoustines. Il peut donc exister des rejets avec la pêche au casier. Les captures de crustacés au casier rejetées ont un taux de mortalité généralement faible mais dans le cas de nasses à poissons en revanche, le taux de mortalité peut être plus important.

Enfin, le changement technique ne résout pas la question de la régulation de l'accès. L'adoption de techniques de pêche plus sélectives doit s'accompagner de mesures de régulation de l'accès. Dans le cas de techniques sélectives, les systèmes de régulation basés sur des droits de captures semblent applicables.

Conclusion générale

Cette thèse traite du problème des productions jointes et externalités dans le secteur de la pêche en s'appuyant sur l'exemple de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne et sur une analyse comparative avec la pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon (Ecosse). Cette thèse vient donc compléter la réflexion menée sur l'aménagement des pêcheries en analysant les difficultés de la gestion des pêches dans un contexte de productions jointes sous l'angle économique et bio-économique. Le terme de productions jointes est plus large que les seules captures d'individus d'espèces commercialisables non ciblés (débarqués ou rejetés) auxquels nous avons limité l'analyse. Il inclut également les productions jointes environnementales correspondant à l'impact sur les habitats et la biodiversité qui ne sont pas traités dans cette thèse en raison du manque de données et de la complexité de leur analyse. Le terme de productions jointes recouvre donc les différents aspects de la problématique d'amélioration de la sélectivité et de changement technique de pêche vers des techniques de pêche plus durables du point de vue individuel et collectif¹⁰⁷.

L'analyse des processus de production utilisant des engins de pêche peu sélectifs menée dans la **première partie** de la thèse à partir de l'exemple de la pêcherie chalutière langoustinière du golfe de Gascogne, souligne la complexité des processus de productions jointes et l'intérêt de leur analyse pour la gestion des pêches. L'originalité méthodologique qui consiste à décomposer la fonction de production en une fonction de capture et une fonction de tri permet de mieux comprendre les échelles de décision et de caractériser les techniques de production qui mènent aux productions jointes. Les différents niveaux de variabilité des productions jointes correspondant au choix économique relevant de la stratégie de capture et de la stratégie de tri sont soulignés.

La caractérisation de la pêcherie chalutière langoustinière dans le **premier chapitre** souligne la variabilité inter-annuelle et intra-annuelle des techniques de productions mises en œuvre et la variabilité spatio-temporelle des productions inter-spécifiques et intra-spécifiques résultantes. Ce chapitre a permis de mettre en évidence que toutes les productions de la flottille langoustinière ne sont pas jointes (les mêmes espèces peuvent être capturées au cours de processus de production distincts) et qu'il existe une certaine maîtrise spatio-temporelle des productions jointes. L'ambiguïté de la notion

¹⁰⁷ Toutefois, il ne faut pas oublier que dans un contexte économique, institutionnel et environnemental changeant, la faible sélectivité interspécifique ou la polyvalence sont des pratiques rationnelles qui permettent de minimiser les risques dus à de faibles recrutements, de faibles prix ou un moratoire sur un des stocks ciblés. La pratique du casier à langoustine, très sélectif par rapport à la taille et à l'espèce, correspond dans ce contexte à un changement de technique risqué.

d'espèce (ou catégorie) cible et d'espèce accessoire est également illustrée par l'analyse des productions : selon les conditions d'exploitation, une catégorie peut être ciblée volontairement ou capturée accessoirement. L'ambiguïté vient également du fait que dans ce type de pêcherie mixte, l'espèce principalement ciblée ne représente qu'une partie seulement du chiffre d'affaires, le reste du chiffre d'affaires étant constitué de productions jointes désirées plus ou moins opportunistes. Une des limites de l'analyse a été que les productions jointes non désirées (les rejets) de la flottille langoustinière sont mal connues. Le problème de productions jointes existe cependant même en l'absence de rejet. Ce chapitre souligne la nécessité du repérage des productions jointes pour la réflexion sur les modes de gestion du problème des productions jointes. Du point de vue de l'aménagement des pêcheries, l'existence ou non d'une marge de manœuvre spatio-temporelle permettant de maîtriser en partie les productions jointes est essentielle.

La question des comportements de tri et des productions jointes non désirées est abordée dans le **deuxième chapitre**. L'analyse empirique des facteurs de rejet a mis en évidence un motif de rejet non pris en compte explicitement dans la littérature microéconomique : le tri des captures. La formalisation du modèle de comportement de tri présenté prend en compte cette dimension importante de l'effort de production qu'est l'effort de tri des captures à bord dans le cas d'engins de pêche peu sélectifs. Le modèle microéconomique de tri aborde les productions jointes désirées et non désirées comme les résultantes d'un tri. Le modèle est décrit successivement à très courte période (à captures exogènes) et à courte période (à capture endogène et stock exogène). Nous montrons ainsi qu'une augmentation des coûts de l'effort de pêche relativement aux coûts de tri incite à allouer davantage d'effort au tri et qu'une augmentation de la taille minimale de débarquement peut augmenter les rejets de catégories commerciales. L'analyse des comportements de tri et des incitations à rejeter dans le cas de différentes contraintes montre qu'il est nécessaire de prendre en compte les modifications de comportements de tri dans l'analyse des impacts de mesures de gestion.

La **deuxième partie** de la thèse s'intéresse à l'analyse bio-économique de mesures de gestion permettant de limiter les productions jointes. L'analyse théorique de la rentabilité sociale et privée de la sélectivité et de l'équilibre optimal de la pêcherie menée dans le **chapitre 3** permet de discuter la substitution ou complémentarité entre sélectivité et effort. Nous montrons que pour de faibles niveaux d'effort, la technique non sélective est optimale et que dans une pêcherie gérée de façon optimale, une augmentation des coûts de l'effort de pêche incite à adopter une technique de pêche peu sélective. Nous mettons d'autre part en évidence que la sélectivité lorsqu'elle n'est pas observable induit des comportements de passagers clandestins lorsque le nombre de pêcheurs dépasse un certain seuil. Dans le cadre d'un jeu non coopératif, les pêcheurs sont alors incités à adopter la technique non sélective même si la sélectivité est socialement bénéfique. Ces comportements expliquent que les mesures de sélectivité se soient souvent traduites par des contournements, facilement réalisables compte tenu de la

difficulté et du coût du contrôle des engins de pêche. D'un point de vue social en revanche, pour des niveaux d'effort dépassant un certain seuil, l'amélioration de la sélectivité est évidente. Elle permet d'une part de faciliter la gestion et d'autre part de limiter les conséquences économiques liées aux productions jointes.

Les chapitres 4 et 5 présentent les résultats d'analyses coût-bénéfice de deux types de mesures de gestion permettant de limiter les conséquences économiques des productions jointes de la flottille chalutière langoustinière: une amélioration de la sélectivité et l'adoption du casier comme une technique de pêche alternative au chalut (en s'inspirant de l'expérience de la pêcherie au casier de Loch Torridon). Les applications numériques s'appuient sur un modèle bio-économique de simulation structuré en âge pour la dynamique des stocks, multi-spécifique, multi-flottille et multi-métier développé dans le cas de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne. Les phases de transition et les vitesses d'ajustement des différentes composantes du système ont été caractérisées. La distinction de plusieurs sous-flottilles homogènes du point de vue de la structure de leurs recettes et coûts permet de mieux apprécier les effets distributifs des mesures de gestion entre les différentes sous-flottilles. Elles permettent également de discuter de l'opportunité de mesures d'aide transitoire (ou non) à la reconversion dans le cas d'un changement technique vers une technique de pêche alternative. Cependant, les résultats obtenus dans le cas de scénarios de passage au casier sont très sensibles aux hypothèses que nous avons dû faire sur les capturabilités aux âges. Les essais de pêche au casier à langoustines menés par l'IFREMER dans le golfe de Gascogne (Morandeau, 2008) devraient permettre de préciser les hypothèses de CPUE.

Enfin, une des difficultés de l'analyse bio-économique de scénarios de gestion a été l'estimation de modèles de formation des prix par catégorie commerciale pour la langoustine. Nous nous sommes heurtés à l'hétérogénéité des appellations selon la criée de débarquement et l'année, et à la difficulté d'établir la correspondance entre les catégories définies et les groupes d'âges. Un recodage des catégories pour les années 2001 à 2003 a permis d'améliorer la qualité des données, mais les données disponibles n'ont pas permis d'estimer un modèle de prix correct. Nous avons donc présenté les résultats pour trois modèles de prix estimés par catégorie (grosses et petites langoustines): un modèle à prix constant, un modèle à élasticité simple et un modèle à élasticité croisée entre catégories. Cela limite donc la portée des analyses de variations de surplus des consommateurs présentées dans cette thèse. Dans le cadre de l'ANR Chaloupe, des analyses économétriques plus complètes sont menées sur la formation des prix pour la langoustine et le merlu qui devraient permettre de préciser ces aspects.

Les analyses coût-bénéfices menées à partir de ce modèle de simulation donnent une estimation *a minima* du coût social des rejets et du coût social de l'utilisation d'un engin de pêche peu sélectif, tel que le chalut. L'analyse s'est centrée sur les productions jointes de langoustines et merlus, dont les dynamiques de stocks ont pu être endogénéisées et pour lesquelles nous avons pu modéliser tout ou

partie des flottilles qui impactent ces stocks (non prise en compte des fileyeurs espagnoles). Les productions jointes de type environnemental et les impacts indirects via le réseau trophique de la mortalité par pêche sur les espèces non commercialisables n'ont pas été prises en compte

Le modèle bio-économique développé a permis d'endogénéiser plusieurs types de comportements :

- (i) des comportements d'investissement se traduisant par l'augmentation de la capturabilité
- (ii) des comportements de rejet décrits à l'échelle du trait, mais supposés homogènes au sein des flottilles
- (iii) des comportements d'allocation de l'effort par métier dans le cas des navires de la flottille langoustinière, qui peuvent allouer leur effort entre le métier casier à langoustine ou chalutage de fond à langoustine en fonction de la marge sur coût variable par métier.

L'intégration des comportements des pêcheurs est un enjeu fondamental pour l'analyse des conséquences économiques de mesures de gestion. La réponse des pêcheurs aux mesures de gestion peut en effet affecter leur efficacité (Copes, 1997) et le fait de ne pas intégrer les réponses des pêcheurs est source d'incertitude pour la gestion des pêches (Little *et al.*, 2004). Le développement de modèles de comportement couplés à des modèles bio-économiques est donc essentiel pour comprendre et prévoir les conséquences de mesures de gestion et être en mesure de mettre en place un système de gestion des pêches efficace (Wilén, 1979). La prise en compte des comportements d'investissements a permis de montrer que les mesures techniques d'amélioration de la sélectivité, si elles contribuent à préserver la biodiversité et rendent le processus de production plus précis, ne résolvent pas cependant la question de la régulation de l'accès. Elles doivent être complétées par des mesures de régulation de l'accès aux ressources pour éviter la dissipation de la rente. L'endogénéisation des choix d'allocation d'effort par métier dans le chapitre 5 permet de décrire les dynamiques de changement de métier en fonction de différentes incitations économiques et du contexte institutionnel, plus ou moins favorables au changement technique. Parmi ces mécanismes favorisant le recours à des modes de pêche alternatifs, outre les subventions dont les méfaits sont bien connus et la tendance à long terme de renchérissement du prix du carburant, l'écolabel peut permettre d'augmenter le prix unitaire par catégorie et d'inciter à des pratiques soutenables (e.g. Charles et Boude, 2004). La constitution de « zones réservées » à ces nouveaux modes d'exploitation plus sélectifs devrait également permettre d'apporter une solution au problème d'incompatibilité spatiale de la pratique du chalut et du casier à langoustines dans les mêmes zones, soit en raison des effets stocks, soit en raison de l'encombrement de l'espace. Cette orientation vers une gestion spatialisée des pêches est intéressante à double titre. Tout d'abord, elle est complète la perspective de gestion écosystémique des pêches avec la prise en compte des productions jointes de type environnemental. En outre, elle va dans le même sens que les engagements pris par la France, tant au niveau national qu'international, en faveur de la constitution d'un réseau d'aires marines protégées (voir par exemple la déclaration de Boulogne, en janvier 2008)

et concrétisés par la création de l'Agence des Aires Marines Protégées. Cependant, la gestion par fermeture de zone (ou réservation de zone) est à nuancer, du fait des risques de reports d'effort et des concentrations de l'effort de pêche qui peuvent ne pas être préférables à un effort plus dilué et doivent donc être anticipés.

Si l'on peut souligner l'intérêt de la mise en place de mécanismes incitatifs susceptibles de modifier la dynamique des facteurs de productions et les techniques de pêche, il faut néanmoins se garder de présenter la substitution des techniques de pêche comme la solution de gestion des productions jointes de toutes sortes. Dans le cas du casier, les méfaits de la pêche fantôme ont été soulignés dans d'autres pêcheries (Al-Masroori *et al.*, 2004. Brown et Macfadyen, 2007). D'autre part, le changement technique ne résout pas la question de la régulation de l'accès et des problèmes d'encombrement. Dans un contexte de stocks chevauchants et de pêcheries internationales, la mise en place de droits de captures individuels, transférables nécessiterait qu'un grand marché d'échange soit possible. La mise en place d'un système de droit pose également la question de l'allocation initiale des droits qui nous ramène à la discussion de Coase (1960) sur les droits de propriété.

Bibliographie

- Adley, J., 2007. *Aspects of sustainability of creel fishing for Norway Lobster, Nephrops norvegicus (L.), on the west coast of Scotland*. PhD, University of Glasgow:474 p.
- Agardy, T., 2000. Effects of fisheries on marine ecosystems: a conservationist's perspective. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3): 761-765.
- Ainsworth, C.H. and Sumaila, U.R., 2005. Intergenerational valuation of fisheries resources can justify long-term conservation: a case study in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 62: 1104-1110.
- Al-Masroori, H., Al-Oufi, H., McIlwain, J.L. and McLean, E., 2004. Catches of lost fish traps (ghost fishing) from fishing grounds near Muscat, Sultanate of Oman. *Fisheries Research*, 69(3): 407-414.
- Alban, F., 2003. *Contribution à l'analyse économique des aires marines protégées. Applications à la rade de Brest et à la mer d'Iroise*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest:298 p.
- Alvarez, A. and Orea, L., 2001. *Different Approaches to Model Multi-Species Fisheries Using a Primal Approach*. Efficiency Series Paper 3/2001., Department of Economics, University of Oviedo:21 p.
- Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A. and Pope, J.G., 1994. *A global assesment of fisheries bycatch and discards*. FAO Fisheries Technical Paper, 339, FAO, Rome: 233 p.
- Anderson, L.G., 1994. An economic analysis of highgrading in ITQ fisheries regulation programs. *Marine Resource Economics*, 9: 209-226.
- Anon., 1998. *Assessment of Nephrops stocks in the Loch Torridon area*. Report for the Scottish Natural Heritage and the Minch Project, Fisheries Research Services, Marine Laboratory Aberdeen:38 p.
- Arnason, R., 1994. On catch discarding in fisheries. *Marine Resource Economics*, 9: 189-207.
- Arnason, R., 1995. On selectivity and discarding in an ITQ fishery. *Proceeding of the Fifth European Association of Fisheries Economists' Bioeconomic Modelling Workshop*, Edinburgh: 13 p.
- Arrow, K.J., Cropper, M.L., Eads, G.C., Hahn, R.W., Lave, L.B., Noll, R.G., Portney, P.R., Russell, M., Schmalensee, R., Smith, V.K. and Stavins, R.N., 1996. Policy Forum on benefit-cost analysis. *Science*, 272(no. 5259): 221 - 222.
- Baulch, K. and Pascoe, S., 1992. *Bycatch managment options in the South East fishery*. ABARE Research Report, 92/18, ABARE, Canberra:50 p.
- Bergmann, M. and Moore, P.G., 2001. Survival of Decapod crustaceans discarded in the Nephrops fishery of the Clyde Sea area, Scotland. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 163-171.

