

**UNIVERSITE MONTPELLIER 2
SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC**



THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE MONTPELLIER 2

Discipline : Ecologie Fonctionnelle

Formation Doctorale : Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels et Cultivés

Ecole Doctorale : S.I.B.A.G.H.E



Présentée et soutenue publiquement par

Massal FALL

Le 06 Novembre 2009

Thème :

**Pêcherie démersale côtière au Sénégal – Essai de
modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks**

Jury

Docteur **Alassane SAMBA**, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), Sénégal, Président

Docteur **Francis LALOË**, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France, Directeur de thèse

Professeur **Thang DO CHI**, Université de Montpellier 2 (UM2), France, Co-directeur de thèse

Docteur **Jocelyn FERRARIS**, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France, Rapporteur

Professeur **Didier GASCUEL**, Agro campus de Rennes (ENSAR), France, Rapporteur

Professeur **David MOUILLOT**, Université de Montpellier 2 (UM2), France, Examineur

**UNIVERSITE MONTPELLIER 2
SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC**



THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE MONTPELLIER 2

Discipline : Ecologie Fonctionnelle

Formation Doctorale : Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels et Cultivés

Ecole Doctorale : S.I.B.A.G.H.E



Présentée et soutenue publiquement par

Massal FALL

Le 06 Novembre 2009

Thème :

**Pêcherie démersale côtière au Sénégal – Essai de
modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks**

Jury

Docteur **Alassane SAMBA**, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), Sénégal, Président

Docteur **Francis LALOË**, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France, Directeur de thèse

Professeur **Thang DO CHI**, Université de Montpellier 2 (UM2), France, Co-directeur de thèse

Docteur **Jocelyn FERRARIS**, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France, Rapporteur

Professeur **Didier GASCUEL**, Agro campus de Rennes (ENSAR), France, Rapporteur

Professeur **David MOUILLOT**, Université de Montpellier 2 (UM2), France, Examineur

Dédicaces

Ce modeste travail est dédié :

A mes défunts parents, en témoignage de tout le respect que je continue à leur vouer

A mes enfants, Ibrahima et Fatou, en témoignage de tout le bien que je leur souhaite

A mes frères, sœurs, neveux, nièces, cousins et cousines, pour tout ce qui nous lie

A ma femme Aïchatou M. Camara et à sa famille, en témoignage de toute ma reconnaissance

A mes parents pêcheurs guet-ndariens dont cette thèse m'a singulièrement rapprochée

In memoriam à mon cousin Yatma Sadio décédé une semaine avant ma soutenance

A Youssouph Diatta, Mountaga Thiam, Mor Guèye et Abdoulaye Sylla, amicalement

A la promotion des « 100 » (année 1981) de l'Ecole Militaire de Santé de Dakar

A l'Armée Sénégalaise pour toutes les facilités administratives

A tout le personnel de l'ISRA, en particulier au Directeur Général et au Directeur Scientifique

A tous les chefs de centre successifs du CRODT, spécialement MM. Diadhiou, Samba et Barry

In memoriam, au personnel décédé du CRODT : Bassirou Ndiaye, Mané, Mme Mbodj, Sané, etc.

Aux techniciens du CRODT : Madiabel, Mandiémé, Sérigne, Mor, Biagui, Fallou, etc.

A mes doyens en pêche démersale : Domain, Caverivière, Modou et Djiby. En toute modestie !

A tous les personnels des N/O Louis Sauger et Itaf Dème. Avec toute ma reconnaissance !

A tout le personnel administratif du CRODT et de l'ISRA, surtout Mme Sarr, Rama et Kankou

A mes collègues chercheurs : Diallo, Ndiaga, Fambaye, Dème, Birane, Djiga, Bass, Bousso, etc.

Aux familles Ndong, Camara, Muret, Laloë, Lallemand et aux amis de Montpellier

A Marion Poudevigne et Solange (UM2) et Nathalie Finot (IRD) pour leurs appuis et conseils

Remerciements

Mme **Jocelyne Ferraris** a volontiers accepté d'être un des rapporteurs de notre thèse. Sa riche et longue expérience des pêcheries sénégalaises et sa qualité de biostatisticienne très versée dans les études relatives aux tactiques et stratégies de pêche en font assurément un membre de jury idéal. Pour toutes ses raisons, nous lui exprimons notre gratitude et nos sentiments admiratifs.

M. **Didier Gascuel** a eu à me dispenser le cours de Dynamique des Populations Marines Exploitées à l'Agrocampus de Rennes, ex Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes (ENSAR), de 1999 à 2000. De cet enseignement ainsi que des nombreuses publications qu'il a faites ou aux auxquelles il a collaborées, je garde de lui l'image d'un scientifique pétri de savoir, passionné de sa discipline, disponible et d'une très grande ouverture d'esprit. C'est donc un très grand honneur pour moi de le compter dans mon jury de thèse.

Avec M. **David Mouillot**, j'ai eu à initier des analyses statistiques non insérées dans la présente thèse mais qui m'auront laissées une forte impression quant à son savoir-faire et à la rigueur de sa démarche scientifique. Je garde le ferme espoir que cette collaboration sera « réchauffée » bientôt et lui exprime, en conséquence, toute ma reconnaissance.

M. **Alassane Samba**, en sa qualité de chercheur sénior puis de Directeur du CRODT, m'a toujours enjoint de « faire » ma thèse. Je ne le remercierai jamais assez pour la qualité de l'encadrement et les nombreuses remarques qu'il a eues à me faire dans la conduite de ce travail. Son expertise en pêche artisanale sénégalaise m'a particulièrement frappée. Tous mes respects, cher doyen et...président !

M. **Francis Laloë** s'est tellement impliqué à toutes les étapes de ma thèse que je peine à trouver les mots pour le remercier. En une telle circonstance, les mots du cœur valent mieux que ceux que l'on exprime oralement ou par écrit. Qu'il soit donc assuré de tout le bien que je pense de lui.

M. **Thang Do Chi** m'a fait l'insigne honneur de codiriger ma thèse et de m'apporter son appui et ses conseils en toute circonstance ; ce, malgré ses nombreuses obligations et contraintes. Merci infiniment, Professeur !

M. **Bernard Godelle**, responsable de l'Ecole Doctorale S.I.B.A.G.H.E, puissiez vous trouver ici l'expression de ma reconnaissance pour la compréhension dont vous n'avez jamais cessé de faire montre à mon endroit.

M. **Saliou Ndiaye**, Directeur des Etudes de l'ENSA de Thiès (Sénégal), veuillez trouver ici toute l'expression de ma reconnaissance pour avoir guidé mes premiers pas en analyse de données, notamment en biométrie, et pour votre grande disponibilité.

Enfin, last but not least, merci infiniment à l'**Institut de Recherche pour le Développement (IRD)** et à la **Coopération Française** (Lionel Kinadjian et Audrey de Forville, notamment) pour les appuis multiformes : bourses de formation continue, facilitations, etc. Merci aussi aux concepteurs du logiciel **Genstat® Discovery 3rd Edition** mis gratuitement à la disposition des chercheurs du Sud.

Table des matières

Dédicaces	iii
Remerciements.....	iv
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures	vii
Liste des acronymes et abrégés	8
Résumé.....	11
Chapitre I : Pêcherie démersale côtière au Sénégal	19
1.1. Côte sénégalaise	19
1.1.1. Zone nord.....	19
1.1.2. Zone Centre	21
1.1.3. Zone Sud.....	21
1.2. Caractéristiques hydrologiques	22
1.2.1. Eaux continentales	22
1.2.2. Eaux marines	22
1.3. Saisons hydrologiques	23
1.4. Faits historiques saillants	23
1.4.1. Années 50 – 60	24
1.4.2. Années 70 – 80	24
1.4.3. Années 90 à nos jours	26
1.5. Communautés de pêcheurs	27
1.5.1. Pêcheurs artisans.....	27
1.5.2. Pêcheurs industriels	28
1.6. Flottes	28
1.6.1. Flottes artisanales	29
1.6.2. Flottes cordières et industrielles	30
1.6.2.1. Trait essentiel.....	30
1.6.2.2. Typologie classique	30
1.6.2.3. Difficultés	31
1.6.3. Interactions entre pêcheries	31
1.6.3.1. Relations de compétition	31
1.6.3.2. Relations de complémentarité.....	32
1.6.4. Conditions d'accès à la ressource.....	32
1.6.5. Principales licences démersales côtières	33
1.6.5.1. Crevettiers.....	33
1.6.5.2. Poissonniers céphalopodières	35
1.7. Conclusion	38
Chapitre II : Caractérisation des stocks exploités	40
2.1. Organisation des communautés démersales.....	40
2.2. Tendances observées aux niveaux des captures et des efforts	43
2.2.1. Evolution de l'effort et des captures en pêche artisanale	43
2.2.2. Evolution de l'effort et des captures en pêche chalutière	43
2.3. Tendances observées au niveau de l'abondance	44
2.4. Etats d'exploitation.....	45
2.5. Mesures d'aménagement des pêcheries	49
2.6. Résultats obtenus à partir des méthodes directes	54
2.6.1. Sources de données	55
2.6.2. Matériels	55
2.6.3. Méthodes	56
2.6.4. Traitements des données.....	56
2.6.4.1. Analyse en Composantes Principales	57
2.6.4.2. Analyse en Composantes Principales sur Variables Instrumentales.....	58
2.6.5. Résultats	61
2.6.5.1. Résultats de l'ACP.....	61
2.6.5.2. Résultats des K-means	68
2.6.5.3. Résultats de l'ACPVI	70
2.6.5.3.1. Inertie.....	70
2.6.5.3.2. Effet de l'année.....	71

2.6.5.3.3.	Effets de la zone	73
2.6.5.3.4.	Interprétation des deux premières composantes	75
2.7.	Conclusion	76
3.1.	Notions de stratégies et de tactiques de pêche	78
3.1.1.	Définitions généralistes	78
3.1.2.	Notions de stratégies de pêche	79
3.1.2.1.	Différentes approches	79
3.1.2.2.	Déterminisme	81
3.1.3.	Notions de tactiques de pêche	81
3.1.3.1.	Différentes approches	81
3.1.3.2.	Déterminisme	83
3.2.	Matériels	83
3.2.1.	Sources et nature des données chalutières	83
3.2.1.1.	Sources de données chalutières	83
3.2.1.2.	Nature des données chalutières	84
3.2.2.	Sources et nature des données piroguières	85
3.2.2.1.	Sources des données piroguières	85
3.2.2.2.	Nature des données piroguières	87
3.3.	Méthodologies d'études	90
3.3.1.	Conceptualisation des termes de référence	90
3.3.2.	Analyses typologiques	91
3.3.2.1.	Notions de typologie	91
3.3.2.2.	Fichiers de travail	91
3.3.2.3.	Méthode typologique adoptée	92
3.3.2.3.1.	Rappels sur les méthodes de classification	92
3.3.2.3.2.	Présentation de la méthode des K-means	93
3.3.2.4.	Résumé des démarches typologiques	95
3.3.3.	Diagramme de Pech	95
3.4.	Résultats	97
3.4.1.	Tactiques de pêche chalutière	97
3.4.1.1.	Tactiques chalutières initiales	97
3.4.1.2.	Tactiques chalutières retenues	97
3.4.1.3.	Description détaillée	100
3.4.1.3.1.	Modes de conservation à bord	100
3.4.1.3.2.	Paramètre spatial	101
3.4.1.3.3.	Paramètre temporel	101
3.4.2.	Stratégies de pêche chalutières	104
3.4.2.1.	Stratégie I	104
3.4.2.2.	Stratégie II	105
3.4.2.3.	Stratégie III	105
3.4.2.4.	Stratégie IV	105
3.4.2.5.	Stratégie V	106
3.4.3.	Tactiques de pêche piroguière	106
3.4.3.1.	Tactiques « lignes diverses »	107
3.4.3.2.	Tactiques « palangre »	110
3.4.3.3.	Tactiques « filets passifs »	111
3.4.3.4.	Tactiques « filets actifs »	111
3.4.3.5.	Tactiques « filets maillants encerclants »	112
3.4.3.6.	Tactiques « senne tournante »	112
3.4.3.7.	Synthèse des tactiques piroguières	113
Chapitre IV : Modélisation de la dynamique de l'exploitation		115
3.5.	Généralités	115
4.1.1.	Définitions	115
4.1.2.	Exemples	115
4.1.3.	Critères d'un bon modèle	116
3.6.	Etude du modèle « Dynamique Conjointe Exploitation Ressource »	116
4.1.4.	Justificatifs de la modélisation	116
4.1.5.	Présentation générale	117
4.1.6.	Paramétrisation	118
4.1.6.1.	Configuration générale	118

4.1.6.1.1.	Stocks	118
4.1.6.1.2.	Strates d'échantillonnage	118
4.1.6.1.3.	Tactiques.....	119
4.1.6.1.4.	Flottes	120
4.1.6.1.5.	Autres paramètres	121
4.1.6.2.	Articulations des typologies.....	122
4.1.6.2.1.	Listing des articulations	122
4.1.6.2.2.	Diagramme de Pech	124
4.1.6.3.	Equations essentielles	126
4.1.6.3.1.	Modèle de la dynamique de la ressource	126
4.1.6.3.2.	Modèle de la dynamique de l'exploitation.....	127
4.1.6.4.	Caractéristiques des flottes	128
4.1.6.5.	Caractéristiques des stocks	130
4.1.6.6.	Coûts variables et coûts d'opportunité.....	132
4.1.7.	Ajustement du modèle	133
4.1.7.1.	Contexte et principe	133
4.1.7.2.	Conduite	134
4.1.7.3.	Estimation des paramètres	139
4.1.7.4.	Simulations et aide à la prise de décision	140
4.1.7.4.1.	Exemple d'un objectif et de variables de contrôles	141
4.1.7.4.2.	Prise en compte et étude de l'impact de changements	144
Chapitre V : Discussion générale et perspectives		146
3.7.	Outils analytiques	146
5.1.1.	ACP	146
5.1.2.	ACPM	146
5.1.3.	K-means.....	147
5.1.4.	Modèle DCER	148
3.8.	Résultats relatifs à la caractérisation des stocks.....	150
5.1.5.	Assemblages faunistiques	150
5.1.6.	Sources de variation et baisse globale des abondances.....	152
3.9.	Résultats relatifs aux tactiques et stratégies de pêche	154
5.1.7.	Pêche chalutière	154
5.1.7.1.	Problème des « divers »	154
5.1.7.2.	Tactiques chalutières	155
5.1.7.3.	Stratégies chalutières	155
5.1.8.	Pêche piroguère	156
5.1.8.1.	Strates	156
5.1.8.2.	Tactiques.....	156
5.1.8.3.	Flottes	162
3.10.	Problématique des licences et permis de pêche	164
5.1.9.	Licences de pêche chalutières.....	164
5.1.9.1.	Décalage entre flottes	164
5.1.9.2.	Pertinence des licences de pêche actuelles	164
5.1.9.2.1.	Licence « crevette côtière »	165
5.1.9.2.2.	Licence « poissons-céphalopodes »	166
5.1.9.2.3.	Cas particulier de la licence « rouget »	168
5.1.9.2.4.	Permis de pêche piroguère.....	169
Conclusion générale		171
Références bibliographiques		176
Annexes		191

Liste des tableaux

Tableau 1 : Saisons marines au Sénégal.....	23
Tableau 2: Options de licences de pêche démersale côtière.....	34
Tableau 3: Classification de communautés spécifiques selon des critères saisonniers	41
Tableau 4 : Classification des communautés spécifiques selon des critères écologiques	42
Tableau 5: Synthèse de résultats du Groupe de travail COPACE 2003 pour le Sénégal	46
Tableau 6: Synthèse de résultats du Groupe de travail COPACE 2004	47
Tableau 7: Résultats d'analyses de cohortes pour sept espèces démersales au Sénégal	48
Tableau 8: Données récentes sur l'évaluation des stocks démersaux au Sénégal.....	49
Tableau 9 : Etat d'exploitation des principales espèces pêchées au Sénégal	53
Tableau 10: Listing des campagnes démersales côtières de 1986 à 2008	55
Tableau 11: Liste et codes des stocks analysés par l'ACPVI.....	59
Tableau 12: Statistiques descriptives des taxons majeurs après transformation logarithmique	63
Tableau 13: Valeurs propres des 8 premiers axes factoriels de l'ACP	63
Tableau 14: Taxons ayant les plus fortes contributions par axe factoriel.....	64
Tableau 15: Taxons ayant les coordonnées extrêmes par axe factoriel.....	67
Tableau 16: Compositions spécifiques des clusters en début et fin de saison froide	69
Tableau 17: Compositions spécifiques des clusters en début et fin de saison chaude.....	69
Tableau 18: Décomposition de l'inertie des ACPVI en saisons froide et chaude.....	70
Tableau 19: Description des variables utilisées en pêche chalutière.....	86
Tableau 20: Présentation des engins de pêche artisanale étudiés.....	88
Tableau 21: Liste des taxons de pêche artisanale complétant ceux étudiés en pêche chalutière.....	89
Tableau 22: Répartition des sorties retenues par port et par engin de pêche cumulé de 1980 à 2006.....	92
Tableau 23: Principales méthodes de classification non hiérarchique	93
Tableau 24: Eléments clés des démarches typologiques.....	96
Tableau 25: Présentation des 12 tactiques initialement identifiées	98
Tableau 26: Présentation des 8 tactiques retenues après agrégation	99
Tableau 27: Résumé des éléments descriptifs des tactiques de pêche retenues	103
Tableau 28: Décompositions des stratégies suivant les 12 tactiques initiales	104
Tableau 29: Décompositions des stratégies suivant les 8 tactiques.....	105
Tableau 30 : Principales caractéristiques des stratégies de pêche	105
Tableau 31 : Principales tactiques identifiées à partir des lignes diverses	108
Tableau 32 : compositions spécifiques de tactiques "lignes diverses" à Dakar.....	109
Tableau 33: Principales tactiques identifiées à partir de la palangre.....	110
Tableau 34: Principales tactiques identifiées à partir des filets passifs	111
Tableau 35: Principales tactiques identifiées à partir de la senne tournante	112
Tableau 36 : Répartition globale des sorties enquêtées par tactique et par port.....	114
Tableau 37 : Effectifs des 25 flottes artisanales et industrielles.....	130
Tableau 38: Valeurs de M, B ₀ , K, MSY et prix au kg utilisées dans le modèle.....	131
Tableau 39 :Illustration de séries d'ajustements sur l'effort, les stocks et les strates.....	136
Tableau 40: Valeurs des paramètres pour les fonctions de pénalités	143
Tableau 41: Valeurs des variables de contrôle.....	143
Tableau 42: Typologie des ressources démersales sénégalaises à partir de données de campagnes.....	151
Tableau 43: Nombre de marées chalutières selon la licence et la tactique de pêche.....	165

Liste des figures

Figure 1: Zones du COPACE et des côtes sénégalaises.....	20
Figure 2 : Proportions de <i>Penaeus notialis</i> dans les prises des crevettiers sénégalais de 1969 à 1980.....	34
Figure 3: Evolution de l'effort et des débarquements de la pêche artisanale de 1981 à 2006.....	43
Figure 4: Evolution de l'effort et des débarquements de la pêche chalutière côtière de 1971 à 2006.....	44
Figure 5: Evolution de PUE en kg/heure d'espèces démersales côtières de 1970 à 1998.....	45
Figure 6: Illustration de quelques représentants des 20 taxons les plus abondants	62
Figure 7: Cercles de corrélation des plans factoriels 1 à 4 de l'ACP générale.....	65
Figure 8: Cercles de corrélation des plans factoriels 5 à 8 de l'ACP générale.....	66
Figure 9: Illustration de l'effet année en saisons froide et chaude.....	72
Figure 10: Illustration de l'effet zone en saisons froide et chaude.....	74
Figure 11: Premières composantes principales des PUE globales de saison froide	75
Figure 12: Premières composantes principales des PUE globales de saison chaude	76
Figure 13: Algorithme de la méthode des K-means.....	94
Figure 14: Illustration du diagramme de PECH avec ses articulations	96
Figure 15: Proportion des marées glacières et congélatrices par tactique	101
Figure 16: Proportions des marées zonales par tactique	101
Figure 17: Variations du nombre de marées par tactique selon la quinzaine	102
Figure 18: Variations du nombre de marées par tactique selon l'année	102
Figure 19 : Variations de la part des marées piroguières par engin et par port	106
Figure 20: Exemple de fonction logistique prenant en compte la puissance de pêche.....	123
Figure 21: Diagramme de Pech pour les 82 tactiques, 25 flottes, 32 stocks et 31 strates	125
Figure 22: Exemple de fonction logistique décrivant l'évolution des effectifs de flottes.....	128
Figure 23: Efforts observés et ajustés dans les 31 strates d'échantillonnage.....	137
Figure 24: PUE observés et ajustés au niveau de la strate "Lignes à Kayar"	138
Figure 25: Procédure d'ajustement "ad hoc"	140
Figure 26: Fonction de pénalité utilisée pour chaque stock	143
Figure 27: PUE observées et ajustées durant la période 2006-2016 dans la strate Lignes à Kayar	145
Figure 28: Pourcentages de marées chalutières selon la licence et la tactique de pêche	165

Liste des acronymes et abrégés

Acant : *Acanthurus monroviae*
ACP : Analyse en Composantes Principales
ACP/UE : Pays Afrique-Caraïbes-Pacifique et de l'Union Européenne
ACPM : Analyse en Composantes Principales sur variables Instrumentales
AGC : Agence de Gestion et de Coopération entre le Sénégal et la Guinée-Bissau
Alect : *Alectis alexandrinus*
AMP : Aires Marines Protégées
Argy : *Argyrosomus regius*
Arius : *Arius sp*
Baliste : *Balistes sp*
BAT : Nom des chalutiers
Brachy : *Brachydeuterus auritus*
BRO : Brotule *Brotula barbata*
Brotule : *Brotula barbata*
CAR : Carangidés
CCALP : Commission d'Attribution des Licences de Pêche
CEE : Communauté Economique Européenne
Chelid : *Chelidonichthys sp*
CITES : Commerce International des Espèces de Faunes et de Flore Sauvages menacées d'extinction
COD : Numéros de code des chalutiers
CON : Chalutier congélateur
COORD : Coordonnée au niveau de l'axe factoriel
COPACE : Comité des Pêches de l'Atlantique Centre-Est
COR : Pavillon coréen
CRE : Chalutier crevettier ou tactique crevette
CRODT : Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye
CSRP : Commission Sous-Régionale des Pêches
CTR : Contribution à l'édification d'un axe factoriel
CV : Puissance motrice en chevaux vapeur
CYN : Cynoglosses *Cynoglossus sp*
Cynogl : *Cynoglossus sp*
Dactyl : *Dactylopterus volitans*
DCER : Modèle dit de « Dynamique Conjointe Exploitation – Ressource »
Decapt : *Decapтерus sp*
DEMC : Licence Démersale Côtière
DEMP : Licence Démersale Profonde
Dentex_c : *Dentex cotti*
Dentex_p : *Dentex profundus*
DIV : Divers
DMM : Direction de la Marine Marchande
DOPM : Direction de l'Océanographie et des Pêches Maritimes
DPCA : Direction de la Pêche Continentale et de l'Aquaculture
DPM : Direction des Pêches Maritimes
DPSP : Direction de la Protection et de la Surveillance des Pêches, ex PSPS
Drepane : *Drepane africana*
E : taux d'exploitation = F/Z
EAS : Echantillonnage Aléatoire Stratifié
ECOST : Ecosystems, Societies, Consilience and Precautionary principle: development of and assessment method of the societal cost for best fishing practices and efficient public policies". Projet de l'UE
EFF : Effort de pêche
ENDA : Environnement-Développement en Afrique (ONG basée à Dakar)

ESP: Pavillon espagnol
 F : mortalité par pêche ou pseudo valeur de la statistique de Fisher
 f: Effort de pêche
 FAO : Food and Agriculture Organisation
 FCFA : franc CFA, monnaie ayant cours au Sénégal et dans certains pays africains francophones
 FDA : Filet dormants actif
 FDP : Filet dormants passif
 FEP : Filet encerclants plongeant
 FPE : Fonds de Promotion Economique
 FRA: Pavillon français
 GAIPES : Groupement des Armateurs et Industriels de la Pêche au Sénégal
 Galeoides : *Galeoides decadactylus*
 GAM: Pavillon gambien
 GLA: Chalutier glacier
 GLM : Global Linear Model
 GRE: Pavillon grec
 Helicolenus : *Helicolenus dactylopterus*
 HOL: Pavillon hollandais
 ID : Navire océanographique Itaf Dème
 ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
 ISTAM: Improve Scientific and Technical Advices for Fisheries Management. Projet de l'UE
 ITA: Pavillon italien
 IUCN: International Union for the Conservation of the Nature
 Lagocephalus: *Lagocephalus sp*
 LIC: Licence de pêche
 Lithogn : *Lithognathus sp*
 LPSPA : Lettre de Politique Sectorielle de la Pêche et de l'Aquaculture
 LS : Navire océanographique Louis Sauger
 Lutjan: *Lutjanus sp*
 MEMTMPP : Ministère de l'Economie Maritime, des Transports Maritimes, de la Pêche et de la Pisciculture
 Merlus: *Merluccius sp*
 Mérous: *Epinephelus sp*
 MSY: Maximum Sustainable Yield
 Mustelus: *Mustelus mustelus*
 Mycterop: *Mycteroperca rubra*
 N/O : Navire océanographique
 OMB : Ombrines *Umbrina sp*
 ONG : Organisations Non Gouvernementales
 ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer, actuel IRD
 PAD : Port Autonome de Dakar
 PAG : Pageot *Pagellus bellottii*
 Pageot: *Pagellus sp*
 Pagre : *Pagrus sp*
 PAL : Palangre, palangrier
 PAR : Crevette profonde *Parapeneus longirostris*
 PAV : Pavillon des chalutiers
 PC : Principal Component, composante principale en français
 PELC : Licence Pélagique Côtière
 PELH : Licence Pélagique Hauturière
 PEN : Crevette côtière *Penaeus notialis*
 PGL : Pirogue glacière
 PIB : Produit Intérieur Brut
 Plecto : *Plectorhynchus sp*
 PME : Prise maximale Equilibrée

PML : Pirogue moteur ligne
 POC: Chalutier poissonnier céphalopodier
 Pomadasys : *Pomadasys sp*
 Pontinus : *Pontinus kuhlii*
 POU: Poulpe *Octopus vulgaris*
 Poulp: *Octopus vulgaris*
 Pseudotolithus : *Pseudotolithus sp*
 Pseudupeneus : *Pseudupeneus prayensis*
 PSPS : ex Projet de Surveillance des Pêches au Sénégal, actuelle DPSP
 PUE : Prise par Unité d'Effort
 PVL : Pirogue voile ligne
 QZN: Quinzaine
 Raja: *Raja sp*
 Rhinobatos: *Rhinobatos sp*
 Rhinoptera : *Rhinoptera sp*
 ROU : Rouget *Pseudupeneus prayensis*
 SC : Saison Chaude
 Scorpaena : *Scorpaena sp*
 SEI : Seiche *Sepia officinalis hierredda*
 SEN: Pavillon sénégalais
 Sepia : *Sepia sp*
 SF : Saison Froide
 SIAP : Système d'Information Appliqué aux Pêches, Symposium tenu à Dakar en juin 2002
 Solea: *Solea sp*
 SOM: Sompatt *Pomadasys sp*
 ST : Senne tournante
 TJB : Tonnage de Jauge Brut
 TKM : Thiékem *Galeoides decadactylus*
 Trachurus : *Trachurus sp*
 TYP : Mode de conservation des produits à bord
 UE : Union Européenne, ex CEE
 Umbrina : *Umbrina sp*
 VMS: Vessel Monitoring System
 WWF: World Wild Fund
 Yeet : *Cymbium sp*
 Z: Mortalité totale
 Zanobatus : *Zanobatus sp*
 ZEE : Zone Economique Exclusive
 Zenopsis : *Zenopsis conchifer*
 Zeus : *Zeus faber*
 ZON : Zone de pêche

Résumé

Titre: Pêcherie démersale côtière au Sénégal. Essai de modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks

Title: *Senegalese coastal demersal fisheries. An attempt of modelling of the exploitation dynamics*

Auteur/Author: Massal FALL, Dakar, Sénégal. Email : massal.fall@gmail.com

Mots-clé : Sénégal, stocks démersaux côtiers, tactiques, stratégies, modélisation

Keywords: *Senegal, coastal demersal stocks, tactics, strategies, modelling*

Laboratoires/Laboratories : Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT/ISRA, Dakar, Sénégal) – Institut de Recherche pour le Développement (UR 199, IRD, Montpellier, France) – Ecosystèmes Lagunaires (UMR 5119, ECOLAG, CNRS-UM2-IFREMER, France)

Français - Les traits essentiels de la côte sénégalaise, repères historiques de la pêche, communautés de pêcheurs, caractéristiques des flottes et modes d'accès à la ressource et d'interaction sont analysés. Les caractéristiques, tendances décroissantes de l'abondance, niveaux d'exploitation, mesures d'aménagement, relations interspécifiques, changements potentiels et sources de variation des stocks démersaux côtiers sont précisés. Les notions de tactiques et stratégies de pêche sont passées en revue, conceptualisées puis étudiées. Le modèle «Dynamique Conjointe Exploitation Ressource» utilisé repose sur la définition de 4 typologies. L'utilisation de méthodes de classification et de connaissances d'experts conduit à considérer 32 stocks, 31 strates, 82 tactiques et 25 flottilles artisanales et chalutières. Les typologies sont articulées avec la prise en compte de paramètres relatifs à l'économie, aux stocks, flottilles et règles de décisions. L'ajustement est satisfaisant en partie. Toutefois, le modèle garde son importance en matière de prospective et d'objectifs à atteindre via la définition de variables de contrôle. Notre travail peut être considéré comme une esquisse invitant à un groupe de travail élargi aux experts des institutions halieutiques nationales voire, sous-régionales. Des propositions sont faites sur les bases de données, les licences de pêche et l'étude des tactiques et stratégies à mener suivant des pas de temps raisonnables pour tenir compte du grand dynamisme des pêcheries. Dès lors qu'il s'agit de caractériser l'impact de la pêche sur l'écosystème, ces travaux sont des éléments essentiels des recherches à faire sur la dynamique des écosystèmes exploités.

English - The essential features of the Senegalese coast, fisheries history, fishermen's communities, artisanal and trawling fleet's characteristics and their way of accessing to the resource and interactions are described. The characteristics, evolutionary tendencies of abundance, level of exploitation, measures of fisheries management, interspecific relationship, potential evolutionary changes and sources of variation of coastal demersal stocks are specified. Tactics and strategies are reviewed, conceptualized and studied. We used the model "Dynamique Conjointe Exploitation Ressource" which lies on 32 stocks, 31 strata, 82 tactics, 25 fleets and several other parameters dealing with stocks, fleets, economy and making decision rules. The adjustment is partially satisfactory but the model is of great interest for prospective studies and objectives to reach once defined variables of control. Our work is an outline calling for an enlarged working group implying national or sub regional fisheries institutional experts. Tactics and strategies studies, re-actualized in artisanal fisheries, are performed for the first time in industrial fisheries. The typological approach is simple, pertinent, efficacy and fast. Propositions are made relatively to databases, fishing licenses and tactics and strategies studies that should be implemented according to a reasonable time steps in order to take into account the big dynamism of the Senegalese fisheries. As it is intended to characterize fisheries impact on ecosystem, these works are one of essential research elements on the dynamic of exploited ecosystems.

Introduction

Le Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT) est le département de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) chargé de la recherche halieutique, i.e. dans les milieux marins, saumâtres et dulçaquicoles. Créé en 1961 et dépendant, alors, de l'ex Direction de l'Océanographie et des Pêches Maritimes (DOPM, actuelle DPM), il a été géré et financé jusqu'en 1974 par un organisme français, l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer (ORSTOM¹), avant de passer sous la tutelle de l'ISRA (ISRA, 1998). Les recherches menées au CRODT ont apporté de nombreuses avancées touchant à l'environnement marin, à la bioécologie des espèces, à l'évaluation des ressources, à la technologie des engins et des produits, à la socio-économie des pêches ainsi qu'à l'aquaculture. Trois programmes de recherche² y sont en cours de réalisation : Ressources et Environnement (I), Dynamique des Systèmes d'Exploitation (II) et Gestion et Aménagement des Pêcheries et de leurs Milieux (III).

Au Sénégal, la primauté des pêcheries maritimes en général sur les pêcheries continentales et l'aquaculture est indéniable, comme en attestent les éléments ci-dessous (DPCA, 2006 – LPSPA, 2007 – MEMTMPP, 2008).

La pêche continentale est une activité artisanale multi sites : vallée du fleuve Sénégal au nord, *bolongs* du Sine Saloum au centre, *bolongs* et bassins au sud, etc. Bien enracinée dans l'économie vivrière, elle contribue au frein de l'exode rural et affiche des captures de 37 000 t environ (14 000 t en eau douce, 23 000 t en eau saumâtre). Les captures couvrent, en partie, les besoins en poisson des ruraux et entrent pour 10 % dans la consommation nationale moyenne per capita en poisson. Toutefois, la pêche continentale souffre encore des effets pervers conjugués de la sécheresse, de la construction de barrages et des aménagements hydro-agricoles voire, du développement de l'agriculture industrielle (tomate et sucre) et de la riziculture ; toutes choses qui ont poussé à une reconversion temporaire ou permanente de ses 50 000 à 70 000 *pêcheurs* comme ouvriers agricoles.

L'aquaculture sénégalaise, orientée principalement vers la pisciculture, la crevetticulture et l'ostréiculture, a été très tôt perçue comme une alternative à la baisse des productions continentales et maritimes. Toutefois, elle n'a pas connu un développement soutenu malgré les initiatives individuelles et les nombreux projets mis en œuvre sous l'impulsion de l'état via le CRODT, les partenaires étrangers (Taïwan, Chine, etc.) et des organisations non gouvernementales (ONG). A titre d'illustration, les statistiques récentes de la Direction de la Pêche Continentale et de l'Aquaculture (DPCA) montrent des niveaux de productions annuelles faibles (< 8 t pour les poissons dulçaquicoles, < 5 t pour les poissons estuariens, 188 t pour les huîtres) à quasiment nulles (poissons marins et crevettes). Les causes de ces piètres performances sont multiples : absence de suivi et de coordination, manque de maîtrise des techniques vulgarisées, non-optimisation des systèmes de production, perturbations dues aux fortes températures et salinités, habitudes de consommation peu favorables aux produits aquacoles et,

¹ Actuel Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

² Toutefois, pour compter de 2010, ces programmes seront réduits à 2 : Gestion Durable des Ecosystèmes et des Ressources (GEDER) et Dynamique des Systèmes d'Exploitation et valorisation des Produits (DYVA)

corrélativement, absence de marchés locaux consistants. Près de 2 000 personnes s'activent encore dans ce secteur.

La pêche maritime, en revanche, est avant tout un trait culturel majeur des populations côtières sénégalaises, à l'instar de celles des régions de Saint-Louis, Thiès, Dakar, Fatick, Kaolack et Ziguinchor. Les plus actives, de ce point de vue, sont, indéniablement, les communautés de pêcheurs *guet-ndariens*, *lébous* et *niominkas*. Mieux, la pêche est devenue une source importante d'emplois pour les jeunes sénégalais de plus en plus frappés par le chômage et/ou les échecs scolaires. Pratiquée de façon séculaire, elle a contribué en 2006 pour 1.4 % du Produit Intérieur Brut (PIB) national et affiché un chiffre d'affaires de 124 milliards FCFA³ pour un volume de captures de 373 000 t. En outre, elle assure une consommation de 26 kg de poisson frais/habitant/an, contribue à hauteur de 70 % à la couverture des besoins en protéines animales des populations et génère près de 600 000 emplois directs et indirects. Les 2/3 de ces emplois sont logés dans les filières de production et transformation artisanales où l'on note une forte présence de femmes.

Les travaux de recherche envisagés dans la présente thèse d'halieutique concernent les pêches maritimes sénégalaises. Ils s'inscrivent dans le cadre des activités menées depuis 2003 au CRODT, notamment du Programme II qui traite de la Dynamique des Systèmes d'Exploitation. Intitulés « Pêcherie démersale côtière au Sénégal. Modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks », ces travaux sont justifiés par :

a) les limites des méthodes de dynamique des populations

Un aménagement des pêcheries fondé sur la seule gestion de la ressource biologique est aujourd'hui dépassé. En effet, la réponse aux questionnements classiques de la dynamique des populations (quels niveaux de capture et d'effort appliquer sur la base de la connaissance du MSY⁴ et de l'effort optimal ?) a montré ses limites. Beaucoup de pêcheries à travers le monde (Europe, USA, Canada, etc.) se sont effondrées sur la base de tels avis, jadis exclusivement émis par des halieutes et fondés sur le seul état de la ressource...

Recentrant sa problématique principale sur la question du développement autour du système pêche dans son ensemble (i.e. incluant les aspects socio-économique et de gouvernance), le CRODT, à l'instar de plusieurs autres laboratoires de recherche halieutique de par le monde, a alors développé des approches parallèles ou complémentaires. Celles-ci se résument essentiellement en des études allant de la socio-économie (années 70 – 80) à l'approche participative ou de cogestion (années 2000), en passant par la dynamique des systèmes d'exploitation (années 80 – 90). Cette dernière discipline, à travers l'étude des stratégies et tactiques de pêche des acteurs, est censée contribuer à une meilleure connaissance des pêcheries et fournir des outils plus efficaces d'aide à la décision.

³ Franc CFA, unité monétaire du Sénégal et de certains pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre : 1 € = 66 FCFA

⁴ Maximum Sustainable Yield, terme anglais signifiant Prise Maximale Equilibrée (PME)

Pour simplifier, avant d'y revenir avec de plus amples développements au Chapitre III, la tactique et la stratégie de pêche désignent les « comportements » des acteurs, plus généralement des pêcheurs et/ou des armateurs.

b) la nécessité d'une étude élargie à la pêche industrielle

De nombreuses études ont porté sur les tactiques et stratégies de pêche maritime au Sénégal : Laloë et Samba (1990), Laloë et Samba (1991), Ferraris (1993), Ferraris et Le Fur (1993), Ferraris, Pelletier et Rochet (1996), Pelletier et Ferraris (2000), Pech et al (2001) et Ferraris (2001), en particulier. Le trait commun à tous ces travaux est qu'ils n'ont concerné jusqu'ici que la seule pêche artisanale. L'ambition du présent travail est d'étendre cette recherche au secteur industriel, en particulier à la pêche chalutière démersale côtière, secteur vital de l'économie nationale.

Quoique créditée de 20 % seulement des mises à terre, la pêche industrielle – où cohabitent plusieurs pavillons (national, Union Européenne/UE, Afrique et Asie) – ne joue pas moins un rôle important dans l'économie nationale. D'abord, elle génère, en mer comme à terre, de nombreux emplois directs (marins professionnels d'une part, employés des usines d'autre part, qui sont majoritairement des femmes) et indirects (avitailleurs, mareyeurs, réparateurs navals, hygiénistes, etc.). Ensuite, la pêche industrielle a été jusqu'en juin 2006 une importante source de devises pour l'état sénégalais à travers la contrepartie versée dans le cadre des accords de pêche⁵, le coût des licences de pêche et des arraisonnements, les divers impôts, les taxes à l'exportation, les redevances portuaires, etc. Enfin, les débarquements des flottilles industrielles contribuent à l'approvisionnement des usines exportatrices à et l'alimentation des populations locales (cf. "divers" du port de Dakar, à base de pélagiques où de produits « dévalués » à l'export, vendus aux mareyeurs).

c) l'importance des espèces démersales côtières

Les espèces démersales côtières regroupent divers poissons, crustacés et mollusques pêchés entre 0 et 200 m de profondeur à l'aide d'engins de fonds industriels (chaluts) et artisanaux (lignes, palangres, casiers, filets, etc.). Elles représentent 27 % des captures en Afrique de l'Ouest (320 000 t sur 1 200 000 t, selon Laurans, 2005), taux supérieur à celui de 20 % noté au Sénégal. Les pélagiques occupent ainsi, à l'échelle sous-régionale ou locale, la part la plus importante de ces captures, soit 73 à 80 %. Il n'empêche, les démersaux sont les ressources les plus ciblées de toutes, comme en atteste leur valeur marchande moyenne à très forte ; d'où, leur destination primaire aux marchés étrangers (Union Européenne, Asie, Amérique du Nord et Afrique), secondaire au marché local, surtout depuis 1994, année de la dévaluation de 50 % de la monnaie locale. Ensuite, il s'agit d'espèces globalement surexploitées (Thiam, 2000). Enfin, ces taxons ont toujours joué un rôle stratégique dans le cadre des accords de pêche liant le Sénégal à des communautés ou états et tiers, Union

⁵ Accords liant surtout le Sénégal à l'UE et au Japon. Leur reconduite est toutefois bloquée depuis juin 2006

Européenne (UE) notamment et ce, depuis 1979. Leur valeur marchande représente 33 % de la compensation financière des derniers accords Sénégal/UE de 2002 – 2006 (Diop, 2006).

En pêche industrielle, l'étude concernera exclusivement des navires opérant avec un chalut de fond. En pêche artisanale, nous incluons des données d'engins pélagiques (senne tournante et divers filets) à celles des engins démersaux précités (lignes, casiers, etc.). Cette démarche répond à plusieurs raisons, dont la prise en compte de la mixité, inexistante en pêche industrielle. La mixité s'entend par l'embarquement de 2 ou plusieurs engins de pêche pouvant être utilisés de façons permanente ou irrégulière, simultanée ou alternée. Elle permet ainsi au pêcheur artisanal d'accéder à différentes niches écologiques, donc à différentes catégories d'espèces. Ainsi, un fileyeur de surface peut débarquer du poulpe et un ligneur de la sardinelle. Ensuite, certains filets de surface ont des chutes suffisamment grandes pour leur permettre de ramener des poissons de fonds. Cette dernière technique constituerait même une forme de contournement de l'interdiction des filets dormants à Kayar, village situé à près de 50 km de Dakar, dont la fosse découverte en 1935, est réputée poissonneuse. Enfin, la prise en compte des engins de pêche artisanale s'avère indispensable en vue de la modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks démersaux côtiers du Sénégal envisagée *in fine*.

d) la caractérisation des stocks démersaux côtiers qui doit être actualisée

D'une manière générale, les stocks halieutiques présents dans les eaux ouest africaines, notamment, ceux de la Mauritanie, de la Guinée et du Sénégal, subissent une pression de pêche forte, séculaire et quasi permanente. On peut supposer qu'un tel état de fait a pu les affecter quantitativement (indices d'abondance, biomasses particulières ou globales, etc.) et/ou qualitativement (modifications ou « shifts » au niveau des assemblages faunistiques classiquement décrits, par exemple). Intéressés par les stocks démersaux côtiers du Sénégal et, à l'instar de divers auteurs (Domain, 1980 – Jouffre et al, 2004 – Domalain et al, 2004 – Jouffre, Domalain, Caverivière et Thiam, 2004 – Jouffre, Domalain, Caverivière et Diallo, 2004, entre autres), nous nous limitons ici à une étude qualitative centrée sur les assemblages faunistiques. L'intérêt de notre travail réside, essentiellement, dans la réactualisation de ces travaux d'auteurs. En effet, il prend en compte une série annuelle beaucoup plus vaste – allant de 1986 à 2008 – comparativement aux autres qui ne vont pas au-delà de 1999.

e) la problématique de la catégorisation actuelle des licences de pêche

La catégorisation actuelle des licences de pêche démersale côtière au Sénégal permet de distinguer deux options de pêche majeures : « crevette côtière » et « poissons céphalopodes » ; cette dernière incluant la variante « rougets ». Toutefois, cette catégorisation soulève de nombreux questionnements...

Tout d'abord, une étude datant des années 90 (CRODT, 1991a) a montré que les crevettiers ont des comportements de pêche allant de celui de crevettiers stricts, plutôt rares, à celui de poissonniers purs, largement majoritaires. Plus récemment, comparant les tactiques et stratégies de pêche déployées en 1990 – 1995 et 1996 – 2001, Fall (2003) constate un véritable déclin de l'option « crevettes » dans la 2^{ème} période où il ne subsisterait que très peu de crevettiers dignes de ce nom, extrêmement spécialisés : ce qui exclut, de facto, la quasi-totalité de la flottille détentrice de ladite licence... Dans un tel contexte, est-il logique de continuer à délivrer la licence « crevette côtière » ? Est-il, de même, pertinent d'affecter à un crevettier « formel » un effort de pêche et un débarquement plutôt « dignes » d'un poissonnier ?

Sur un autre plan, la tactique de pêche « céphalopodes » a été clairement identifiée au Sénégal (Fall, 2003) malgré l'absence de la licence du même nom, contrairement à la Mauritanie et au Maroc. Pour mémoire, les céphalopodes exploités au Sénégal concernent les décapodes (calmars *Loligo sp.*, *Illex coindettii*, *Todarodes sagittatus* et *Todarodes eblanae* et seiche *Sepia officinalis hierredda*) et les octopodes dont le chef de file est le poulpe *Octopus vulgaris*. Ils ont une courte durée de vie, une croissance rapide et une reproduction précoce (Mangold, 1983) et sont très convoités au plan mondial. Les débarquements de poulpe, les plus notables de tous au Sénégal, anecdotiques jusqu'en 1985, se sont considérablement accrus. En effet, ils sont passés de près de 10 000 tonnes en 1986 (Caverivière, 1993) à 38 000 tonnes environ en 1999 (Diallo, Jouffre, Caverivière et Thiam, 2002), niveau inégalé à ce jour. L'espèce est quasiment pêchée toute l'année, surtout durant l'été, saison, assimilable à une période « morte » en poissons où elle fait alors l'objet d'une forte surexploitation de sa croissance.

Enfin, les rougettiers, en dépit de leur statut de chalutiers – d'unités de pêche industrielle donc, au regard du code de la pêche au Sénégal – réclament un statut d'unité de pêche artisanale, avec les avantages y afférents, comme le fait de pouvoir pêcher en deçà des 6 miles.

f) la nécessité de modéliser la dynamique de l'exploitation des stocks

Pour répondre à cette problématique, nous utilisons ici le modèle de Dynamique Conjointe « Ressource – Exploitation » (DCER) élaboré dans le cadre de l'étude des pêcheries artisanales sénégalaises (Laloë et Samba, 1990 – Pech et al, 2001). Partant des typologies des stocks, actions de pêche, unités de pêche et strates d'échantillonnage préalablement établies dans le présent travail, ce modèle permet, pour des valeurs données des paramètres, de réaliser des applications conduisant à des résultats relatifs, en particulier, aux nombres d'actions de pêche selon les tactiques et aux rendements moyens obtenus sur les diverses composantes de la ressource selon chacune des tactiques de pêche. Cette utilisation sous forme de simulations peut s'avérer utile pour un certain nombre d'analyses critiques (Laloë, Pech, Samba et Sabatier, 1998).

Les justifications présentées ci-dessus sont essentiellement centrées sur des problématiques du Programme II CRODT (« Dynamique des systèmes d'exploitation »). Or, du fait que les activités de recherche du CRODT en général, celles du Programme II en

particulier, sont menées après une large concertation entre les chercheurs et leurs partenaires (gestionnaires des pêches, armateurs, pêcheurs industriels et artisans, etc.), les travaux de cette thèse constituent également une forme de valorisation académique de la recherche-développement au Sénégal. Il s'y ajoute le souhait de mettre à profit nos 15 ans de recherche halieutique au Sénégal (1994 – 2009), surtout dans le domaine de l'évaluation directe des stocks démersaux. C'est ainsi que nous avons fait appel, outre les données commerciales⁶, à des données scientifiques obéissant à un protocole rigoureux excluant la pêche ciblée (tel un ligneur ne pêchant qu'en fonds rocheux, à la recherche de Serranidés, par exemple) et les rejets (contrairement aux chalutiers glaciers et surtout, congélateurs).

A terme, nous pensons, au-delà de toutes ces préoccupations d'ordre institutionnel, académique ou personnel, contribuer à une meilleure connaissance des pêcheries sénégalaises en général et notamment de la dynamique d'exploitation des stocks démersaux côtiers par les chalutiers et les pirogues. A cet effet, nous avons procédé à une large recherche bibliographique sur les pêcheries, mis en forme et structuré des bases de données piroguières et chalutières très complexes avant d'utiliser des outils statistiques et un modèle éprouvés. Afin de mettre en forme les résultats de cette démarche méthodologique, la thèse a été structurée en 5 chapitres :

- le Chapitre I traitera de la pêche démersale côtière au Sénégal. La présentation de la côte, la description des conditions hydrologiques et saisonnières, les faits historiques saillants, les modes d'exploitation et les interactions entre pêcheries artisanale et industrielle y seront tour à tour abordés. Une plus grande attention sera, toutefois, accordée à la pêche chalutière
- le Chapitre II reposera sur la caractérisation des stocks ciblés. Après un rappel sur les stocks (description des communautés, niveaux d'exploitation et mesures de gestion), ce travail sera réalisé à l'aide de 3 méthodes d'analyses multivariées : Analyse en Composantes Principales (ACP), méthode de classification non hiérarchique des K-means et Analyse en Composantes Principales sur Variables Instrumentales (ACPVI). Les données utilisées à cet effet proviennent de la série de campagnes scientifiques menées au large du Sénégal de 1986 à 2008
- le Chapitre III portera sur l'étude des tactiques et stratégies de pêche démersale côtière. Il est basé, au préalable, sur une large revue bibliographique des termes de « tactiques de pêche » et de « stratégies de pêche », suivie de leur conceptualisation. Ensuite, des typologies de tactiques et de stratégies seront bâties sur la base de la méthode des K-

⁶ Par exemple, un navire scientifique peut pêcher en des zones et avec des engins aux caractéristiques techniques normalement interdits aux pirogues et bateaux ; d'où la capture de pré-recrues, par exemple

means à partir de données de pêche commerciale, i.e. chalutière et piroguière. Les tactiques et stratégies identifiées seront ensuite décrites et synthétisées

- le Chapitre IV sera consacré à la modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks démersaux côtiers du Sénégal. A cet effet, le concept du modèle DCER sera rappelé puis les paramètres et les résultats de la modélisation seront exposés et commentés
- enfin, le Chapitre V est une discussion générale portant sur les outils analytiques (ACP, ACPVI, K-means et modèle), les récents changements observés sur les stocks, les tactiques et stratégies identifiées, les résultats obtenus en modélisation ainsi que sur la situation critique actuelle de la pêche démersale côtière sénégalaise. Un accent particulier sera accordé aux licences de pêche chalutière et aux permis de pêche piroguière

Chapitre I : Pêcherie démersale côtière au Sénégal

Une pêcherie désigne généralement un élément composite comprenant les engins, les communautés de pêcheurs, les flottilles et les stocks (Rass et Carré, 1980). Les stocks, qui correspondent à la fraction exploitable des populations (recrues, adultes et vieux individus) seront abordés au Chapitre II. Les autres éléments constitutifs de la pêcherie démersale côtière locale sont décrits ci-dessous après la présentation du milieu physique, des conditions hydrologiques, des saisons et des faits historiques saillants.

1.1. Côte sénégalaise

Le Sénégal est un pays sahélien doté d'une superficie terrestre de 200 000 km² environ et d'un espace maritime vaste de 198 000 km². Ouvert sur l'Océan Atlantique, il occupe la partie méridionale du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien. Globalement compris entre le rivage et l'isobathe 200 m, son plateau continental est peu accidenté et couvre une superficie de 23 600 km², soit 12 % de la superficie sous juridiction nationale, inégalement répartis selon la profondeur: 15 % entre 0 – 10 m, 49 % entre 10 – 50 m et 36 % entre 50 – 200 m (Domain, 1978). La côte sénégalaise, longue de 718 km, est incluse dans la zone ou région du Comité des Pêches de l'Atlantique Centre-Est (COPACE) – subdivision 34 – organisation halieutique de la FAO⁷ allant du Maroc au Congo (Figure 1). Elle s'étend entre les positions 16°04'N (Saint-Louis, frontière nord avec la Mauritanie) et 12°20'N (Cap Roxo, frontière sud avec la Guinée-Bissau) qui enserrant les eaux gambiennes (13°05'N – 13°36'N). Basse et bordée en général d'un cordon du naire, elle comprend trois zones: nord, centre et sud (Domain, 1976).

1.1.1. Zone nord

La zone nord, encore appelée grande côte ou côte nord, s'étend de Saint-Louis (16°04'N) au nord à la pointe des Almadies (14°36'N) en région da karoise. C'est une suite de dunes et de cordons littoraux dont le plus important est la langue de Barbarie orientant, dans une direction SS0, le cours du fleuve Sénégal sur une longueur de 20 km environ au niveau de son embouchure. Son plateau continental est traversé sur toute sa largeur par un canyon sous-marin, la fosse de Kayar, située par 15°00' N e n face du village du même nom qui est le plus important centre de pêche de ladite zone. Les fonds meubles (sable, vase, mélange des deux) y dominent les fonds rocheux qui sont situés à l'intérieur des 6 milles.

⁷ Food and Agriculture Organization

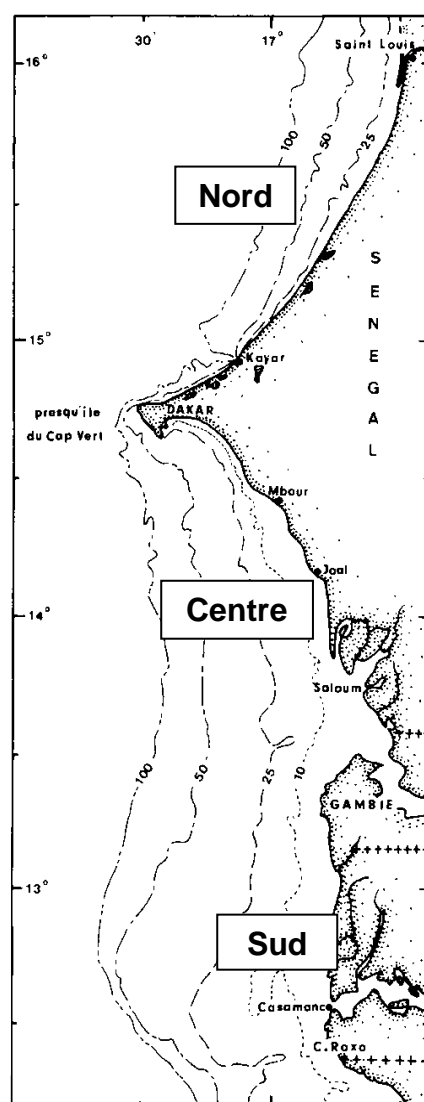
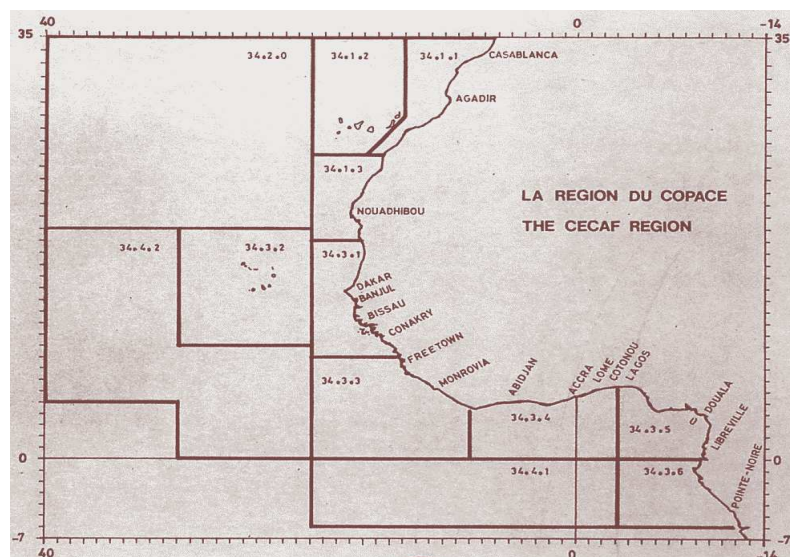


Figure 1: Zones du COPACE et des côtes sénégalaises

Une importante vasière (> 75 % de lutites), située de part et d'autre de l'embouchure du fleuve Sénégal (15°15 N – 16°30 N), est signalée en tre 20 et 80 m de profondeur⁸. Ce sont des fonds à crevette côtière *Penaeus notialis* approvisionnés en juvéniles à partir dudit fleuve. L'isobathe des 200 m se rétrécit du nord (27 milles au large de Saint-Louis) au sud (2 milles au niveau de la pointe des Almadies, en région dakaroise).

1.1.2. Zone Centre

La zone centre va de Dakar (14°36 N) à la frontière maritime nord de la Gambie (13°36). Elle englobe la « Petite côte » – comprise entre Dakar et Joal – et le Sine et le Saloum qui sont drainés par les cours d'eaux des mêmes noms. Les principaux centres de pêche sont Mbour et Joal. Elle présente 2 falaises sous-marines. La première, moins longue, située à -70 m, est limitée au sud-ouest de Dakar. La seconde, se trouve entre -35 m et -45 m. On y trouve aussi des bancs et hauts fonds rocheux de faible importance, situés près du littoral, de Dakar à Joal. A ce biotope non ou difficilement chalutable, il faut ajouter d'autres fonds sableux présents de la zone côtière jusqu'à 40 m, ainsi que de la flèche de Sangomar (vers le Saloum) au fleuve Casamance, plus au sud. Différentes frayères, zones de grossissement ou de reproduction y sont signalées. Les ressources halieutiques de la zone centre sont abondantes et diversifiées et les mises à terre en font la 1^{ère} zone productrice du pays.

1.1.3. Zone Sud

Comprise entre les limites 13°04 N et 12°20 N, elle correspond à la région naturelle de la Casamance. Le plateau continental y atteint sa largeur maximale, soit près de 54 milles. Les fonds rocheux sont situés au large, essentiellement sur le rebord du plateau. Cette zone héberge la plus importante vasière du pays s'étendant du sud de l'embouchure du fleuve Casamance aux îles Bissagos (11°35 N), entre 25 et 50 m de profondeur. Elle regorge de crevettes dont les juvéniles sont apportés par le fleuve Casamance (local) et le Rio *Cacheu* (Guinée – Bissau). La zone maritime comprise entre les azimuts 268° et 220°, tracés à partir du Cap Roxo (position 12°20N), a longtemps été litigieuse entre le Sénégal et la Guinée – Bissau. Parvenus finalement à un accord, les deux pays en ont confié la tutelle à l'Agence de Gestion et de Coopération (AGC) en juin 1995. Cette zone commune est confrontée à des pratiques de pêche illicites, non déclarées et non réglementées ; d'où une sérieuse menace affectant la gestion durable des ressources halieutiques. Celles-ci sont normalement exploitées sur une base paritaire (50 % – 50 %) contrairement aux ressources pétrolières dont les 85 % reviennent au Sénégal, les 15 % à la Guinée Bissau. Les 2 pays viennent de

⁸ Noter également que cette vasière s'étend aussi vers le nord, dans la ZEE mauritanienne

convenir d'une série de campagnes d'évaluation des stocks démersaux et pélagiques de la zone AGC à mener en 2009-2010 par leurs propres équipes scientifiques.

1.2. Caractéristiques hydrologiques

Le Sénégal dispose d'une façade fluviomaritime longue de 600 km. Les eaux sont de 2 types : continentales et marines.

1.2.1. Eaux continentales

Les eaux continentales proviennent de 4 systèmes fluviaux : estuaire du fleuve Saloum (ria envahie par la mer avec une salinité ≥ 35 ‰) et embouchures des fleuves Sénégal (régime tropical), Casamance (débit et pente faibles, alimenté par la nappe phréatique, excès de salinité par endroits) et Gambie. Les apports terrigènes constituent une importante source d'enrichissement du plateau continental de la Sénégalie. Les fleuves Sénégal et Gambie ont des périodes de hautes eaux annuelles (juin – juillet et octobre – novembre). Celles-ci correspondent à l'installation de l'hivernage et des eaux guinéo libériennes chaudes et dessalées contribuant à accentuer l'hypo-salinité des stations côtières proches des fleuves (Lopez, 1979). Les précipitations de la saison chaude, déterminantes, ont subi une baisse significative au cours des 40 dernières années. Fluctuant fortement d'une région à l'autre, elles passent de plus de 1 000 mm/an au sud à moins de 300 mm/an au nord (PNAE, 1997).