- Bergmann, M., Wieczorek, S.K., Moore, P.G. and Atkinson, R.J.A., 2002. Discard composition of the Nephrops fishery in the Clyde Sea area, Scotland. *Fisheries Research*, 57(2): 169-183.
- Berkes, F., Feeny, D., McCay, B.J. and Acheson, J.M., 1989. The benefits of the Commons. *Nature*, 340: 391-393.
- Berthou, P., Daurès, F., Guyader, O., Leblond, E., Merrien, C., Demanèche, S. and Jézéquel, M., 2003. *Typologies des flottes de pêche : Méthodes Ifremer-SIH*. Rapport interne Ifremer DRV/SIH/n°4/082003, IFREMER, Brest:26 p.
- Bertignac, M. and de Pontual, H., 2007. Consequences of bias in age estimation on assessment of the northern stock of European hake (*Merluccius merluccius*) and on management advice. *ICES Journal of Marine Science*, 64(5): 981-988.
- Beverton, R.J.H. and Holt, S.J., 1957. *On the dynamics of exploited fish populations*. Fishery Investigations, 2 (19), HMSO, Londres: 533 p.
- Biseau, A. and Gondeaux, E., 1988. Contribution of methods of organisation to typology of fishing fleets. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 44(3): 286-296.
- Biseau, A., Maguer, C. and Sanz-Aparicio, C., 1999. *Pêcheries bigoudènes, bilan des connaissances*, IFREMER:107 p.
- Boncoeur, J., 2003. Le mécanisme de la surexploitation des ressources halieutiques. In L. Laubier (ed), *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes*, Rapport sur la science et la technologie, 17, Académie des Sciences, Paris: 57-70.
- Boncoeur, J., Fifas, S. and Gallic, B.L., 2000. Un modèle bioéconomique d'évaluation du coût social des rejets au sein d'une pêcherie complexe. *Economie et Prévision*, 143-144: 185-199.
- Boncoeur, J. and Guyader, O., 1995. Productivité des facteurs et gestion des ressources communes renouvelables: le cas de la pêche. *Actes du Colloque International d'Economie Publique*, ENSTB/UBO, Brest, 7-8 Septembre 1995: 18 p.
- Boncoeur, J. and Troadec, J.-P., 2006. Aménagement des pêcheries : les instruments économiques de régulation de l'accès à la ressource. In J. Chaussade and J. Guillaume (eds), *Pêche et aquaculture . Pour une exploitation durable des ressources vivantes de la mer et du littoral*, PUR, Rennes: 173-188.
- Bourillet, J.-F., Jouanneau, J.-M., Macher, C., Le Hir, P. and Naughton, F., 2006. La Grande Vasière mid-shelf mud belt : Holocene sedimentary structure, natural and anthropogenic impacts. *Proceedings of the Xth International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay*, Vigo, Spain.
- Bourillet, J.-F., Laurans, M., Macher, C., Loc'h, F.L., Guyader, O., Hir, P.I., Merrien, C., Ollitraut, A., Talidec, C., Vincent, B. and Vacherot, J.-P., 2005. Impact des engins de pêche sur le fond. *Colloque Défi golfe de Gascogne*, Brest, 22-24 mars 2005.
- Boyce, J.R., 1996. An Economic Analysis of the Fisheries Bycatch Problem. *Journal of Environmental Economics and Management*, 31(3): 314-336.

- Boyd, J., 2007. Nonmarket benefits of nature: What should be counted in green GDP? *Ecological Economics*, 61 (4): 716-723.
- Branch, T.A., Rutherford, K. and Hilborn, R., 2006. Replacing trip limits with individual transferable quotas: implications for discarding. *Marine Policy*, 30(3): 281-292.
- Brown, J. and Macfadyen, G., 2007. Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. *Marine Policy*, 31(4): 488-504.
- Catchpole, T.L., Frid, C.L.J. and Gray, T.S., 2005a. Discarding in the English north-east coast Nephrops norvegicus fishery: the role of social and environmental factors. *Fisheries Research*, 72(1): 45-54.
- Catchpole, T.L., Frid, C.L.J. and Gray, T.S., 2005b. Discards in North Sea fisheries: causes, consequences and solutions. *Marine Policy*, 29(5): 421-430.
- Catchpole, T.L., Frid, C.L.J. and Gray, T.S., 2006. Resolving the discard problem-A case study of the English Nephrops fishery. *Marine Policy*, 30(6): 821-831.
- Chapman, C.J., Shelton, P.M.J., Shanks, A.M. and Gaten, E., 2000. Survival and growth of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* in relation to light-induced eye damage. *Marine Biology*, 136: 233-241.
- Charles, E., 2001. *Economie de la valorisation. Revenus du producteur et stratégies d'exploitation: Application au cas de la pêche artisanale*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes:340 p.
- Charles, E. and Boude, J.-P., 2004. Exploitation d'une ressource naturelle et politique de valorisation par des signes de qualité: la pêcherie de bar de ligne de Bretagne. *Economie et Société, Série "Socio-Economie du travail"*, AB, 23(1): 89-112.
- Charuau, A., 1988. La langoustine, *Nephrops norvegicus* (Linné, 1758) (Nephropsidés). In J. Dardignac (ed), *Les pêcheries du golfe de Gascogne. Bilan des connaissances. Rapport Scientifique et Technique*, 9, IFREMER: 142-151.
- Chatterjee, S. and Price, B., 1991. *Regression analysis by example*, 2nd Edition, Wiley and Sons Ed., New York: 278 p.
- Clark, C.W., 1985. *Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*, Wiley and Sons Ed., New York: 291 p.
- Clark, C.W., 1990. *Mathematical Bioeconomics : the optimal management of renewable resources*. 2nd edition, Wiley and Sons Ed., New York: 386 p.
- Clark, C.W. and Kirkwood, G.P., 1979. Bioeconomic Model of the Gulf of Capentaria Prawn Fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36: 1304-1312.
- Coase, R., 1960. The problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3: 1-44.
- Copes, P., 1986. A critical review of the individual quota as a device in fisheries management. *Land Economics*, 62: 278-291.

- Copes, P., 1997. Social Impacts of Fisheries Management Regimes Based on Individual Quotas. In G. Palsson and G. Petursdottir (eds), *Social Implications of Quota Systems in Fisheries*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen: 61-90.
- Cunningham, S., 1993. Outcome of the workshop on Individual Quota Management. In S. Cunningham (ed), *The Use of Individual Quotas in Fisheries Management*, OECD, Paris: 7-14.
- Cunningham, S. and Whitmarsh, D., 1980. Fishing effort and fisheries policy. *Marine Policy*, 4(4): 309-316.
- Daget, J. and Le Guen, J.C., 1975. Les critères d'âge chez les poissons. In J. Daget and J. C. Le Guen (eds), *Problème d'écologie: La démographie des populations de vertébrés*, Masson et Cie, Paris: 253-289.
- Daurès, F., Demanèche, S., Guyader, O. and Leblond, E., 2003. Methodology for the assessment of aggregated economic indicators in the fishing sector: estimation of a revenue function. *Proceedings of the 15th Annual EAFE Conference*, Brest: 6 p.
- de Pontual, H., Bertignac, M., Battaglia, A., Bavouzet, G., Moguedet, P. and Groison, A.-L., 2003. A pilot tagging experiment on European hake (*Merluccius merluccius*): methodology and preliminary results. *ICES Journal of Marine Science*, 60(6): 1318-1327.
- de Pontual, H., Groison, A.-L., Piñeiro, C. and Bertignac, M., 2006. Evidence of underestimation of European hake growth in the Bay of Biscay, and its relationship with bias in the agreed method of age estimation. *ICES Journal of Marine Science*, 63(9): 1674-1681.
- Desaigues, B. and Point, P., 1993. *Economie du Patrimoine Naturel: La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*, Economica, Paris: 317 p.
- Deschamps, G., 2003. *Les chaluts*. Engins et techniques de pêche, IFREMER, Editions Quae, Brest: 144 p.
- Deweese, C. and Ueber, E. (eds), 1990. *Effects of different fishery management schemes on bycatch, joint catch, and discards*, Summary of a National Workshop sponsored by the California Sea Grant College and the National Fisheries Service, January 29-31, 1990, San Francisco, California Sea Grant College Report N°T-CSGCP-019, University of California, La Jolla, CA: 55 p.
- Dorfman, R., Samuelson, P.A. and Solow, R.M., 1968. *Programmation linéaire et gestion économique*. trad. par G. Faiveley, C. Willard., Dunod, Paris: 550 p.
- Eggert, H. and Tveteras, R., 2004. Stochastic Production and Heterogeneous Risk Preferences: Commercial Fishers' Gear Choices. *American Journal of Agricultural Economics*, 86 (1): 199-212.
- Eggert, H. and Ulmestrand, M., 2000. A Bioeconomic Analysis of the Swedish Fishery for Norway Lobster (*Nephrops norvegicus*). *Marine Resource Economics*, 14: 225-244.
- FAO, 1995. *Code de conduite pour une pêche responsable*, FAO, Rome: 46 p.

- FAO, 1996. *Technical Consultation on Reduction of Wastage in Fisheries*. Tokyo, Japan, 28 Oct -1 Nov 1996, FAO Fisheries Report, Rome:547 p.
- FAO, 1997. *Review of the state of world fishery resources: marine fisheries*. FAO Fisheries Circular No. 920, FAO, Marine Resources Service, Fishery Resources Division., Rome:173 p.
- Felthoven, R.G., 2002. Effects of the American Fisheries Act on capacity, utilisation and technical efficiency. *Marine Resource Economics*, 17: 181-206.
- Ferro, R.S.T. and Graham, G.N., 2000. *A recent UK joint initiative to revise technical conservation measures regulating the design of mobile gears*. ICES C.M. 2000/W:5. Cooperative Research with The Fishing Industry: Lessons Learned:6 p.
- Fifas, S., Guyader, O. and Boucher, J., 2003. La pêche de coquilles Saint-Jacques en baie de Saint-Brieuc: productivité et gouvernance. In L. Laubier (ed), *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes*, Rapport sur la science et la technologie, 17, Académie des Sciences, Paris: 221-234.
- Fifas, S., Macher, C., Rochet, M.-J. and D'Hardiville, C., 2006. Sorting factors in the *Nephrops norvegicus* French trawl fishery of the Bay of Biscay (VIIIab). ICES 2006/K:13. *Proceedings of the ICES Annual Science Conference.*, Maastricht, Netherlands: 15 p.
- Fonseca, P., Campos, A., Larsen, R.B., Borges, T.C. and Erzini, K., 2005. Using a modified Nordmore grid for by-catch reduction in the Portuguese crustacean-trawl fishery. *Fisheries Research*, 71(2): 223-239.
- Freese, S., Glock, J. and Squires, D., 1995. Direct allocation of resources and cost-benefit analysis in fisheries: an application to pacific whiting. *Marine Policy*, 19(3): 199-211.
- Frost, H., Rodgers, P., Valatin, G., Allard, M.O., Lantz, F. and Vestergaard, N., 1993. *A Bioeconomic Model of the North Sea Multispecies Multiple Gears Fishery*, 1-3, South Jutland University Press, Esbjerg.
- Garcia, S.M., de Leiva Moreno, J.I. and Grainger, R., 2005. Global trends in the state of marine fisheries resources (1974-2004). In FAO (ed), *Review of the state of world marine fishery resources*, FAO Fisheries Technical Paper, n°457, Rome: 235p.
- Grant, W.E. and Griffin, W.L., 1979. A Bioeconomic Model of the Gulf of Mexico Shrimp Fishery. *Transactions of the American Fisheries Society*, 108(1): 1-13.
- Griffin, W.L. and Oliver., C., 1991. *Evaluation of the Economic Impacts of Turtle Excluder Devices (TEDs) on the Shrimp Production Sector in the Gulf of Mexico*. Final Report MARFIN Award NA-87-WC-H-06139, submitted to National Marine Fisheries Service, Southeast Reg. Off., St. Petersburg, Fla.:88 p.
- Gros, P., 2000. *Utilisation du modèle linéaire. Rappels de base- méthodes de validation*, IFREMER, Brest:146 p.
- Guéguen, J. and Charuau, A., 1975. *Essai de détermination du taux de survie des langoustines hors taille rejetées lors des opérations de pêche commerciale*. ICES CM 1975/K:12.

- Guillen, J., Franquesa, R., Maynou, F. and Sole, I., 2004. The BEMMFISH bio-economic model. *Proceedings of the Twelfth Biennial Conference of the IIFET*, Tokyo, Japan: 12 p.
- Gulland, J.A., 1965. *Estimation of mortality rates*. Annex to Arctic Fisheries Working Group Report.
- Gulland, J.A., 1983. *Fish stock assessment: a manual of basic methods*, John Wiley, New York: 223 p.
- Guyader, O., 1998. *Evaluation économique et simulation des effets des régulations sur les comportements des agents : le cas des pêcheries de thon germon de l'Atlantique Nord-Est*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, Rennes:420 p.
- Guyader, O., Berthou, P., Alban, F., Arzel, P., Reynal, L., Koutsikopoulos, C., Etzanos, E., Eschbaum, E., Gaspar, F., Fahy, E. and Tully, O., 2007. *Small-Scale Coastal Fisheries in Europe*. Intermediary report of the Project N°FISH/2005/10:406 p.
- Guyader, O., Daurès, F. and Fifas, S., 2004. A Bioeconomic Analysis of the Impact of Decommissioning Programs: Application to a Limited-entry French Scallop Fishery. *Marine Resource Economics*, 19 (2): 225-242.
- Guyader, O., Marchal, P. and Caillart, B., 2005a. A survey analysis of technical change and reasons of changes in the French Bottom trawlers fleet. In P. Marchal (ed), *Technological developments and tactical adaptations of important EU fleets*, Final report of the EU project N°Q5RS-2002-019: 512.
- Guyader, O., Thébaud, O. and Boncoeur, J., 2005b. Typology of management measures for a selection of EU fleets. In P. Marchal (ed), *Technological developments and tactical adaptations of important EU fleets*, Final report of the EU project N°Q5RS-2002-019: 512.
- Halliday, R.G. and Pinhorn, A.T., 2002. A review of the scientific and technical bases for policies on the capture of small fish in North Atlantic groundfish fisheries. *Fisheries Research*, 57(3): 211-222.
- Hanna, S.S. and Smith, C.L., 1993. Attitudes of Trawl Vessel Captains about Work, Resource Use, and Fishery Management. *North American Journal of Fisheries Management*, 13: 367-375.
- Hannesson, R., 1983. Bioeconomic Production Function in Fisheries: Theoretical and Empirical Analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 13: 367-375.
- Hardin, G., 1968. The Tragedy of the commons. *Science*, 162: 1243-1248.
- Hatcher, A., 2005. Non-compliance and the quota price in an ITQ fishery. *Journal of Environmental Economics and Management*, 49(3): 427-436.
- Hecht, J.E., 2005. *National Environmental Accounting, Bridging the Gap Between Ecology and Economy*. Resources for the Future, Washington, D.C.: 240 p.
- Heikinheimo, O., Setälä, J., Saarni, K. and Raitaniemi, J., 2006. Impacts of mesh-size regulation of gillnets on the pikeperch fisheries in the Archipelago Sea, Finland. *Fisheries Research*, 77(2): 192-199.