1.2.2. Eaux marines

Les eaux marines *sensu stricto* se répartissent en eaux superficielles et en eaux profondes (Rossignol, 1973 – Rébert, 1979). Ces dernières forment un mélange d'eaux centrales nord et sud atlantique, très froides, salées et pauvres en oxygènes. Quant aux eaux superficielles, elles sont soumises à l'action directe de l'atmosphère et comprennent :

- des eaux tropicales chaudes (> 24 °C) et salées (> 35 ‰), survenant de fin mai à août et provenant de la branche nord du contre-courant équatorial
- des eaux guinéennes chaudes (> 24 °C) et dessalées (< 35 ‰), rencontrées de août à décembre et remplaçant les précédentes. La dessalure est liée aux apports des grands fleuves de la région guinéenne
- des eaux canariennes froides (< 24 °C) et salées (> 35 ‰), constituées d'eaux centrales sud atlantique et ayant cours de décembre à mai. Cette catégorie d'eaux subit une légère modification après son arrivée en surface sous l'influence des alizés (continental et

surtout maritime). C'est le phénomène d'upwelling caractérisé par la remontée de sels nutritifs (phosphates et nitrates) qui favorisent le développement du plancton tant végétal qu'animal.

1.3. Saisons hydrologiques

L'originalité du climat sénégalais - existence d'une saison chaude pluvieuse et d'une saison froide sèche - s'explique par la conjonction de sa situation latitudinale et de sa position de Finistère ouest africain au contact de 2 milieux, l'un continental, l'autre océanique (PNAE, 1997). La prise en compte des caractéristiques des eaux superficielles permet une meilleure définition des 2 saisons et de leurs périodes de transition (réchauffement et refroidissement) (Tableau 1) dont les intensités et périodes d'apparition sont susceptibles de varier d'une année à l'autre.

Tableau 1 : Saisons marines au Sénégal

Saisons	Principales caractéristiques
<u>Saison froide</u> (décembre à mai)	<ul style="list-style-type: none"> • manifestation des alizés (continental/harmattan et maritime/lié à l'anticyclone des Açores) à dominante nord-nord-ouest • période d'upwelling par excellence • eaux canariennes
<u>Réchauffement</u> (mai à juin)	<ul style="list-style-type: none"> • transition saison froide/saison chaude • début d'apparition des eaux tropicales chaudes
<u>Saison chaude</u> (juin à novembre)	<ul style="list-style-type: none"> • atténuation des alizés et de l'upwelling • manifestation de la mousson, apparition des pluies • eaux tropicales et guinéennes
<u>Refroidissement</u> (novembre à décembre)	<ul style="list-style-type: none"> • transition saison chaude/saison froide • retrait des eaux tropicales chaudes vers le sud • début d'apparition des eaux canariennes froides

Sources: Rossignol et Aboussouan (1965) – Rébert (1979)

1.4. Faits historiques saillants

Les premières expériences de pêche industrielle dans les eaux sénégalaises ont été tentées par des entrepreneurs européens, français notamment, à partir des années 1880 (Guèye, 1988). Mais, c'est beaucoup plus tard, comme le montre la chronologie ci-dessous, que la pêche nationale a connu son essor du fait de plusieurs acquis : avancées technologiques, découvertes de nouveaux fonds de pêche, évolution du droit de la mer au profit des états côtiers africains, politiques nationales incitatives, etc.

1.4.1. Années 50 – 60

A l'instar de la plupart des pays de la zone COPACE, les débuts de la pêche chalutière remontent à 1950 au Sénégal (Garcia, Lhomme, Chabanne et Franqueville, 1979) où l'activité *sensu stricto* s'installe réellement en 1954 – 1955 suite à la mise en place d'infrastructures de traitement et de conservation par le froid (Dia in Guèye, 1988). Avant l'indépendance du pays survenue en 1961, les navires étrangers sont interdits de pêcher en deçà de 3 milles des côtes. A partir de cette année, la limite des eaux territoriales est portée à 6 milles tandis que le Sénégal se réserve le droit de réglementer la pêche jusqu'à 12 milles, limite étendue à 18 milles en 1968 (Lamoureux, 1985). Sous l'instigation de la FAO, un armement cordier est mis en place en 1963 (CRODT, 1979).

Jusqu'en 1965, l'exploitation se limite à la partie du plateau continental située au sud de Dakar. De modestes glaciers y ciblent des Serranidés et Sparidés commercialisés en région dakaroise (CRODT, 1994). La découverte des fonds riches en crevette côtière *Penaeus notialis* de Saint-Louis en 1965 et de la Casamance en 1966 a pour conséquence la très large reconversion de ces flottilles en crevettiers à partir de 1968 (Lhomme, 1978), une tendance qui a perduré jusqu'en 1970 (Lhomme, Domain et Bour, 1973). Au changement de gréement succède ainsi une modification radicale de la composition spécifique des débarquements, traduite par l'apparition des "poissons gris" (Garcia et Lhomme, 1980), terme désignant les poissons associés aux fonds à crevettes tels que les soles *Cynoglossus sp*, le thiékem *Galeoides decadactylus*, les mâchoirons *Arius sp*, les capitaines *Pseudotolithus sp* et les ombrines *Umbrina sp*.

En 1969, le CRODT met au point un système de collecte des statistiques de la pêche chalutière sénégalaise, à partir de l'unique point de débarquement des unités de pêche industrielle, le port de Dakar.

1.4.2. Années 70 – 80

En 1976, le Sénégal institue sa propre Zone Economique Exclusive (ZEE) portant à 200 milles (150 milles pour les eaux territoriales et 50 milles pour la zone de pêche exclusive), contrairement à la Mauritanie et à la Guinée-Bissau dont les eaux restent encore accessibles aux navires étrangers (Chabanne, 1979). De façon générale, l'extension à 200 milles de la juridiction nationale sur les pêches a incontestablement donné aux pays d'Afrique de l'ouest l'espoir de tirer un plus grand profit de l'exploitation de leurs ressources halieutiques (Everett, 1995).

Les premiers poissonniers – dont certains ciblent le rouget *Pseudupeneus prayensis* – apparaissent en 1971 (Lhomme, Domain et Bour, 1973). Le chalutage en bœuf, axé sur la seiche *Sepia officinalis hierredda*, le pageot *Pagellus bellottii*, la dorade rose (gros dentés et pagres) et le rouget, débute en 1974 (Lhomme, 1975). La flottille de congélateurs⁹, dominante dès 1987, démarre ses activités à partir de 1977. Sur le plan biologique, on note les explosions démographiques du baliste *Balistes carolinensis* en 1978 (Caverivière, 1982) et du poulpe *Octopus vulgaris* en 1986 (Caverivière, 1990) ainsi qu'une forte mortalité naturelle des mérours de Méditerranée *Epinephelus guaza* en 1987 (Caverivière et Touré, 1990).

Le secteur de la pêche industrielle bénéficie de maintes subventions, notamment à l'exportation à partir de 1980 (y compris pour le thon en conserves en 1983), sur le carburant en 1985 avec élargissement de la mesure à tout produit halieutique au taux de 25 % en 1986 (CRODT, 1994).

Au plan réglementaire, deux codes de la pêche maritime sont mis successivement en place. Le premier code est régi par la Loi 76-84 du 02/07/1976 définissant les zones de pêche affectées à chaque pêcherie (bande des 6 – 7 milles strictement dévolue aux artisans, par exemple), instituant les licences de pêche, interdisant l'activité de tout navire jaugeant plus de 1500 tonneaux de jauge brute (TJB), etc. Le second code, régi par la Loi 87-27 du 18/08/1987, est plus répressif et dissuasif que le premier qu'il abroge.

Le Projet de Surveillance des Pêches au Sénégal (PSPS), actuelle DPSP¹⁰, mis en place dès 1981, assure la recherche, la surveillance et la répression des infractions à la loi. Toutefois, ses observateurs n'embarquent que sur les navires étrangers.

Sané (2000) trace l'historique des accords de pêche entre le Sénégal et les états tiers, au premier rang desquels, la France (1974), rejointe en 1975 par d'autres états européens, l'Italie et l'Espagne, notamment. Pour mémoire, les eaux territoriales nationales sont fermées depuis 1973 aux navires étrangers provenant de pays non signataires d'accords de pêche avec le Sénégal (Chabanne et al, 1976). L'institution de négociations en bloc dans le cadre de la Communauté Economique Européenne (CEE, actuelle Union Européenne, UE) démarre à partir de 1979. Jusqu'à la fin des années 90, 4 autres protocoles Sénégal/CEE seront signés.

⁹ Ceux-ci conditionnent à bord et exportent directement leurs produits d'où un sous-approvisionnement à terre (usines et marché local), des pertes d'emplois, une pression accrue sur la ressource (marées plus longues), etc. En revanche, la qualité des produits congelés est nettement supérieure à ceux qui sont réfrigérés (glaciers)

¹⁰ Direction de la Protection et de la Surveillance des Pêches

1.4.3. Années 90 à nos jours

A partir de 1991, outre les navires étrangers, les observateurs peuvent embarquer à bord des chalutiers sénégalais de fort tonnage. La mesure a été étendue en 2002 à tout navire sénégalais ayant commis une grave infraction (e. g. pêche en zone interdite, obstruction de mailles, activité de pêche non conforme au type de licence de pêche ou transbordement) ou en situation de récidive dans le cadre des infractions graves visées à l'article 16 de la Loi 98-32 du 30/03/1998, actuel Code de la pêche maritime. Les avantages comparatifs de celui-ci sont largement passés en revue par Samb (1998). Entre autres mesures restrictives, il y a l'interdiction du chalutage en bœuf et des navires titrant plus de 400 TJB pour la pêche à la crevette côtière (alinéas a et d, article 25).

Les premières mesures de repos biologique, sélectives, ont tour à tour concerné le poulpe *Octopus vulgaris* (1^{er} – 20 juillet 1996 puis 1^{er} juin – 15 juillet 1997, sur la base de considérations sanitaires et scientifiques) puis les volutes ou Yeet *Cymbium sp* (en mars 1999 puis février 2000 afin de stopper le rejet massif de « bébés » volutes à même les aires de transformation artisanale).

Au delà de ces espèces, les cétacés et tortues marines font l'objet d'un repos biologique permanent, conformément aux recommandations des ONG militant pour la conservation des taxons menacés : International Union for the Conservation of the Nature (IUCN), World Wildlife Fund (WWF), Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages menacées d'extinction (CITES), etc.

Le nouveau code de la pêche maritime évoque, pour la première fois, la latitude laissée aux autorités sénégalaises de procéder, en cas de nécessité, à une pause biologique plurispécifique. Quoique non encore appliquée au secteur artisanal, cette mesure, est effective depuis mai 2003 et concerne tout chalutier de pêche démersale, de même catégorie et sans discrimination de pavillon, selon le planning suivant: 1^{er} mai – 30 juin pour les poissonniers profonds (merluttiers), 1^{er} septembre – 31 octobre pour les crevettiers profonds ciblant la crevette rose du large ou gamba *Parapenaeus longirostris* et 1^{er} octobre – 30 novembre pour les chalutiers poissonniers et crevettiers côtiers.

La dévaluation du franc CFA de 50 % de sa valeur, survenue en 1994, rend les sociétés sénégalaises de pêche plus compétitives et dope leurs exportations, entraînant la suppression des diverses subventions.

L'année 1996 marque la mise aux normes européennes des entreprises du secteur de la pêche industrielle sénégalaise suite à leur agrément par la décision n° 96/355/CEE du 30 mai 1996 fixant les conditions particulières d'importation des produits de la pêche et de l'aquaculture à partir de notre pays.

Les accords de pêche Sénégal/UE sont signés avec une certaine irrégularité: 1992, 1994, 1997 et 2002. Les prorogations qui en résultent témoignent de l'âpreté des « rounds » de négociations, surtout le dernier en date qui en a compté 9. En effet, les autorités sénégalaises se soucient de plus en plus de la protection des ressources tout en voulant maximiser la redevance de l'UE alors que les accords sont vivement dénoncés par les pêcheurs artisans et certaines ONG.

Le 17^{ème} accord en date, le dernier à ce jour, couvre la période 2002 à 2006. Il a généré des revenus annuels de 12 milliards de FCFA pour le Sénégal. Il n'a pas été reconduit pour compter du 1^{er} juillet 2006 du fait des points d'achoppement suivants : demande de l'UE pour le maintien au même niveau de ses possibilités de pêche démersale côtière (1500 TJB/trimestre), contrepartie financière en deçà des attentes sénégalaises (5.9 milliards FCFA, soit 50 % de moins qu'en 2002 – 2006), obligation de débarquement sur place (récusée par l'UE) et embarquement de marins sénégalais (50 % de marins locaux pour notre pays, équipage provenant des pays Afrique-Caraïbes-Pacifique pour l'UE). Un blocage similaire avait été noté de décembre 2001 à juillet 2002, toutefois, sans affectation des relations bilatérales. En outre, depuis 2000, l'accord commercial classique a évolué vers un accord de partenariat supposant un soutien au développement durable de la pêche au Sénégal (Diop, 2006).

La Commission consultative d'attribution des licences de pêche (CCALP) industrielle dispose d'un cadre légal consacré par le décret n° 98 – 498 du 10 juin 1998. Comme son nom le suggère, elle examine les demandes de licences de pêche et donne un avis consultatif au Ministre de tutelle seul habilité à prendre une décision finale. Les professionnels industriels souhaitent plutôt que les avis de la CCALP soient délibératifs.

1.5. Communautés de pêcheurs

1.5.1. Pêcheurs artisans

Les pêcheurs artisans sénégalais font partie essentiellement de 3 groupes: les *lébous* présents à Dakar et sur la Petite Côte, les *guet-ndariens*, habitants d'un célèbre quartier de

Saint-Louis, Guet-Ndar, au nord, ainsi que les *niominka*, originaires des îles Saloum, en zone centre. Selon Mbaye (2002), ces 3 groupes représentent plus de 90 % des pêcheurs (58 % de *lébous*, 18 % de *guet-ndariens* et 15 % de *niominka*) ; *lébous* et *guet-ndariens* étant même les plus doués, notamment pour les techniques requérant une certaine qualification, comme la pêche aux lignes. A ces groupes, se sont joints des sénégalais de toutes contrées, plus ou moins spécialisés comme les *gandiolois* (6 %, du village de Gandiole, près de Saint-Louis), affectés par le chômage, les échecs scolaires ou les dures conditions d'existence. Faute de mieux ou par optimisme exagéré, ces nationaux font ainsi de la pêche leur source de revenus. Pour être complet, signalons la présence d'une discrète communauté de pêcheurs ghanéens établis à Elinkine, Diogué et autres sites des environs de Ziguinchor, au sud, cohabitant avec des pêcheurs locaux (saint-louisiens, notamment) et spécialisés dans l'exploitation des raies et requins.

A la recherche de la ressource qui se fait de plus en plus rare, les pêcheurs artisans migrent d'un port à un autre, local ou situé hors du pays, notamment en Mauritanie, Gambie, Guinée et Guinée-Bissau voire même, en Sierra Leone ou Angola. D'autres, par contre, les pêcheurs saint-louisiens notamment, travaillent pour des bateaux « ramasseurs » pour lesquels ils pêchent des poissons « nobles » (*Serranidae*, *Sparidae*, etc.) dans les fonds non chalutables. Toutefois, cette forme de collaboration est généralement conflictuelle. En effet, les pêcheurs artisans peu au fait des termes des contrats les liant à leurs employeurs en payent, le plus souvent, les frais.

1.5.2. Pêcheurs industriels

Certains pêcheurs industriels viennent de la pêche artisanale car attirés par un revenu plus consistant, une meilleure couverture sociale, une vie à bord plus confortable et plus sécuritaire, etc. Cette catégorie inclut les boscós qui sont souvent formés « sur le tas ». Quant aux marins professionnels *sensu stricto*, mécaniciens et capitaines notamment, ils sont généralement formés à Dakar, même si d'anciens pêcheurs artisans peuvent accéder à ces fonctions du fait de leur expertise avérée au fil des années.

1.6. Flottes

Les unités de pêche commerciale ou flottes en jeu peuvent être de type industriel (chalutiers), artisanal (pirogues), voire même semi industriel (cordiers).

1.6.1. Flottes artisanales

Selon Guèye (1988), les pêcheries artisanales sénégalaises ont d'abord été de types lagunaire et fluviale plusieurs siècles durant avant de se développer sur la frange maritime à partir du 17^{ème} siècle. La Petite Côte, avec des embarcations monoxyles, a été le premier site de pêche suivi de la Grande Côte, près de Saint-Louis, au 18^{ème} siècle, avec des pirogues à éperon capables de franchir la barre.

A l'heure actuelle, le parc piroguier national s'est considérablement agrandi (près de 12 000 pirogues, l'effectif le plus important dans toute la sous-région), modernisé (motorisation à plus de 90 %) et assure l'essentiel de la production (4/5 des mises à terre totales).

Les flottes artisanales, à l'exclusion des thoniers pêchant leurs appâts, sont autorisées à opérer dans les 6 – 7 milles. A travers cette mesure, le législateur sénégalais vise 3 objectifs: a) prévenir les conflits entre pêcheries artisanales et industrielles b) favoriser le secteur artisanal moins loti aux plans de la puissance, de l'autonomie, de techniques de pêche efficaces, etc. c) préserver les habitats critiques présents en zone côtière : frayères, nourriceries, aires de grossissement et de reproduction des pré-adultes, etc.

Plus sélective que la pêche industrielle, car n'utilisant pas le chalut, la pêche artisanale met en œuvre plusieurs engins de pêche dont ceux ciblant les démersaux : filets maillants dormants (soles, raies, langoustes, volutes/cymbium ou *yeet*, etc.), filets trémails (poissons et céphalopodes), lignes de fonds (divers poissons), turlottes (céphalopodes), casiers (seiches) et palangres équipant les grandes pirogues glacières (mérours, par exemple). La pratique de la mixité des engins peut être permanente (filet dormants à soles + filet dormants à *yeet* + ligne casier seiche) ou irrégulière (filet dormants à *yeet* + turlotte). Elle permet l'accès alterné ou simultané à différentes ressources.

Les poissons démersaux représentent environ 20 % des débarquements de la pêche artisanale, soit près de 72 000 tonnes. Les principaux groupes, capturés essentiellement par des lignes, palangres et filets dormants de fonds, sont des Sparidés (24 %), Serranidés (19 %), céphalopodes (12 %) et Ariidés (8 %) (Barry et al., 2005).

La pêche artisanale est la principale source d'approvisionnement en matière première des ateliers de mareyage, petite catégorie d'entreprises dont les activités se résument au lavage et au conditionnement sous glace des produits de la pêche à l'état entier en vue de leur commercialisation locale (Dakar et régions de l'intérieur).

1.6.2. Flottes cordières et industrielles

1.6.2.1. Trait essentiel

Analysant l'histoire de la pêche industrielle et des politiques d'industrialisation au Sénégal, Chauveau (1989) estime que « la ligne de partage entre pêche industrielle et pêche artisanale, n'est pas des plus claires, pour diverses raisons liées « à l'évolution technologique (les chalutiers glaciers font figure d'unités artisanales à côté des chalutiers congélateurs), au contexte historique et social (la plupart des chalutiers dakarois dits industriels seraient recensés en pêche artisanale en France) et au contexte local (en France, la démarcation industriel/artisanal ne suit pas exactement les mêmes critères dans les pêcheries atlantiques et dans les pêcheries méditerranéennes ». Ce point de vue qui renseigne assez sur la réalité de la flotte industrielle locale dont nous abordons ci-après la typologie, les difficultés, les interactions avec les flottes artisanales et les conditions d'accès à la ressource.

1.6.2.2. Typologie classique

La flotte cordière, obsolète et en faillite, est pratiquement réduite à sa plus simple expression. Quant à la flotte chalutière, qui nous intéresse au premier chef, elle se scinde en flotte basée à Dakar et non basée à Dakar :

- la flotte basée à Dakar est constituée en majorité de bateaux sénégalais ainsi que de rares unités européennes, françaises surtout, ayant intégré leurs activités dans l'économie nationale: avitaillement, débarquement, commercialisation, approvisionnement des usines, personnel à dominante sénégalaise, etc. Entre autres conditions¹¹, le pavillon sénégalais est accordé dans les circonstances suivantes : capital social détenu à 51 % au moins par des nationaux, siège et comptes de la société domiciliés au Sénégal et immatriculation locale. Les données statistiques relatives à cette flotte sont collectées par les techniciens du CRODT au niveau du Port Autonome de Dakar (PAD)
- une flotte non basée à Dakar comportant des bateaux opérant généralement dans le cadre d'accords de pêche (italiens, grecs, espagnols, gambiens, etc.) et débarquent, très exceptionnellement, leurs produits au Sénégal. Leurs données statistiques proviennent des bordereaux de captures remplis par les observateurs et marins observateurs de l'actuelle Direction de la Protection et de la Surveillance des Pêches (DPSP, ex PSPS)

¹¹ Cf. Note d'informations aux investisseurs de la pêche au Sénégal pour de plus amples informations sur le site www.ecomaritime.gouv.sn

1.6.2.3. Difficultés

Les flottilles chalutières nationales sont confrontées à des difficultés relatives à la raréfaction des stocks, aux fréquentes immobilisations, au coût énergétique très élevé et surtout à leur obsolescence.

Le diagnostic de leur obsolescence est, en fait, connu depuis 1973 au moins, suite à l'expansion continue notée dans la pêche chalutière de 1965 à 1972 (Chabanne et al, 1976). Il est exacerbé de nos jours où la moyenne d'âge des bateaux est de 22 ans. L'acquisition de bateaux neufs nécessite, il est vrai, un investissement lourd ; d'où, des délais de remboursement longs et des taux d'intérêt élevés en raison du risque relativement grand pour les organismes prêteurs. Par ailleurs, le Fonds de Promotion Economique (FPE), mis en place en 1991 dans le cadre de la politique nationale de promotion du secteur privé, avait pour objectif de lever les principales contraintes du financement de la pêche industrielle. Hélas, cette ambition n'a été que très faiblement atteinte (8 %) par rapport aux autres secteurs de l'activité économique (Barry et al, 2005).

Du fait de la faiblesse des capacités d'autofinancement des états du Sud, à l'image du Sénégal, seuls les armements des pays du nord (moyens propres suffisants, en relation avec des multinationales ou leurs succursales, etc.) peuvent, en général, renouveler leurs flottes. Mieux et selon Guèye¹² (2000), les subventions octroyées en UE en cas de sortie du pavillon communautaire sont souvent le levier de la pérennisation de la présence de ces flottes en zone tropicale sous couvert de pavillons ou de sociétés mixtes fictives. Everett (1995) mentionne même le cas d'anciens bateaux européens aux coûts d'exploitation très élevés, plus ou moins déficitaires, restant le plus souvent à quai. Certains d'entre eux, rachetés à des pays de l'ex CEE ou n'ayant pas de frontière maritime, ont été réutilisés, pratiquement sans problème, dans les eaux maritimes nord-ouest africaines.

1.6.3. Interactions entre pêcheries

A la recherche des ressources démersales côtières, les pêcheurs artisans et industriels sénégalais ne manquent pas de voir leurs activités s'entrecroiser, d'où des interférences ou interactions se posant, globalement, en termes de compétition ou de concurrence d'une part, de coopération ou de complémentarité d'autre part (Diallo, 1995).

1.6.3.1. Relations de compétition

¹² Ancien Directeur des Pêches Maritimes du Sénégal de 1994 à 2004

Elles peuvent être de types directe ou indirecte. Dans le type direct, les deux pêcheries ciblent, soit la même espèce (poulpe, par exemple), soit le même groupe d'espèces (céphalopodes, Serranidés, Sparidés, etc.). La forme particulière peut en être simple (recherche des mêmes gammes de tailles, comme c'est le cas pour la plupart des poissons) ou séquentielle (les artisans capturent davantage de grosses seiches que les industriels, par exemple). Dans le type indirect, la concurrence se manifeste aux niveaux: a) de l'espace: cf. incursions frauduleuses des bateaux dans les zones dévolues aux seuls thoniers et pirogues, gain d'autonomie des pirogues les amenant à opérer dans les zones de pêche des chalutiers b) des emplois: recrutement de pêcheurs artisans par les industriels c) des marchés: gain sensible de qualité des produits artisanaux – pirogues glacières surtout – tendant à concurrencer les produits industriels sur les marchés d'export, y compris européen et asiatique d) des sources de financement: la pêche artisanale, qui s'autofinçait jusqu'ici, est arrivée à diversifier ses sources (mutuelles, coopératives voire même, certaines banques comme la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal).

1.6.3.2. Relations de complémentarité

Elles renvoient à trois aspects fondamentaux: a) la revalorisation des rejets et captures secondaires des industriels, récupérés ou achetés à bas prix par les artisans. C'est le transbordement qui pose un sérieux problème d'allocation correcte des niveaux de captures et d'effort de chaque segment b) le mode d'association liant les « bateaux ramasseurs » étrangers (asiatiques, généralement) aux pêcheurs artisans, saint-louisiens surtout. Ces derniers pêchent des poissons « nobles », hors du Sénégal (pays du Golfe de Guinée), pour le compte de ces bateaux à bord desquels eux et leurs pirogues sont embarqués. Ce phénomène est de plus en plus décrié car lésant les pêcheurs en termes de conditions de vie à bord, de rythme de travail, de prix du kg de poisson pêché, de sécurité car il s'agit souvent de pêche pirate, etc. c) les signaux indicateurs de l'abondance relative des ressources ou de la présence des espèces ciblées. Par exemple, une concentration de pirogues laisse entrevoir des chalutages ultérieurs probants si la nature des fonds s'y prête. Le trajet dévié des bateaux invite tout piroguier avisé à rechercher les espèces inféodées aux fonds non chalutables tels que le thiof *Epinephelus aeneus*.

1.6.4. Conditions d'accès à la ressource

Selon l'article 3 de la Loi 98 – 32 portant Code actuel de la Pêche Maritime, les ressources halieutiques sous juridiction sénégalaise constituent un patrimoine national. A ce titre, l'état peut autoriser l'exercice du droit de pêche: a) à des personnes physiques ou morales,

sénégalaises ou étrangères (unités opérant sous le couvert d'un accord de pêche ou d'un affrètement qui doit être, obligatoirement, fait par une société sénégalaise) b) suite à une demande comportant des informations détaillées sur le navire et adressée au Ministre de la Pêche par l'armateur ou son représentant c) à tout navire étranger s'engageant à embarquer un observateur et/ou des marins sénégalais d) après versement au trésor d'une redevance fixée par arrêté interministériel

Les pêcheurs artisans, bien que souscrivant à un régime de déclaration préalable, ont toujours rejeté l'institution d'un régime d'autorisation, même à titre symbolique. Ce qui a assurément favorisé l'explosion de leur effort nominal qui s'exerce en priorité dans les 6 – 7 milles et dont la maîtrise est rendue difficile par la pratique de la mixité des engins... Toutefois, un permis de pêche artisanal a été promulgué par le Ministère de tutelle pour compter d'octobre 2005, comme suit : 25 000 FCFA pour une pirogue de > 13 m, 15 000 FCFA pour une pirogue ≤ 13 m et 5 000 FCFA pour la pêche à pied. Seuls près de 1/3 des pêcheurs se conformeraient actuellement à cette mesure.

1.6.5. Principales licences démersales côtières

Globalement et selon la pêche industrielle ciblée, 4 catégories de licences (pélagique côtière/PELC, pélagique hauturière/PELH, démersale profonde/DEMP et démersale côtière/DEMC), déclinées en 27 options dont 5 pour les navires affrétés, sont prévues. Les options de licences de pêche démersale côtière *sensu stricto* (DEMC), au nombre de 7, sont décrites dans le Tableau 2. Elles se résument principalement aux options de « poissons-céphalopodes » et de « crevette côtière ». Les palangriers de fonds, quant à eux, sont quasiment inexistants. Les options de « licence mixte¹³ » (crevettiers pendant un laps de temps, poissonniers-céphalopodiens le reste de l'année ou vice-versa) ne sont plus admises actuellement.

1.6.5.1. Crevettiers

La famille des crevettes *Pénéidés* fait l'objet d'une pêche industrielle intense sur toutes les bandes côtières tropicales à fonds vaseux ou sablo-vaseux. Au Sénégal, les crevettiers côtiers ciblent la crevette blanche *Penaeus notialis*. La pêche s'y est développée suite à la découverte de 2 stocks au niveau des vasières du nord et du sud et à l'adoption du gréement de type floridien (système à deux chaluts, dit "double rig").

¹³ Appellation personnelle

Tableau 2: Options de licences de pêche démersale côtière

Options	Conservation	TJB	Taux (FCFA/TJB/An)
Poissonnier céphalopodier	Glacier	≤ 50	8 000
Poissonnier céphalopodier	Congélateur	≤ 50	9 000
Poissonnier céphalopodier	Glacier	> 50	18 000
Poissonnier céphalopodier	Congélateur	> 50	21 000
Palangrier de fond	-	-	21 000
Crevettier	Glacier	-	35 000
Crevettier	Congélateur	-	40 000

La phase juvénile de l'espèce-cible, accessible aux seuls pêcheurs artisans, évolue dans les estuaires, fleuves et lagunes avant d'aller approvisionner les stocks mentionnés. Au sud, le stock est alimenté à partir du fleuve Casamance et surtout des cours d'eaux bissau-guinéens. Au nord, dont le stock est moins productif, l'approvisionnement se fait à partir du fleuve Sénégal. Ce stock semble avoir souffert des nombreuses années de sécheresse et de l'édification du barrage de Diama sur ce cours d'eau.

Les crevettiers, très spécialisés jusqu'au milieu des années 60, étaient alors définis comme des "navires capturant, simultanément et en proportions variables, crevettes et poissons"(Lhomme, 1985). A partir de 1977, leur niveau de spécialisation a posé problème: en effet, comme le montre la Figure 2, la part moyenne de la crevette blanche dans leurs prises est descendue au dessous de 50 %.