- Hendrickson, H.M. and Griffin, W.L., 1993. An analysis of management policies for reducing shrimp by-catch in the Gulf of Mexico. *North American Journal of Fisheries Management*, 13(4): 686-697.
- Herrera, G.E., 2005. Stochastic bycatch, informational asymmetry, and discarding. *Journal of Environmental Economics and Management*, 49(3): 463-483.
- Hilborn, R. and Walters, C.-J., 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment : Choice, Dynamics and Uncertainty*, Chapman and Hall, New York: 570 p.
- Hill, B.J. and Wassenberg, T.J., 1990. Fate of discards from prawn trawlers in Torres Strait. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41: 53-64.
- Hill, B.J. and Wassenberg, T.J., 2000. The probable fate of discards from prawn trawlers fishing near coral reefs: A study in the northern Great Barrier Reef, Australia. *Fisheries Research*, 48(3): 277-286.
- Hillis, J.P., 1981. *Assessing the rate of discarding commercial species at sea where the total weight of discards is unknown*. ICES CM/1981/G:57.
- Hillis, J.P. and Arnason, R., 1995. The inadequacy of Technical Measures compared to Effort Reduction in Fisheries Management with a Comparison of Selected Fisheries in the European Union and off Iceland. *Proceedings of the 4th Bio-economic modelling workshop of the EAFE*, Edinburgh: 15 p.
- Holden, M., 1994. *The Common Fisheries Policy. Origin, Evaluation and Future*. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd, Oxford: 304 p.
- Holland, D.S. and Sutinen, J.G., 1999. An empirical model of fleet dynamics in New England trawl fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(2): 253-264.
- Holley, J.-F. and Marchal, P., 2004. Fishing strategy development under changing conditions: examples from the French offshore fleet fishing in the North Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1410-1431.
- Hough, A., 2004. *Surveillance Report Loch Torridon Nephrops Creel Fishery*, Moody Marine Limited:4 p.
- Hough, A., 2005. *Surveillance Report Loch Torridon Nephrops Creel Fishery*, Moody Marine Limited:5 p.
- Hough, A., 2006. *Surveillance Report Loch Torridon Nephrops Creel Fishery*, Moody Marine Limited:6 p.
- ICES, 1991. *Report of the ICES Working Group on Fisheries Units in Sub-areas VII and VIII*. ICES CM 1991/Assess: 24.
- ICES, 2000. *Report of the Study Group on Life History of Nephrops*. ICES CM 2000/G:13: 151 p.
- ICES, 2003. *Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks of Hake, Megrim and Monkfish*. ICES CM 2003/ACFM :01:490 p.

- ICES, 2004. *Report of the Working Group on Nephrops Stocks (WGNEP)*, ICES CM 2004/ACFM:19:441 p.
- ICES, 2006a. *Report of the Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy (WGMHSA)*. ICES CM 2006/ACFM:36.
- ICES, 2006b. *Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks (WGSSDS)*. ICES CM 2006/ACFM:33.
- ICES, 2006c. *Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim (WGHMM)*, ICES CM 2006/ACFM:29:792 p.
- ICES, 2007. *Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim (WGHMM)*. ICES CM 2007/ACFM:21:706 p.
- Kelleher, K., 2005. *Discards in the world's marine fisheries. An update*. FAO Fisheries Technical Paper, 470, FAO, Rome: 131 p.
- Kohli, U., 2005. Joint Production and the Structure of Technology: A Generalization. *Journal of Economics*, 84(2): 101-133.
- Kvamme, C. and Frøysa, K.G., 2004. Assessing the effects on stocks of selectivity changes in a fishery. *Fisheries Research*, 69(2): 283-292.
- Lart, W., Allen, M., Araujo, H., Armstrong, M., Briggs, R., Caslake, R., Diez, G., Findlay, M., Godden, N., Hewer, A., Hugues-Dit-Ciles, E., Kingston, A., Lucio, P., Pérez Conteras, N., Pawson, I., Quincoces, I., Reese, R.A., Santurtún, M., Schon, P.J., Scott, R., Searle, A. and Senior, R., 2002. *Monitoring of Discarding and retention by trawl fisheries in western waters and the irish sea in relation to stock assessment and technical measures*. Volume 1: Fisheries Seafish Report CR188, Contract Ref 98/095:451 p.
- Laurec, A., Biseau, A. and Charuau, A., 1991. Modelling technical interactions. *ICES Marine science symposia*, 193: 225-236.
- Laurec, A. and Le Guen, J.-C., 1981. *Dynamique des populations marines exploitées*. Rapports Scientifiques et Techniques n°45, 1, Centre National pour l'Exploitation des Océans: 118 p.
- Le Floc'h, P., 1998. *Economie de l'innovation et industrie d'exploitation des ressources halieutiques*. Thèse de doctorat, ENSAR, Rennes:411 p.
- Le Gallic, B., Ulrich, C. and Boncoeur, J., 2000. Modélisation et gestion d'un système complexe d'exploitation de ressources communes renouvelables. Le cas des pêcheries de la Manche. *Politiques et Management Public*, 18 (4): 157-182.
- Le Loc'h, F., 2004. *Structure, Fonctionnement, évolution des communautés benthiques des fonds meubles exploités du plateau continental Nord-Gascogne*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest:380 p.
- Le Squin, S., 2006. *Indicateurs économiques des flottilles de pêche en mer du Nord-Manche-Atlantique : Approches statistiques sous R*. Rapport de stage de Master 2 de Statistiques pour l'entreprise. Rapport DEM-Ifremer N°4.2006:90 p.

- Leblond, E., Daures, F., Berthou, P., Bermell, S., Merrien, C., Guyader, O., Jézéquel, M., Planchot, M., SIH, I.o.d.r., SIH, I.é.d.e., Demaneche, S. and Brigaudeau, C., 2007. *Synthèse des flottilles de pêche 2005 - Flotte Mer du Nord-Manche-Atlantique*, IFREMER/ STH et DEM, Plouzané:58 p.
- Leontieff, W., 1947. Introduction à la théorie de la structure interne des relations fonctionnelles. *Econometrica*, 15(4): 361-373.
- Leontieff, W., 1970. Environmental repercussions and the economic structure: An input output approach. *Review of Economic Statistics*, 52: 262-277.
- Little, L.R., Kuikka, S., Punt, A.E., Pantus, F., Davies, C.R. and Mapstone, B.D., 2004. Information flow among fishing vessels modelled using a Bayesian network. *Environmental Modelling and Software*, 19: 27-34.
- Lleonart, J., Maynou, F., Recasens, L. and Franquesa, R., 2003. A bioeconomic model for Mediterranean fisheries, the hake off Catalonia (western Mediterranean) as a case study. *Scientia Marina*, 67: 337-351.
- Lowman, D., 1990. The effect of limited entry on bycatch issues. In C. M. Dewees and E. Ueber (eds), *Effects of different fishery management schemes on bycatch, joint catch and discards : summary of a national workshop*, California Sea Grant College Report No. T-CSGCP-019, University of California, La Jolla: 41-42.
- Lucena, F. and O'Brien, C.M., 2005. The consequences of different scenarios in the management of the gillnet and purse-seine fisheries targeting *Pomatomus saltatrix* and *Cynoscion guatucupa* in southern Brazil: a bio-economic approach. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 201-213.
- Macer, C. and Brown, C., 1987. *A note on estimation of discards in the fishery for Nephrops off the north-east coast of England*. ICES CM 1987 K:46.
- Macher, C., 2004. *Contribution à l'évaluation des impacts économiques de l'amélioration de la sélectivité des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne*. Mémoire de DEA Economie et Politique Maritime, Université de Bretagne Occidentale, Brest:111 p.
- Macher, C., Guyader, O. and Boncoeur, J., 2006. A fish discarding model including sorting behaviour. *Proceedings of the XIIIth Biennial Conference of the IIFET*, Portsmouth: 11 p.
- Macher, C., Guyader, O., Talidec, C. and Bertignac, M., 2008. A cost-benefit analysis of improving trawl selectivity in the case of discards: The *Nephrops norvegicus* fishery in the Bay of Biscay. *Fisheries Research*, 92(1): 76-89.
- Macher, C. and Talidec, C., 2008. Comparaison entre la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne et celle au casier à langoustine de Loch Torridon. In C. Talidec, J. Boncoeur and J.-P. Boude (eds), *Scénarios d'aménagement des activités de pêche dans la bande côtière bretonne. Rapport du XIIème contrat de plan Etat-Region.*, Rapport final: première partie: 226-245.

- Macher, C., Talidec, C., Guyader, O., Daurès, F. and Thébaud, O., 2005. Analyse de la distribution spatiale et saisonnière de l'activité de la flottille de chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne en 2003. *Colloque Défi golfe de Gascogne*, Brest.
- Machias, A., Vassilopoulou, V., Vatsos, D., Bekas, P., Kallianiotis, A., Papaconstantinou, C. and Tsimenides, N., 2001. Bottom trawl discards in the northeastern Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 53(2): 181-195.
- MacLennan, D.N., 1995. Gear selectivity and the variation of yield. *ICES Journal of Marine Science*, 52: 827-836.
- Mahevas, S. and Pelletier, D., 2004. ISIS-Fish, a generic and spatially explicit simulation tool for evaluating the impact of management measures on fisheries dynamics. *Ecological Modelling*, 171(1-2): 65-84.
- Marchal, P. (ed) 2005. *Technological developments and tactical adaptations of important EU fleets (TECTAC)*, Final report of the EU project N°Q5RS-2002-019: 512 p.
- Marchal, P., Andersen, B., Caillart, B., Eigaard, O., Guyader, O., Hovgaard, H., Iriondo, A., Le Fur, F., Sacchi, J. and Santurtún, M., 2007. Impact of technological creep on fishing effort and fishing mortality, for a selection of European fleets. *ICES Journal of Marine Science*, 64(1): 192-209.
- Maynou, F., Demestre, M. and Sanchez, P., 2003. Analysis of catch per unit effort by multivariate analysis and generalised linear models for deep-water crustacean fisheries off Barcelona (NW Mediterranean). *Fisheries Research*, 65(1-3): 257-269.
- McCaughran, D.A., 1992. Standardized nomenclature and methods of defining by-catch levels and implications. In D. L. Alverson, R. W. Schoning and R. W. Jacobson (eds), *Proceedings of the National Industry By-catch Workshop February 4-6, 1992, New Port, Oregon*, Natural Resources Consultants Inc., Seattle, USA.
- Mesnil, B., 1996. When discards survive: accounting for survival of discards in fisheries assessments. *Aquatic Living Resources*, 9: 209-215.
- Monteiro, P., Araujo, A., Erzini, K. and Castro, M., 2001. Discards of the Algarve (southern Portugal) crustacean trawl fishery. *Hydrobiologia*, 449(1 - 3): 267-277.
- Morandeau, G., Morandeau, F. and Duclercq, B., 2007. *Essais de casiers à langoustines dans la fosse de Capbreton*. Projet ITIS-SQUAL (Sélectivité QUALité des prises et techniques alternatives), IFREMER:35 p.
- Morizur, Y., Charuau, A. and Rivoalen, J.-J., 1982. Survie des langoustines (*Nephrops norvegicus*) s'échappant d'un cul de chalut. *CM*. 1982/3: 9p.
- Murawski, S., 1990. Mesh size regulations and discards: some observations from North Atlantic. In C. Dewees and E. Ueber (eds), *Effects of different fishery management schemes on bycatch, joint catch and discards: summary of a national workshop*, California Sea Grant College Report N°T-CSGCP-019, University of California, La Jolla, CA: 31-32.

- Nadiri, M.I., 1987. Joint Production. In J. Eatwell and P. Newman (eds), *The New Palgrave: A Dictionary of Economic Theory and Doctrine*, 2, The Stockton Press, New York: 1028-1030.
- Nautilus Consultants, 2001. *Economic aspects of discarding. Discarding by North Sea whitefish trawlers. UK case study*. Prepared for Directorate-General Fish, EC and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF).
- Newton, G., 1995. *Bycatch, the non-target catch of fishing*. Fish Facts 4, Department of Primary Industries and Energy, Canberra.
- OCDE, 1993. *L'utilisation des contingentements individuels dans la gestion des pêches*, OCDE, Paris.
- OCDE, 1997. *Towards Sustainable Fisheries Economic Aspects of the Management of Living Marine Resources*, OECD Publishing, Paris: 268 p.
- OCDE, 2000. *Transition to Responsible Fisheries - Economic and Policy Implications*, OECD Publishing, Paris: 298 p.
- OCDE, juillet 2004. Principaux Indicateurs Economiques.
- Ollitrait, A., 2005. La pêcherie langoustinière dans le golfe de Gascogne et sa dynamique spatio-temporelle à travers les exemples bigoudens et croisicais. *Colloque golfe de Gascogne, 22-24 mars 2005*, Brest.
- Olsen, V.J., 1995. Ways in which Norway is solving the bycatch problem, *Solving Bycatch: Considerations for Today and Tomorrow*, Alaska Sea Grant College Program Report No. 96-03, University of Alaska, Fairbanks: 289-291.
- Olson, M., 1965. *Logique de l'action collective*, PUF traduit en français en 1978, Paris.
- Opaluch, J.J. and Bockstael, N.E., 1984. Behavioral Modeling and Fisheries Management. *Marine Resource Economics*, 1(1): 105-115.
- Pascoe, S., 1997. Bycatch management and the economics of discarding. *FAO Fisheries Technical Paper*, 370(FAO, Rome): 137.
- Pascoe, S., Koundouri, P. and Bjorndal, T., 2007. Output Substitution in Multi-Species Trawl Fisheries: Implications for Quota Setting. *Land Economics*, 83(3): 382-397.
- Pascoe, S. and Mardle, S., 2005. Anticipating fisher response to management: can economics help? *Proceedings of the ICES Annual Science Conference*, Aberdeen.
- Pascoe, S. and Revill, A., 2004. Costs and Benefits of Bycatch Reduction Devices in European Brown Shrimp Trawl Fisheries. *Environmental and Resource Economics*, 27(1): 43-64.
- Pascoe, S. and Robinson, C., 1998. Input controls, input substitution and profit maximisation in the English Channel beam trawl fishery. *Journal of Agricultural Economics*, 49: 16-33.
- Pascoe, S. and Tingley, D., 2006. Economic capacity estimation in fisheries: A non-parametric ray approach. *Resource and Energy Economics*, 28(2): 124-138.

- Pelletier, D. and Ferraris, J., 2000. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 57: 51-65.
- Perez, J.A., 2001. *Défaillance du marché et des systèmes de gestion. La "taxation-transfert" comme mode de régulation des ressources halieutiques. Application à l'exploitation du Merluccius merluccius*. Thèse de doctorat, ENSAR, Rennes.
- Péronnet, I. and Tachoures, S., 2004. *Enquête " Observation - Capture / Connaissance des labos" 2004*. Rapport interne Ifremer:5 p.
- Pigou, A.-C., 1920. *The Economics of Welfare*, Macmillan and Company, London.
- Piñeiro, C. and Sainza, M., 2003. Age estimation, growth and maturity of the European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) from Iberian Atlantic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1086–1102.
- Pope, J.G., 1979. Population dynamics and management: current status and future trends. *Investigacion Pesquera*, 43: 199-221.
- Portney, P. and Weyant, J., 1999. *Discounting and Intergenerational Equity*. Resources for the Future, Washington, DC: 186 p.
- Revell, A.S., Dulvy, N.K. and Holst, R., 2005. The survival of discarded lesser-spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) in the Western English Channel beam trawl fishery. *Fisheries Research*, 71(1): 121-124.
- Richardson, G., 1996. *The effect of light-induced eye damage on the behaviour of Nephrops norvegicus*. Ph.D., University of Leicester:263 p.
- Robinson, C. and Pascoe, S., 1997. Fisher behaviour: Exploring the validity of the profit maximising assumption. *Proceedings of the IXth Annual Conference of the EAFE*, Quimper.
- Rochet, M.-J., Bertignac, M., Fifas, S., Gaudou, O. and Talidec, C., 2006. Estimating discards in the *Nephrops norvegicus* French trawl fishery of the Bay of Biscay (VIIIab). *ICES CM2006/K:24*.
- Rochet, M.-J., Peronnet, I. and Trenkel, V.M., 2002. An analysis of discards from the French trawler fleet in the Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 59(3): 538-552.
- Rochet, M.-J. and Trenkel, V.M., 2005. Factors for the variability of discards: assumptions and field evidence. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 62: 224–235.
- Salini, J., Brewer, D., Farmer, M. and Rawlinson, N., 2000. Assessment and benefits of damage reduction in prawns due to use of different bycatch reduction devices in the Gulf of Carpentaria, Australia. *Fisheries Research*, 45(1): 1-8.
- Sampson, D.B., 1992. Fishing technology and fleet dynamics: predictions from a bioeconomic model. *Marine Resource Economics*, 7: 37–58.
- Sampson, D.B., 1994. Fishing tactics in a two species fisheries model : the bioeconomics of bycatch and discarding. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 51(12): 2688-2694.

- Saporta, G., 1990. *Probabilités, analyse de données et statistique*. Editions TECHNIP, Paris: 493 p.
- Schefold, B., 1987. Joint Production in Linear Models. In J. Eatwell, M. Milgate and P. Newman (eds), *The New Palgrave*, 3, Macmillan, London and Basingstoke: 1030-1034.
- SECODIP, 1997. *Le marché des crustacés - Bilan annuel FIOM 1992-1997*, SECODIP Consommation.
- SECODIP, 2002. *Le marché des crustacés frais - Bilan annuel OFIMER 1998-2002*, SECODIP Consommation.
- Shepherd, J.G., 1992. *Extended survivors' analysis: an improved method for the analysis of catch-at-age data and catch-per-unit-effort data*. Working paper No.11 ICES Multi-species Assessment Working Group, June 1992, Copenhagen, Denmark:22 p.
- Shepherd, J.G., 1993. *Why fisheries need to be managed and Why technical conservation measures on their own are not enough*. Lab. Leaflet, Directorate of Fisheries Research, Lowestoft:15 p.
- Smith, V., 1968. Economics of production from natural resources. *American Economic Review*, 58(3): 409-431.
- Soulié, J.-C. and Thébaud, O., 2006. Modeling fleet response in regulated fisheries: An agent-based approach. *Mathematical and Computer Modelling*, 44(5-6): 553-564.
- Sparre, P. and Willmann, R., 1992. BEAM 4-A bio-economic model for simulation of space structured multi-species and multi-fleet fisheries. *Proceedings of the Sixth Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade*, Paris: 293-304 p.
- Squires, D., 1984. *Regulation and the Structure of Production in a Multi-Species Fishery: A Study of the New England Otter Trawl Fleet*. Ph.D, Cornell University.
- Squires, D., 1987. Public Regulation and the Structure of Production in Multiproduct Industries: An Application to the New England Otter Trawl Industry. *RAND Journal of Economics*, 18 (2): 232-247.
- Sraffa, P., 1960. *Production of Commodities by Means of Commodities, Prelude to a Critique of Economic Theory*, Cambridge University Press, Cambridge
- STECF, 2007. *Northern Hake long-term management plan impact assessment (SGBRE-07-05)*. Subgroup on balance between resources and their exploitation (SGBRE) of the Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF), Brussels (SEC2007):123 p.
- Stergiou, K.I., Politou, C.-Y., Christou, E.D. and Petrakis, G., 1997. Selectivity experiments in the NE Mediterranean: the effect of trawl codend mesh size on species diversity and discards. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 774-786.
- Stoneman, P., 1983. *The Economic Analysis of Technological Change*, Oxford University Press, Oxford: 272 p.
- Stratoudakis, Y., Fryer, R.J. and Cook, R.R.M., 1998. Discarding practices for commercial gadoids in the North Sea. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 55: 1632-1644.

- Sumaila, U.R., Khan, A., Teh, L., Watson, R., Tyedmers, P. and Pauly, D., 2006. Subsidies to high seas bottom trawl fleets. In U. R. Sumaila and D. Pauly (eds), *Catching More Bait: A Bottom-up Re-estimation of Global Fisheries Subsidies*, Fisheries Centre Research Reports, Vancouver, BC, Canada: 49-53.
- Sutinen, J.G. and Soboil, M.L., 2001. The performance of fisheries management systems and the ecosystem challenge. *Proceedings of the Reykjavik Conference on responsible Fisheries in the Marine Ecosystem*, Reykjavik, Iceland: 18 p.
- Suuronen, P., 2001. *Evaluation of the effectiveness and applicability of technical measures in fisheries management (TECMES)*. Final Report of the EU Study Contract N° 98/016:73 p.
- Suuronen, P., Kuikka, S., Lehtonen, E., Tschernij, V., Madsen, N. and Holst, R., 2000. *Improving technical management in Balticcod fishery*. Final Report of BACOMA (FAIR CT 96-1994) project:106 p.
- Suuronen, P. and Sardà, F., 2007. The role of technical measures in European fisheries management and how to make them work better. *ICES Journal of Marine Science*, 64(4): 751-756.
- Suuronen, P. and Tschernij, V., 2003. The problems encountered in the adoption of improved selectivity in the Baltic cod demersal trawl fishery. *Proceedings of the ICES Annual Science Conference*, Tallinn: 14 p.
- Talidec, C., Rochet, M.-J., Bertignac, M. and Macher, C., 2005. *Discards estimates of nephrops and hake in the nephrops trawl fishery of the Bay of Biscay: methodology and preliminary results for 2003 and 2004*. ICES Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim, WGHMM, Lisbon, Portugal.
- Tamsett, D. and Janacek, G., 1999. Sampling trips for measuring discards in commercial fishing based on multilevel modelling of measurements in the North Sea from NE England. *Fisheries Research*, 42(1-2): 103-115.
- Tamsett, D., Janacek, G., Emberton, M., Lart, B. and Course, G., 1999. Onboard sampling for measuring discards in commercial fishing based on multilevel modelling of measurements in the Irish Sea from NW England and N Wales. *Fisheries Research*, 42(1-2): 117-126.
- Taylor, F.W., 1911. *Principles of Scientific Management*, Published in Norton Library 1967, by W. W. Norton & Company, Inc., New York.
- Tingley, D., Pascoe, S. and Mardle, S., 2003. Estimating capacity utilisation in multi-purpose, multi-metier fisheries. *Fisheries Research*, 63(1): 121-134.
- Trenkel, V., Rochet, M.-J. and Mahevas, S., 2007a. Interactions between fishing strategies of Nephrops trawlers in the Bay of Biscay and Norway lobster diel activity patterns. *Fisheries Management and Ecology*: 1365-2400.
- Trenkel, V.M., Le Loc'h, F. and Rochet, M.-J., 2007b. Small-scale spatial and temporal interactions among benthic crustaceans and one fish species in the Bay of Biscay. *Marine Biology*, 151: 2207-2215.

- Tschernij, V., Suuronen, P. and Jounela, P., 2004. A modelling approach for assessing short-term catch losses as a consequence of a mesh size increase. *Fisheries Research*, 69(3): 399-406.
- Turner, M.A., 1997. Quota-Induced Discarding in Heterogeneous Fisheries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 33(2): 186-195.
- Ulmestrand, M., Valentinsson, D., Sangster, G.I., Bova, D., Kynoch, R.J., Breen, M., Graham, G.N., Soldal, A.V., Cruickshank, O., Moth-Poulsen, T. and Lowry, N., 1998. *Nephrops survival after escape from commercial fishing gear or discarded from deck*. ICES Fish Technology and Fish Behaviour Working Group, La Coruña, Spain:7 p.
- Ulrich, C., Andersen, B.S., Sparre, P.J. and Nielsen, J.R., 2007. TEMAS: fleet-based bio-economic simulation software to evaluate management strategies accounting for fleet behaviour. *ICES Journal of Marine Science*, 64(4): 647-651.
- Ulrich, C., Gascuel, D., Dunn, M.R., Le Gallic, B. and Dintheer, C., 2001. Estimation of technical interactions due to the competition for resource in a mixed-species fishery, and the typology of fleets and métiers in the English Channel. *Aquatic Living Resources*, 14(5): 267-281.
- Ulrich, C., Le Gallic, B., Dunn, M.R. and Gascuel, D., 2002. A multi-species multi-fleet bioeconomic simulation model for the English Channel artisanal fisheries. *Fisheries Research*, 58(3): 379-401.
- VanMarlen, B., 2000. Technical modifications to reduce the by-catches and impacts of bottom-fishing gears. p. 253-268. In M. J. Kaiser and d. Groot (eds), *The Effects of Fishing on Non-target Species and Habitats: biological conservation and socio-economic issues.*, Blackwell Science Ltd. S.J, Oxford: 399.
- Verhaegen, E., Wustenberghs, H., Lauwers, L. and Mathijs, E., 2004. Integrated Economic and Environmental Accounting for Agriculture. *Proceedings of the 3rd International Conference on Agricultural Statistics: Measuring sustainable agriculture indicators*, Cancun, Mexico: 11 p.
- Vermard, Y., 2007. Modélisation du choix du métier : Les chalutiers pélagiques du Golfe de Gascogne. *Actes du 8e Forum Halieumétrique* La Rochelle.
- Versmisse, D., Macher, C., Ramat, E., Soulié, J.-C. and Thébaud, O., 2007. Developing a bioeconomic simulation tool of fisheries dynamics: a case study. *Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM)*, Christchurch. New Zealand.
- Vestergaard, N., 1996. Discard behaviour, highgrading and regulation : the case of the Greenland shrimp fishery. *Marine Resource Economics*, 11(4): 247-266.
- Vigneau, J., 2006. Raising procedures for discards: sampling theory. *ICES CM 2006 / K: 16*.
- Ward, J., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistical Association*, 58(301): 236-244.
- Ward, J., 1994. The bioeconomic implications of a bycatch reduction device as a stock conservation management measure. *Marine Resource Economics*, 9(3): 227-240.

- Wium, V.H., 2001. *Discarding of fish and fisheries management: an economic perspective*. PhD, Simon Fraser University:122 p.
- Wilén, J.E., 1979. Fisherman behavior and the design of efficient fisheries regulation programs. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36: 855-858.
- Wilén, J.E., Smith, M.D., Lockwood, D. and Botsford, F.W., 2002. Avoiding surprises: Incorporating fisherman behaviour into management models. *Bulletin of Marine Science*, 70 (2): 553-575.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K.A., Stachowicz, J.J. and Watson, R., 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science*, 314 (5800): 787 - 790.
- Wui, Y.S., Woodward, R.T. and Griffin, W.L., 2000. An Economic Analysis of New Bycatch-reduction Policies for the Gulf of Mexico Shrimp Fishery. *Proceedings of the Xth Biennial Conference of the IIFET*, Oregon State University (USA).

Déclarations, textes de lois et règlements communautaires

- Commission Européenne, 2001. Livre vert sur l'avenir de la Politique Commune de la Pêche. *COM (2001) 135 final du 20/03/2001*, I: 47.
- Commission Européenne, 2007. Communication de la Commission Européenne au Conseil et au Parlement Européen du 28 mars 2007 «Une politique visant à réduire les prises accessoires et à éliminer les rejets dans les pêcheries européennes» *COM(2007) 136 (JO C 181 du 3.8.2007)*.
- Déclaration de Cancún, adoptée le 8 mai 1992 lors de la Conférence internationale sur la pêche responsable, 1992, Cancún, Mexique.
- Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, adoptée le 12 août 1992 lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED), Sommet de la Terre de Rio de Janeiro, 1992, A/CONF.151/26 (Vol. I)
- Discours du Commissaire Franz Fischler, Conférence internationale sur le suivi, le contrôle et la surveillance de la pêche, Bruxelles 24 -27 octobre 2000.
- European Commission, 2002. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament of the 26.11.2002 on a Community Action Plan to reduce discards of fish. *COM(2002) 656 final*: 21.
- Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act of 1976, US Public Law 94-265.
- Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Reauthorization Act of 2006, U.S. Public Law 109-479.

- Plan de mise en oeuvre du Sommet Mondial pour le Développement Durable, Rapport du Sommet Mondial pour le Développement Durable Johannesburg (Afrique du Sud), 26 août-4 septembre 2002, A/Conf./199/20. <http://www.un.org/french/events/wssd/>.
- Règlement (CE) No 388/2006 du Conseil du 23 février 2006, établissant un plan pluriannuel pour l'exploitation durable du stock de sole du golfe de Gascogne. *J.O.*, L 65 du 07/03/2006.
- Règlement (CE) No 494/2002 de la Commission du 19 mars 2002 instituant des mesures techniques supplémentaires visant à reconstituer le stock de merlu dans les sous-zones CIEM III, IV, V, VI et VII et les divisions CIEM VIII a, b, d et e. *J.O.C.E.*, L77: 8-10.
- Règlement (CE) No 811/2004 du Conseil du 21 avril 2004 instituant des mesures de reconstitution du stock de merlu du nord. *J.O.*, L150 du 30/04/2004: 1-11.
- Règlement (CE) No 1543/2000 du Conseil du 29 juin 2000 instituant un cadre communautaire pour la collecte et la gestion des données nécessaires à la conduite de la politique commune de la pêche. *J.O.*, L176 du 15/07/2000.
- Règlement (CE) No 1954/2003 du Conseil du 4 novembre 2003 concernant la gestion de l'effort de pêche concernant certaines zones et ressources de pêche communautaires. *J.O.*, L289 du 07/11/2003: 1-7.
- Règlement (CE) No 2406/96 du Conseil du 26 novembre 1996 fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche. *J.O.*, L 334 du 23/12/1996: 15
- Règlement (CE) No 2602/2001 de la Commission du 27 décembre 2001 instituant des mesures visant à reconstituer le stock de merlu dans les sous-zones CIEM III,IV,V,VI et VII et les Divisions CIEM VIIIa,b,d,e. *J.O.C.E.*, L345: 49-51.
- Règlement (CE) No 11622/2001 de la Commission du 14 juin 2001 instituant des mesures visant à reconstituer le stock de merlu dans les sous-zones CIEM III,IV,V,VI et VII et les Divisions CIEM VIIIa,b,d,e, ainsi que les conditions associées pour le contrôle des activités des navires de pêche. *J.O.C.E.*, L159: 4-9.
- Règlement (CEE) No 850/98 du Conseil du 30 mars 1998 visant à la conservation des ressources de pêche par le biais de mesures techniques de protection des juvéniles d'organismes marins. *J.O.C.E.*, L125: 1-36.
- Règlement (CEE) No 2406/96 du Conseil du 26 novembre 1996 fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche. *J.O.C.E.*, L 334: 1-15.
- Règlement (CEE) No 2847/93 du Conseil du 12 octobre 1993 instituant un régime de contrôle applicable à la politique commune de la pêche. *J.O.*, L 261 du 20/10/1993: 1-34.