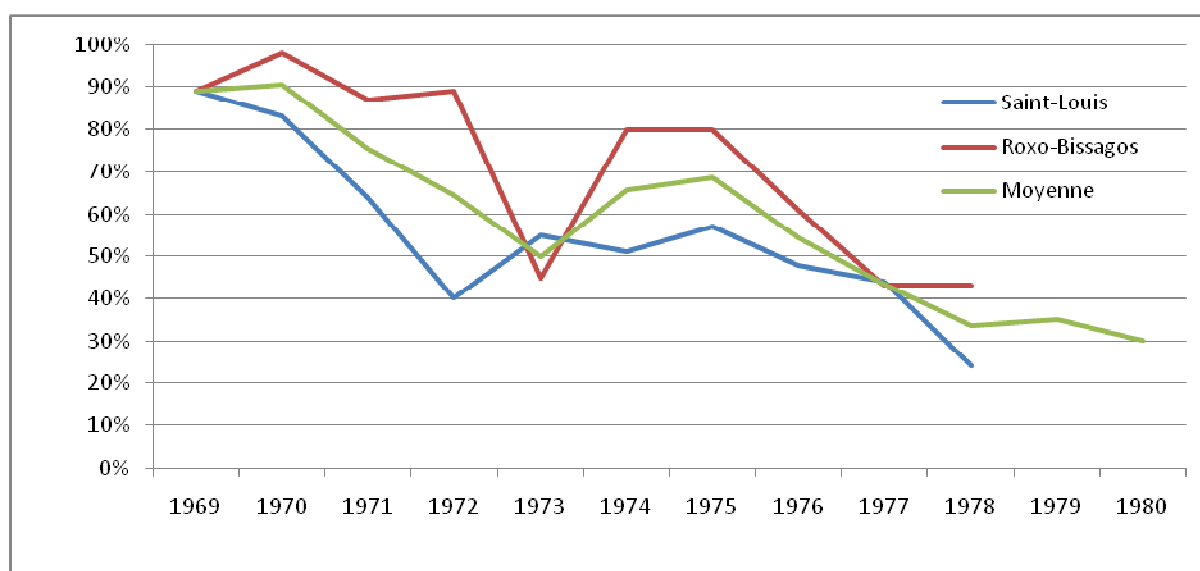


Figure 2 : Proportions de *Penaeus notialis* dans les prises des crevettiers sénégalais de 1969 à 1980

Par la suite, le statut de « crevettier congélateur » a été défini à partir des 2 seuils minimaux suivants: 10 % de crevettes par rapport à la capture totale et 100 kg de crevettes/jour de mer; ce seuil correspondant à une contribution de la crevette à hauteur de 50 % du chiffre d'affaires du navire (CRODT, 1991b). Actuellement, la licence crevettière - la plus chère de toutes - est accordée à des navires jaugeant < 400 TJB, débarquant au minimum 15 % de crevettes. Ce qui pose l'épineux problème de l'allocation des captures à un crevettier. Ensuite, on est amplement édifié sur l'état critique des stocks de crevette et la surexploitation, subséquente, de la faune associée (poisson, crustacés, mollusques, etc.), si l'on sait que les crevettiers utilisent un plus faible maillage (50 mm) que les poissonniers céphalopodiers (70 mm).

La faune piscicole associée aux fonds à crevette ("poissons gris") est généralement capturée dans la zone côtière et près des estuaires. Il s'agit, pour l'essentiel, de captures secondaires composées de poissons d'assez petite taille tels que les capitaines *Pseudotolithus sp*, soles langues *Cynoglossus sp*, mâchoirons *Arius sp*, sompatt *Pomadasys sp*. et thiékem *Galeoides decadactylus*. C'est sur la base de considérations socio-économiques (déficit local en protéine, plafonnement des captures, augmentation du seuil de rentabilité des bateaux, etc.) que ces « poissons gris » sont de plus en plus conservés à bord et débarqués avec la crevette (Andriamirado, 1986). Conséquence : les crevettiers présentent une certaine hétérogénéité. Ainsi y distingue-t-on au moins 4 tendances (CRODT, 1991a): des crevettiers purs, des poissonniers ayant un comportement de crevettiers, des crevettiers ayant un comportement de poissonniers et des navires intermédiaires entre vrais crevettiers et vrais poissonniers.

1.6.5.2. Poissonniers céphalopodiers

Cette flottille regrouperait, en fait, 4 entités : de vrais poissonniers, des faux céphalopodiers, des rougetiers et des cordiers. Les 3 premières pêchent avec des chaluts de 70 mm de maille étirée, présentant ici et là quelques variantes. La dernière utilise des lignes palangres.

Ciblant des Serranidés et des Sparidés dans les années 50, les poissonniers au sens strict ils constituent la flotte originelle des eaux sénégalaises. Une seconde génération de poissonniers a ensuite émergé, suite à l'apparition croissante de "poissons gris" dans les prises des crevettiers, comme nous venons de le voir. Ainsi dès 1971, ces derniers assuraient 43 % et 5 % des prises respectives de poissons et de crevettes (Lhomme, Domain et Bour, 1973). Les poissonniers ciblent des poissons à plus ou moins haute valeur commerciale: soles, dorades, pageot, brotule, capitaines, etc. Ils se présentent sous la forme

de navires de puissance et TJB moyennes à fortes, conservant leurs produits par la glace et surtout la congélation. Le chalutage en bœuf, ainsi qu'un jaugeage dépassant 1500 TJB sont désormais interdits au Sénégal.

Certains poissonniers capturent des quantités plus ou moins appréciables de céphalopodes (poulpe, seiche et calmar); d'où leur appellation de « céphalopodiers », « poulpiers » ou « seichiers », loin de traduire une spécialisation stricte, comme c'est le cas au Maroc et en Mauritanie. Leurs captures secondaires sont tout aussi importantes: dorades roses, pageot, rouget, Serranidés dont le thiof, etc.

L'engin de capture est un chalut classique à panneaux laissé en l'état, ou modifié en vue d'une meilleure capture des céphalopodes (cf. les *Octopus lifters* destinés à racler les fonds dans les chaluts de type coréen, espagnol, etc.). Dans le cas du poulpe, espèce strictement benthique, une ouverture verticale de 3 m serait suffisante.

L'exploitation de la seiche *Sepia officinalis hierredda* est séquentielle: la pêche artisanale capture des individus plus gros que ceux de la pêche chalutière dont l'activité remonte à 1972, suite à l'avènement de sociétés mixtes sénégalaises-japonaises. La capture de cette espèce a surtout lieu au niveau des herbiers de la Petite Côte où elle abonde pendant sa période de reproduction, de janvier à septembre (Bakhayokho et Kébé, 1991 – Bakhayokho, 1983).

L'exploitation du poulpe *Octopus vulgaris* a véritablement démarré en 1986, l'espèce ayant été jusque là rangée au sein des « divers » dans la base données du CRODT (Caverivière, 1990 – Fall, 1998). Son importance dans l'économie halieutique nationale est devenue indéniable comme en attestent les résultats suivants: production record de près de 40 000 tonnes en 1999 (Diallo, Jouffre, Caverivière et Thiam, 2002), 1^{er} rang dans les mises à terre de certaines années, source de devises surtout en provenance de l'Asie et de l'UE, abondance en hivernage considéré comme une « saison morte » du fait de la raréfaction du poisson, etc. Un important projet de recherches exécuté, en partenariat scientifique par le CRODT et l'IRD, de 1997 à 2000, a permis de faire le point sur sa bioécologie et de proposer des mesures d'aménagement de sa pêcherie au Sénégal (Caverivière, Thiam et Jouffre, 2002).

Les rougetiers sont des poissonniers spécialisés dans la capture d'une espèce à affinité tropicale : le rouget *Pseudupeneus prayensis*. La limite nord de ce poisson – le Sénégal en

fait, où il se distribue, essentiellement, de l'île de Gorée¹⁴ au large de Dakar, à l'est de la Casamance – est centrée sur le Golfe de Guinée. Exploité quasi exclusivement par la pêche industrielle, il est présent dans les fonds durs et sableux ("fonds à rouget") où son abondance est maximale entre 30 – 50 m, quelle que soit la saison (CRODT, 1979 – Chabanne, 1987). Les zones favorables aux rougets et aux autres poissons (pageot, dorades roses, etc.) donnent, généralement, de mauvais rendements pour la seiche (Chabanne, 1979).

Le début de l'activité des rougettiers remonte à 1971, suite à l'arrivée à Dakar d'une dizaine de bateaux de 150 – 300 CV ciblant antérieurement cette espèce en Méditerranée (CRODT, 1979). Actuellement, une vingtaine de ces chalutiers administrés par une quinzaine d'armements y opèrent.

Les rougettiers battent surtout pavillon national, si on se réfère à leurs capitaux et main d'œuvre. Il s'agit essentiellement de petits glaciers (< 50 TJB) payant la plus faible redevance de toutes (8 000 à 9 000 FCFA/TJB/an) et dont le rayon d'action est plus ou moins réduit (entre Dakar et la zone sud) ; d'où des marées de courte durée (4 jours en moyenne) et des captures de l'ordre de 400 – 450 kg. Toutefois, quoique modestes, ils contribuent à l'alimentation des populations locales (cf. rougets de 2^{ème} choix et captures associées ou « divers »). La vétusté de la flotte rougettière s'apprécie à travers son caractère hors normes, son exclusion de la pêche dans les pays européens (UE), sa moyenne d'âge moyenne supérieure à 20 ans, son immobilisation quasi régulière à quai, sa gestion plus ou moins informelle, ses difficultés de trésorerie et le désintérêt des banquiers (Fall, Seck et Samba, 2006). Enfin, l'approche genre est un trait essentiel de la pêche : en effet, c'est le secteur où l'on note le plus de femmes armatrices qui tendent, par ailleurs, à y dominer.

Au bilan, les propriétaires de rougettiers souhaitent que leurs unités de pêche soient déclassées en unités de pêche artisanale. De ce fait, elles pourraient éviter les collisions avec les gros chalutiers et accéder aux ressources plus côtières, à l'instar des pirogues dont leurs petites dimensions les rapprochent...

Pour ce qui est des cordiers, Kébé (1991) en donne une description succincte tout en analysant leurs résultats négatifs. Historiquement, un projet dit cordier a été conçu en 1963

¹⁴ Des prises assez négligeables sont faites au nord en campagnes de chalutages scientifiques

par la FAO comme une forme de transition entre les embarcations artisanale (pirogues) et industrielle (chalutiers), suivant le schéma ci-dessous :

- le côté artisanal était visible dans la composition de l'équipage, la technique de pêche (ligne à main, avantageuse en zone non chalutable), la relative modestie des caractéristiques (10 – 13 m de long, une vingtaine de TJB, moteurs diesel de 75 – 160 CV, etc.)
- le côté industriel se percevait dans le mode d'investissement (2 à 28 fois supérieur à celui d'une pirogue classique, la gestion plus moderne de l'outil de production, le gain d'autonomie par suite de l'utilisation de cales à glace de 12 m ; d'où une possibilité de conserver jusqu'à 7 tonnes de poissons, des marées plus lointaines et plus longues, etc.)

Quoique ciblant des espèces à haute valeur commerciale (thiof et autres mérours, dorades roses, tassergal *Pomatomus saltator*, sérieole *Seriola dumerilis*, etc.), leur effectif s'est littéralement effondré: de la soixantaine d'unités d'alors, il ne subsiste plus que 3 à 4 unités totalement obsolètes. Les causes de leur échec sont à rechercher dans les pannes et avaries fréquentes, les fausses déclarations de captures au détriment de l'armateur, l'absence d'une réalité socio-économique sous-tendant ce concept de «cordier», etc.

1.7. Conclusion

La côte sénégalaise, de par sa configuration, ses conditions hydrologiques et caractéristiques saisonnières, est fréquentée par des flottilles chalutières et piroguières ciblant sa riche et diversifiée faune démersale côtière. Entre autres faits historiques saillants, les pêcheries ont été marquées par des révisions du code de la pêche maritime, la signature de nombreux accords de pêche avec des pays tiers, l'explosion démographique du poulpe et l'instauration du repos biologique en pêche chalutière. Aux pêcheurs traditionnels (guetndariens, lébous et niominka, notamment) et autres marins professionnels, se sont jointes des populations de plus en plus frappées par le chômage, les échecs scolaires ou les dures conditions d'existence.

L'effort nominal des flottilles artisanales, bénéficiaires d'un accès libre et gratuit aux stocks jusqu'en 2005 ainsi que de diverses subventions, a ainsi explosé (près de 12 000 unités actuellement). Les chalutiers de fonds, une centaine d'unités globalement obsolètes, pêchent de façon très peu sélectives (crevettiers), ont des licences (poissons – céphalopodes) autorisant pratiquement toutes sortes de captures, réclament leur déclassement en unités artisanales (rougettiers), s'ils ne sont pas quasiment à l'arrêt

(cordiers). Malgré le zonage et les autres spécifications du code de la pêche, les flottilles piroguières et chalutières interagissent, d'autant plus que la dévaluation du franc CFA, survenue en 1994, a rendu plus attrayantes les exportations de produits halieutiques « nobles », au détriment de l'approvisionnement des marchés locaux. Il en résulte une pression de pêche soutenue sur les stocks structurés en fait en diverses communautés dont nous étudions les caractéristiques.

Chapitre II : Caractérisation des stocks exploités

D'une façon générale, la *population* désigne l'ensemble des individus d'une espèce donnée vivant dans un écosystème donné et ayant des caractéristiques communes transmissibles par hérédité. La *communauté* renvoie à des populations interconnectées ou susceptibles de l'être (Barbault, 1992), à la totalité des être vivants peuplant un écosystème donné (Ramade, 1993) ou, de façon pragmatique, à un assemblage faunistique régi par divers facteurs, écologiques notamment ; les taxons qui la composent ne faisant pas forcément partie des mêmes genres, familles, groupes, etc. Le *stock* est la fraction exploitable d'une population ; ce qui en exclut, de facto, les œufs, larves et juvéniles non recrutés. Unité de base en gestion des pêches et en dynamique des populations, il peut revêtir un aspect biologique (Gulland, 1983), opérationnel (Larkin, 1972) ou géographique. Nous retenons cette dernière approche qui s'applique mieux aux stocks démersaux côtiers de la ZEE sénégalaise.

Evoluant au contact ou au voisinage du fonds, au niveau du plateau continental (0 – 200 m), les stocks démersaux côtiers se distinguent des stocks démersaux profonds présents sur le talus (200 - 1 000 m)¹⁵

Après avoir fait le point sur l'organisation des communautés démersales en général, nous abordons pour les stocks ciblés – démersaux côtiers – les tendances notées relativement aux efforts et captures, aux niveaux d'abondance et d'exploitation, aux mesures de gestion et d'aménagement préconisées puis les résultats d'analyses multivariées établies à partir des données de campagnes scientifiques.

2.1. Organisation des communautés démersales

Plusieurs auteurs ont étudié les assemblages spécifiques des communautés démersales ouest africaines. Sidibé (2003) en donne une liste exhaustive à laquelle il faut ajouter Jouffre, Domalain, Caverivière et Thiam (2004), Jouffre et al (2004), Domalain et al (2004), Lobry, Gascuel et Domain (2003), Jouffre, Domalain, Caverivière et Diallo (2004) et Laurans (2005). Longhurst (1969), distingue 7 communautés faunistiques : Communauté à *Sciaenidés*, Communauté de la thermocline, Communauté à *Lutjanidés*, Communauté à *Sparidés* côtiers, Communauté à *Sparidés* profonds, Communauté de la partie profonde du plateau et Communauté de la pente continentale. Dans le cas spécifique du Sénégal, des critères saisonniers, écologiques voire, économiques, restreignent le nombre de communautés selon les paramètres retenus. Ici, nous nous intéressons beaucoup plus aux deux premiers critères qui donnent des classements plus stables.

¹⁵ Ces profondeurs sont indicatives. En effet, certains adultes d'espèces théoriquement profondes peuvent être pêchés à partir de 50 – 80 m et des juvéniles (crevette gambas, merlus, par exemple) se retrouver jusqu'à 15 m

Sur le plan saisonnier, on distingue des *espèces sahariennes* et des *espèces guinéennes* (Champagnat et Domain, 1979). Les espèces sahariennes affichent un tropisme pour les eaux froides et salées (décembre à mai, saison froide), les espèces guinéennes, pour celles qui sont chaudes et dessalées (août à décembre, saison chaude). On se reportera à la partie 1.2.2 du Chapitre I pour plus de détails sur les caractéristiques hydrologiques. Le Tableau 3 résume les principales migrations de ces 2 groupes dont la typologie est, toutefois, assez schématique. En effet, des espèces peuvent se retrouver dans d'autres aires, à l'instar des juvéniles de Sparidés retrouvés avec des taxons typiques de la faune à Sciaenidés (Laurans, 2005).

Tableau 3: Classification de communautés spécifiques selon des critères saisonniers

Groupes	Exemples	Caractéristiques
Espèces sahariennes	Dorade grise, tassergal, Sparidés (pagre, pageot, dentés), Serranidés (thiof, autres mérous), Carangidés (liches), Sciaenidés, etc.	Centre de gravité entre 20°23'N, d'août à octobre. Déplacement vers le sud en novembre. Stabilisation en février-mars à 10°16'N. Mouvement vers le nord en avril (reproduction). Subsistance des jeunes au sud de 19°N, de juillet à novembre (1 ^{ère} reproduction pour certains)
Espèces guinéennes	Communauté à Sciaenidés surtout (Sompatt, brochets, <i>Alectis alexandrinus</i> , <i>Rachycentron canadum</i> , <i>Caranx carangus</i>), etc.	Concentration côtière (embouchure du fleuve Sénégal et du Saloum à la Guinée), de janvier à juin. Mouvement rapide vers le nord, en juin, d'adultes semi pélagiques. Reproduction entre le fleuve Sénégal et le cap Timiris, en Mauritanie. Retour en estuaire en décembre

Sur le plan écologique, il y a les communautés à Sciaenidés, eurybathe, à Sparidés (scindée en 3 sous-communautés) et profonde dont les principales caractéristiques sont résumées dans le

Tableau 4. Les différents auteurs qui les ont étudiées (Lopez, 1979 – Domain, 1980 – Villegas et Garcia, 1983 – Chabanne, 1987 – Caverivière et Andriamirado, 1988 – Caverivière, 1993 - Gascuel, Domain et Chavance, 1997 – Jouffre et Domain, 2000 – Jouffre, Domalain, Caverivière et Thiam, 2004 – Sidibé, 2003 – Jouffre et al, 2004 – Domalain et al, 2004 – Jouffre, Domalain, Caverivière et Diallo, 2004 – Laurans, 2005) reprennent, complètent, révisent ou confirment les travaux de Fager et Longhurst (1968).

Enfin, sur le plan économique, on distingue des *espèces "nobles" à haute valeur marchande* (crevettes, rouget, soles, thiof, seiche, poulpe, dorade rose, etc.), destinées surtout à l'exportation (UE, Asie et USA, notamment), des *espèces communes à valeur marchande moyenne* (capitaines, plexiglas ou thiékem, sompatt, pageot, etc.) et des *espèces à valeur marchande faible* (chinchards, liches, mâchoirons, etc.). Ces deux derniers groupes alimentent, essentiellement, les marchés locaux et africains. Toutefois, les critères économiques sont fluctuants et s'ajustent en fonction des marchés et de la demande.

Tableau 4 : Classification des communautés spécifiques selon des critères écologiques

Communautés	Localisations préférentielles	Espèces majeures	Observations
Communauté à Sciaenidés <u>Synonymies</u> : Communauté de LONGHURST, Communauté littorale	Eaux côtières (0 – 40 m de profondeur) chaudes, fonds sablo-vaseux, proximité des zones de mangroves (lieux de croissance et cachette pour les juvéniles), zones à fortes crues zones d'estuaires avec, surtout, un important réseau hydrographique, extension jusqu'à la base de la thermocline, lieu de prédilection : Golfe de Guinée (conditions très favorables, plus de 50 % des captures démersales, 2 composantes (côtière et estuarienne)	* <u>Poissons</u> : Sciaenidés surtout, ou otolithes dans les prises industrielles) + Polynémidés + Ariidés + Cynoglossidés + Pomadasyidés + Drépanidés + Clupéidés + Carangidés + Tétraodontidés + Mugilidés, etc. * <u>Mollusques</u> : volutes, seiches, calmars * Echinodermes (oursins, étoiles de mer) et autres anthozoaires (méduses, gorgones) NB - Composition spécifique très variable selon les auteurs et les zones	Affinité guinéenne Eaux chaudes toute l'année (> 26°C), salinité < 35 ‰, fonds rarement < 20 m et en majorité vaseux ou sablo-vaseux Grande tolérance vis-à-vis de la salinité (espèces euryhalines) et d'autres facteurs endogènes, en général
Communauté eurybathe <u>Synonymie</u> : Communauté de la thermocline	A cheval entre la communauté littorale et la sous communauté à Sparidés côtiers	Crevettes côtières, soles, ceinture, raies, requin émissole lisse, pelon, etc.	Espèces difficiles à classer
Communauté à Sparidés <u>Synonymie</u> : Communauté intermédiaire	<u>Sparidés côtiers</u> : fonds meubles, vase notamment	Dorades roses, rouget, thiof, pageot, poisson volant	- occupation de la partie centrale du plateau continental, globalement - Importance particulière de la teneur des fonds en carbonates de calcium - Quarantaine d'espèces à affinité saharienne (eaux froides) : Sparidés, Serranidés, Mullidés, Dactyloptéridés, Balistidés, Lutjanidés, etc. - 3 biotopes discriminants, > 35 ‰, < 24 °C, fonds de 15 – 120 m et surtout 20 – 80 m
	<u>Sparidés profonds</u> : fonds meubles, sable notamment. Sous la thermocline, entre 40 et 100 m de profondeur	Sparidés profonds, Carangidés, Triglides (grondins) et Uranoscopidés	
	<u>Lutjanidés</u> : fonds durs et rocheux. Sous groupe caractéristique des zones d'affleurements du socle et des bancs de grès fossile ou de leur proximité (Afrique de l'Ouest)	Lutjanidés sensu stricto, poulpe, Acanthuridés et Chaetodontidés	
Communauté profonde <u>Synonymie</u> : Communauté du rebord du plateau continental	Eaux profondes : 70 - 200 m Fonds : vaseux et sablo vaseux Facteurs environnementaux relativement stables	Saint-Pierre, Saint-Pierre argenté, brotule barbée, merlus, rascasses, mérout gris, dentés profonds (surtout <i>Dentex angolensis</i> et <i>D. macrophthalmus</i>), etc.	14 à 15°C, salinité de l'ordre de 36 ‰, fonds riches en lutites et carbonates Trentaine d'espèces, sorte de transition entre espèces sahariennes et faune profonde du talus

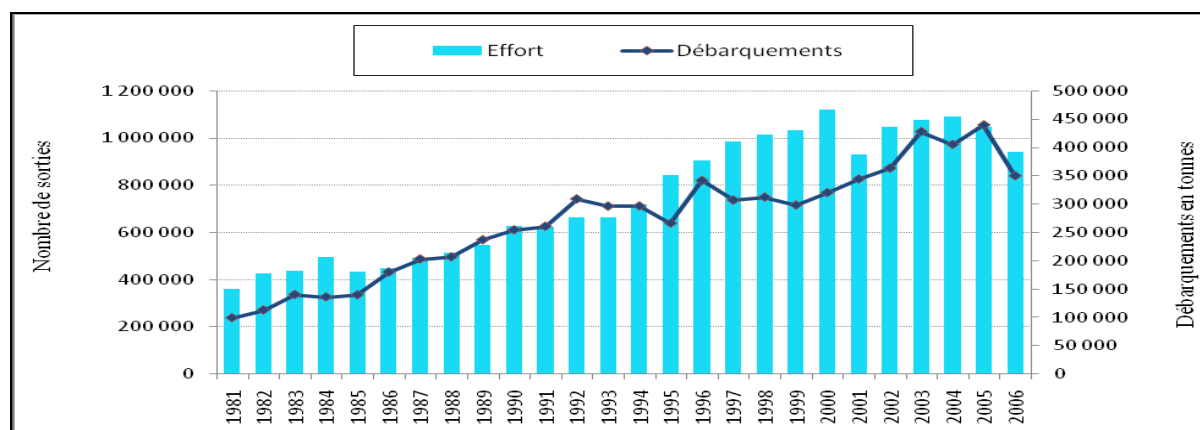
2.2. Tendances observées aux niveaux des captures et des efforts

Ces aspects ont fait l'objet de très larges et enrichissants développements dans la thèse de Thiao (2009) d'où nous avons extraits, relativement aux stocks démersaux côtiers, les éléments ci-après.

2.2.1. Evolution de l'effort et des captures en pêche artisanale

En l'espace d'un quart de siècle environ (1981 – 2006), l'effort de pêche est passé de près de 400 000 à 1 000 000 de sorties, soit une multiplication par 2.5, surtout aux niveaux de Dakar, Mbour et Joal. Sa relative stabilité notée depuis 2001 s'explique par l'allongement/la généralisation des marées (séjours plus longs en mer) et la migration des pêcheurs sénégalais en direction de la Mauritanie, de la Guinée-Bissau et de la Guinée, notamment. Les débarquements, passés de près de 250 000 tonnes en 1981 à 350 000 t en 2006, suivent quasiment la même tendance (Figure 3). Les captures sont à base de petits pélagiques.

Figure 3: Evolution de l'effort et des débarquements de la pêche artisanale de 1981 à 2006



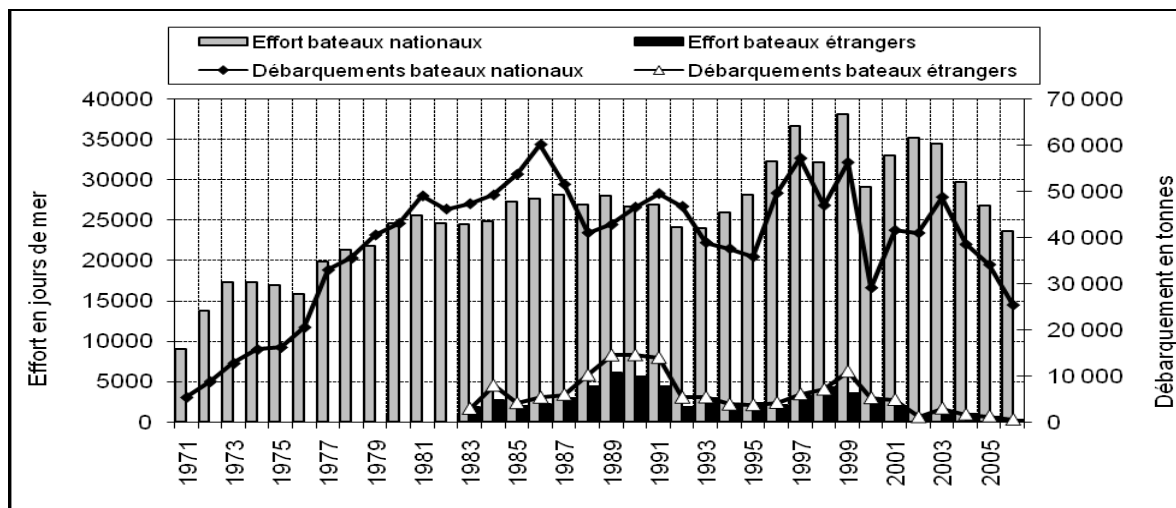
Source : Thiao (2009)

2.2.2. Evolution de l'effort et des captures en pêche chalutière

L'effort de pêche des chalutiers côtiers nationaux a été multiplié par 4 entre 1971 (10 000 jours de mer/j) et 2006 (40 000 jours de mer/j) avec des niveaux record durant la seconde moitié des années 90, notamment en 1997 et 1999. Quant à l'effort des chalutiers côtiers étrangers, ses plus hauts niveaux sont en deçà de 20 000 jours de mer/an (1989 – 1991). Il

tend même à être réduit à sa plus simple expression suite au blocage de la signature des accords de pêche Sénégal-UE depuis juin 2006 (Figure 4).

Figure 4: Evolution de l'effort et des débarquements de la pêche chalutière côtière de 1971 à 2006



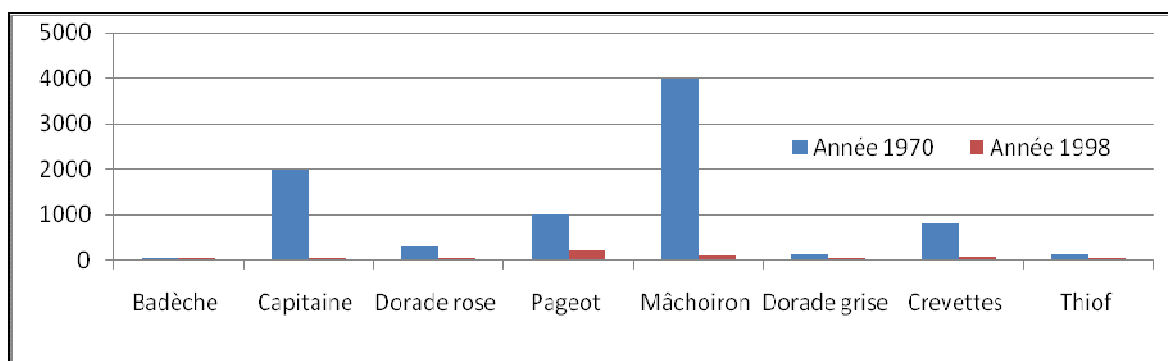
Source : Thiao (2009)

2.3. Tendances observées au niveau de l'abondance

Une tendance générale à la baisse des abondances est notée depuis 1973 (Chabanne et al, 1976) au niveau des pêcheries démersales côtières du Sénégal. La situation étant loin de s'améliorer et vu l'accroissement de la demande nationale en produits de la mer, plus de 10 % des captures sont réalisées en dehors de la ZEE sénégalaise à partir de 1999 (Barry et al, 2005), notamment en Mauritanie, en Guinée-Bissau et en Guinée. Les constats ci-après attestent largement de la situation de raréfaction des ressources halieutiques en général, démersales en particulier, au plan local:

- le Figure 5 montre la baisse notable d'indices d'abondance de quelques espèces démersales destinées à l'exportation entre les années 70 et la veille du présent millénaire (CRODT, 2001). La situation est particulièrement préoccupante pour les Serranidés (badèche et thiof), le capitaine et la dorade grise
- sur la période 1997 – 2000, une baisse de 16 % des débarquements est observée pour tous les types de pêche au Sénégal. A l'échelle de la région ouest-africaine, la biomasse a diminué de 80 % depuis 1950 et le phénomène s'accélère, selon un constat fait lors du Symposium SIAP (Système d'Information et d'Analyse des Pêches) tenu à Dakar en juin 2002 (Chavance et al, 2004)

Figure 5: Evolution de PUE en kg/heure d'espèces démersales côtières de 1970 à 1998



- entre 1981 et 1999, le pageot *Pagellus bellottii*, le thiof *Epinephelus aeneus*, le thiékem *Galeoides decadactylus*, le pagre à points bleus *Pagrus caeruleostictus* et le rouget *Pseudupeneus prayensis* représentaient 20 à 30 % des mises à terre avec, toutefois, leur biomasse globale divisée par 3 durant la même période (Barry, Laurans, Thiao et Gascuel, 2004)
- en 2000, la production à l'équilibre des ressources démersales côtières, estimée après prise en compte des rejets en mer des congélateurs, était de l'ordre de 125 000 à 130 000 t (CRODT, 2001). Le volume global des débarquements, qui oscillait alors entre 45 000 et 55 000 t avec un effort de pêche considérablement accru (cf. doublement des effectifs de la flottille, forte augmentation du TJB et de la puissance des navires), est tombé à 25 000 t environ actuellement
- entre 1988 et 2003, les captures démersales – assurant l'essentiel de la valeur ajoutée du secteur des pêches maritimes – et les exportations de produits halieutiques ont respectivement chuté de 32 % et 26 % en moyenne (LPSPA, 2007)

Le rapport du PNUE (2004) impute, en partie, les graves déséquilibres auxquels est confronté le secteur de la pêche sénégalaise au choix d'une politique commerciale résolument tournée vers l'exportation de produits à forte valeur ajoutée (cas des démersaux, en général) au détriment de la consommation locale, alimentée surtout à partir des pélagiques (sardinelles, chinchards, etc.). Les stocks démersaux et les entreprises exportatrices sont dans une situation plus que critique, les premiers du fait de la surexploitation (voir ci-après), les secondes en raison des mises à terre actuelles qui sont en deçà de leurs capacités réelles de traitement.

2.4. Etats d'exploitation

Le constat de surexploitation globale des principales espèces démersales côtières remonte au moins au début des années 90, si l'on examine les mortalités par pêche (F), les taux d'exploitation ($E = F/Z$ où Z = mortalité totale) et les structures de tailles. En référence, par exemple, aux chalutiers glaciers sénégalais, Caverivière et Thiam (1993) constatent que les valeurs de F et E augmentent tandis que les tailles moyennes des individus capturés diminuent régulièrement. Selon Thiam (2000), une telle situation s'explique du fait de l'autorisation d'une taille minimale marchande inférieure à la taille de 1^{ère} maturité sexuelle. Par ailleurs, ces faits évoqués sont étayés par l'appauvrissement en individus de grande taille au sein de la communauté à Sparidés dont les juvéniles et adultes sont totalement accessibles au chalutage (Caverivière et Thiam, 1993). Il s'y ajoute l'appauvrissement des fonds à crevette où abondent les taxons des communautés eurybathe et à Sciaenidés en raison du plus faible maillage autorisé en pêche crevettière côtière (50 mm).

Au début des années 2000, les mâchoirons *Arius sp.*, les Serranidés (*Epinephelus sp.* et *Mycteroperca rubra*), les dorades roses (*Sparus sp.* et *Dentex sp.*), le pageot *Pagellus bellottii*, les sompatt *Pomadasys sp.*, la dorade grise *Plectorhynchus mediterraneus* et les soles langues *Cynoglossus sp.* figuraient parmi les espèces vraisemblablement surexploitées (CRODT, 2001). Ces ressources représentent, globalement, 35 % des espèces de fonds exploitées, soit 50 % en équivalent frais. En revanche, la brotule barbée *Brotula barbata*, le poulpe et la seiche demeuraient encore les rares espèces relativement sous exploitées. Le Tableau 5 résume la situation de 13 espèces dont les statistiques commerciales ont été analysées à l'aide du Modèle Global lors du Groupe de Travail COPACE de 2003. Il en ressort que le poulpe et la seiche figurent aussi parmi les espèces surexploitées.

Tableau 5: Synthèse de résultats du Groupe de travail COPACE 2003 pour le Sénégal

Ressources	Noms communs	MSY (*)	Niveau d'exploitation
<i>Pagellus bellottii</i>	Pageot	10 360 t	Surexploité
<i>Arius sp.</i>	Mâchoirons	6 529 t	Danger de surexploitation
<i>Pseudolithus sp.</i>	Capitaines, Otolithes	4 781 t	Risque de surexploitation
<i>Epinephelus aeneus</i>	Thiof, mérou gris	1 471 t (**)	Risque d'extinction
<i>Pseudupeneus prayensis</i>	Rouget	1 700 – 1 920 t	Pleinement exploité
<i>Pagrus caeruleostictus</i>	Pagre à points bleus	3 144 t	Surexploité
<i>Galeoides decadactylus</i>	Petit capitaine	4 300 – 4 500 t	Surexploité
<i>Dentex macrophthalmus</i>	Denté profond	3 050 t	Pleinement exploité
<i>Sepia officinalis</i>	Seiche	3 851 t	Surexploité
<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe	12 886 t	Surexploité
<i>Penaeus notialis</i>	Crevette côtière	3 518 t	Surexploité
<i>Merluccius sp.</i>	Merlus	1 657 t	Modérément exploité
<i>Parapenaeus longirostris</i>	Crevette profonde	2 560 t	Pleinement exploité

Sources : CRODT (2005) – (*) : Maximum Sustainable Yield – (**) : Mauritanie + Gambie + Sénégal

Barry, Laurans, Thiao et Gascuel (2004), à l'aide des modèles global et structural, montrent que le rouget est pleinement exploité, alors que le thiékem, le pagre à points bleus, le pageot et le thiof, en particulier, sont surexploités. Pour ces 2 dernières espèces, l'effort de pêche d'alors faisait plus du double de l'effort de maximisation de leurs captures avec des biomasses fortement réduites et une surexploitation du recrutement, d'où un réel risque d'effondrement.

Les résultats synthétiques du Tableau 6, établis à partir d'une dizaine de stocks confirment l'état de surexploitation globale – à la relative exception des merlus – tout en attirant l'attention sur la situation plus que critique du thiof (CRODT, 2005). Ils ont été obtenus en 2004 à partir des travaux du groupe de travail de la zone nord du COPACE (Sénégal, Gambie et Mauritanie, notamment) où se confirme le diagnostic de surexploitation déjà noté au Sénégal (Tableau 5).

Tableau 6: Synthèse de résultats du Groupe de travail COPACE 2004

Taxons	Stock	Sources	B_{cur}/B_{MSY}	F_{cur}/F_{MSYcurB}
<i>Merluccius sp</i>	Sénégal	Chalutiers espagnols glaciers	76 %	37%
<i>Pagellus bellottii</i>	Nord COPACE	Pirogues motrices ligne Sénégal	54 %	111 %
<i>Dentex macrophthalmus</i>	Nord COPACE	Pêche industrielle Sénégal	105 %	59 %
<i>Sparus caeruleostictus</i>	Mauritanie/Sénégal	Pirogues glaciers Sénégal	36 %	116 %
<i>Epinephelus aeneus</i>	Mauritanie/Sénégal/Gambie	Glaciers Sénégal	7 %	344 %
<i>Penaeus notialis</i>	Sénégal/Gambie	Chalutiers industriels sénégalais	63 %	124 %
<i>Octopus vulgaris</i>	Sénégal/Gambie	Céphalopodiers congélateurs espagnols	47 %	138 %
<i>Sepia sp.</i>	Sénégal/Gambie	Glaciers espagnols	15%	205%

PUE = Prise par unité d'effort – **B_{cur}/B_{MSY}**: rapport de la biomasse du stock de la dernière année et de la biomasse qui produirait le MSY - **F_{cur}/F_{MSYcurB}**: rapport du F de la dernière année et du F qui produirait une capture durable correspondant au niveau de biomasse estimé pour la dernière année de données.

Les analyses réalisées de Gascuel, Laurans, Sidibé et Barry (2004) portant sur une vingtaine de stocks de pays de la Commission Sous-Régionale des Pêches (CSRP) couvrant une large gamme de caractéristiques écologiques, via 3 catégories de méthodes (Global Linear Model, modèle global et analyse des cohortes), concluent à des niveaux de surexploitation plus ou moins marquée. La situation serait même plus dégradée au Sénégal qu'en Guinée, eu égard aux signaux d'alarme évoqués ci-dessus pour le pageot et le thiof.

Les résultats des analyses de cohortes relatives aux espèces étudiées dans le cadre du projet sénégalais-japonais en 2004 – 2006 viennent, à nouveau, confirmer la situation

alarmante des stocks démersaux côtiers sénégalais (Tableau 7). Ainsi, à l'exception du sompatt et du pagre à points bleus qui sont modérément exploités ($1 \% \leq \text{valeurs de E} \leq 2 \%$), les autres taxons, dont le thiof, mais surtout les soles langues, les otolithes et les mâchoirons, sont généralement dans une situation assez critique (Anonyme, 2006).

Tableau 7: Résultats d'analyses de cohortes pour sept espèces démersales au Sénégal

Espèces	Noms communs	Effectifs (nombre d'individus)	Valeurs de E	Diagnostic
<i>Epinephelus aeneus</i>	Thiof, mérrou gris	14 millions en 1985 à 6 millions en 1997	3-4 %	Espèce largement surexploitée, situation critique
<i>Sparus caeruleostictus</i>	Pagre à points bleus	350 millions en 1985-1987 à 200 millions en 1995-1997	1-2 %	Aucun épuisement à craindre dans l'immédiat...
<i>Galeoides decadactylus</i>	Thiékem, plexiglas	810 millions en 1985 à 123 millions en 1999	4.5 %	Espèce surexploitée, état critique
<i>Pseudotolithus senegalensis</i>	Otolithe, capitaine	26 millions en 1985 à 15 millions en 1999	13-47 %	Espèce surexploitée, état critique
<i>Arius heudeloti</i>	Mâchoirons	30 millions en 1985 à 1.2 millions en 1999	50 %	Espèce surexploitée, état critique, ressource fragile
<i>Cynoglossus senegalensis</i>	Sole langue	900 millions en 1985 à 197 millions en 1999	14 %	Espèce surexploitée, état critique
<i>Pomadasys jubelini</i>	Sompatt	18 millions en 1985 à 160-180 millions en 1999	1-2 %	Espèce Modérément exploitée

Se fondant sur la méthode d'analyse d'indicateurs durables basés sur les fréquences de taille proposée par Froese (2004), Samb et al (2007) montrent que les stocks de pageot, pagre à points bleus, thiof, dentés à gros yeux et mâchoirons du Sénégal sont presque tous surexploités. La surexploitation est notable au niveau du recrutement (prédominance de juvéniles dans les prises) et de la croissance (beaucoup de poissons sont pêchés avant d'avoir atteint leurs tailles optimales auxquelles le rendement et le revenu peuvent être maximaux). Pour mémoire, cette approche fait appel à la taille optimale et aux pourcentages de poissons matures et de super reproducteurs.

Enfin, le Tableau 8 résume les plus récents résultats disponibles sur les stocks démersaux côtiers voire profonds (crevette gambas et merlus) relativement à la zone Nord COPACE (Sénégal, Gambie, Mauritanie et Maroc). Ils ont été compilés dans le cadre du Plan Stratégique 2009 – 2013 mis en place par le CRODT après concertation avec ses partenaires (CRODT, 2009). Les résultats ne sont pas toujours concluants comme dans le cas de la crevette gambas en Sénégal ; ce qui témoigne, souvent, de la quasi impossibilité à ajuster les données disponibles.

Tableau 8: Données récentes sur l'évaluation des stocks démersaux au Sénégal

Espèces	Zone d'étude	Indicateur1 $B_{cur}/B_{0.1}$	Indicateur2 F_{cur}/F_{MSY}	Etat des stocks
Pageot ou <i>Pagellus bellottii</i>	Mauritanie, Sénégal et Gambie	17 %	325 %	Stock fortement surexploité
Dentex ou <i>Dentex macrophthalmus</i>	Maroc, Mauritanie et Sénégal			Faibles indices d'abondance
Pagre ou <i>Sparus caeruleostictus</i>	Mauritanie et Sénégal	65 %	165 %	Stock surexploité
Mâchoirons ou <i>Arius sp</i>	Sénégal et Gambie			Prises en hausse
Otolithe ou <i>Pseudolithus sp</i>	Sénégal et Gambie			Stock pleinement exploité
Thiof ou <i>Epinephelus aeneus</i>	Mauritanie, Sénégal et Gambie	5 %	873 %	Stock en voie d'extinction
Rouget ou <i>Pseudupeneus prayensis</i>	Sénégal			Stock pleinement exploité
Soles ou <i>Cynoglossus sp</i>	Sénégal			Stock pleinement exploité
Requins	Sénégal			Probablement surexploité
Cymbium	Sénégal			Signes de surexploitation
Crevette côtière ou <i>Penaeus notialis</i>	Sénégal et Gambie	30 %	194 %	Stock surexploité
Poulpe ou <i>Octopus vulgaris</i>	Sénégal et Gambie	25 %	130 %	Stock surexploité
Seiche ou <i>Sepia sp</i>	Sénégal et Gambie	31 %	260 %	Stock surexploité
Calmar ou <i>Loligo vulgaris</i>	Sénégal et Gambie			Déclin des cpue
Merlus ou <i>Merluccius sp</i>	Sénégal	43%	63%	Stock surexploité
Crevette profonde ou <i>Parapenaeus longirostris</i>	Sénégal et Gambie			Evaluation non concluante

$B_{cur}/B_{0.1}$: Rapport entre la biomasse estimée pour la dernière année et la biomasse correspondante à $F_{0.1}$.

F_{cur}/F_{MSY} : Rapport entre le coefficient de mortalité par pêche effectivement observé la dernière année de la série et le coefficient qui donnerait une capture durable maximale

2.5. Mesures d'aménagement des pêcheries

Le diagnostic de surexploitation globale des ressources démersales côtières sénégalaises est unanimement partagé par les acteurs du secteur de la pêche : chercheurs, administrateurs, pêcheurs, etc. Cette surexploitation se traduit par la baisse de la rentabilité des unités de pêche, le sous-approvisionnement des entreprises de pêche, la chute des tonnages exportés et donc des devises pour le pays, la réduction des apports protéiques

d'origine animale pour les populations locales¹⁶ ainsi que l'exacerbation des conflits en mer entre pêcheurs du même secteur ou non. Les causes de cet état de fait sont essentiellement imputables à l'intensification de l'effort de pêche (surinvestissement, surcapitalisation et surcapacité dans les secteurs artisanal et industriel).

Le Sénégal a, jusqu'ici, connu 3 codes de la Pêche maritime régis, respectivement, par les Lois 76-84 du 02/07/1976, 87-27 du 18/08/1987 et 98-32 du 30/03/1998. Entre autres mesures, le premier code a défini les zones de pêche, institué 3 options de licences de pêche et interdit la pêche à tout navire de plus de 1 500 TJB. Le second code s'est montré, par la suite, plus répressif et plus dissuasif. Les principales innovations majeures du dernier code en date (Loi 98-32 du 30/03/1998) se résument aux points suivants (Guèye, Bâ et Faye, 2003):

- principe de déclaration préalable nécessaire pour l'exercice de la pêche artisanale commerciale
- possibilité de l'instauration d'un repos biologique
- prise en compte de 4 types de licences de pêche industrielle déclinés en 14 options suivant l'engin et les espèces-cibles
- mise en place de mécanismes institutionnels de gestion : plans annuels et pluriannuels d'aménagement des pêcheries, Conseil National Consultatif des Pêches Maritimes (CNCMP), Conseils locaux des Pêches (CLP), Commission Consultative pour l'Attribution des licences de pêche (CCALP), etc.
- mise en place de mécanismes de contrôle indirect de l'effort de pêche : définition de tailles minimales marchandes, restrictions sur les engins et les zones de pêche, interdictions de certaines pratiques de pêche (chalutage en bœuf, filets non biodégradables artisanaux, filets maillants dérivant à langoustes, etc.)
- mise en place de dispositions relatives à la gestion des zones côtières et au Code de Conduite sur la pêche responsable

Le code de conduite pour une pêche responsable (FAO, 1995) est un texte de portée mondiale, basé sur des dispositions pertinentes du Droit international mais, d'application facultative car fondé sur l'adhésion volontaire. Il contient des principes et des normes applicables à la conservation, à l'aménagement et au développement de toutes les pêcheries. Il vise également la capture, la transformation et le commerce du poisson et des produits de la pêche, les opérations de pêche, l'aquaculture, la recherche halieutique et l'intégration des pêches dans l'aménagement des zones côtières (Article 1.3). Toutefois, la

¹⁶ Il est bon de préciser que la pêche assure 75 % des protéines d'origine animale aux populations locales

politique de « gestion prudentielle de la ressource halieutique », préconisée en 1998 par le Sénégal, conformément à l'esprit dudit texte, tarde encore à se matérialiser du fait de 2 contraintes majeures. La première a trait au non respect de la réglementation. La seconde est liée à l'absence des plans d'aménagement annoncés dans le code de la pêche actuel.

Les différentes mesures de gestion des stocks et d'aménagement des pêcheries ont très rarement été appliquées à la pêche artisanale pour des raisons d'ordre technique, socio-économique et politique. Elles ont, jusqu'ici, concerné le seul secteur industriel, toutefois, avec de faibles taux de succès. Au début des années 90, elles se résumaient en 6 points majeurs (CRODT, 1991a):

- gel de l'octroi de toute licence de pêche démersale côtière
- réduction de l'effort de pêche des chalutiers étrangers
- remplacement des gros chalutiers par des chalutiers de tonnage moindre
- non remplacement des licences de chalutiers quittant la flotte
- substitution de certaines licences « crevettes » par des licences « poissons »
- promotion de l'acquisition de licences dans les eaux maritimes voisines

Ces mesures sont actuellement complétées, de la part de l'état, par la mise en place du repos biologique (période de 2 mois, depuis mai 2003), la restriction des aires de pêche chalutières sur la Petite Côte¹⁷, l'interdiction du chalutage en bœuf, l'immersion de récifs artificiels (épaves de bateaux, blocs de béton, etc.), la création d'aires marines protégées (AMP), etc.

Le Ministère de la Pêche, pour compter de juin 2006, a mis en place, un Plan Stratégique National d'Immersion de Récifs Artificiels ayant pour objectif général de contribuer à la restauration de la ressource, des écosystèmes et des habitats à des fins d'exploitation durable. Les objectifs spécifiques se déclinent en termes de restauration (création) d'anciennes (de nouvelles) zones de pêches, sédentarisation et fixation des pêcheurs, maintien d'anciennes zones de pêche et promotion de petits métiers. D'ores et déjà, plus de 150 récifs artificiels couvrant une superficie de plus de 1000 hectares, estimée par les experts, ont été immergés au large des côtes sénégalaises ces dernières années. Ce résultat placerait le Sénégal dans le peloton de tête des pays pratiquant la mise en place des récifs artificiels derrière le Japon, les Etats-Unis et la France. En complément, un important programme d'immersion de près de 2 500 épaves de véhicules est présentement en cours. Enfin, un partenariat solide existe entre la Fédération Sénégalaise de Pêche Sportive et le Ministère de la Pêche, lequel est matérialisé par l'immersion de récifs et par la tenue d'un Colloque International sur la Gestion des Récifs Artificiels pour l'Aménagement des Pêches et la Conservation des Ressources Marines en novembre 2008 à Dakar.

Pour les AMP, le Décret présidentiel n°2004 – 1408, en date du 4 novembre 2004, en a institué 5 dans les sites de Bamboung, Joal-Fadiouth, Kayar, Saint-Louis et Mbour. Sous l'instigation de la coopération japonaise, des AMP dites communautaires ont aussi été créées, notamment au niveau de la Petite Côte : Palmarin, Mballing, Popenguine, etc. Les seuls états de référence connus sont de saison froide et concernent Bamboung en mai 2005, Joal-Fadiouth, Kayar et Saint-Louis en avril – mai 2009. De sérieuses difficultés sont toutefois à noter : mauvais fonctionnement des comités de gestion (à la relative exception de Joal-Fadiouth), irrégularité des études scientifiques (états de référence, notamment), problème de tutelle entre le Ministère des Pêches et celui de l'Environnement (même si le premier nommé en a hérité récemment), mauvaise perception des enjeux de la

¹⁷ Dont les fonds durs, rocheux ou herbacés situés près de la côte sont de véritables lieux de reproduction, nurseries, lieux de grossissement, etc.

conservation par les populations riveraines, implication timorée de l'Etat plus préoccupée par l'alimentation humaine, etc. Il faut espérer que la situation s'améliore, du fait notamment de la mise en place récente (juillet 2009) de la Direction des Aires Communautaires.

Du point de vue des professionnels, il y a lieu de définir des critères plus sélectifs d'attribution du pavillon national. Pour eux, les nombreux avantages y afférents laissent penser que la « *sénégalisation* » de certaines flottilles est une simple opération de « prête-noms ». Dans tous les cas, la plupart des armements nationaux sont détenus par des investisseurs étrangers. Sur un autre plan, ils estiment que les travaux de la Commission Consultative d'Attribution des Licences de Pêche (CCALP) doivent être délibératifs, non plus consultatifs. Ensuite, les implantations à terre doivent être gelées. Enfin, il convient de réglementer et réprimer davantage les pratiques illicites de pêche artisanale, ou à défaut, une égalité de traitement avec la pêche industrielle.

Dans la même lancée, Coulibaly (2004) résume les principales mesures de gestion préconisées par le Groupement des Armateurs et Industriels de la Pêche au Sénégal (GAIPES) lors d'une rencontre ACP/UE tenue à Bruxelles. Celles qui viennent en complément des mesures déjà évoquées sont :

- l'adoption d'un code de conduite pour une pêche responsable via le respect des textes régissant l'activité de pêche
- l'expérimentation d'engins plus sélectifs
- l'extension du repos biologique aux pirogues artisanales recensées et immatriculées
- l'extension du gel de l'octroi des licences démersales aux stocks profonds
- l'installation à bord des chalutiers du Vessel Monitoring System (VMS) et au-delà, le renforcement de la protection et de la surveillance des pêches
- la mise en place d'un programme d'ajustement des capacités de pêche maritime avec, à terme, des démolitions de flottilles, des transferts vers d'autres zones de pêche ou des reconversions dans des activités autres que la pêche
- le développement de l'aquaculture

Dahou et al (2001) préconisent, outre la réduction de l'effort de pêche global sur les démersaux côtiers, l'utilisation de licences pour les pirogues (tenues, depuis 2005, d'avoir un permis de pêche dont le taux d'adoption actuel est de 32 %), la fixation de la redevance des navires à partir de la valeur des espèces débarquées et non du TJB, etc.

Barry, Laurans, Thiao et Gascuel (2004), au terme de leur étude relative au rouget, au thiékem, au pagre à points bleus, au pageot et au thiof, suggèrent le maintien du niveau

d'effort actuel exercé sur le rouget et une réduction d'au moins 40 % de celui subi par les 4 autres espèces.

Les travaux du groupe de travail COPACE 2004 (CRODT, 2005) préconisaient : a) de mettre en œuvre des mesures de réduction de l'effort de pêche, par exemple, de 10 à 25 % pour les stocks de pageot, de pagre et de crevette côtière b) de geler l'effort de pêche pour le denté profond, les mâchoirons, les merlus et la crevette profonde c) d'augmenter, éventuellement, l'effort de pêche dans le cadre du rouget d) d'interdire totalement la pêche du thiof. Par rapport à ce même travail d'experts, le Tableau 9 résume les plus récentes recommandations en matière d'aménagement. Au-delà de la qualité des données peu propices pour statuer dans certains cas et des mesures de contrôle de l'effort de pêche, il s'en dégage surtout la forte recommandation d'interdire toute pêche du thiof *E. aeneus*.

Tableau 9 : Etat d'exploitation des principales espèces pêchées au Sénégal

Espèces	Zone étude	Recommandations aménagement
Pageot <i>Pagellus bellottii</i>	Mauritanie, Sénégal et Gambie	Réduction de l'effort de pêche
Dentex <i>Dentex macrophthalmus</i>	Maroc, Mauritanie et Sénégal	Maintien de l'effort à son niveau actuel
Pagre <i>Sparus caeruleostictus</i>	Mauritanie et Sénégal	Réduction de l'effort de pêche
Mâchoirons <i>Arius sp</i>	Sénégal et Gambie	Maintien de l'effort à son niveau actuel
Otolithe <i>Pseudolithus sp</i>	Sénégal et Gambie	Maintien de l'effort à son niveau actuel
Thiof <i>Epinephelus aeneus</i>	Mauritanie, Sénégal et Gambie	Arrêter la pêche dirigée sur cette espèce
Rouget <i>Pseudupeneus prayensis</i>	Sénégal	Gel de l'effort de pêche à son niveau actuel
Soles <i>Cynoglossus sp</i>	Sénégal	Eviter toute augmentation d'effort
Requins	Sénégal	Réduction de l'effort ciblé sur ces espèces
Cymbium	Sénégal	Réduction de l'effort ciblé sur ces espèces
Crevette <i>Penaeus notialis</i>	Sénégal et Gambie	Réduction de l'effort de pêche
Poulpe <i>Octopus vulgaris</i>	Sénégal et Gambie	Réduction de l'effort de pêche
Seiche <i>Sepia sp</i>	Sénégal et Gambie	Réduction de l'effort de pêche
Calmar <i>Loligo vulgaris</i>	Sénégal et Gambie	Réduction de l'effort de pêche
Merlus <i>Merluccius sp</i>	Sénégal	Maintien de l'effort à son niveau actuel
Gambas <i>Parapenaeus longirostris</i>	Sénégal et Gambie	Par approche de précaution maintien de l'effort à son niveau actuel

L'augmentation des mises à terre démersales étant illusoire à plus ou moins court terme dans le contexte de surexploitation actuelle, le GAIPES préconise une plus grande valorisation des ressources pour peu que des investissements nouveaux soient réalisés, l'expertise soit disponible, un marché existe pour les produits à élaborer : crevettes cuites

pour avoir des produits semi-finis, tournedos de poisson, filets de sole, couronnes et filet de soles congelés ou frais, filets de rougets, pageot, pagre et mâchoirons, etc.

Enfin, plus récemment et afin de juguler la surexploitation des ressources démersales et la dégradation des écosystèmes, le Ministre en charge des Finances a été instruit lors du Conseil Présidentiel sur la Pêche, tenu en mars 2008, d'appuyer celui de la pêche pour trouver le financement des mesures urgentes ci-dessous, faisant l'objet de la recommandation n°7 (CPP, 2008):

- étendre le repos biologique aux pêcheries artisanales démersales côtières. A cet effet, une étude de faisabilité basée sur l'évaluation des impacts biologiques, sociaux, et économiques prenant en considération les mesures d'accompagnement éventuel, devra être faite. Coût : 1 milliard FCFA (financement étatique)
- élaborer un plan national de gestion de la capacité de pêche future en relation avec la FAO qui dispose de compétences dans ce domaine. Coût : 80 millions FCFA (financement FAO). La capacité de pêche exprime la capacité d'une flottille à capturer des poissons. Elle suppose une adéquation entre les caractéristiques de la flotte (effectifs, types, dimensions, technicité, etc.) et des stocks (capturabilité, production soutenable, etc.)
- accélérer l'élaboration et la mise en œuvre de plans d'aménagement dans le cadre d'un système de gestion des pêcheries intégrant les objectifs de réduction des capacités de pêche et restaurer les écosystèmes marins, notamment par l'immersion de récifs artificiels et la mise en place d'un réseau d'Aires Marines Protégées. Coût : 2.4 milliards de francs CFA (Etat et bailleurs de Fonds)

Le plan d'aménagement des pêcheries démersales profondes, actuellement en cours de réalisation au Sénégal, semble aller dans cette dynamique. Inspiré de la démarche ayant présidé à la mise en place du plan d'aménagement de la pêcherie du poulpe en Mauritanie, il est centré sur une vingtaine de chalutiers (jadis à dominante espagnole) ciblant les merlus *Merluccius sp* et la crevette gambas *Parapenaeus longirostris*, deux taxons principalement destinés à l'export. Son succès éventuel sera un point positif en direction de l'aménagement des pêcheries démersales côtières, certes plus complexes.

2.6. Résultats obtenus à partir des méthodes directes

Les méthodes d'évaluation des stocks peuvent être indirectes, c'est-à-dire établies à partir des données de pêche commerciale ou directes lorsqu'elles sont faites à partir des données

de campagnes scientifiques. Les résultats analysés ici proviennent exclusivement de ces dernières qui ont été faites afin de clarifier 3 choses:

- les relations inter-stocks
- les changements ayant pu se produire dans la composition des communautés
- les sources de variations de l'abondance des stocks

2.6.1. Sources de données

Les données proviennent de 24 campagnes de chalutages démersaux effectuées par l'équipe scientifique du CRODT de 1986 à 2008 (Tableau 10). Les 3 zones de la ZEE sénégalaise (Figure 1) ont été couvertes à chaque fois sauf en 1989 pour le sud. Les campagnes ont davantage eu lieu en saison froide (15) qu'en saison chaude (9). Les années non couvertes le sont pour cause d'indisponibilité du bateau en 2000, de campagne démersale profonde en 2002 et de difficultés technico-financières en 1996, 2006 et 2007.