Liste des figures

Figure 1 : Frontière de production lorsque plusieurs techniques sont disponibles.....	23
Figure 1. 1 : Processus de production d'engins imparfaitement sélectifs.	39
Figure 1. 2 : Comportements de court et long terme des pêcheurs.	42
Figure 1. 3 : Système d'Informations Halieutiques.....	45
Figure 1. 4 : Pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne, divisions CIEM VIIIa,b.	47
Figure 1. 5 : Comparaison des distributions du panel et de la flottille langoustinière a) par région, b) en classes de longueur, c) en quantité moyenne débarquée.	50
Figure 1. 6 : Pourcentage de navires par métier pratiqué par mois et pourcentage de navires par engin utilisé par mois moyenne 2001-2003.....	53
Figure 1.7: Distribution spatio-temporelle de l'effort de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne en nombre de jours de mer par trimestre et répartition de l'effort entre les engins de pêche par zone en 2003.....	54
Figure 1.8 : Profils de débarquements par zone en 2003 du chalut de fond jumeau pour la flottille langoustinière du golfe de Gascogne.	56
Figure 1.9 : Distribution moyenne en longueur (Longueur céphalothoracique en mm) des captures de langoustines par trait. Profils établis à partir des données de captures de 242 traits échantillonnés de 2003 à 2005 au cours de 109 marées sur des navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine.....	57
Figure 1.10 : Distribution moyenne en longueur des captures de merlu par trait. Profils établis à partir des données de captures de 242 traits échantillonnés de 2003 à 2005 au cours de 109 marées sur des navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine.	57
Figure 1.11 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 1*2.....	64
Figure 1.12 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 3*4.....	65
Figure 1.13: Evolution du nombre de navire, de la puissance moyenne par navire et de la puissance totale des navires de la flottille langoustinière.....	70
Figure 1.14: Taux d'utilisation du chalut simple à langoustine (OTBLN) et du chalut jumeau à langoustine (TTBLN).	71
Figure 1.15 : Evolution du nombre d'hommes à bord des navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne.....	72
Figure 1.16 : Carte des divisions CIEM.	73
Figure 1.17 : Evolution des biomasses en tonnes des principaux stocks exploités par la flottille dans le golfe de Gascogne et évalués.....	74
Figure 1.18 : Evolution des TAC des principales espèces capturées par la flottille langoustinière et débarquements totaux de l'ensemble des flottilles par an (Synthèse des évolutions des TAC en annexe 1.12).....	76
Figure 1.19 : Profils des débarquements des principales espèces en quantité des navires du panel en 1990 et en 2003. 9 premières espèces en volume retenues, agrégation des autres espèces.	81
Figure 1.20 : Evolution de la composition en âge des captures de langoustines (à gauche) et merlus (à droite).....	83
Figure 1.21 : Boxplot des quantités (figure de gauche) et pourcentages (figure de droite) moyens de langoustine débarquée les mois où le TAC était dépassé (TAC dep) par rapport aux mois où le TAC était libre (TAC free).	85
Figure 1.22 : Représentation schématique des interactions techniques au sein d'une pêcherie complexe.....	87
Figure 1.23 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 1*2. 242 traits 2003-2005.....	90
Figure 1.24 : Projection des variables actives dans le plan factoriel 3*4. 242 traits 2003-2005.....	91
Figure 1.25 : Espèces présentes en même temps que la langoustine dans plus de 50% des traits échantillonnés, et taux d'apparition dans les traits. Métier de chalutage de fond à langoustine. 242 traits 2003-2005.....	94

Figure 1.26 : Captures par unité d'effort en kg/h moyennes et écart type des 20 principales espèces capturées en volume sur tous les traits échantillonnés pour l'ensemble des captures pour le métier de chalutage de fond à langoustine. 242 traits 2003-2005.....	95
Figure 1.27 : Comparaison des CPUE et écart-type des 4 principales espèces capturées en volume entre la sous-flottille sud-bretonne et la sous-flottille autre région (à gauche) et entre la saison de forte disponibilité de la langoustine d'avril à août (saison langoustine) et la saison de plus faible disponibilité, de septembre à mars (hors saison langoustine) (à droite). 242 traits 2003-2005....	96
Figure 2.1 : Fonction de tri : deuxième étape du processus de production.	101
Figure 2.2 : Composition spécifique moyenne des rejets par trait en pourcentage des rejets totaux en poids (à gauche) et en nombre (à droite) et débarquements et rejets moyens par trait en kg/ trait (à gauche) et nombre/trait (à droite) pour les 20 principales espèces capturées par les navires langoustiniers pratiquant le chalutage de fond à langoustine échantillonnés.	104
Figure 2.3 : Prix moyen en euros/kg des principales espèces capturées commercialisables échantillonnées lors des embarquements à bord des navires langoustiniers.....	105
Figure 2.4 : Distribution en longueur des rejets et débarquements de langoustines par trait moyen (à gauche) et de merlus par trait moyen (à droite) en nombre.	106
Figure 2.5 : Distribution en longueur des rejets et débarquements totaux de merlus du stock Nord moyenne 2000-2003 en nombre.	107
Figure 2.6 : Fonctions de coûts de rejet (graphique de gauche) et de débarquement (graphique de droite).....	109
Figure 2.7 : Représentation du niveau optimal de rejet en fonction du prix et des coûts de débarquement et rejet.....	111
Figure 2.8 : Exemple de fonction de rejet en fonction du prix de la catégorie i ou de la taille de la catégorie i	111
Figure 2.9 : Effets des tailles minimales de débarquement (i_{min}) sur les rejets.	114
Figure 2.10 : Organisation de la marée.	128
Figure 2.11 : Quantiles $l_{0,05}$ et $l_{0,95}$ en fonction de la fraction rejetée en poids, en nombre et en fonction du L50 (taille à laquelle 50% des captures sont rejetées)..	132
Figure 2.12 : Effet d'une modification de la structure en longueur des captures sur le tri à volume capturé constant.	133
Figure 2.13 : Effet d'une modification du volume de captures sur le tri à structure en longueur des captures constantes..	134
Figure 2.14 : Fonction de tri des captures à très courte période pour Y et Z donnés.....	139
Figure 2.15 : Allure de la fonction de tri sous hypothèse de productivité marginale du tri par trait décroissante et dépendante de la catégorie et du volume capturé.....	142
Figure 2.16 : Effet d'une augmentation du volume capturé d'une catégorie i , sur la fonction de tri de cette catégorie.	143
Figure 2.17 : Effet d'une augmentation de a_i (augmentation de b_i ou diminution du volume des autres captures Y_j) sur la fonction de tri de cette catégorie.	144
Figure 2.18 : Effet d'une augmentation du volume des autres captures Z sur la fonction de tri de cette catégorie.....	144
Figure 2.19 : Allure des fonctions de tri d'une catégorie facile à trier 1 (grosses langoustines) et d'une catégorie difficile à trier 2 (petites langoustines) à volume total capturé équivalent. Effet d'une augmentation de b_i	144
Figure 2.20 : Allure de la fonction de coût du temps de tri en fonction des débarquements et application numérique dans le cas d'une catégorie 1 facile à trier $a_1=0.2$ et $Y_1=40$ et d'une catégorie 2 difficile à trier $a_2=0.1$ et $Y_2=40$	150
Figure 2.21 : Fonction de tri dans le cas d'une contrainte de capacité de cale.....	153
Figure 2.22 : Fonction de tri dans le cas d'une contrainte de temps de tri.....	153
Figure 2.23 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux à très courte période dans le cas d'une contrainte économique.....	155

Figure 2.24 : Représentation des optimum de temps de tri et de rejet dans le cas d'une contrainte de temps telle que $T^* < T_{\max}$	158
Figure 2.25 : Représentation des optimum de temps de tri et de rejet dans le cas d'une contrainte de temps telle que $T^* > T_{\max}$	158
Figure 2.26 : Effet d'une contrainte de rationnement sur la combinaison capture-tri optimale notée \hat{x} par rapport à x^* , combinaison optimale en l'absence de rationnement dans le cas où le coût de l'effort de pêche est supérieur au coût de l'effort de tri.....	163
Figure 2.27 : Optimum de tri dans le cas où il existe un coût d'opportunité du temps de tri.....	170
Figure 2.28 : Temps de tri optimal nul dans le cas où le prix est inférieur au seuil $p \leq \frac{C_T}{b} \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$	171
Figure 2.29 : Influence d'une hausse de taille minimale de débarquement (hausse de α) sur les rejets obligatoires DI, les rejets économiques optimum DII* et les rejets totaux.	173
Figure 2.30 : Influence d'une hausse de taille minimale de débarquement (hausse de α) sur le temps de tri optimum.	174
Figure 2.31: Quantité de langoustines triées en fonction du temps de tri.	179
Figure 2.32 : Fonctions de tri par homme et par trait en poids des trois catégories de langoustines. Navire moyen.	180
Figure 2.33 : Fonctions de tri par homme et par trait en poids des quatre catégories de merlus. Navire moyen.	180
Figure 2.34 : Détail Fonctions de tri par homme et par trait en poids des trois catégories commerciales de merlus. Navire moyen.....	181
Figure 3.1: Courbe de capture d'individus de classe d'âge 1 en fonction de l'effort de pêche dans le cas où la sélectivité sur la classe d'âge 1 est imparfaite ou nulle.	194
Figure 3.2 : Effet d'une augmentation de la sélectivité sur la courbe de capture d'individus de classe d'âge 1 en fonction de l'effort de pêche.	194
Figure 3.3 : Courbe de capture d'individus de classe d'âge 2 en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité parfaite sur la classe d'âge 1.....	195
Figure 3.4 : Courbe de capture d'individus de classe d'âge 2 en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité imparfaite ou nulle sur la classe d'âge 1.	196
Figure 3.5 : Effet d'une augmentation de la sélectivité sur la courbe de capture d'individus de classe d'âge 2 en fonction de l'effort de pêche.	196
Figure 3.6 : Courbe de la valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité parfaite sur la classe d'âge 1.....	197
Figure 3.7 : Courbe de la valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche dans le cas d'une sélectivité imparfaite ou nulle sur la classe d'âge 1.....	198
Figure 3.8 : Effet d'une augmentation de la sélectivité sur la courbe de valeur débarquée en fonction de l'effort de pêche.	199
Figure 3.9 : Courbe-enveloppe et sélectivité optimale correspondante.....	202
Figure 3.10 : Dérivée de la courbe-enveloppe par rapport à l'effort.....	203
Figure 3.11 : Optima locaux d'effort dans le cas où $ap_2(1 - \frac{P_1}{ap_2})^2 < C < ap_2(1 - \frac{P_1}{ap_2})$	204
Figure 3.12 : Arbitrage coût/bénéfice de la sélectivité en fonction du nombre de pêcheurs dans la pêcherie.....	212
Figure 4.1: Représentation schématique du modèle bio-économique.....	221
Figure 4.2 : Allure de la courbe de sélectivité initiale (à gauche) et dans le cas d'une amélioration de la sélectivité (à droite).	226
Figure 4.3 : Fonctions de demande en petites (p) et grosses (g) langoustines et variation de surplus du consommateur lié à une modification des quantités de petites et grosses langoustines de (Lp,1 ; Lg,1) à (Lp,2 ; Lg,2).	236

Figure 4.4 : Relation stock-recrutement langoustine.....	239
Figure 4.5 : Distribution en âge des effectifs de la population à l'équilibre (en 2015) en fonction du scénario d'amélioration de la sélectivité.....	253
Figure 4.6 : Composition des débarquements en âge à l'équilibre en 2015 en fonction du scénario d'amélioration de la sélectivité.....	253
Figure 4.7 : Variation par rapport au statu quo des indicateurs à l'équilibre pour les différents scénarios sélectifs et sous les différentes hypothèses de modèle de prix : P1 , P2 , P3	254
Figure 4.8 : Evolution de la biomasse, des débarquements et des rejets totaux (morts et vivants) de langoustine en tonnes au cours de la période de simulation pour les différents scénarios d'amélioration de la sélectivité.....	256
Figure 4.9 : Evolution du surplus des producteurs en millions d'euros au cours de la période de simulation pour les différents scénarios d'amélioration de la sélectivité et sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3.	257
Figure 4.10 : Variation de surplus total actualisé sur la période 2004-2015 au taux d'actualisation de 4% en millions d'euros sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3.	260
Figure 4.11 : Variation du surplus équipage, armateur, Etat et surplus des consommateurs en fonction du scénario de sélectivité actualisé sur la période 2004-2015 au taux d'actualisation de 4%, en millions d'euros sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3..	261
Figure 4.12 : Comparaison des évolutions des débarquements en tonnes dans le cas du statu quo et dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 pour trois hypothèses de recrutement, faible recrutement, recrutement moyen et recrutement fort.....	264
Figure 4.13 : Comparaison des évolutions des débarquements en tonnes dans le cas du statu quo et dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 pour trois hypothèses de taux de survie des rejets : l'hypothèse de taux de survie des rejets issue de la littérature (30%, Guéguen et Charuau, 1975), une hypothèse de faible taux de survie des rejets (10%), une hypothèse de fort taux de survie des rejets (50%).	266
Figure 4.14 : Evolution de la biomasse en tonnes dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 à capacité de pêche constante (cstt) et lorsque la dynamique d'investissement est endogène (dyn).	272
Figure 4.15 : Evolution des débarquements en tonnes dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 à capacité de pêche constante (cstt) et lorsque la dynamique d'investissement est endogène (dyn).	273
Figure 4.16 : Evolution du surplus des producteurs en millions d'euros dans le cas d'une amélioration de la sélectivité correspondant au scénario 2 (sel2) à capacité de pêche constante (cstt) et lorsque la dynamique d'investissement est endogène (dyn) pour différentes hypothèses de modèles de formation des prix : P1, P2, P3.	274
Figure 4.17 : Evolution de la biomasse de langoustine en tonnes pour différents modèles de comportement de rejet dans le cas du statu quo et du scénario d'amélioration de la sélectivité 2	282
Figure 4.18 : Evolution des rejets de langoustine en tonnes pour différents modèles de comportement de rejet dans le cas du statu quo et du scénario d'amélioration de la sélectivité 2	283
Figure 4.19 : Comparaison des pourcentages de rejet par catégorie à l'équilibre pour le statu quo et le scénario sélectif 2 en fonction des comportements de rejets pris en compte pour la sous-flottille langoustinière du Nord Gascogne ayant 3 hommes à bord, F2, a : marché pour les sous tailles et contrainte de temps de tri 30 minutes, b : contrainte réglementaire sur les langoustines sous la taille minimale de débarquement et temps de tri limité à 120 minutes.	284
Figure 5.1 : Structure du modèle de simulation permettant de calculer le coût social des rejets de merlus et langoustines par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne.....	295
Figure 5.2 : Mortalité par pêche par âge sur le merlu de la flottille chalutière langoustinière, des fileyeurs français à merlus et des autres flottilles agrégées. Source : Allocation de la mortalité par pêche aux âges par grande flottille merlutières du golfe de Gascogne à partir des données de débarquements 2002.....	297

Figure 5.3: Rejets de merlus par groupe d'âge des navires de la flottille chalutière langoustinière et des navires des flottilles non modélisées en pourcentage moyen des captures en poids. moyenne 2001-2003 (rejets de merlu par la flottille des fileyeurs à merlu supposés nuls).	301
Figure 5.4 : Evolution de la biomasse de langoustine et de la biomasse de merlu au cours de la période de simulation dans le cas d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers permettant de ne plus rejeter de langoustines et merlus sous-taille.	303
Figure 5.5 : Débarquements de langoustine par la flottille langoustinière.	304
Figure 5.6 : Débarquements de merlus par la flottille langoustinière et par la flottille des fileyeurs..	304
Figure 5.7 : Evolutions des débarquements de merlus du Nord des autres flottilles merlutières non modélisées.	305
Figure 5.8 : Zones de pêche des caseyeurs à langoustine de Loch Torridon.....	311
Figure 5.9 : Débarquements totaux de langoustines des navires de la flottille des caseyeurs à langoustines de Loch Torridon et des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne en tonnes par mois.	315
Figure 5.10 : Captures par unité d'effort de langoustines en g/casier levé par mois dans la pêcherie de Loch Torridon.....	317
Figure 5.11 : Correspondance en âge des catégories de langoustines débarquées par la flottille des caseyeurs langoustiniers de Loch Torridon et par la flottille des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne et distribution en poids des débarquements par catégorie.	318
Figure 5.12 : Comparaison des prix moyens en 2003/2004 en euros/ kg des langoustines vivantes du golfe de Gascogne et de Loch Torridon.....	320
Figure 5.13 : Comparaison des CPUE de langoustine aux âges (en kg/h) par métier pour les caseyeurs de Loch Torridon et pour les navires de la sous-flottille Nord Gascogne ayant deux hommes à bord (hypothèse CPUE casier dans le golfe de Gascogne=1/2 CPUE Loch Torridon).....	331
Figure 5.14 : Effets incitatifs au changement d'engins de pêche de différentes mesures de régulation : différence de reste à partager en euros/h entre le casier et le chalut à langoustine.....	339
Figure 5.15 : Structure du modèle bio-économique de simulation pluri-flottilles, pluri-métiers permettant de simuler les impacts d'un changement d'engin du chalut au casier par la flottille langoustinière.....	342
Figure 5.16 : Evolution de la biomasse, des captures et des rejets de langoustines en tonnes dans le cas du passage de l'ensemble de la flottille langoustinière au métier casier.	350
Figure 5.17 : Evolution de la biomasse, des captures, des rejets de merlu en tonnes et des débarquements de merlu en tonnes des fileyeurs français à merlu et des chalutiers langoustiniers dans le cas du passage de l'ensemble de la flottille langoustinière au métier casier.	350
Figure 5.18 : Evolution l'attractivité du métier casier par rapport au l'attractivité de référence du métier chalut (moyenne 2001-2003) pour la sous-flottille de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord pour différentes hypothèses de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE.	351
Figure 5.19 : Différence de surplus total dans le cas de l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne par rapport au statu quo (en millions d'euros, actualisation 4% sur la période 2004-2015) pour différentes hypothèses de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE.....	352
Figure 5.20 : Evolution de la différence de reste à partager par jour de mer du métier casier par rapport au reste à partager par jour de mer du métier chalut pour la sous-flottille de Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord pour $\alpha=0.005$ et pour différentes hypothèses sur les CPUE du casier.	355
Figure 5.21 : Evolution du nombre de jour de mer alloué par la flottille langoustinière au métier de casier à langoustine pour le scénario G1P1 (prix de gazole 2001-2003 et prix des langoustines constants et identiques quel que soit le métier) et pour différentes hypothèses de CPUE du casier.	356
Figure 5.22 : Evolution du nombre de jour de mer alloué par la flottille langoustinière au métier de casier à langoustine pour le scénario G2Prime3 (prix de gazole 2007 et prime de 3 euros/kg pour les langoustines pêchées au casier) et pour différentes hypothèses de CPUE du casier.....	356
Figure 5.23 : Variations de surplus total pour différents scénarios d'allocation dynamique de l'effort par métier. Actualisation 4 % sur la période 2004-2015 en millions d'euros.....	358

Liste des tableaux

Tableau 1 : Jointure et nombre de fonction de production dans le cas de deux espèces dont la répartition spatiale (ou la disponibilité saisonnière) sont parfaitement distinctes, parfaitement superposées ou superposées mais en proportion variable selon la zone (ou la saison)	23
Tableau 1.1: Bases de données utilisées, origine, types de données, mode de collecte et taux d'échantillonnage.....	46
Tableau 1.2: Distribution des navires par catégories d'effectifs et indicateurs physiques et économiques clés moyens 2001-2003. Source : d'après données IFREMER/SIH/DPMA.....	51
Tableau 1.3 : Nombre de navires moyen par métier pratiqué.	52
Tableau 1.4 : Composition spécifique des débarquements en quantité et valeur pour les dix principales espèces débarquées par les navires de la flottille langoustinière du golfe de Gascogne en 2003, total pour toute la flottille et moyenne par navire.....	55
Tableau 1.5 : Composition spécifique en quantité, valeur et pourcentage du chiffre d'affaires pour les navires de Sud-Bretagne et les navires des autres régions.....	69
Tableau 1.6 : Tailles minimales de débarquements.....	77
Tableau 1.7 : Test de comparaison de moyenne de débarquements des principales espèces des navires utilisant le chalut de fond simple à langoustine (OTBLN) et des navires utilisant le chalut de fond jumeau à langoustine (TTBLN) en pourcentage des débarquements totaux.	85
Tableau 2.1 : Liste des métiers pour lesquels les raisons de rejet ont été renseignées par les observateurs en mer.	125
Tableau 2.2 : Raisons de rejet identifiées par les observateurs embarqués interrogés. Source : Enquêtes auprès des observateurs embarqués.	126
Tableau 2.3 : Résultats de l'analyse de Variance du L50.....	131
Tableau 2.4 : Captures de langoustines, merlus et autres espèces par trait moyen en nombre, poids en kg et en pourcentage des captures totales en poids et nombre.....	138
Tableau 2.5 : Analogies entre fonction de capture et fonction de tri.....	141
Tableau 2.6 : Description des catégories de langoustine et merlu prises en compte en fonction des catégories commerciales, des classes de taille et des classes d'âge.....	178
Tableau 2.7 : Captures en nombre et poids en kg par catégorie, paramètres de prix par catégorie, moyenne 2001-2003..	179
Tableau 2.8 : Paramètres de la fonction de tri en poids par catégorie choisis conventionnellement.	180
Tableau 2.9 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux en poids par catégorie permettant de maximiser la somme des bénéfices marginaux par catégorie.....	181
Tableau 2.10 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux par catégorie permettant de maximiser la somme des bénéfices marginaux par catégorie. en poids. Contrainte réglementaire, sous-tailles interdits au débarquement.....	182
Tableau 2.11 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux par catégorie permettant de maximiser la somme des profits par catégorie. en poids. Contrainte de temps de tri limité à 1h.	182
Tableau 2.12 : Temps de tri, débarquements et rejets optimaux par catégorie permettant de maximiser la somme des profits par catégorie. en poids. Contrainte de temps de tri limité à 1h et contrainte réglementaire sur les catégories sous tailles.	183
Tableau 3.1: Description des scénarios testés	191
Tableau 3.2 : Evolution du volume de capture de classe d'âge 2 maximum et du seuil d'effort \hat{E} correspondant pour une amélioration de la sélectivité sur la classe d'âge 1.....	197

Tableau 3.3 : Evolution de la valeur des captures maximum et du seuil d'effort \hat{E} correspondant pour une amélioration de la sélectivité sur la classe d'âge 1.	199
Tableau 3.4 : Matrice des gains dans le cas où le joueur i et les autres joueurs j peuvent choisir deux techniques (une sélective et une non sélective).	210
Tableau 3.5 : Equilibre du jeu.	214
Tableau 4.1 : Définition des sous-flottes langoustinières.	222
Tableau 4.2 : Paramètres biologiques utilisés dans le modèle pour modéliser la dynamique du stock de langoustines. Mortalité par pêche des captures mortes et totales 2003 et rejet en pourcentage des captures totales (captures mortes + rejets vivants).	239
Tableau 4.3 : Mortalité par pêche sur le stock de langoustine par sous-flotte.	240
Tableau 4.4 : Pourcentage de langoustines en nombre par groupe d'âge.	241
Tableau 4.5 : Correspondance catégories de langoustines recodées- groupes d'âge.	245
Tableau 4.6 : Prix moyens par catégorie 2001-2003.	246
Tableau 4.7: Effectifs par année et par classes d'effectif des navires langoustiniers échantillonnés... ..	248
Tableau 4.8 : Structure en coûts des différentes sous-flottes établie à partir des données d'enquêtes économiques 2001-2002.	249
Tableau 4.9 : Facteur de sélectivité SFi par âge correspondant aux scénarios de sélectivité (Sel1 à Sel5) simulés et correspondance en taille.	251
Tableau 4.10 : Variation par rapport au statu quo des indicateurs à l'équilibre pour les différents scénarios sélectifs et sous les différentes hypothèses de modèle de prix : P1, P2, P3.	254
Tableau 4.11 : Variation du surplus total actualisé (surplus des producteurs, des consommateurs et de l'Etat) des différents scénarios sélectifs par rapport au statu quo en millions d'euros sur la période 2004-2015 en fonction du taux d'actualisation sous trois hypothèses de prix : P1, P2, P3.	259
Tableau 4.12 : Surplus des producteurs langoustiniers total, par navire, et différence par rapport au statu quo par scénario d'amélioration de la sélectivité. Actualisation au taux 4% sur la période 2004-2015.	261
Tableau 4.13: Variation du surplus total par navire et par sous-flotte des différents scénarios sélectifs par rapport au statu quo dans le cas où l'on suppose un modèle de prix sans élasticité croisée (P2).	262
Tableau 4.14 : Variation des surplus des producteurs, surplus des consommateurs, surplus de l'Etat et surplus total pour le scénario d'amélioration de la sélectivité 2 par rapport au statu quo correspondant en fonction des hypothèses de recrutement : faible recrutement, recrutement moyen et recrutement fort (en millions d'euros, actualisation 4% sur la période 2004-2015) et pour les différentes hypothèses de modèle de prix.	265
Tableau 4.15 : Variation des surplus des producteurs, surplus des consommateurs, surplus de l'Etat et surplus total pour le scénario d'amélioration de la sélectivité 2 par rapport au statu quo correspondant en fonction du taux de survie des rejets (en millions d'euros, actualisation 4% sur la période 2004-2015) et pour les différentes hypothèses de modèle de prix.	267
Tableau 4.16 : Surplus des producteurs, surplus des consommateurs et surplus total du statu quo de référence (statu quo cstt) et du scénario d'amélioration de la sélectivité 2 de référence (sel 2 cstt) et à dynamique d'investissement endogène (sel 2 dyn) (en millions d'euros actualisation 4% sur la période 2004-2015).	274
Tableau 4.17 : Variation du surplus du total des scénarios sélectifs à capacité de pêche endogène comparé au statu quo à capacité pêche constante et au scénario sélectif correspondant à capacité pêche constante.	275
Tableau 4.18 : Paramètres de la fonction de tri par catégorie de langoustine	278
Tableau 4.19 : Taux de débarquement des captures autres que la langoustine par sous-flotte en pourcentage des captures par trait en poids.	279
Tableau 4.20 : Nombre de trait par jour, nombre de jour de mer par an et nombre de navires par sous-flottes Nombre de jours de mer moyen consacré au métier de chalut de fond à langoustine par sous-flotte.	279

Tableau 4.21 : Captures initiales moyennes autres espèces, captures totales (toutes espèces) et captures de langoustine par catégorie à trier par homme par trait par sous-flottille.	280
Tableau 4.22 : Rendement du tri en kg trié par minute en fonction des scénarios de sélectivité et de comportement de rejet testés pour la sous-flottille langoustinière de Sud-Bretagne ayant 3 hommes à bord.....	283
Tableau 4.23 : Surplus des producteurs, des consommateurs, de l'Etat et surplus total en millions d'euros (actualisation 4% sur la période 2004-2015) en fonction des comportements de rejets pris en compte pour le scénario sélectif 2 et variation du surplus total par rapport au statu quo à comportements de rejet exogènes.	284
Tableau 5.1:Correspondance entre « Fishery Units » dans les pêcheries de merlu du Nord et flottilles modélisées..	295
Tableau 5.2 : Paramètres biologiques utilisés dans le modèle pour modéliser la dynamique du stock de merlu.....	298
Tableau 5.3 : Prix moyen par âge et catégorie.	300
Tableau 5.4 : Biomasse, rejets et débarquements de langoustine et biomasse, rejets et débarquements de merlu à l'équilibre dans le cas d'une amélioration de la sélectivité des chalutiers permettant de ne plus rejeter de langoustines et merlus sous-taille.....	302
Tableau 5.5 : Comparaison des valeurs actuelles nettes des surplus des producteurs, consommateurs et surplus totaux entre le scénario de référence et le scénario sélectif en millions d'euros (actualisation 4% sur la période 2004-2015).	304
Tableau 5.6 : Comparaison de la valeur actuelle nette des surplus totaux entre le scénario de référence et le scénario sélectif testé, en millions d'euros pour deux taux d'actualisation : actualisation 4% et actualisation 10% sur la période 2004-2015.	305
Tableau 5.7 : Contexte institutionnel et historique de la gestion de la pêche au casier de Loch Torridon.....	310
Tableau 5.8: Comparaison des mesures techniques (lato sensu) mise en œuvre dans la pêche au casier de Loch Torridon et dans la pêche langoustinière du golfe de Gascogne.....	311
Tableau 5.9 : Comparaison des mesures de régulation de l'accès mise en œuvre dans la pêche au casier de Loch Torridon et dans la pêche langoustinière du golfe de Gascogne. Mesures classées suivant la variable de contrôle (effort ou captures) et la méthode de contrôle (méthode économique ou méthode administrative).....	312
Tableau 5.10 : Comparaison des prix moyens au kg des langoustines pêchées au casier et des langoustines pêchées au chalut, des chiffres d'affaires moyens par navire et de la structure du chiffre d'affaires des deux pêcheries.	320
Tableau 5.11 : Caractéristiques techniques et effort de pêche des deux flottilles comparées.	321
Tableau 5.12 : CPUE et indicateurs économiques des deux flottilles comparées.	321
Tableau 5.13 : Comparaison des frais par métier nécessaires pour générer 100 euros de chiffre d'affaires langoustine ou 100 euros de chiffre d'affaires toutes espèces confondues et comparaison des restes à partager par heure de mer par métier. Moyenne 2001-2003.	322
Tableau 5.14 : Extrapolation du reste à partager par heure de mer par métier en 2007.	323
Tableau 5.15 : Effort de pêche des navires de la sous-flottille Sud-Bretagne ayant deux hommes à bord.....	328
Tableau 5.16 : Structure des coûts partagés et frais d'engins, gréement et entretien réparation en pourcentage du chiffre d'affaires par métier: chalutage de fond à langoustine et casier à langoustine (2001-2003).....	330
Tableau 5.17 : Paramètres prix du gazole et consommation du métier casier dans le golfe de Gascogne.	331
Tableau 5.18 : Comparaison de l'attractivité du chalut et du casier dans le golfe de Gascogne pour un navire moyen de la sous-flottille langoustinière du Nord Gascogne ayant deux hommes à bord..	332
Tableau 5.19 : Valeurs limites des paramètres pour lesquels l'attractivité du casier par rapport au chalut devient positive. La référence correspond aux données moyennes 2001-2003.	334

Tableau 5.20 : Valeur des paramètres du modèle utilisés pour tester les quatre scénarios de zone réservée aux engins dormants.....	336
Tableau 5.21 : Nombre de casiers et nombre de casiers virés par jour par navire moyen par sous-flottille.	344
Tableau 5.22 : Structure en coût variable du métier casier par sous-flottille en pourcentage du chiffre d'affaires.....	345
Tableau 5.23 : Scénarios de passage du chalut au casier testés.....	347
Tableau 5.24 : Différence de surplus total dans le cas de l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne par rapport au statu quo (en millions d'euros actualisation 4% et 10% sur la période 2004-2015) pour différentes hypothèses de prix des langoustines, de prix du gazole et de CPUE.....	350
Tableau 5.25 : Différence de surplus des producteurs (langoustiniers et fileyeurs) dans le cas de l'adoption du casier à langoustine par la flottille langoustinière du golfe de Gascogne par rapport au statu quo (en millions d'euros actualisation 4% sur la période 2004-2015) pour différentes hypothèses sur les CPUE, les prix des langoustines et le prix du gazole.	351
Tableau 5.26 : Reste à partager par jour de mer par navire moyen par sous-flottille et par métier (RAP), moyenne 2001-2003 et différence de reste à partager casier-chalut. Modèle de prix constants P1, CPUE casier golfe de Gascogne=1/2 CPUE casier Loch Torridon.....	353