Tableau 10: Listing des campagnes démersales côtières de 1986 à 2008

Campagnes de saison froide				Campagnes de saison chaude			
Codes	Nombre de stations			Codes	Nombre de stations		
	Centre	Nord	Sud		Centre	Nord	Sud
1987_LS_09	31	43	40	1986_LS_14	28	36	40
1988_LS_06	33	37	37	1987_LS_17	31	39	38
1989_LS_05	33	43	37	1989_LS_12	33	78	*
1990_LS_02	33	44	34	1992_LS_03	31	40	38
1991_LS_02	27	38	38	1997_LS_03	30	42	33
1992_LS_10	30	43	39	2001_ID_SC	80	92	66
1993_LS_01	32	41	37	2004_ID_SC	25	25	31
1994_LS_03	29	42	37	2005_ID_02	10	22	32
1995_LS_05	29	41	37	2008_ID_02	29	21	30
1998_LS_01	25	45	29	Total des stations	297	395	308
1999_LS_01	32	39	26	LS = navire océanographique Louis Sauter ID = navire océanographique Itaf Dème SF = saison froide SC = saison chaude * zone non visitée			
2001_ID_SF	75	92	65				
2003_ID_04	30	34	36				
2004_ID_SF	28	22	32				
2008_ID_01	27	22	31				
Total des stations	494	626	555				

2.6.2. Matériels

Les campagnes ont été réalisées à bord de 2 navires océanographiques (N/O) aux caractéristiques très voisines en termes de longueur totale (37.5 m), de technique opératoire (pêche-arrière), etc. Il s'agit des N/O *Louis Sauger* (1986 – 1999) et *Itaf Dème* (2001 à nos jours). Les caractéristiques de l'engin de pêche – chalut standard à poissons de fonds type *Le Drezen*® – sont quasiment restées les mêmes tout au long de la série étudiée : longueur de 31.82 m, bourrelet de 33.9 m, corde de dos de 24.5 m et poche avec des mailles étirées de 45 mm. Toutefois, dans le cadre d'un programme de recherche sénégal – japonais (Anonyme, 2006), une poche de 25 mm de maille étirée a été exceptionnellement utilisée en 2004 afin de capturer davantage de juvéniles.

2.6.3. Méthodes

Les 2 675 stations de pêche retenues, soit une moyenne de 111 stations/campagne, ont été chalutées du lever au coucher du soleil à raison d'une ½ heure par station, selon la méthodologie de travail habituelle du CRODT. Elles ont été essentiellement tirées par échantillonnage aléatoire stratifié (EAS) suivant la double stratification par zone (nord, centre et sud) et par bathymétrie :

- 0 – 30 m, 30 – 60 m, 60 – 90 m et 90 – 200 m, de 1986 à 1999 puis en 2003
- 0 – 50 m, 50 – 100 m et 100 – 200 m en 2004, 2005 et 2008

Cependant, l'année 2001 est particulière en raison de la modification de l'approche méthodologique. D'abord, l'EAS classique a été remplacé par un échantillonnage de type systématique, c'est-à-dire la prospection le long de radiales. Ensuite, une plus grande pression d'échantillonnage a été notée durant cette année¹⁸ (238 stations en saison froide, 232 en saison chaude ; soit, plus du double des stations des autres campagnes). Enfin, les stations de pêche de 2001 ont été réparties par intervalles de 10 m entre 10 et 100 m et de 20 m entre 100 et 200 m.

2.6.4. Traitements des données

Au bilan de ces 24 campagnes analysées, il a été retenu un fichier global comprenant 2 675 stations, traits ou coups de chaluts utiles en lignes et 228 variables ou colonnes. Celles-ci sont le numéro de station (1 à 2 675), la saison (froide ou chaude), la zone (nord, centre et sud), le code de la campagne et 224 stocks dont les données d'entrée sont des captures en

¹⁸ En 2001, le CRODT voulait « tester au maximum » son nouveau bateau de recherches, d'où le surcroît de stations de pêche

kg/trait. Les stocks ont été retenus sur la base de leurs noms d'espèce (ex : *Epinephelus aeneus*), de genre (ex : *Antennarius sp*), de famille (ex : *Apogonidae*) ou autres (ex : divers, crabes, etc.). Ce fichier de 2 675 stations et 224 stocks a été soumis à l'**Analyse en Composantes Principales** (ACP) afin de mettre en relief les relations entre les stocks.

A partir de ce fichier de base, nous avons extrait un second fichier comprenant 43 stocks (choisis parmi les 228) décrits par la zone (nord, centre et sud), la campagne (15 modalités en saison froide, 8 en saison chaude¹⁹) et la saison (froide et chaude). Ce second fichier a ensuite été scindé en un fichier de saison froide et un autre fichier de saison chaude, soumis chacun à :

- une **classification par la méthode des K-means** (détaillée au Chapitre III) pour évaluer les changements ou shifts ayant pu survenir dans la composition des communautés démersales côtières
- une **Analyse en Composantes Principales sur Variables Instrumentales** (ACPVI) pour apprécier les sources de variation de l'abondance des 43 stocks

2.6.4.1. Analyse en Composantes Principales

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode factorielle très puissante à même de fournir un résumé d'un tableau de données quantitatives à travers ses caractéristiques principales tout en décrivant les relations inter-variables et/ou inter-individus. Pour cela, des variables artificielles, axes factoriels ou *composantes principales*, sont créées. Celles-ci, de variance maximale, non corrélées entre elles et existant en nombre raisonnable (par exemple, 2 à 4), sont les variables les plus liées à celles de départ qu'elles résument. L'ACP repose sur la *métrique euclidienne*.

Ici, le fichier de travail se résume aux 2 675 stations en lignes et 224 stocks en colonnes dont les données sont des poids en kg. L'ACP a été mise en œuvre pour *mettre surtout en évidence les relations inter-stocks*. Du fait de la présence de nombreuses captures nulles à faibles à côté d'autres très grandes, nous avons standardisé les poids spécifiques X_i en leur appliquant la transformation logarithmique de type népérien comme suit : $X_i \rightarrow \log(X_i + 1)$. De facto, leur variabilité a été notablement réduite. L'ACP mis en œuvre ici est bâtie à partir de la *matrice de covariance* qui est de type symétrique. Les éléments de la diagonale de la matrice représentent la variance de chaque stock. Ceux situés en dehors de la diagonale correspondent à la covariance entre les stocks croisés X_i et Y_j . La covariance est donnée par

¹⁹ La campagne de saison chaude de 1989 est exclue pour cause de non visite de la zone sud

la relation $[1/n \sum (X_i - a)(Y_i - b)]$ où n = nombre de couples de données (x_i, y_i) , a = moyenne du stock X , b = moyenne du stock Y , δx = écart-type du stock X et δy = écart-type du stock Y . La relation de dépendance entre 2 variables est linéaire en cas de corrélation, linéaire ou autre en cas de covariance. Le nombre d'axes factoriels à retenir est fonction du taux d'inertie initiale cumulé avoisinant 50 %. Pour l'aide à l'interprétation des axes factoriels, nous nous limitons, pour chaque stock, à sa coordonnée et à sa contribution relative à la variance des axes. L'analyse est réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT® ver. 2009.1.02 sous EXCEL®

2.6.4.2. Analyse en Composantes Principales sur Variables Instrumentales

Chacun des 2 fichiers – l'un de saison froide, l'autre de saison chaude – comprend une matrice X et une matrice Y . La matrice X renferme 2 variables qualitatives structurelles assimilées à des *variables instrumentales* : *zone* (nord, centre ou sud) et *code campagne* ou *année* avec 15 modalités en saison froide (1987 – 1995, 1998 – 1999, 2001, 2003, 2004 et 2008) et 8 en saison chaude (1986, 1987, 1992, 1997, 2001, 2004, 2005 et 2008). La matrice Y regroupe 43 variables quantitatives expérimentales (Tableau 11) qui sont des stocks dont les données sont des prises par unité d'effort (PUE) en kg/trait. Le choix de ces stocks obéit à des critères d'abondance, écologiques et socio-économiques. On se retrouve ainsi pour chacun des 43 stocks avec :

- 3 zones*15 modalités = 45 combinaisons de PUE en saison froide
- 3 zones*8 modalités = 24 combinaisons de PUE en saison chaude

Une telle disposition rend le jeu de données des campagnes complet, donc orthogonal. Il est alors possible de faire une Analyse en Composantes Principales sur Variables Instrumentales (ACPVI, voir ci-dessous) avec une décomposition additive des sommes des écarts des carrés (Pech et Laloë, 1997). Pour arriver à un tel résultat, il a fallu :

- exclure l'année 1989 en saison chaude pour cause de non prospection de la zone sud
- séparer la saison froide de la saison chaude parce que le plan prévisionnel d'échantillonnage du CRODT – 2 campagnes/an à raison d'une par saison – n'a pas été respecté de 1986 à 2008 pour les raisons déjà évoquées

Tableau 11: Liste et codes des stocks analysés par l'ACPVI

N°	Codes	Noms scientifiques	Noms communs en français et en anglais et (Familles)
1	Acant	<i>Acanthurus monroviae</i>	Chirurgien ouest africain – Monrovia doctor fish (<i>Acanthuridae</i>)
2	Alect	<i>Alectis alexandrinus</i>	Vomer de Gorée – African threadfish (<i>Carangidae</i>)
3	Argy	<i>Argyrosomus regius</i>	Courbine, maigre – giant seabass (<i>Sciaenidae</i>)
4	Arius	<i>Arius sp</i>	Mâchoirons – Smoothmouth sea catfishes (<i>Ariidae</i>)
5	Baliste	<i>Balistes sp</i>	<i>Balistes</i> – Grey triggerfish (<i>Balistidae</i>)
6	Brachy	<i>Brachydeuterus auritus</i>	Pelon – Bigeye grunt (<i>Haemulidae</i>)
7	Brotule	<i>Brotula barbata</i>	Brotule barbée – Bearded brotula (<i>Ophidiidae</i>)
8	Chelid	<i>Chelidonichthys sp</i>	Grondins – Gabon gurnard (<i>Triglidae</i>)
9	Yeet	<i>Cymbium sp</i>	Volutes, yeet – African volutes (<i>Volutidae</i>)
10	Cynogl	<i>Cynoglossus sp</i>	<i>Soles langues</i> – Tonguefishes (<i>Cynoglossidae</i>)
11	Dactyl	<i>Dactylopterus volitans</i>	Grondin volant – Flying gurnard (<i>Dactylopteridae</i>)
12	Decapt	<i>Decapterus sp</i>	Chinchard jaune (<i>Carangidae</i>)
13	Dentex_c	<i>Dentex côtiers</i>	Denté canarien – Canary dentex (<i>Sparidae</i>)
14	Dentex_p	<i>Dentex profonds</i>	Dentés profonds – Large-eye and Angola dentex (<i>Sparidae</i>)
15	Drepane	<i>Drepane africana</i>	Drépane – African sicklefish (<i>Drepaneidae</i>)
16	Mérous	<i>Epinephelus sp</i>	Mérous dont le thiof – Groupers incl. white grouper (<i>Serranidae</i>)
17	Galeoides	<i>Galeoides decadactylus</i>	Thiékem – Lesser African threadfin (<i>Polynemidae</i>)
18	Helicolenus	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	Sébaste chèvre – Blackbelly rosefish (<i>Sebastidae</i>)
19	Lagocephalus	<i>Lagocephalus sp</i>	Faux perroquet- Puffer/rabbit fish (<i>Tetraodontidae</i>)
20	Lithogn	<i>Lithognathus sp</i>	Marbré – Striped seabream (<i>Sparidae</i>)
21	Lutjan	<i>Lutjanus sp</i>	Vivaneaux - African snappers (<i>Lutjanidae</i>)
22	Merlus	<i>Merluccius sp</i>	Merlus – Hakes (<i>Merluccidae</i>)
23	Mustelus	<i>Mustelus mustelus</i>	Emissole tachetée – Smooth hound (<i>Triakidae</i>)
24	Mycterop	<i>Mycteroperca rubra</i>	Badèche – Mottled grouper (<i>Serranidae</i>)
25	Poulp	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe – Octopus (<i>Octopodidae</i>)
26	Pageot	<i>Pagellus sp</i>	Pageot - Red Pandora (<i>Sparidae</i>)
27	Pagre	<i>Pagrus sp</i>	Pagre à points bleus – Bluespotted seabream (<i>Sparidae</i>)
28	Plecto	<i>Plectorhynchus sp</i>	Diagramme – Rubberlip grunt (<i>Haemulidae</i>)
29	Pomadasys	<i>Pomadasys sp</i>	Sompatt – Sompatt grunts (<i>Haemulidae</i>)
30	Pontinus	<i>Pontinus kuhlii</i>	Rascasse - Offshore rockfis (<i>Scorpaenidae</i>)
31	Pseudotolith	<i>Pseudotolithus sp</i>	Otolithes – Croakers (<i>Sciaenidae</i>)
32	Pseudupeneus	<i>Pseudupeneus prayensis</i>	Rouget du Sénégal – West African Goat Fish (<i>Mullidae</i>)
33	Raja	<i>Raja sp</i>	Raies – Rays - <i>Rajidae</i>
34	Rhinobatos	<i>Rhinobatos sp</i>	Raie guitare – Guitar fishes (<i>Rhinobatidae</i>)
35	Rhinoptera	<i>Rhinoptera sp</i>	Raie Manta/mourine américaine – Cow nose ray (<i>Rhinopteridae</i>)
36	Scorpaena	<i>Scorpaena sp</i>	Rascasses (<i>Scorpaenidae</i>)
37	Sepia	<i>Sepia sp</i>	Seiche – Cuttle fish (<i>Sepiidae</i>)
38	Solea	<i>Solea sp</i>	Soles – flat fishes (<i>Soleidae</i>)
39	Trachurus	<i>Trachurus sp</i>	Chinchards noirs – cunene horse mackerels (<i>Carangidae</i>)
40	Umbrina	<i>Umbrina sp</i>	Ombrine – Canary drum (<i>Sciaenidae</i>)
41	Zanobatus	<i>Zanobatus sp</i>	<i>Platyrrhinidae</i>
42	Zenopsis	<i>Zenopsis conchifer</i>	Saint-Pierre – Silvery John Dory (<i>Zeidae</i>)
43	Zeus	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre – John Dory (<i>Zeidae</i>)

L'ACPVI combine les avantages de 2 méthodes d'analyses multivariées : l'ACP déjà abordée et la régression linéaire (Sabatier, Lebreton et Chessel, 1989 – Lebreton, Sabatier, Banco et Bacou, 1991 – Pech, 1993 – Pech et Laloë, 1997 – Pech, 1998 – Travassos, Hazin, Hazin et Mattos, 2002). C'est un outil développé pour étudier l'influence de variables instrumentales (zone et année, ici) sur des variables quantitatives (les 43 captures spécifiques, ici).

Pour simplifier et par rapport à notre jeu de données, les 43 stocks sont prédits par la zone et l'année pour chaque saison. Une première approche simple est d'exprimer chaque stock sous la forme d'une combinaison linéaire de la zone et de l'année. Les modèles ainsi obtenus ont une composante principale qui est un modèle des modèles car, commun à toutes les données. Les objectifs poursuivis à travers la mise en œuvre de l'ACPVI sont *l'identification et la présentation séparée de l'impact des sources de variation influant le plus sur l'abondance des stocks*, qu'il s'agisse d'effets isolés ou combinés de la zone et de l'année. *In fine*, les résultats obtenus seront utilisés pour une synthèse des données initiales.

Préalablement à l'ACPVI, notre premier questionnement a trait à la recherche de différences dans les compositions spécifiques saisonnières ayant pu se produire entre le début et la fin de la période étudiée. Nous retenons 1987 – 1994 et 1995 – 2008 respectivement pour le début et la fin des campagnes de saison froide, 1986 – 1997 et 2001 – 2008 respectivement pour le début et la fin des campagnes de saison chaude.

Pour répondre à cette question, une classification non hiérarchique par K-means définissant 5 groupes d'espèces a été faite pour chacune des combinaisons suivantes : saison froide*début, saison froide*fin, saison chaude*début et saison chaude*fin. La méthode des K-means (Kaufman et Rousseeuw, 1989 – Saporta, 1990 – Nakache et Confais, 2000) sera présentée dans le Chapitre III qui traite spécifiquement des typologies. Pour ces classifications, nous avons pour chaque stock transformé les données par la fonction log : ($Y^i \rightarrow \log(Y^i + 1)$) pour normaliser les variables puis réduit chacune d'entre elles en la divisant par son écart-type ; ce qui ramène leurs variances à 1 et leur confère ainsi le même poids dans les analyses. Nous considérons le modèle de régression suivant : $Y_{a,z,k}^j = \bar{Y}_{a,z}^j + \varepsilon_{a,z,k}^j$

où $\bar{Y}_{a,z}^j$ est la capture moyenne du stock j , durant l'année a , dans la zone z et $\varepsilon_{a,z,k}^j$ est la différence pour le stock j entre la capture faite dans la $k^{\text{ième}}$ station, durant l'année a , en zone z et la capture moyenne faite dans toutes les stations de cette combinaison année*zone.

La seconde question a trait aux tendances spatio-temporelles. Pour chaque stock j , il est naturel de considérer ici des modèles d'analyse de variance avec les facteurs année et zone tels que : $Y_{a,z,k}^j = m^j + année_a^j + zone_z^j + année.zone_{a,z}^j + \varepsilon_{a,z,k}^j$. La matrice Y de terme général $Y_{a,z,k}^j$ avec les observations a = année, z = zone et k = station en lignes et les stocks en colonnes est la somme de 5 matrices de termes : m^j (constante pour le stock j), $année_a^j$ (effet de l'année a sur le stock j), $zone_z^j$ (effet de la zone z sur le stock j), $année.zone_{a,z}^j$ (effet croisé de l'année a et de la zone z sur le stock j) et $\varepsilon_{a,z,k}^j$ (résidus).

Utilisant des données à partir d'un plan d'échantillonnage équilibré, Pech et Laloë (1997) proposent de faire des ACP séparées de ces matrices afin d'évaluer les différentes sources de variation. Afin de disposer de données équilibrées, en saison froide (3 zones*15 années) et en saison chaude (3 zones*8 années), nous considérons les valeurs de captures moyennes par combinaison année*zone avec le modèle suivant : $\bar{Y}_{a,z}^j = m^j + année_a^j + zone_z^j + année.zone_{a,z}^j$. Il y a une seule « observation » moyenne par combinaison année*zone. Ainsi, le terme d'interaction correspond à nos résidus. La matrice du terme général $\bar{Y}_{a,z}^j$ a 43 colonnes et il y a 45 lignes pour la saison froide, 24 pour la saison chaude. Chaque matrice est la somme de 3 matrices correspondant à l'année, à la zone et à l'interaction année*zone. Pour chaque saison, nous mettons en œuvre des ACP pour chaque matrice des termes $année_a^j$ et $zone_z^j$ qui correspondent aux effets principaux.

En termes d'interprétation (Pech et Laloë, 1997) et en référence à un axe factoriel donné, deux aspects sont importants à considérer : a) plus un stock est proche de la circonférence, plus la qualité de la représentation par le plan factoriel est bonne b) plus son segment est court, plus sa part de variance expliquée est élevée sur cet axe.

Les analyses de K-means et ACPVI ont été réalisées à l'aide du logiciel GENSTAT DISCOVERY 3rd Edition® (Payne et al, 2003).

2.6.5. Résultats

2.6.5.1. Résultats de l'ACP

Les 20 taxons les plus abondants (Figure 6) sont dominés par les poissons – dont les raies (6^{ème} rang) – complétés par des céphalopodes (poulpe au 7^{ème} rang et seiche au 15^{ème} rang)

et des gastéropodes (yeet ou volutes, 8^{ème} rang). Outre ceux-ci, les rares taxons ayant une valeur commerciale plus ou moins élevée sont le rouget et le pagre à points bleus. Toutes les valeurs minimales sont nulles. La variabilité, en référence à la valeur des coefficients de variation des espèces, rapports de l'écart-type à la moyenne, exprimés en %, augmente globalement avec le rang (Tableau 12).

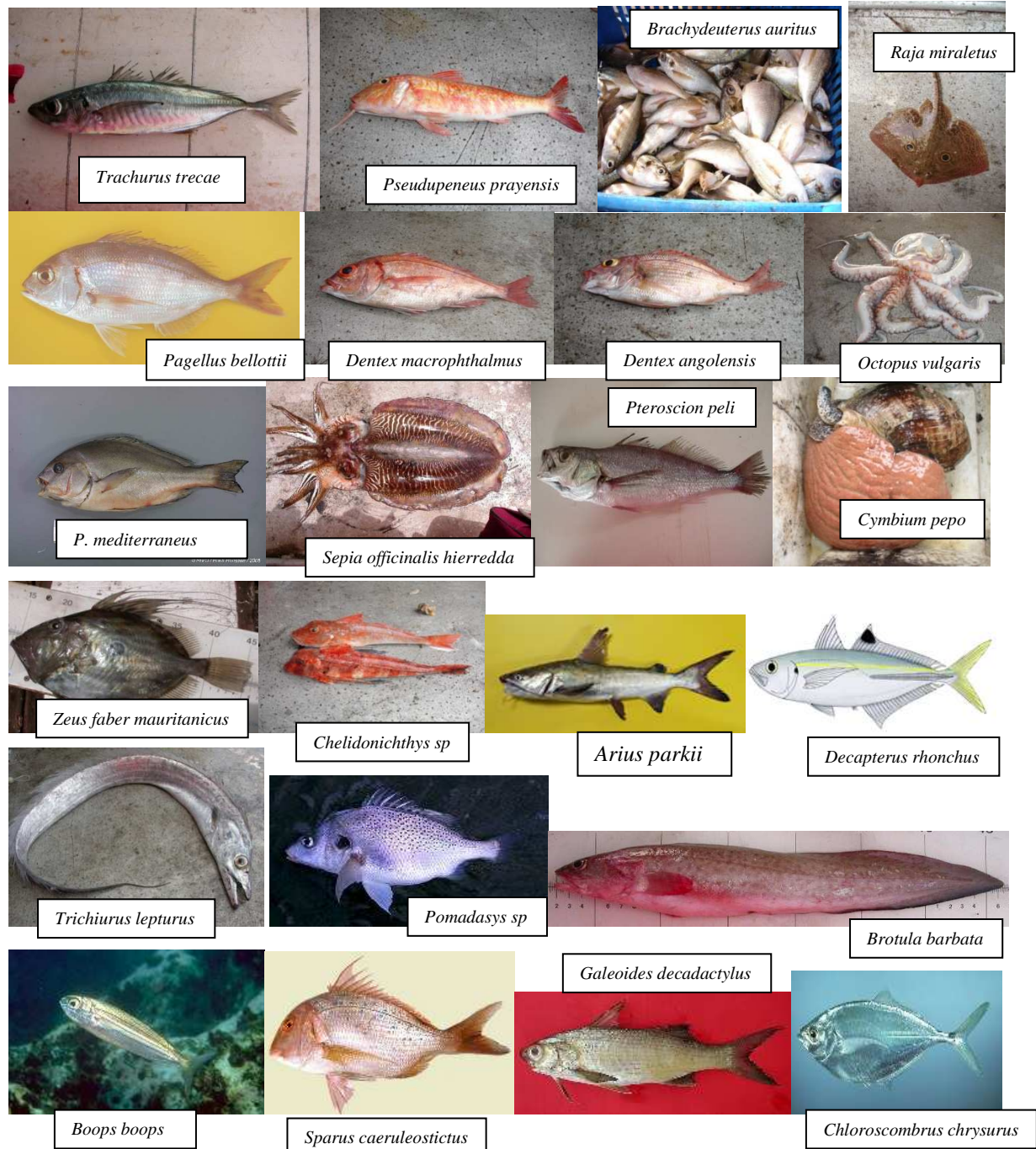


Figure 6: Illustration de quelques représentants des 20 taxons les plus abondants

Sources : CRODT et www.fishbase.org

Tableau 12: Statistiques descriptives des taxons majeurs après transformation logarithmique

Taxons	Rang	Moyenne	Ecart-type	Cvar	Max
Chinchards noirs <i>Trachurus sp</i>	1	0.668	0.866	130 %	3.540
Pageot <i>Pagellus bellottii</i>	2	0.523	0.676	129 %	2.841
Dentex profonds <i>Dentex sp</i>	3	0.49	0.812	166 %	3.608
Pelon <i>Brachydeuterus auritus</i>	4	0.485	0.801	165 %	3.619
Sompatt <i>Pomadasys sp</i>	5	0.359	0.569	158 %	2.937
Raies <i>Raja sp</i>	6	0.357	0.413	116 %	2.207
Poulpes <i>Octopus sp</i>	7	0.299	0.399	133 %	1.905
Yeet ou volutes <i>Cymbium sp</i>	8	0.294	0.57	194 %	2.953
Rouget-barbet <i>Pseudupeneus prayensis</i>	9	0.28	0.453	162 %	2.256
Chinchard jaune <i>Decapterus rhonchus</i>	10	0.266	0.485	182 %	2.985
Grondins <i>Chelidonichthys sp</i>	11	0.259	0.408	158 %	2.759
Bogue <i>Boops boops</i>	12	0.251	0.561	224 %	3.228
Pagre à points bleus <i>Sparus caeruleostictus</i>	13	0.25	0.437	175 %	2.505
Diagramme <i>Plectorhynchus mediterraneus</i>	14	0.24	0.481	200 %	2.808
Seiche <i>Sepia officinalis hierredda</i>	15	0.227	0.306	135 %	2.041
Saint-Pierre <i>Zeus faber mauritanicus</i>	16	0.21	0.351	167 %	2.498
Thiékem <i>Galeoides decadactylus</i>	17	0.199	0.494	248 %	3.000
Rasoir <i>Chloroscombrus chrysurus</i>	18	0.181	0.49	271 %	3.277
Mâchoirons <i>Arius sp</i>	19	0.18	0.457	254 %	2.915
Ceinture <i>Trichiurus lepturus</i>	20	0.18	0.358	199 %	2.190

Cvar = coefficient de variation = écart-type/moyenne, max = maximum

L'examen des valeurs propres montre que les 8 premiers axes factoriels, F_1 à F_8 , expliquent un peu plus de la moitié (52 %) de l'inertie du nuage de points initial (Tableau 13).

Tableau 13: Valeurs propres des 8 premiers axes factoriels de l'ACP

Axes factoriels	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Valeurs propres	1.89	1.19	0.89	0.42	0.37	0.35	0.33	0.29
Variances brutes (%)	17.21	10.83	8.13	3.85	3.36	3.18	2.98	2.68
Variances cumulées (%)	17.21	28.04	36.16	40.02	43.38	46.56	49.54	52.22

Les 10 plus fortes contributions taxonomiques sont présentées dans le Tableau 14. On y retrouve celles de taxons abondants déjà mentionnés ainsi que *Pteroscion peli* (Ppel), *Ilisha africana* (Ilis), *Chlorophthalmus atlanticus* (Chat), *Diplodus sp* (Dipl), *Zenopsis conchifer* (Zeno), *Pontinus kuhlii* (Pkuh), *Brotula barbata* (Brot), *Merluccius sp* (Merl) et *Selene dorsalis* (Sele). Les contributions les plus notables sont celles des yeet (49 %) sur le 8^{ème} axe, des dentés profonds (27 %) sur le 5^{ème} axe, du pelon (26 %) et des chinchards (24 %) sur le 3^{ème} axe ainsi que du pageot (23 %) sur le 2^{ème} axe.

Tableau 14: Taxons ayant les plus fortes contributions par axe factoriel

Taxons	Axe F ₁	Taxons	Axe F ₂	Taxons	Axe F ₃	Taxons	Axe F ₄
Chin	19.355	Page	23.111	Brac	25.815	Brac	13.041
Dpro	18.491	Roug	10.677	Chin	24.031	Deca	11.281
Brac	12.931	Plec	9.490	Dpro	10.726	Chin	9.823
Tkem	5.317	Pagr	6.964	Tkem	5.077	Plec	8.529
Somp	4.182	Boop	5.966	Pseu	3.528	Ppel	6.073
Ariu	3.789	Dpro	4.506	Boop	3.281	Pseu	5.830
Chry	3.355	Somp	3.626	Somp	3.086	Somp	3.993
Pseu	2.566	Dact	2.686	Ariu	2.994	Ilis	3.983
Cymb	2.447	Dcan	2.176	Tric	2.588	Page	2.927
Zeus	2.404	Cymb	2.072	Ppel	2.390	Ariu	2.522
Taxons	Axe F ₅	Taxons	Axe F ₆	Taxons	Axe F ₇	Taxons	Axe F ₈
Dpro	26.880	Page	15.065	Page	9.950	Cymb	48.649
Chin	13.114	Cymb	12.961	Chin	8.172	Chry	10.290
Chat	5.647	Raja	5.480	Boop	7.759	Ppel	5.001
Merl	5.422	Chry	5.362	Chat	6.740	Somp	4.136
Chry	4.607	Chat	4.552	Merl	6.016	Raja	3.578
Cymb	4.260	Pagr	4.456	Somp	5.610	Pseu	2.801
Smic	2.819	Merl	4.200	Brac	5.430	Sepi	2.151
Tric	2.415	Plec	3.927	Raja	5.219	Boop	1.985
Page	2.376	Boop	3.825	Pkuh	4.000	Dact	1.483
Zeno	2.208	Dipl	3.330	Brot	3.888	Sele	1.380

Les différents cercles de corrélation des plans factoriels 1 à 8, combinés 2 à 2 suivant leur proximité – 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6 puis 7 et 8 – sont illustrés dans la [Figure 7](#) et dans la [Figure 8](#). Les coordonnées des stocks les mieux représentés sont dans le [Tableau 15](#).

De façon générale, on peut retenir les résultats synthétiques suivants :

- a) le plan factoriel 1, 2 ([Figure 7](#), partie supérieure) explique 28 % de l'inertie initiale environ avec opposition :
 - sur l'axe 1 entre taxons de la *communauté du rebord du talus continental* (chinchards noirs, dentés profonds, Saint-Pierre, etc.) et des *communautés eurybathes et à Sciaenidés* (pelon, thiékem, sompatt, mâchoirons, etc.)