Table des annexes

ANNEXES

SOMMAIRE DES ANNEXES	3
ANNEXES DU CHAPITRE 1	5
<i>ANNEXE 1.1: Evolution des fréquentations mensuelles des dix principales zones (moyenne 2001-2003).....</i>	<i>6</i>
<i>ANNEXE 1.2 : Données d'effort de pêche en nombre de jours de mer par mois par navire et allocation par engin, métier, zone</i>	<i>6</i>
<i>ANNEXE 1.3 : Méthodologie d'allocation des débarquements par engin, zone.....</i>	<i>8</i>
<i>ANNEXE 1.4 : Profils de débarquement par zone et trimestre et par zone et engin de pêche.....</i>	<i>10</i>
<i>ANNEXE 1.5 : Profils de débarquement par zone des engins chalut de fond simple, drague et chalut pélagique en 2003.....</i>	<i>11</i>
<i>ANNEXE 1.6 : 30 espèces ou groupes d'espèces considérés pour les analyses multi-variées.....</i>	<i>13</i>
<i>ANNEXE 1.7 : Résultats des ACP et classification sur les profils de débarquement annuels en volume sur 2001-2003 des navires de la flottille langoustinière.....</i>	<i>13</i>
<i>ANNEXE 1.8 : ACP sur les profils de débarquement mensuels du métier de chalutage de fond à langoustine.....</i>	<i>18</i>
<i>ANNEXE 1.9 : Différentes parties d'un chalut, différents types de bourrelets et comparaison de balayage horizontal, sur le fond, entre le chalut simple et les chaluts-jumeaux pour un navire donné</i>	<i>18</i>
<i>ANNEXE 1.10 : Evolution des facteurs de production naturel</i>	<i>19</i>
<i>ANNEXE 1.11 : Carte délimitant la zone correspondant au box merlu en rouge et les zones de pêche de la pêcherie langoustinière du golfe de Gascogne.....</i>	<i>24</i>
<i>ANNEXE 1.12 : Evolution des Totaux Admissibles de Captures des principales espèces sous TAC capturées par la flottille langoustinière</i>	<i>25</i>
<i>ANNEXE 1.13 : Evolution interannuelle de 1990 à 2003 des profils de débarquement des navires du panel de la flottille langoustinière.....</i>	<i>25</i>
<i>ANNEXE 1.14: Tests de comparaison de moyennes des débarquements en quantité et pourcentage par navire-an des principales espèces débarquées par les navires de la flottille langoustinière entre la période 1996-1999 et 2000-2003</i>	<i>26</i>
<i>ANNEXE 1.15 : ACP sur les profils de capture par trait des traits échantillonnés à bord des navires de pêche professionnelle pratiquant le chalutage de fond à langoustine</i>	<i>27</i>
<i>ANNEXE 1.16 : Fréquentation des rectangles statistiques par les deux sous-flottilles langoustinières : la sous-flottille de Sud-Bretagne et la sous-flottille autres régions.....</i>	<i>27</i>
<i>ANNEXE 1.17 : Box plots des longueurs des navires en cm et puissance en kw par classe d'effectif à bord</i>	<i>28</i>

ANNEXES DU CHAPITRE 2.....	29
<i>ANNEXE 2.1 : Questionnaires</i>	30
1. <i>QUESTIONNAIRE 2004</i>	30
2. <i>ENTRETIEN SUR LE TRAVAIL DE TRI DES CAPTURES. QUESTIONNAIRE COMPLEMENTAIRE 2007</i>	34
<i>ANNEXE 2.2 : Routes de rejet possibles</i>	37
<i>ANNEXE 2.3 : Guide d'entretien avec les observateurs en mer</i>	38
<i>ANNEXE 2.4 : Résultats des entretiens avec les observateurs en mer par métier</i>	40
<i>ANNEXE 2.5: Caractéristiques de la courbe de sélection manuelle ou courbe de tri</i>	42
<i>ANNEXE 2.6: Exemples de courbes de tri de marées de différentes années et de différents quartiers</i>	43
<i>ANNEXE 2.7 : Définition du $l_{0,05}$ et $l_{0,95}$</i>	44
<i>ANNEXE 2.8 : Variabilité du L50 (taille à laquelle 50% des captures sont rejetées) de la langoustine en fonction du quartier, du trimestre et de l'année (2002, 2003, 2004)</i>	44
<i>ANNEXE 2.9: Effet d'une modification de composition en longueur des captures de langoustine à volume capturé constant</i>	44
<i>ANNEXE 2.10 : Pourcentage de rejet en fonction du volume total capturé par trait moyen</i>	46
<i>ANNEXE 2.11: Effet d'une modification du volume de langoustine capturé à composition en longueur des captures constante</i>	46
<i>ANNEXE 2.12 : Forme de la fonction de tri</i>	47
<i>ANNEXE 2.13 : Problème de tri optimal de deux catégories commerciales à très courte période dans le cas d'une contrainte de temps de tri</i>	49
<i>Problème de tri et étude de la fonction objectif</i>	49
<i>Etude des courbes d'isoprofit $T_2 = f_{\Pi}(T_1)$</i>	50
<i>Recherche de l'optimum</i>	51
<i>Synthèse du tri optimal sous l'hypothèse $\rho > 1$, avec $\rho = \frac{a_1 p_1 Y_1}{a_2 p_2 Y_2}$</i>	55
<i>ANNEXE 2.14 : Annexe technique au modèle de tri optimal de deux catégories à très courte période (étude de la fonction d'isoprofit avec captures exogènes)</i>	58
<i>ANNEXE 2.15 : Etude de la fonction intégrée capture tri</i>	62
<i>ANNEXE 2.16 : Résolution du problème de choix de la technique capture-tri optimale en l'absence de rationnement</i>	65
<i>ANNEXE 2.17 : Détermination de la combinaison capture-tri optimale sous contrainte d'effort</i> ⁶⁹	
<i>ANNEXE 2.18: Etude des différentes fonctions de (T, α)</i>	74

ANNEXE 2.19 : Détermination des niveaux des variables correspondant à la maximisation du profit sous hypothèse : $P > \tilde{P}$	78
ANNEXE 2.20: Incidence d'une hausse de la Taille Minimale de débarquement (hausse de α) sur les variables optimales dans le cas du scénario B supposant un coût d'opportunité du tri positif.....	79
ANNEXES DU CHAPITRE 3.....	83
ANNEXE 3.1: Caractéristiques de la fonction de différence de rente entre la technique sélective et la technique non sélective	84
ANNEXE 3.2 : Incidence du prix relatif sur la technique optimale.....	87
ANNEXE 3.3: Caractéristiques des scénarios.....	88
ANNEXE 3.4: Démonstration de $V_{Bi} > V_{Ai} \Rightarrow V_{Di} > V_{Ci}$	89
ANNEXES DU CHAPITRE 4.....	91
ANNEXE 4.1 : Notions clef sur la sélectivité	92
ANNEXE 4.2 : Caractéristiques du marché de la langoustine.....	93
ANNEXE 4.3 : Recodage des catégories commerciales de langoustine et merlu d'après les enquêtes en criées et les données de débarquements	101
ANNEXE 4.4 :Correspondance catégorie langoustine et âge.....	105
ANNEXE 4.5 : Modèle de prix par catégorie pour la langoustine vivante	105
ANNEXE 4.6 : Profil des consommateurs et répartition des achats selon les circuits de distribution.....	109
ANNEXE 4.7 : Paramètres techniques et économiques par sous-flottille.....	113
ANNEXE 4.8 : Indicateurs à l'équilibre (2015) pour les différents scénarios d'amélioration de la sélectivité et sous les trois hypothèses de modèle de prix considérées.....	115
ANNEXE 4.9 : Evolution du chiffre d'affaires langoustine en fonction des scénarios sélectifs testés	115
ANNEXE 4.10 : Evolution de l'Excédent Net d'Exploitation en fonction des scénarios sélectifs testés	116
ANNEXE 4.11: Evolution du surplus du consommateur total et par catégorie de langoustine catégorie 30-40 et 10-20 en fonction des scénarios sélectifs considérés et du modèle de prix..	116
ANNEXE 4.12 : Variation du surplus de l'équipage, de l'armateur, de l'Etat et du surplus des consommateurs en fonction du scénario de sélectivité en valeur actualisée nette	118
ANNEXE 4.13 : Surplus des producteurs en fonction du scénario sélectif et du multiplicateur d'effort mF.....	119

<i>ANNEXE 4.14 : Evolution des débarquements par trait par catégorie de langoustine et du temps de tri par homme par catégorie de langoustine pour différents modèles de comportement de rejet</i>	120
ANNEXE DU CHAPITRE 5	123
<i>ANNEXE 5.1 : Superposition des aires d'activité de la flottille langoustinière et de distribution des merlus d'âge 0</i>	124
<i>ANNEXE 5.2 : Pourcentage des captures de merlu aux âges par grande flottille</i>	125
<i>ANNEXE 5.3 : Mortalité par pêche sur le merlu par sous-flottille</i>	125
<i>ANNEXE 5.4 : Définition des catégories commerciales de merlu</i>	125
<i>ANNEXE 5.5 : Correspondance catégories merlu et âges</i>	126
<i>ANNEXE 5.6 : Caractéristiques techniques et économiques moyennes 2001-2003 des deux sous-flottilles françaises de fileyeurs à merlu prises en compte dans le modèle</i>	126
<i>ANNEXE 5.7 : Pratique du métier casier à langoustine dans le golfe de Gascogne</i>	127
<i>ANNEXE 5.8: Captures par unité d'effort aux âges du métier casier permettant au métier casier d'être plus attractif que le chalut</i>	129
<i>ANNEXE 5.9: Détail des performances économiques des deux métiers</i>	130
<i>ANNEXE 5.10 : Captures de langoustines aux âges par navire moyen par sous-flottille langoustinière pour un jour de pêche du métier casier à langoustines</i>	130
<i>ANNEXE 5.11: Résultats scénario allocation dynamique de l'effort de pêche entre les métiers chalut et casier à langoustine dans le golfe de Gascogne</i>	131
TABLE DES ANNEXES	133
LISTE DES FIGURES DES ANNEXES	137
LISTE DES TABLEAUX DES ANNEXES	140

Table des matières

REMERCIEMENTS	5
ACRONYMES	7
GLOSSAIRE	8
GLOSSAIRE DES SYMBOLES	11
SOMMAIRE.....	13
INTRODUCTION GENERALE	15
1. IMPORTANCE DES PRODUCTIONS JOINTES DANS LE SECTEUR HALIEUTIQUE.....	16
2. PRODUCTIONS JOINTES ET CALCUL ECONOMIQUE PRIVE.....	21
3. EXTERNALITES ET MESURES DE GESTION EN L'ABSENCE DE PRODUCTIONS JOINTES.....	24
4. PRODUCTIONS JOINTES ET EXTERNALITES DANS LE SECTEUR HALIEUTIQUE.....	26
5. LE CAS D'APPLICATION : LA PECHERIE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCogne.....	28
6. PROBLEMATIQUE ET PLAN.....	31
PARTIE 1	
PROCESSUS DE PRODUCTION UTILISANT DES ENGINS DE PECHE PEU SELECTIFS : LE CAS DE LA FLOTTILLE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCogne.....	35
CHAPITRE 1 : LA FONCTION DE CAPTURE.....	43
1. INTRODUCTION.....	43
2. CARACTERISATION DE LA FLOTTILLE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCogne.....	44
2.1. <i>Données utilisées et limites.....</i>	<i>44</i>
2.2. <i>Définition de la flottille des chalutiers langoustiniers du golfe de Gascogne 1990-2003.....</i>	<i>47</i>
2.3. <i>La flottille langoustinière du golfe de Gascogne : Situation en 2001-2003.....</i>	<i>50</i>
2.3.1. Caractéristiques techniques de la flottille.....	50
2.3.2. Engins utilisés, métiers pratiqués et zones fréquentées.....	51
2.3.3. Des productions multi-spécifiques et multi-tailles.....	55
3. STRATEGIES DE PECHE DE LA FLOTTILLE LANGOUSTINIERE A COURT TERME.....	58
3.1. <i>Méthodologie.....</i>	<i>58</i>
3.2. <i>Analyse multi-variée des profils de débarquements annuels.....</i>	<i>61</i>
3.3. <i>Analyses multi-variées des profils de débarquements mensuels du métier de chalutage de fond à langoustine.....</i>	<i>62</i>
3.3.1. Axes factoriels.....	63
3.3.2. Typologie des profils de débarquements.....	65
3.4. <i>Conclusions.....</i>	<i>67</i>
4. EVOLUTIONS A LONG TERME DE LA FLOTTILLE CHALUTIERE LANGOUSTINIERE DU GOLFE DE GASCogne.....	69
4.1. <i>Evolution des caractéristiques techniques de la flottille.....</i>	<i>70</i>
4.2. <i>Evolution des facteurs de production naturels.....</i>	<i>72</i>
4.3. <i>Evolution du système de gestion.....</i>	<i>74</i>
4.3.1. Mesures techniques.....	75
4.3.2. Mesures de Régulation de l'accès.....	78
4.4. <i>Evolution des productions.....</i>	<i>79</i>
4.4.1. Evolution du nombre de catégories dans les captures.....	79
4.4.2. Evolution de la composition annuelle des productions, profils et quantités.....	80
4.4.3. Evolution de la structure en taille des captures de langoustine et merlu.....	82
4.4.4. Impacts des changements de conditions d'exploitation sur les productions.....	83
4.5. <i>Conclusions.....</i>	<i>86</i>
5. CARACTERISATION DES PRODUCTIONS JOINTES.....	86

5.1.	<i>Analyses multi-variées des profils de capture par trait</i>	88
5.1.1.	Méthodologie.....	88
5.1.2.	Axes factoriels et associations d'espèces.....	89
5.1.3.	Typologie des profils de captures	92
5.2.	<i>Productions jointes et estimation des captures par unité d'effort</i>	93
5.2.1.	Co-occurrence des espèces	93
5.2.2.	Fonction de capture de courte période	94
5.3.	<i>Discussion</i>	96
6.	DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 1.....	97

CHAPITRE 2 : REJETS ET COMPORTEMENTS DE TRI.....101

1.	INTRODUCTION.....	101
2.	IMPORTANCE DU PHENOMENE DES REJETS DANS LA PECHERIE LANGOUSTINIERE	103
3.	REVUE DE LITTERATURE DES MODELES MICROECONOMIQUES DE REJET.....	107
3.1.	<i>La décision de rejet : un calcul économique</i>	108
3.2.	<i>Autres contraintes et incitations au rejet prises en compte dans les modèles de comportement de rejet</i> 113	
3.2.1.	Contrainte liées à la gestion des pêches	113
3.2.2.	Contrainte technique ou physique.....	118
3.3.	<i>Conclusions sur les raisons de rejet soulignées par la littérature</i>	119
4.	MISE EN EVIDENCE EMPIRIQUE DES FACTEURS DE REJETS	120
4.1.	<i>Analyse empirique des facteurs de rejet</i>	120
4.1.	<i>Approche qualitative des facteurs de rejets dans les pêcheries françaises : enquêtes auprès des observateurs en mer</i>	124
4.1.1.	Matériel et méthode	124
4.1.2.	Résultats et discussion.....	125
4.2.	<i>Approche qualitative des facteurs de rejets dans la pêche langoustinière du golfe de Gascogne : entretiens des pêcheurs langoustiniers</i>	127
4.2.1.	Matériel et méthode	127
4.2.2.	Résultats et discussion.....	128
4.3.	<i>Analyse de la variabilité des courbes de sélection manuelle et impacts des effets volume et changement de structure en taille des captures sur les rejets de langoustine</i>	130
4.3.1.	Facteurs de variabilité du tri	130
4.3.2.	Impacts d'une modification de la structure en longueur des captures sur le tri à volume de captures constant 132	
4.3.3.	Impacts d'une augmentation du volume des captures sur le pourcentage de rejet et sur le tri (à structure en longueur des captures constante)	133
4.3.4.	Conclusion et discussion sur les facteurs de variabilité du tri.....	135
4.4.	<i>Conclusions sur les facteurs de variabilité du tri et contraintes</i>	135
5.	FONCTION DE TRI ET COÛTS DE TRI.....	135
5.1.	<i>Fonction de tri et analogie avec la fonction de capture</i>	136
5.1.1.	Propriétés de la fonction de tri.....	136
5.1.2.	Spécification de la fonction de tri par analogie avec la fonction de capture	138
5.2.	<i>Caractéristiques de la fonction de tri</i>	142
5.2.1.	Volume de catégorie i trié en fonction du temps de tri pour cette catégorie à volume de capture et efficacité du tri de la catégorie i donnés	142
5.2.2.	Volume de catégorie i trié en fonction du volume de capture pour cette catégorie à temps de tri et efficacité du tri de la catégorie i donnés	143
5.2.3.	Volume de catégorie i trié en fonction de l'efficacité du tri pour cette catégorie à temps de tri et volume de capture de la catégorie i donnés	143
5.2.4.	Expression de L'efficacité du tri.....	145
5.3.	<i>Coûts d'opportunité du tri</i>	146
5.3.1.	Arbitrages entre tri et utilisations alternatives du temps	146
5.3.2.	Hypothèses sur la fonction de coût d'opportunité du temps de tri.....	149
5.4.	<i>Conclusions</i>	150
6.	MODELE MICROECONOMIQUE DE COMPORTEMENT DE TRI DES CAPTURES.....	151
6.1.	<i>Nature du problème de tri et contraintes de tri</i>	152
6.2.	<i>Modèle de comportement de tri à très courte période (captures exogènes)</i>	154
6.2.1.	Condition d'optimalité du tri, temps de tri, rejet et débarquement optimum	154
6.2.2.	Influence des paramètres biologiques, techniques et économiques sur la stratégie de tri optimale (en l'absence de contraintes de rationnement).....	156
6.2.3.	Effet d'une contrainte de temps de tri.....	157