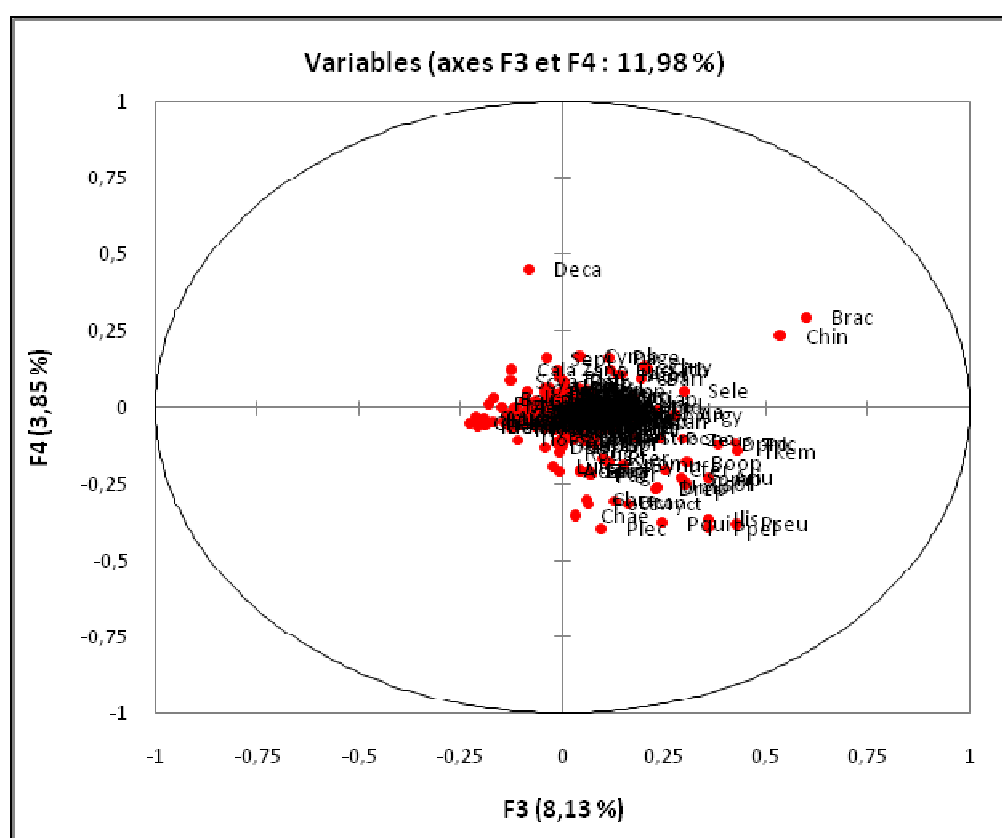
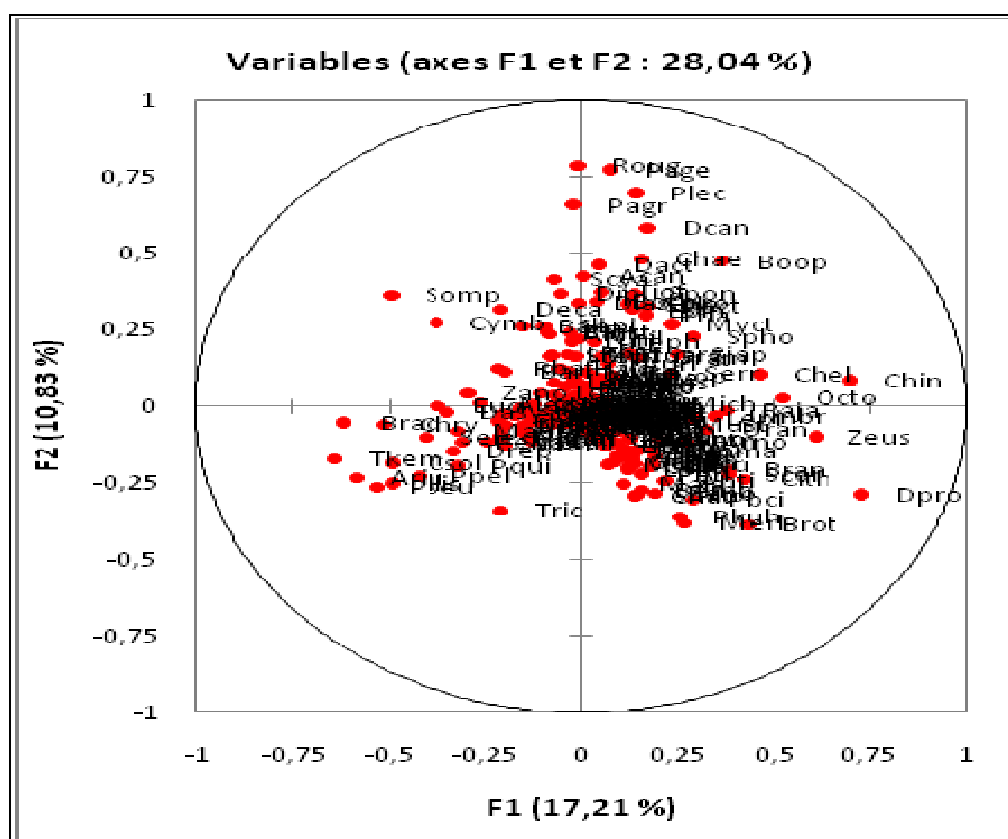


Figure 7: Cercles de corrélation des plans factoriels 1 à 4 de l'ACP générale

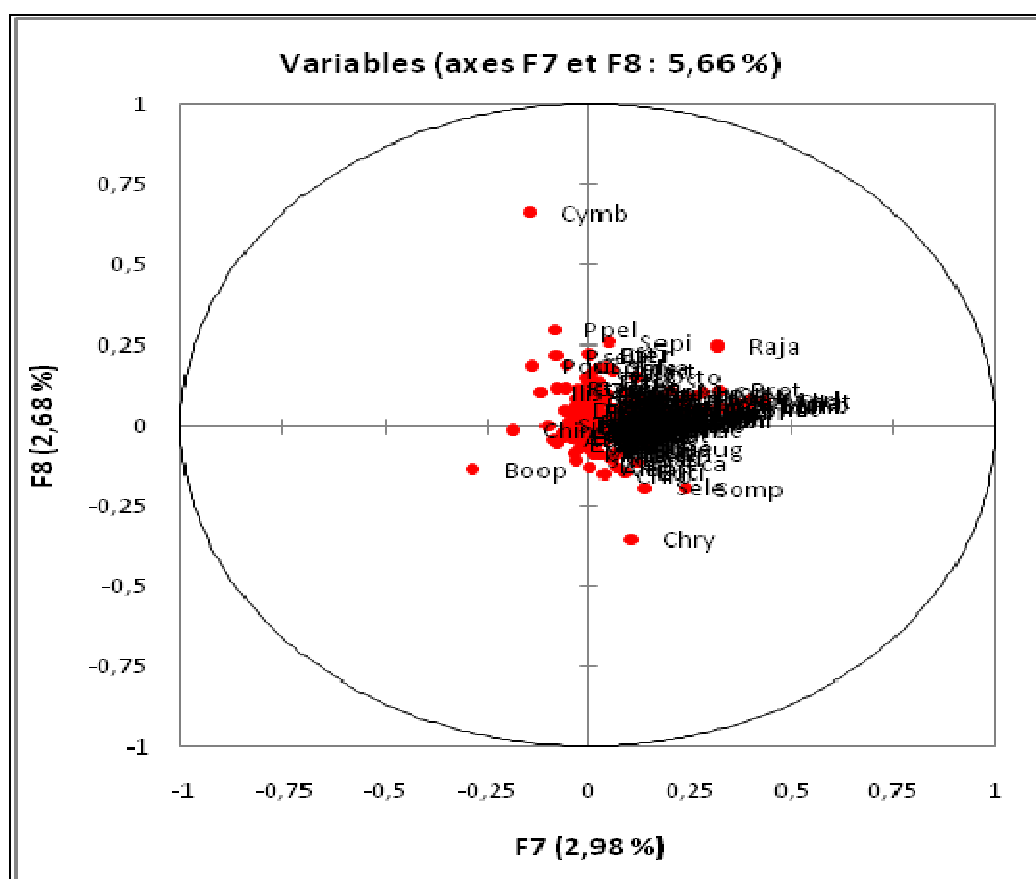
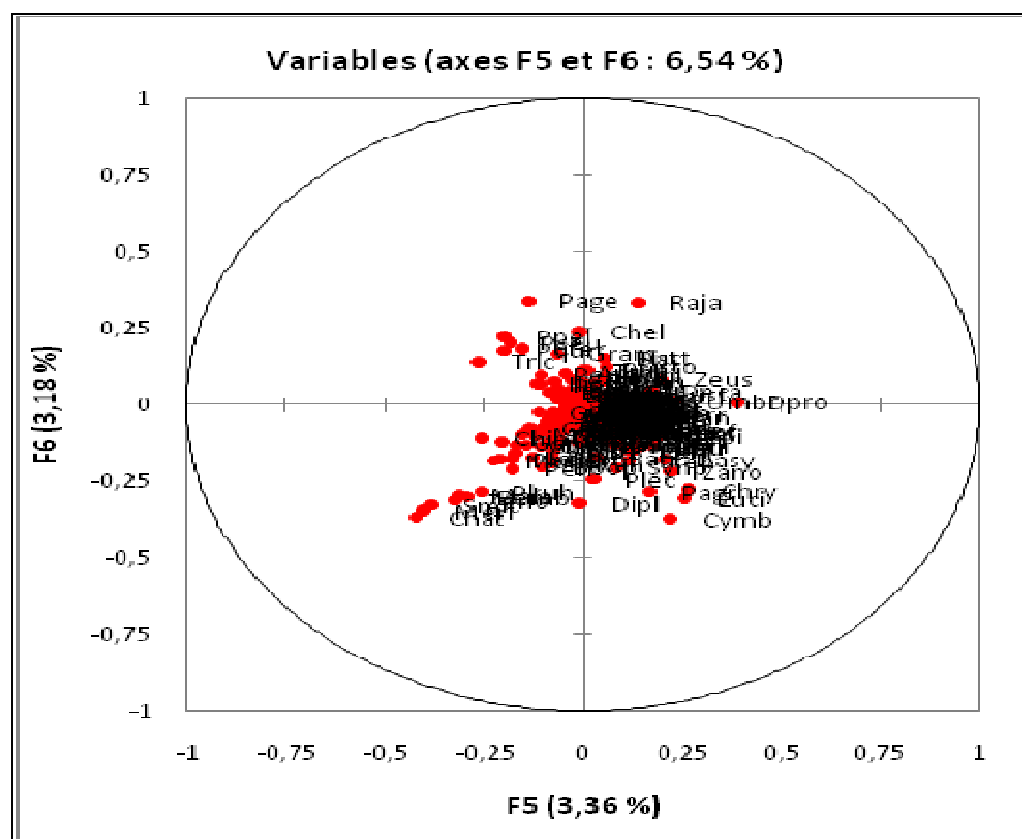


Figure 8: Cercles de corrélation des plans factoriels 5 à 8 de l'ACP générale

Tableau 15: Taxons ayant les coordonnées extrêmes par axe factoriel

Taxons	Axe F1	Taxons	Axe F2	Taxons	Axe F3	Taxons	Axe F4
<i>Chin</i>	0.605	<i>Page</i>	0.524	<i>Brac</i>	0.480	<i>Brac</i>	0.235
<i>Dpro</i>	0.591	<i>Roug</i>	0.356	<i>Chin</i>	0.463	<i>Deca</i>	0.219
<i>Zeus</i>	0.213	<i>Plec</i>	0.336	<i>Dpro</i>	0.309	<i>Chin</i>	0.204
<i>Octo</i>	0.208	<i>Pagr</i>	0.288	<i>Tkem</i>	0.213	<i>Page</i>	0.111
<i>Boop</i>	0.204	<i>Boop</i>	0.266	<i>Pseu</i>	0.177	<i>Cymb</i>	0.098
<i>Chry</i>	-0.252	<i>Pkuh</i>	-0.112	<i>Dact</i>	-0.045	<i>Ilis</i>	-0.130
<i>Ariu</i>	-0.268	<i>Tric</i>	-0.120	<i>Merl</i>	-0.053	<i>Somp</i>	-0.130
<i>Somp</i>	-0.281	<i>Merl</i>	-0.133	<i>Pkuh</i>	-0.054	<i>Pseu</i>	-0.157
<i>Tkem</i>	-0.317	<i>Brot</i>	-0.135	<i>Smic</i>	-0.057	<i>Ppel</i>	-0.160
<i>Brac</i>	-0.495	<i>Dpro</i>	-0.232	<i>Chat</i>	-0.079	<i>Plec</i>	-0.190
Taxons	Axe F5	Taxons	Axe F6	Taxons	Axe F7	Taxons	Axe F8
<i>Dpro</i>	0.315	<i>Page</i>	0.229	<i>Page</i>	0.180	<i>Cymb</i>	0.379
<i>Chry</i>	0.130	<i>Raja</i>	0.138	<i>Chat</i>	0.149	<i>Ppel</i>	0.121
<i>Cymb</i>	0.125	<i>Chel</i>	0.098	<i>Merl</i>	0.140	<i>Raja</i>	0.103
<i>Deca</i>	0.083	<i>Ppel</i>	0.091	<i>Somp</i>	0.136	<i>Pseu</i>	0.091
<i>Pagr</i>	0.073	<i>Pseu</i>	0.084	<i>Brac</i>	0.133	<i>Sepi</i>	0.080
<i>Tric</i>	-0.094	<i>Merl</i>	-0.121	<i>Pqui</i>	-0.037	<i>Deca</i>	-0.056
<i>Smic</i>	-0.102	<i>Pagr</i>	-0.125	<i>Ilis</i>	-0.042	<i>Sele</i>	-0.064
<i>Merl</i>	-0.142	<i>Chat</i>	-0.126	<i>Cymb</i>	-0.082	<i>Boop</i>	-0.077
<i>Chat</i>	-0.144	<i>Chry</i>	-0.137	<i>Boop</i>	-0.159	<i>Somp</i>	-0.110
<i>Chin</i>	-0.220	<i>Cymb</i>	-0.213	<i>Chin</i>	-0.164	<i>Chry</i>	-0.174

NB – les stocks à coordonnées positives sont en clair, ceux à coordonnées négatives en grisé

- sur l'axe 2 entre taxons de la *sous-communauté à Sparidés côtiers* (pageot, rouget, diagramme, pagre, etc.) et taxons des *communautés à Sparidés profonds et du rebord du talus continental* (dentés profonds, brotule, merlus, ceinture, etc.)
- b) le plan factoriel 3, 4 (Figure 7, partie inférieure) explique 12 % de l'inertie initiale, environ, avec :
 - l'axe 3 assez caractéristique d'espèces pélagiques à l'image du pelon de la *communauté des eurybathes* et des chinchards noirs de la *communauté à Sparidés profonds*. Ces deux taxons sont susceptibles d'être abondants en zones profonde et côtière, du fait de leur large aire de distribution
 - l'axe 4 qui oppose des taxons *pélagiques* (pelon, chinchards jaune et noirs) à des *démersaux stricts* (diagramme, *Pteroscion peli*, otolithes, etc.)

c) le plan factoriel 5, 6 (Figure 8, partie supérieure) explique 7 % de l'inertie initiale, environ, avec opposition :

- sur l'axe 5, entre divers taxons des *communautés à Sparidés profonds* et du *rebord du talus continental* (dentés profonds, merlus, chinchards noirs, *Chlorophthalmus atlanticus*, etc.)
- sur l'axe 6 entre taxons des *communautés à Sparidés côtiers* (pageot) et eurybathe (raies) d'une part, de la *communauté à Sciaenidés* (yeet qui sont très côtiers) d'autre part

d) le plan factoriel 7, 8 (Figure 8, partie inférieure) explique 6 % de l'inertie initiale, environ, avec opposition :

- sur l'axe 7 entre taxons de la *communauté à Sparidés côtiers* (pageot) et *Sparidés profonds* (*Boops boops* et chinchards noirs)
- sur l'axe 8 entre les yeet (communauté à Sciaenidés, fonds meubles) et *Chloroscombrus chrysurus* (Communauté à Sparidés des fonds durs à coralliens). Cet axe est très caractéristique du yeet (cf. valeur très élevée de sa contribution : 49 %)

2.6.5.2. Résultats des K-means

La composition spécifique de chacune des 4 combinaisons saisons* périodes est résumée dans le Tableau 16 pour la saison froide et dans le Tableau 17 pour la saison chaude. Dans chaque cas, les groupes ou clusters de début de période, en lignes, sont codés de 1 à 5 tandis que ceux de fin de période, en colonnes, sont codés de A à F.

Par exemple, en saison froide, on retrouve dans les clusters 1 (début) et C (fin) les 8 espèces suivantes : Cheli (grondins), Dentp (dentés profonds), Poulpe, *Raja sp* (raies), Scorp (rascasses), Trachu (chinchards noirs), Umbr (ombrines) et Zeus (saint-pierre). Ces taxons sont donc bien classés.

En début de saison froide, les clusters 1 et 2 regroupent des taxons de la Communauté à Sparidés, les clusters 3 et 4, ceux de la Communauté à Sciaenidés, le cluster 5, ceux de la Communauté profonde dite du rebord du talus continental. En fin de saison froide, les représentants de la Communauté à Sparidés sont logés dans les clusters A et C, ceux de la Communauté à Sciaenidés dans les clusters B et D, enfin ceux de la Communauté du rebord du talus continental, dans le cluster E (Tableau 16). Il existe 6 taxons mal classés : *Mycteroperca rubra* (cluster 2 au début, cluster C à la fin, par exemple), *Lithognathus mormyrus*, *Dactylopterus volitans*, *M. mustellus*, *Pomadasys sp* et *Rhinoptera sp*.

Tableau 16: Compositions spécifiques des clusters en début et fin de saison froide

Groupes	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D	Cluster E	Total
Cluster 1			Cheli, Dentp, Poulpe, <u>Raja</u> , Scorp, Trachu, Umbr et Zeus			8 taxons
Cluster 2	Acant, Dentic, Mérous, Lutj, Pageo, Pagine, Plecto, Pseudu et Solea		Mycteroperca			10 taxons
Cluster 3	Dacty et Litho	Pomadasys et Rhinoptera		Alect, Bali, Yeet, Decap, Lago, Rhinob, Sepia et Zano		12 taxons
Cluster 4		Argy, Arius, <u>Brachy</u> , <u>Cyno</u> , Drep, galéo et Pseudot				7 taxons
Cluster 5			<u>Mustellus</u>		Brotule, Helico, Merlu, Pontinus, Zéno	6 taxons
Total	11 taxons	9 taxons	10 taxons	8 taxons	5 taxons	43 taxons

NB – Clusters 1 à 5 = années de début de saison froide (1987 – 1994), clusters A à E = années de fin de saison froide (1995 – 2008)

Tableau 17: Compositions spécifiques des clusters en début et fin de saison chaude

Clusters	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D	Cluster E	Total
Cluster 1			Argy, Arius, <u>Brachy</u> , <u>Cyno</u> , Drepane, Galeo et Pseudot		Yeet, Lago Zano	10 taxons
Cluster 2	Chelido, Pageot, <u>Raja</u> , Scorp, Trachu, Umbrina				Dacty Decap	8 taxons
Cluster 3	Dentp, <u>Mustellus</u> Zeus	Brotule et Zeno			Helico	6 taxons
Cluster 4	Mycteroperca		Pomadasys	Acant, Dentic, mérous, Lutj, Pagine, Plecto et rouget	Alectis, Balistes, Lithognathus et Rhinobatos	13 taxons
Cluster 5		Pontinus et Merlus	Rhinoptera		Sepia, Solea Poulpe	6 taxons
Total	10 taxons	4 taxons	9 taxons	7 taxons	13 taxons	43 taxons

NB – Clusters 1 à 5 = années de début de saison chaude (1986 – 1997), clusters A à E = années de fin de saison chaude (2001 – 2008)

En début de saison chaude, le cluster 1 renferme des taxons de la Communauté à Sciaenidés, le cluster 2 des taxons de la Communauté à Sparidés, le cluster 3 des taxons de la Communauté du rebord du talus, le cluster 4 un mélange de taxons des Communautés à

Sparidés et à Sciaenidés, le cluster 5 un mélange des 3 Communautés. En fin de saison chaude, les représentants des taxons de la Communauté à Sparidés sont dans les clusters A et D, ceux de la Communauté à Sciaenidés dans le cluster C, ceux de la Communauté du rebord du talus continental dans le cluster B, alors que le cluster E héberge des taxons des 3 Communautés. Il y a beaucoup plus d'individus mal classés ici qu'en saison froide (Tableau 17).

En résumé, en toute saison, les assemblages faunistiques initiaux caractéristiques des Communautés à Sciaenidés, à Sparidés et du rebord du talus, sont quasiment retrouvés en fin de période. Il y a nettement moins de taxons isolés ou mal classés en saison froide qu'en saison chaude. Les représentants de la Communauté Eurybathe – soulignés au niveau du Tableau 16 et du Tableau 17 – se résument au requin *Mustellus*, aux raies *Raja sp*, au pelon *Brachydeuterus auritus* et aux soles langues *Cynoglossus sp*. A l'exception du requin en saison froide (clusters 5/C), les autres taxons de cette communauté ne se différencient pas mais s'intègrent plutôt dans les Communautés à Sparidés ou à Sciaenidés. Tous ces aspects seront discutés au Chapitre V.

2.6.5.3. Résultats de l'ACPVI

2.6.5.3.1. Inertie

La décomposition de l'inertie suivant les sous-espaces engendrés par les variables instrumentales – année et zone – est présentée dans le Tableau 18. En toute saison, ces variables représentent pratiquement les mêmes proportions de l'inertie initiale : 37 à 38 % pour l'année, 19 à 20 % pour la saison et 42 à 44 % pour leur interaction (année*zone). Du fait de la réduction des 43 stocks, l'inertie totale, qui est la somme de leurs variances unitaires, est naturellement égale à 43.

Tableau 18: Décomposition de l'inertie des ACPVI en saisons froide et chaude

Saisons	Sources de variation	Degrés de liberté (ddl)	Inertie	% Inertie	Inertie/ddl
Froide	Année	14	16.22	38 %	2.03
	Zone	2	8.73	20 %	4.37
	Année*Zone	28	18.05	42 %	1.13
	Total	44	43		
Chaude	Année	7	15.78	37 %	1.20
	Zone	2	8.39	19 %	4.44
	Année*Zone	14	17.35	44 %	0.62
	Total	23	43		

2.6.5.3.2. Effet de l'année

En **saison froide** (Figure 9, partie supérieure), le plan factoriel principal (axes 1, 2) explique près de 39 % de l'inertie initiale. Si l'on se fie à leur relative proximité par rapport à la circonférence des cercles de corrélation et à la taille de leurs segments, on peut dire que :

- le pagre, les mérours, la seiche et les requins ont des effets année très importants
- la brotule et surtout le marbré *Lithognathus sp* ont des effets année très faibles

Il y a opposition entre des stocks dont l'abondance tend à augmenter au fil des années (poulpe *Octopus vulgaris*, cynoglosse, rascasses, etc.) et d'autres dont l'abondance tend à baisser (mâchoirons *Arius sp*, Drepane, otolithes, etc.).

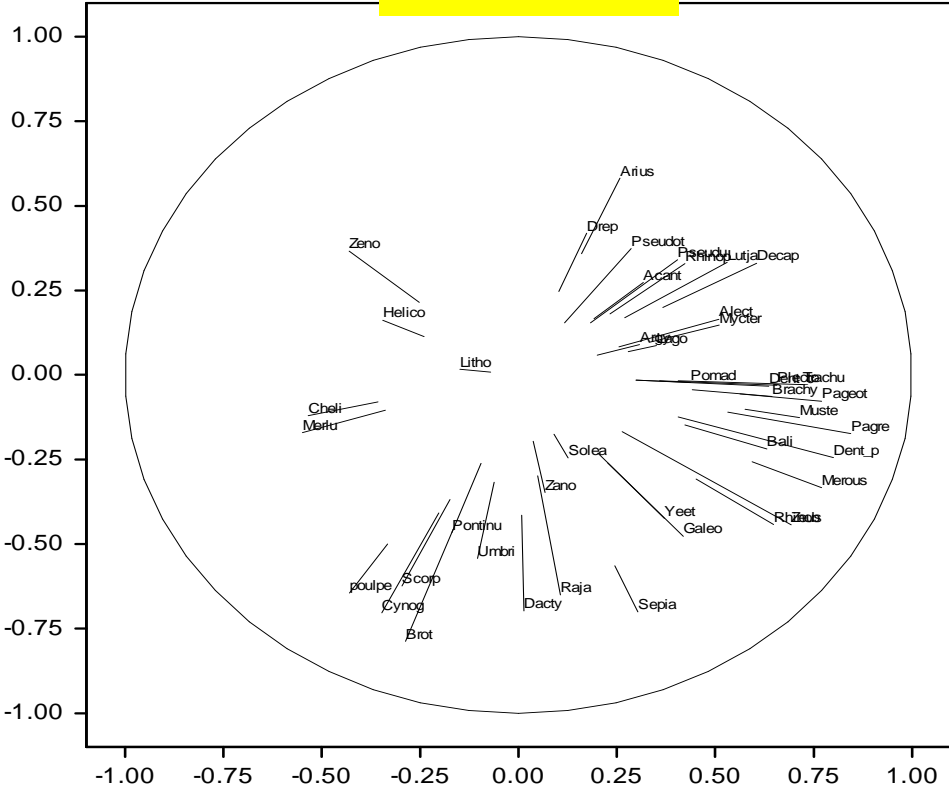
Les groupes 3 et 4 disposés orthogonalement par rapport à ces ensembles, sont en opposition. Le 3^{ème} groupe caractérise des stocks dont l'abondance, faible au départ, croît avant de décroître (Saint-Pierre argenté *Zenopsis conchifer*, par exemple). En revanche, dans le 4^{ème} groupe, il y a des taxons dont l'abondance, initialement forte, baisse par la suite avant d'amorcer une faible reprise (mérours en général, pagres et dentés profonds).

En **saison chaude** (Figure 9, partie inférieure), le plan factoriel principal explique près de 62 % de l'inertie initiale. Parmi les stocks les mieux représentés, figurent les mérours, le pagre, le pageot, le vomer de Gorée *Alectis alexandrinus* et le denté canarien. Ainsi, pour ce dernier taxon (Dent_c) sa tendance inter annuelle est bien représentée. En revanche, sa part de variance expliquée par le facteur « année » est faible par rapport aux effets « zone » et « année*zone ».

L'effet année s'accroît, au fil des campagnes, pour des stocks tels que le poulpe, les saint-pierre, les grondins *Chelidonichthys sp*, la rascasse *Pontinus kuhlii* et les merlus. En revanche, il décroît pour la courbine, les Lutjanidés, la badèche, le pelon, etc.

Ensuite, un 3^{ème} groupe concerne des taxons (rouget, soles, brotule, chinchards, etc.) dont l'influence de l'année, initialement fort, a subi une chute suivie d'une relative hausse. Ce dernier groupe s'oppose, principalement, aux mâchoirons et au sébaste chèvre *Helicolenus dactylopterus* dont l'influence de l'année évolue en sens inverse (faible au départ, accrue ensuite avant de chuter par la suite).

Saison froide



Saison chaude

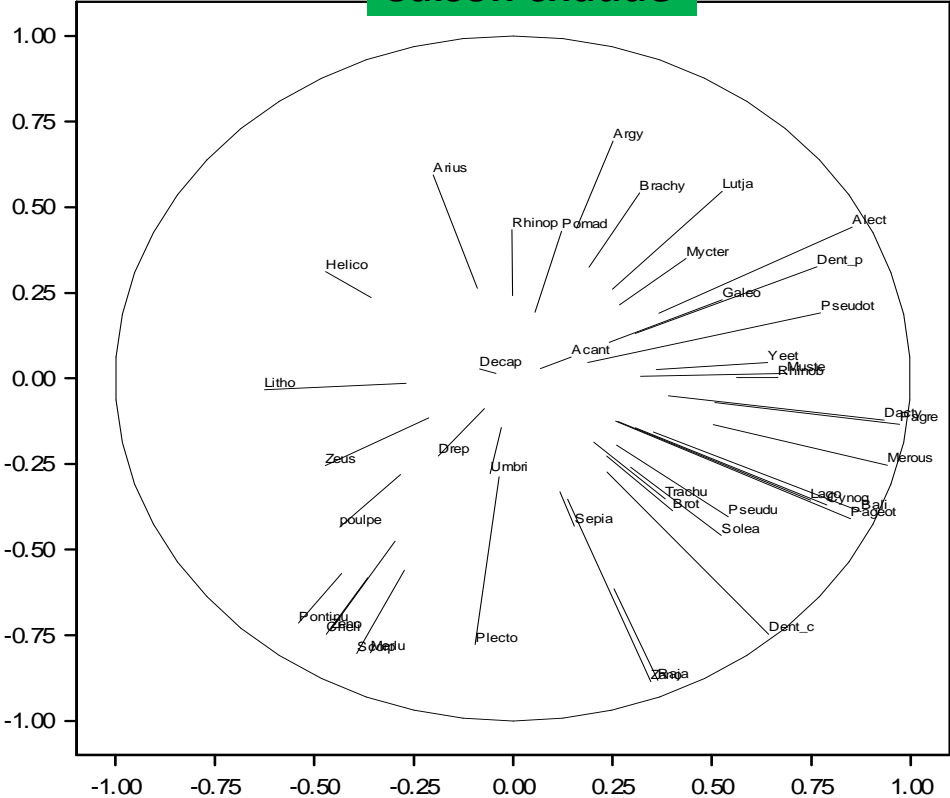


Figure 9: Illustration de l'effet année en saisons froide et chaude

2.6.5.3.3. Effets de la zone

Du fait de la réduction des modalités du facteur zone (nord, centre et sud), toute l'inertie initiale est captée par le plan principal. Le premier axe explique 60 % et 50 % de l'inertie initiale, en saisons froide et chaude, respectivement. Les 43 stocks sont naturellement bien représentés sur ce premier plan, comme en témoignent leurs positions à même la circonférence des cercles de corrélation (Figure 10). L'effet zone est très notable en saison froide sur des stocks tels que le rouget, le pagre, le denté canarien, le saint-pierre et les dentés profonds, en saison chaude sur des stocks tels que le diagramme, le denté canarien, le rouget, le pageot, le marbré et le poulpe.