6.3.	<i>Modèle de comportement de tri à courte période (captures endogènes)</i>	159
6.3.1.	Construction de la fonction intégrée capture-tri	160
6.3.2.	Détermination de la combinaison capture-tri optimale en l'absence de rationnement	161
6.3.3.	Détermination de la combinaison capture-tri optimale sous contrainte d'effort	162
6.3.4.	Conclusion sur les comportements de capture-tri à courte période	164
6.4.	<i>Effets d'une augmentation de la taille minimale au débarquement (TMD). Analyse microéconomique de très courte période</i>	164
6.4.1.	Caractéristiques des fonctions de rejet et débarquement	165
6.4.2.	Scénario A : hausse de la TMD, effort de tri rationné	168
6.4.3.	Scénario B : hausse de la taille minimale de débarquement TMD dans le cas d'un coût d'opportunité de l'effort de tri strictement positif	170
6.4.4.	Conclusion générale sur le scénario B (par rapport au scénario A)	174
6.5.	<i>Conclusions</i>	175
7.	APPLICATION AUX COMPORTEMENTS DE TRI DES NAVIRES DE LA FLOTTILLE LANGOUSTINIÈRE DU GOLFE DE GASCOGNE	176
7.1.	<i>Modèle microéconomique de tri des captures de langoustine et merlu</i>	176
7.2.	<i>Paramétrage du modèle</i>	178
7.3.	<i>Applications numériques dans le cas d'un navire moyen</i>	181
7.3.1.	Contrainte économique	181
7.3.2.	Contrainte réglementaire de taille minimale de débarquement	182
7.3.3.	Contrainte de temps	182
7.4.	<i>Conclusions</i>	183
8.	DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 2	184

PARTIE 2

ANALYSE BIO-ECONOMIQUE DES MESURES DE GESTION PERMETTANT DE LIMITER LES EFFETS EXTERNES NEGATIFS DES PRODUCTIONS JOINTES.....185

CHAPITRE 3: RENTABILITE SOCIALE ET PRIVEE DE LA SELECTIVITE ET EQUILIBRE OPTIMAL DE LA PECHERIE, UN MODELE BIO-ECONOMIQUE SIMPLIFIE.....189

1.	INTRODUCTION	189
2.	HYPOTHESES DU MODELE	190
3.	IMPACTS D'UNE AMELIORATION DE LA SELECTIVITE SUR LES CAPTURES ET LA VALEUR DEBARQUEE	192
3.1.	<i>Equation de Capture annuelle d'individus de classe d'âge i</i>	193
3.2.	<i>Application à la classe d'âge 1</i>	193
3.3.	<i>Application à la classe d'âge 2</i>	195
3.4.	<i>Valeur débarquée</i>	197
4.	EQUILIBRE OPTIMAL DE LA PECHERIE	200
4.1.	<i>Définition et détermination de la courbe-enveloppe</i>	200
4.2.	<i>Présentation du problème d'équilibre optimal</i>	203
4.3.	<i>Recherche d'un optimum local sur la partie de la courbe-enveloppe correspondant à une sélectivité nulle ($s^*=0$)</i>	205
4.4.	<i>Recherche d'un optimum local sur la partie de la courbe-enveloppe correspondant à une sélectivité parfaite ($s^*=1$)</i>	206
4.5.	<i>Détermination de l'optimum global</i>	206
5.	RENTABILITE SOCIALE ET RENTABILITE PRIVEE DE LA SELECTIVITE	208
5.1.	<i>Hypothèses</i>	208
5.2.	<i>Analyse du comportement du pêcheur individuel à l'aide de la théorie des jeux (dilemme du prisonnier)</i>	209
5.3.	<i>Classement des valeurs débarquées selon les scénarios</i>	210
5.4.	<i>Symétrie des comportements. Equilibre du jeu</i>	214
6.	DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 3	215

CHAPITRE 4 - ANALYSE COUT-BENEFICE D'UNE AMELIORATION DE LA SELECTIVITE DANS LA PECHERIE LANGOUSTINIÈRE DU GOLFE DE GASCOGNE.....217

1.	INTRODUCTION.....	217
2.	LE MODELE BIO-ECONOMIQUE DE SIMULATION.....	219
2.1.	<i>Présentation de la structure générale du modèle bio-économique</i>	220
2.2.	<i>Module technique</i>	224
2.2.1.	Mortalité par pêche et survie des rejets.....	224
2.2.2.	Sélectivité.....	225
2.3.	<i>Module biologique</i>	226
2.3.1.	Dynamique du stock de langoustines.....	226
2.3.2.	Captures, rejets et débarquements.....	228
2.4.	<i>Module économique</i>	228
2.4.1.	Indicateurs économiques par sous-flottille et surplus des producteurs (surplus de l'équipage et surplus de l'armateur).....	228
2.4.2.	Surplus de l'Etat.....	233
2.4.3.	Surplus des consommateurs.....	234
2.5.	<i>Paramètres du modèle</i>	238
2.5.1.	Paramètres biologiques.....	238
2.5.2.	Modèles de prix, surplus des producteurs et surplus des consommateurs.....	241
2.5.3.	Paramètres économiques et techniques des flottilles.....	248
3.	ANALYSE COUT-BENEFICE DE MESURES D'AMELIORATION DU DIAGRAMME D'EXPLOITATION DE LA LANGOUSTINE.....	250
3.1.	<i>Scénarios d'amélioration de la sélectivité</i>	250
3.2.	<i>Etat de la pêcherie à l'équilibre</i>	252
3.3.	<i>Analyse des phases de transition</i>	255
3.4.	<i>Analyse coût-bénéfice</i>	258
3.5.	<i>Analyse de sensibilité des résultats aux hypothèses du modèle</i>	263
3.5.1.	Sensibilité à l'hypothèse de recrutement.....	263
3.5.2.	Taux de survie des rejets.....	265
3.6.	<i>Conclusion</i>	267
4.	PRISE EN COMPTE DES DYNAMIQUES D'INVESTISSEMENT ET AUGMENTATION DE LA CAPTURABILITE.....	268
4.1.	<i>Endogénéisation des dynamiques d'investissement et augmentation des capacités de pêche</i>	269
4.2.	<i>Impact de la prise en compte de dynamiques d'investissement sur les résultats de l'analyse coût-bénéfice</i>	272
4.3.	<i>Conclusion</i>	275
5.	PRISE EN COMPTE DES MODIFICATIONS DE COMPORTEMENT DE REJET EN REPONSE A UNE AMELIORATION DE LA SELECTIVITE.....	275
5.1.	<i>Endogénéisation des comportements de rejet</i>	276
5.1.1.	Modèle microéconomique de comportement de rejet.....	276
5.1.2.	Paramétrage.....	278
b.	Reconstitution des captures initiales par trait moyen par sous-flottille.....	278
5.2.	<i>Impact de la prise en compte des comportements de rejet sur les résultats de l'analyse coût-bénéfice</i>	280
5.3.	<i>Conclusion</i>	284
6.	DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 4.....	284

CHAPITRE 5 – PRODUCTIONS JOINTES ET TECHNIQUE DE PECHE ALTERNATIVE289

1.	INTRODUCTION.....	289
2.	ESTIMATION DU COUT SOCIAL DES REJETS DE LANGOUSTINES ET MERLUS SOUS-TAILLE PAR LA FLOTTILLE CHALUTIERE LANGOUSTINIÈRE DU GOLFE DE GASCOGNE.....	291
2.1.	<i>Méthodologie du calcul du coût social et paramétrage du modèle bio-économique</i>	293
2.1.1.	Structure du modèle bio-économique.....	293
2.1.2.	Éléments de paramétrage du modèle bio-économique.....	297
2.2.	<i>Evaluation du coût social des rejets de langoustines et merlus par la flottille chalutière langoustinière</i>	301
2.3.	<i>Conclusions</i>	306
3.	LE CASIER A LANGOUSTINE COMME TECHNIQUE DE PECHE ALTERNATIVE AU CHALUT DE FOND : UNE ANALYSE COMPARATIVE.....	308
3.1.	<i>La pêcherie langoustinière au casier de Loch Torridon : une pêcherie écolabellisée opérant dans une zone fermée au chalutage</i>	309

3.2.	<i>Comparaison des systèmes de gestion entre la pêche au casier à langoustine de Loch Torridon et la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne</i>	310
3.3.	<i>Comparaison des structures d'exploitation et des activités entre les deux pêcheries</i>	313
3.4.	<i>CPUE et productions jointes</i>	315
3.5.	<i>Comparaison des prix et du marché des langoustines pêchées au chalut et au casier</i>	318
3.6.	<i>Analyse des performances économiques des deux flottilles</i>	320
3.7.	<i>Conclusions</i>	324
4.	ATTRACTIVITE DES METIERS ET INCITATIONS AU CHANGEMENT DE TECHNIQUE DE PECHE : DU CHALUT AU CASIER	324
4.1.	<i>Modèle de comparaison de l'attractivité des deux métiers</i>	325
4.2.	<i>Paramétrage</i>	327
4.3.	<i>Résultats dans le cas du scénario de référence</i>	331
4.4.	<i>Analyse de sensibilité de la différence d'attractivité des métiers aux paramètres</i>	332
4.5.	<i>Mesures de régulation et système incitatif au changement de technique de pêche</i>	334
4.5.1.	Présentation des instruments économiques, mesures de régulation et scénarios testés.....	335
4.5.2.	Effets de mesures de régulation sur les incitations à changer d'engin de pêche.....	337
5.	ANALYSE DES BENEFICES A LONG TERME DE L'ADOPTION D'UN ENGIN DE PECHE ALTERNATIF AU CHALUT	338
5.1.	<i>Modèle bio-économique de changement d'engin de pêche : du chalut au casier</i>	339
5.1.1.	Structure du modèle de simulation d'un changement d'engin.....	339
5.1.2.	Modèle d'allocation de l'effort entre les métiers.....	341
5.1.3.	Paramétrage du modèle.....	343
5.1.4.	Scénarios.....	346
5.2.	<i>Résultats des scénarios de passage de l'ensemble des navires de la flottille langoustinière au casier</i>	347
5.3.	<i>Résultats des scénarios d'allocation dynamique de l'effort de pêche entre les métiers chalut et casier</i>	352
6.	DISCUSSION ET CONCLUSIONS DU CHAPITRE 5.....	357
	CONCLUSION GENERALE	361
	BIBLIOGRAPHIE.....	366
	LISTE DES FIGURES	383
	LISTE DES TABLEAUX.....	388
	TABLE DES ANNEXES	392
	TABLE DES MATIERES	396

Productions jointes et mesures de gestion des pêcheries mixtes : application à la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne

Résumé : L'utilisation d'engins de pêche peu sélectifs dans un écosystème multi-spécifique et multi-taille engendre des productions jointes désirées, les prises accessoires et non désirées, les rejets. Ces productions jointes peuvent aggraver les conséquences des externalités négatives et complexifient par ailleurs les solutions classiques de gestion. La thèse décrit, dans une première partie, les processus de production utilisant des engins de pêche peu sélectifs dans le cas de la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne en distinguant une étape de capture et une étape de tri. L'analyse de la fonction de capture montre que toutes les productions ne sont pas jointes. Il existe une certaine maîtrise des productions jointes, essentielle du point de vue de l'aménagement des pêcheries. L'analyse des comportements microéconomiques de tri à partir d'une fonction de tri décrite par analogie avec la fonction de capture permet ensuite de discuter les incitations au rejet. Les rejets sont appréhendés comme la résultante d'une opération de tri. Les effets de mesures de limitation des conséquences négatives des productions jointes sont analysés d'un point de vue bio-économique dans une deuxième partie. L'analyse théorique des enjeux de la sélectivité montre que les bénéfices sociaux de la sélectivité dépendent du niveau d'effort dans la pêche et des coûts de l'effort et que lorsque la sélectivité n'est pas observable, les pêcheurs ont intérêt individuellement à adopter la technique non sélective. Une analyse coût-bénéfice de scénarios d'amélioration de la sélectivité est ensuite réalisée à partir d'un modèle bioéconomique de simulation appliqué à la pêche langoustinière. L'endogénéisation des comportements met en évidence la complémentarité nécessaire entre mesures techniques et mesures de régulation de l'accès : en l'absence de mesures sélectives, la régulation de l'accès est difficile à mettre en œuvre et l'amélioration de la sélectivité sans mise en place d'une régulation de l'accès, ne permet pas de résoudre les problèmes de surcapacité. L'exemple de la pêche au casier à langoustine de Loch Torridon (Ecosse) permet enfin de discuter les conditions de rentabilité d'un engin de pêche alternatif au chalut, le casier, dont la sélectivité est observable et dont l'utilisation n'engendre pas de productions jointes. La question de la rentabilité d'une activité casier dans la pêche langoustinière du golfe de Gascogne est discutée sous différentes conditions. Les phases de transition sont analysées et posent la question d'aides transitoires au changement technique. La nécessité d'une gestion spatialisée des activités est soulignée dans ce cas.

Mots clefs : Productions jointes, rejets, prises accessoires, modèle bio-économique, modèle micro-économique de comportements des pêcheurs, analyse coût-bénéfice, coût social, pêche langoustinière du golfe de Gascogne, sélectivité, technique de pêche alternative, casier, aménagement des pêcheries.

Joint productions and management measures in mixed fisheries: the case of the *Nephrops* trawl fishery in the bay of Biscay

Abstract : The use of poor selective gears in a multi-species and multi-size ecosystem induces desired joint productions corresponding to by-catches and unwanted joint productions that are discarded. These joint-productions can worsen external effects consequences and they complicate moreover classical right-based solutions to fisheries management. A bio-economic analysis of production process using low selective gear is presented in the first part of the thesis with an application to the *Nephrops* trawl fishery in the bay of Biscay. The production function is split into a catch function and a sorting function. The analysis of the catch function highlights that all productions are not joint productions. There is a kind of joint productions control by the fishermen that is useful to fisheries management. The analysis of microeconomic sorting behaviours, from a sorting function defined with analogy to the catch function, then enables to discuss incentives to discards. Discards are considered as an output of a sorting task. In the second part of this thesis, we present a bio-economic analysis of management measures to reduce negative consequences of joint-productions. A theoretic analysis of selectivity shows that social benefits of selectivity improvement depend on the level of effort in the fishery and on the costs of effort. Besides, it is shown that when selectivity is not observable, fishermen are incited to adopt non selective technique. A cost-benefit analysis of several scenarios of improving selectivity is then realized from a bio-economic simulation model applied to the *Nephrops* fishery. Endogenous behaviours highlight the need to combine technical measures with access regulation measures: when the fishery is non selective, access regulation is complicated to implement and improving selectivity without access regulating do not resolve overcapacity problems. The example of the *Nephrops* pot fishery in Loch Torridon (Scotland) then enables to discuss profitability conditions of an alternative fishing gear to trawl, pot, whose selectivity is observable and that does not produce joint productions. Profitability of a pot métier in the bay of Biscay is discussed under several conditions. Transition phases are analyzed and highlight the question of transitory subsidies to technical change. The need for a spatial management of these activities is underlined in this case.

Keywords : joint productions, discards, by-catches, bio-economic modelling, micro-economic model of fishermen behaviours, cost-benefit analyses, social cost, *Nephrops* fishery in the bay of Biscay, selectivity, alternative fishing technique, fisheries management.