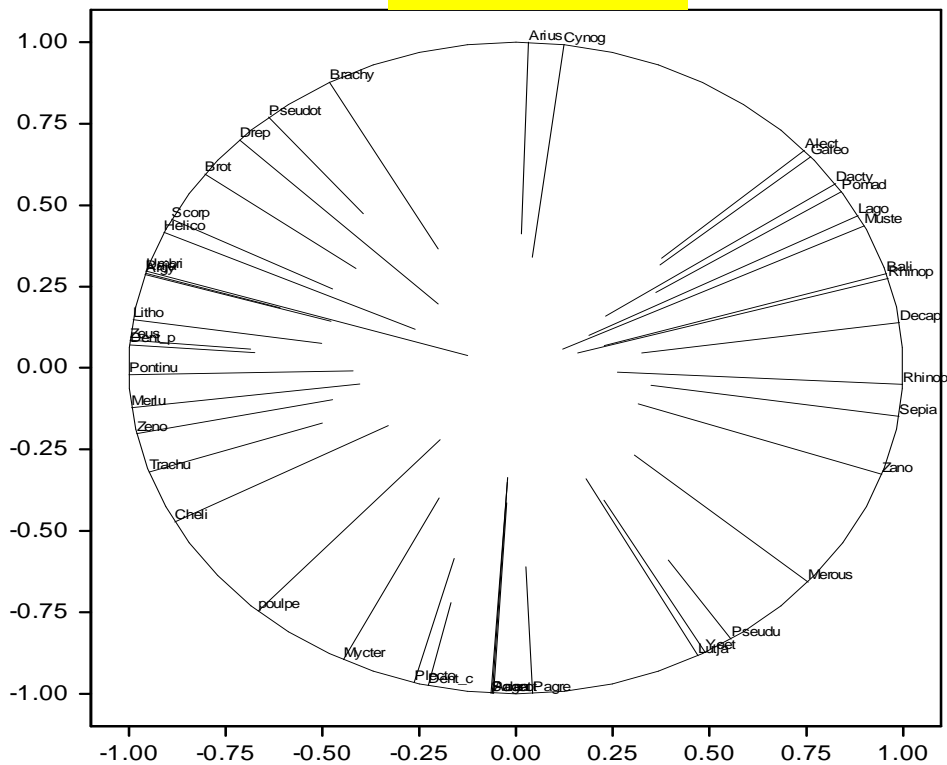
En **saison froide** (Figure 10, partie supérieure), le 1^{er} axe de l'ACPVI pour la zone oppose des taxons typiques de la zone centre (seiche, chinchard jaune *Decapterus rhonchus*, raie Manta *Rhinoptera*, balistes, mérous, rouget, Yeet, etc.) à des stocks caractéristiques de la zone nord (saint-pierre, dentés profonds, merlus, rascasse, chinchards noirs, grondins, brotule, etc.). Le 2^{ème} axe discrimine des taxons présents surtout en zone centre (pagre, pageot, dentés canariens, diagramme, poulpe, badèche, etc.) et 2 taxons, mâchoirons *Arius sp* et soles langues *Cynoglossus sp*, majoritairement décrits en zones centre et sud.

En **saison chaude** (Figure 10Figure 1, partie inférieure), il y a opposition, relativement au 1^{er} axe factoriel, entre taxons caractéristiques de la zone nord (raies, otolithes, saint-pierre, brotule, Scorpénidés, etc.) et de la zone centre (soles, seiche, pagre, Yeet, Lutjanidés, etc.). Sur le 2^{ème} axe, cette opposition concerne des taxons diversement répartis entre les zones nord et sud dont ils sont essentiellement caractéristiques. Les taxons du nord, en bas du cercle de corrélation, comprennent le saint-pierre, les chinchards, les dentés profonds, le sompatt, le poulpe et les rascasses, par exemple. Les taxons du sud, en haut du cercle de corrélation, englobent le faux-perroquet *Lagocephalus laevigatus*, les mâchoirons, le vomer de Gorée, les balistes, le thiékem, le poisson volant *Dactylopterus volitans*, etc.

En conclusion, on aura noté la bonne qualité de représentation pour toutes les espèces dans le plan et qu'ici, à titre d'illustration par rapport à l'année, la part de variance des dentés côtiers (Dent_c) expliquée en saison chaude par la zone est plutôt importante.

En outre, aussi bien en saison froide qu'en saison chaude, les axes factoriels 1 et 2 des ACPVI discriminent géographiquement les 43 stocks étudiés. La validité de ces résultats sera discutée au Chapitre V.

Saison froide



Saison chaude

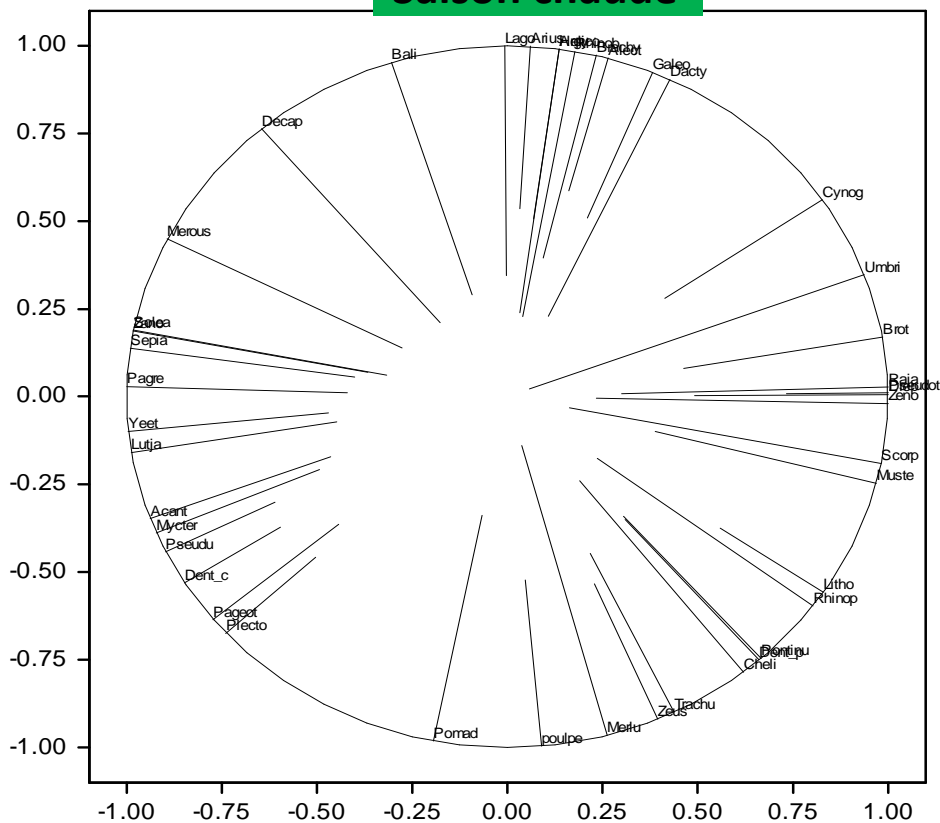


Figure 10: Illustration de l'effet zone en saisons froide et chaude

2.6.5.3.4. Interprétation des deux premières composantes

L'étude en toute saison de l'influence ou de l'effet de chacun des 2 facteurs – année et zone – sur les 43 stocks a été faite ci-dessus. Un autre aspect important est la reconstitution des abondances spécifiques et globales par les axes.

Pour les abondances spécifiques, on se reportera à l'Annexe I. En résumé, on y note des PUE très fluctuantes, la majorité déclinant assez régulièrement tout au long de la série étudiée (mérus, balistes, yeet, pageot, sompatt, soles, requins, etc.). D'autres, plutôt très rares, ont tendance à se maintenir plus ou moins voire, à augmenter (poulpes, notamment). La Figure 11 et la Figure 12 illustrent, respectivement pour la saison froide et pour la saison chaude, la reconstitution des PUE globales par campagne et par zone à partir des deux premiers axes. Les années y sont en abscisses et les PUE en colonnes. La valeur négative de certaines PUE s'explique par le centrage-réduction des données. Les zones y sont codées comme suit : **x** = centre, **+** = sud et **o** = nord.

En saison froide, l'examen de la 1^{ère} composante (comp GM [1]) montre que la PUE des stocks au nord a une variabilité interannuelle \pm faible et stable. Au centre et au sud, cette même PUE, élevée au départ, décroît assez régulièrement avant de se stabiliser vers la fin. Dans ces zones, les plus bas niveaux sont enregistrés en 1998 au sud et en 1999 au centre. Toutefois, en toute année, les PUE notées au centre et au sud restent supérieures à celle enregistrée au nord. Sur la 2^{ème} composante (comp GM [2]), la PUE du nord, après une baisse spectaculaire en 1994, est généralement croissante. En fin de série, elle domine les PUE de la zone sud, plus ou moins croissante, et celle du centre, plus ou moins stable (Figure 11).

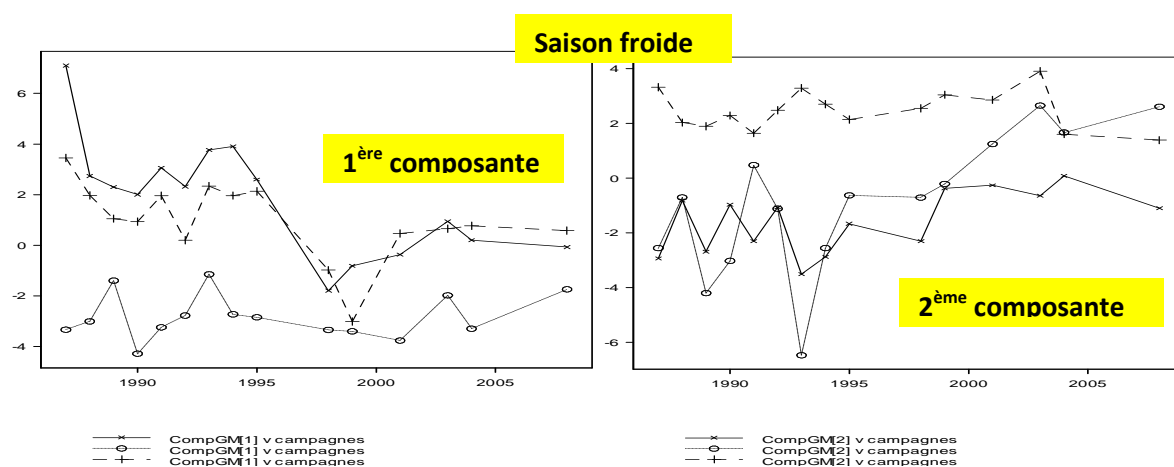


Figure 11: Premières composantes principales des PUE globales de saison froide

Légende : **x** = centre, **+** = sud et **o** = nord – La 1^{ère} composante est à gauche, la 2^{ème} à droite

En saison chaude, on observe pratiquement la même tendance que pour la 1^{ère} composante principale en saison froide: une certaine stabilité au nord et au sud, une décroissance plus ou moins prononcée au centre. En revanche, pour la 2^{ème} composante, la PUE au sud reste relativement constante tandis que celles du nord et du centre tendent à augmenter au fil des campagnes (Figure 12).

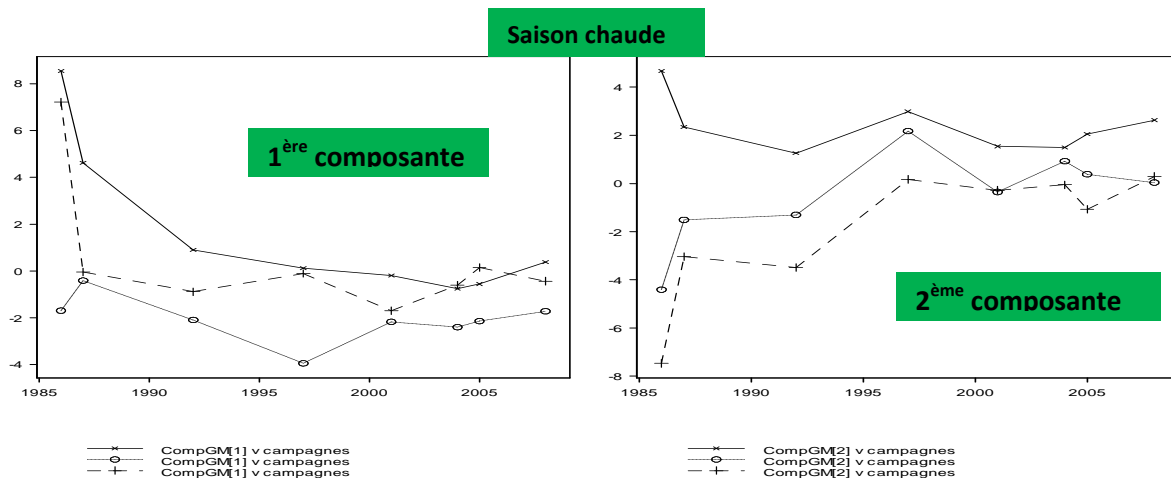


Figure 12: Premières composantes principales des PUE globales de saison chaude

Légende : \times = centre, $+$ = sud et \circ = nord – La 1^{ère} composante est à gauche, la 2^{ème} à droite

2.7. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de passer en revue les principales communautés démersales côtières présentes au Sénégal et dans la sous-région ouest-africaine, à savoir la communauté à Sciaenidés, la communauté à Sparidés avec ses 3 sous-communautés (côtière, profonde et à Lutjanidés) ainsi que la communauté du rebord du talus continental. La pression de pêche soutenue qu'elles subissent depuis le début des années 50 pour la pêche chalutière et le 17^{ème} siècle pour la pêche piroguière, s'est traduite par la baisse sensible de la biomasse et de l'abondance de la plupart des stocks, hormis quelques rares exceptions dont le poulpe. Toutefois, cet effort de pêche croissant ne semble pas avoir affecté qualitativement les communautés précitées dont les compositions spécifiques sont restées stables au fil des années. De même, ces stocks présentent globalement, des variations annuelles et saisonnières ; ces dernières ayant, notamment, permis de les scinder en stocks typiques du nord, du centre ou du sud.

Les mesures de gestion des stocks et d'aménagement des pêcheries suggérées par la recherche et, en accord avec l'état et les professionnels, ne semblent pas avoir produit les effets escomptés, la plupart des stocks présentant de plus en plus des signes de

surexploitation. Une des raisons d'un tel état de fait est à rechercher dans le décalage entre les « comportements de pêche » supposés (cf. permis ou licences de pêche accordés) et effectifs. Ceux-ci, établis à la suite d'analyses typologiques des actions de pêche et des unités de pêche, feront l'objet du chapitre III ci-après qui traite spécifiquement des tactiques et stratégies de pêche.

Chapitre III : Etude des tactiques et stratégies de pêche

Dans ce chapitre, il sera d'abord procédé à une large revue bibliographique des termes de « tactiques de pêche » et de « stratégies de pêche ». Ensuite, les matériels utilisés (sources et nature des bases de données), méthodes d'analyses mises en œuvre (conceptualisation des termes précités et typologies) et résultats obtenus (tactiques et stratégies identifiées en pêches chalutière et piroguière) seront décrits.

3.1. Notions de stratégies et de tactiques de pêche

3.1.1. Définitions généralistes

Le mot "stratégie" vient du latin « *strategia* » et du grec « *stratêgia* ». Il se définit de plusieurs façons: a) "art de faire évoluer une armée sur un terrain d'opérations jusqu'au moment où elle entre en action avec l'ennemi " b) "ensemble d'actions coordonnées et de manœuvres en vue d'une victoire " c) "ensemble d'objectifs opérationnels choisis pour mettre en œuvre une politique préalablement définie". Le mot "tactique", c'est à dire l'art de ranger, vient des termes grecs « *taktikhê* », « *tekhnê* ». Plus généralement, il peut signifier: a) "art de combiner tous les moyens militaires (troupes, armements) au combat ou exécution locale, adaptée aux circonstances, des plans de la stratégie" b) "ensemble des moyens que l'on déploie pour parvenir à un résultat" c) "plan, stratégie". Sur la base de ces définitions²⁰, il se dégage que les termes de "stratégies" et "tactiques" :

- sont largement empruntés au langage militaire ; ce qui n'est pas surprenant, la marine marchande ayant longtemps été gérée par la marine militaire, d'où la survivance d'expressions comme flotte, flottille, armement, recrutement, etc.
- peuvent être confondus...

Qu'en est-il au niveau de l'halieutique et de l'économie des pêches?

Selon Ferraris (1993), se basant sur des travaux antérieurs de Laloë et Samba (1990), les notions de « tactique » et de « stratégie » soulèvent la question de la connaissance des motivations et comportements des pêcheurs, compte tenu du constat de la variabilité de leurs unités de pêche, de la flexibilité, de l'adaptabilité et surtout, de l'extrême vitalité de la

²⁰ Tirées du dictionnaire Le Petit Robert (2001)

pêcherie. Les points de vue exprimés ci-après par différents auteurs permettent de mieux faire le point sur ces 2 concepts de base.

3.1.2. Notions de stratégies de pêche

3.1.2.1. Différentes approches

Un métier ou un type de pêche peut être compris comme la combinaison d'un engin et d'une pratique de pêche (Verdelhan, cité par Laurec et Le Guen, 1981), d'un engin, d'une espèce cible, d'une localisation et d'une saison de pêche (CEE, 1987), d'espèces cibles, d'engins et de périodes de pêche (Jabeur, Gobert et Missaoui, 2000), la mise en œuvre d'un engin de pêche sur une ou quelques espèces cibles, en une zone donnée et/ou pendant une période donnée (Anonyme, 2000), un petit groupe d'actions de pêche résultant d'une Analyse en Composantes Principales faite à partir de la composition spécifique des captures d'unités de pêche (Biseau, 1998).

Certains auteurs établissent un lien entre le « métier » et la « stratégie » et/ou la « tactique » de pêche, comme le suggèrent les approches suivantes :

- les métiers traduisent les combinaisons réellement mises en œuvre dans un cadre multi varié (ensemble des espèces, biotopes, écophases, saisons, structures socio-économiques, engins, embarcations) où se déterminent les stratégies de pêche (Garcia et Réveret, 1991)
- les pêcheurs artisans sénégalais pratiquent plus d'une vingtaine de métiers définis comme étant l'association d'une technique de pêche et d'un engin. La mise en œuvre de ces métiers correspond à des stratégies bien définies (Barry et al, 2005)
- l'interprétation des indices – PUE, ici – comme mesure réelle de l'abondance d'une espèce n'est valide que s'il y a des stratégies de pêche indépendantes entre les métiers. Ce qui, scientifiquement, souligne l'importance de la définition des métiers partitionnant la flottille en groupes de navires de stratégies homogènes dans un même métier, et de stratégies différentes entre métiers (Gascuel et Thiam, 1983)
- Marchal et al (2006) identifient des tactiques et stratégies de pêche à partir des choix de métiers et des indices écologiques de Shannon-Wiener calculés pour quantifier les changements de tactique (au cours d'une marée) et de stratégie (au cours d'une année)

Sans référence aucune au métier, d'autres approches de la stratégie de pêche sont proposées, notamment dans le contexte des pêcheries sénégalaises :

- "les changements des espèces cibles recherchées par les bateaux – les changements de stratégies de pêche, ici – se traduisent par des variations de rendements qui reflètent les modifications des indices de concentration de l'effort sur les espèces et, par là, des coefficients de capturabilité spécifiques et non des modifications réelles de l'abondance", selon Lhomme (1978) traitant de la pêche industrielle sénégalaise
- Chabanne (1985), analysant la pêcherie chalutière dans les fonds durs à rouget *Pseudupeneus prayensis* du Sénégal, définit deux stratégies de pêche. La première repose sur la recherche prioritaire d'une espèce cible ou d'un groupe d'espèces cibles. La seconde a trait à la recherche de la prise maximum sans qu'un intérêt particulier soit accordé à une espèce.
- les réactions stratégiques des pêcheurs artisans sénégalais se manifestent sous la forme de migrations et de choix technologiques (Bakhayokho et Kébé, 1991)
- l'analyse historique des jalons de la pêche chalutière sénégalaise renseigne sur la pluralité des stratégies de pêche mises en œuvre: a) augmentation de la puissance de pêche, e. g. navires plus gros, moteurs plus puissants, meilleure adaptation des trains de pêche b) diminution des rejets, à travers l'augmentation de la proportion de poissons de faible valeur commerciale dans les mises à terre c) allongement de la durée des marées, souvent au détriment de la qualité (glaciers surtout) d) option « congélateur » de plus en plus affirmée e) extension des zones de pêche aux pays voisins (Mauritanie, Gambie, Guinée, Guinée Bissau, etc.) (CRODT, 1991b)
- "l'observation des mises à terre peut donner une idée de la stratégie de pêche car chaque patron pêcheur porte de préférence son effort sur certaines espèces et donc sur certains fonds" (Pichon, 1991)
- les stratégies de pêche, développées par les capitaines des thoniers senneurs vénézuéliens dans la mer des Caraïbes, reposent sur la recherche d'indices visuels indiquant la présence de thons à la surface de l'océan (Gaertner, Pagavino et Marcano, 1996)

Laloë et Samba (1990), pour leur part, caractérisent les stratégies à partir des tactiques (voir ci-après) disponibles réunies en 7 options essentielles: pêche à la ligne, ligne glacière, senne tournante, filets dormants, agriculture, repos, pêche industrielle ; ce qui distingue totalement leur approche de toutes celles vues jusque là. Dans le même sillage :

- Pech et al (2001) définissent la stratégie de pêche comme suit : "Deux unités de pêche adoptent la même stratégie si elles ont, à un moment donné t, les mêmes probabilités de mettre en œuvre une action de pêche i ressortant d'une tactique de pêche j"
- Laloë, Samba et Pech (2002), considérant les stratégies comme des "classes d'unités de pêche", estiment que "deux unités de pêche sont équivalentes si elles ont la même liste de tactiques à leur disposition et les mêmes probabilités de choix à un moment donné"

3.1.2.2. Déterminisme

La décision stratégique découle de plusieurs facteurs dont, vraisemblablement, les connaissances du pêcheur (sur la ressource, le milieu, etc.), son expérience, ses moyens techniques, le marché et la réglementation (Rondeau et Brêthes, 2001).

Pour Rey-Valette (2001), "les décisions stratégiques sont influencées par une série de facteurs, tels que les caractéristiques du bateau, les capacités de financement et les marchés... ". Un pêcheur change difficilement de stratégie en raison du contexte social et culturel, de sa formation et des investissements qu'il a faits.

En fonction des fluctuations d'abondance ou de marché, les unités d'exploitation vont à l'intérieur de la stratégie choisie, pratiquer davantage l'un ou l'autre des métiers (complémentarité voire substitution entre métiers) (Anonyme, 2000).

Au Sénégal, relativement à la pêche chalutière, il y a le souci de maintenir ou d'accroître le niveau de la production débarquée, en particulier, de faire face aux difficultés chroniques du secteur en général. En pêche artisanale, Diaw (1992) estime que les deux éléments les plus importants entrant dans les stratégies des pêcheurs sont la mixité des engins et les migrations.

3.1.3. Notions de tactiques de pêche

3.1.3.1. Différentes approches

Selon Bakhayokho et Kébé (1991) se référant aux pêcheurs artisans sénégalais, les réactions tactiques se traduisent par des reports d'effort de pêche en fonction de la disponibilité de la ressource et de la valorisation attendue de la prise.

Ferraris et Samba (1991) et Ferraris et Le Fur (1993) perçoivent la tactique de pêche comme la combinaison de différents choix effectués par le pêcheur durant son activité, tels que celui des espèces ciblées, du lieu de pêche, de la taille de l'équipage ou encore du type d'engin. Le point de vue de Lewy et Vinter (1994), qui intègrent la prise en charge des caractéristiques de l'unité de pêche et des fonds de pêche, n'est pas éloigné de cette approche.

Ferraris (1993) établit un lien entre stratégies et tactiques de pêche, en ce que les premières sont perçues à travers les combinaisons des secondes, tandis que Ferraris et Samba (1991) assimilent les stratégies à des choix de tactiques dans le temps et dans l'espace. Toutes choses qui rejoignent la conception de Laloë et Samba (1991), précédemment vue qui fait dériver les stratégies des tactiques ; d'où la nécessité de connaître d'abord ces dernières...

Pelletier et Ferraris (2000) estiment que les tactiques de pêche correspondent aux pratiques de pêche à l'échelle de l'opération de pêche. Dans le cas de pêcheries composites, elles se définissent comme la combinaison d'une ou de plusieurs espèce (s) - cible (s), d'un engin et d'un lieu de pêche, à une époque de l'année.

Selon Rey-Valette (2001), se référant au métier, "la notion de tactique peut être associée aux décisions concernant la mise en œuvre journalière des métiers ou plus généralement aux changements au sein d'un système de capture".

Pour Millischer et Gascuel (2000), les tactiques de pêches développées par les pêcheurs peuvent être interprétées comme des adaptations à l'hétérogénéité spatiale de la distribution d'une ressource. Elles visent en effet à réduire l'incertitude relative aux probabilités de captures que peut attendre le pêcheur.

Pech et al (2001) considèrent que "deux actions de pêche appartiennent à la même **tactique** lorsqu'elles ont, à un moment t donné, des probabilités égales de captures de n'importe quelle partie de la ressource".

Laloë, Samba et Pech (2002) assimilent les tactiques à des «classes d'actions de pêche» et estiment que «deux actions de pêche étant équivalentes si, entreprises au même moment, leurs espérances de captures sont égales ».

Selon Gaertner, Pagavino et Marcano (1996), une fois détecté un banc de thons en mer des Caraïbes, les senneurs vénézuéliens peuvent choisir la tactique consistant à demander l'aide

d'un canneur qui pêche à l'appât vivant afin d'augmenter le taux de réussite d'un coup de senne.

Analysant l'évolution des puissances de pêche par l'analyse des cohortes, appliquée aux senneurs exploitant l'albacore *Thunnus albacares* dans l'Atlantique-Est, Gascuel, Fonteneau et Foucher (1993) assimilent les changements de tactiques de pêche à des phénomènes de report de l'effort effectif d'un groupe d'âge à un autre.

Palmer et al (2009) identifient jusqu'à 4 tactiques de pêches combinées dans les sorties journalières de chalutiers de fonds opérant au niveau de la Méditerranée. Ce travail a été fait en comparant la performance de l'analyse discriminante et des réseaux de neurones artificiels appliqués à des données de compositions spécifiques obtenues à partir de factures quotidiennes de vente.

3.1.3.2. Déterminisme

Millischer et Gascuel (2000) estiment que les facteurs intervenants dans la constitution d'une tactique donnée sont, *a priori*, nombreux mais surtout difficiles à quantifier car issus, pour une grande part, de choix subjectifs et qualitatifs. A partir d'un travail de simulations, ces auteurs arrivent à modéliser les comportements individuels des pêcheurs suivant 3 types de facteurs : informatifs (échanges d'informations entre pêcheurs au sein d'une flottille), "cognitifs" (liés à la connaissance partielle du milieu et la faculté d'apprentissage des pêcheurs) et directifs (liés au comportement des pêcheurs : interactions pêcheur-pêcheur, pêcheur-ressource, pêcheur-structure d'autorité).

3.2. Matériels

Qu'il s'agisse de pêche industrielle ou de pêche artisanale, les informations analysées sont extraites des bases de données halieutiques du CRODT. Leurs sources de collecte et nature sont présentées ci-après. Rappelons qu'il s'agit ici de pêcheries démersales côtières, i.e. a) de la *pêche chalutière nationale et étrangère* dans le cadre de la pêche industrielle b) de la *pêche piroguère, exclusivement nationale*, pour ce qui est de la pêche artisanale.

3.2.1. Sources et nature des données chalutières

3.2.1.1. Sources de données chalutières

Le CRODT a progressivement mis en place, à partir de 1969, un système de collecte de statistiques de pêche chalutière au niveau du Port Autonome de Dakar (PAD) dont le port de pêche est encore, à ce jour, l'unique point de débarquement des unités industrielles. Ce système, fonctionnel dès 1971, a subi plusieurs améliorations et demeure la principale source des données de pêche chalutière utilisées dans le présent travail.

Les autres sources sont la Direction des Pêches Maritimes (DPM), la Direction de la Protection et de la Surveillance des Pêches (DPSP), la Direction de la Marine Marchande (DMM), les usiniers et les mareyeurs. Elles complètent les données relatives à la biologie (DPM, usiniers et mareyeurs) et aux caractéristiques des navires (DPM, DMM, DPSP)

Les débarquements de la flottille chalutière nationale se font surtout au niveau du môle 10. Les renseignements, recueillis au quotidien auprès des patrons ou des boscos, peuvent provenir de 4 supports :

- *bordereaux* intégrant divers paramètres dont l'espèce ou le groupe d'espèces-cibles depuis 1982
- *cahiers de mouvements de la flotte* dans lesquels sont consignées, sur la base d'un pointage également quotidien, les unités restées à quai ; ce qui permet un meilleur suivi de l'effort nominal tout en complétant les données d'enquêtes
- *fiches de marées*, documents attestant de la ventilation des produits de la pêche auprès d'usiniers et/ou de mareyeurs, après tri et pesée
- *bordereaux d'achat* ou *factures* en faisant foi

Les débarquements de la flottille chalutière étrangère ont lieu au niveau des môles 1 à 3 et 6 à 8. Leurs données sont obtenues sur la base :

- de déclarations de captures fournies par les armateurs étrangers à la DPM. Souvent incomplètes, peu fiables et difficilement exploitables, elles constituaient jusqu'en 1982 la seule source d'informations possibles sur ce type de flottille
- des données des observateurs sénégalais. Ceux-ci embarquent depuis 1982 sur les navires étrangers, depuis 1991 sur tout navire sénégalais de gros tonnage et depuis 2002 sur tout navire sénégalais impliqué dans des cas de fraudes avérées et graves. Relevant de la DPSP, les observateurs élaborent des *rapports hebdomadaires* mentionnant le déroulement des opérations de pêche.

3.2.1.2. Nature des données chalutières

Les données utilisées sont relatives à 27 271 marées ou sorties en mer effectuées par 266 chalutiers démersaux côtiers, nationaux ou étrangers, de 1990 à 2001. Les années plus récentes ne sont pas prises en compte pour cause de validation en cours. Détentrices de la licence de pêche DEMC (« crevette côtière » ou « poissons céphalopodes »), ces flottilles opèrent sur le plateau continental. La base de données primaire se présente sous la forme d'un tableau de contingence avec les 27 271 marées précitées en lignes et 26 colonnes ou variables (Tableau 19) dont :

- 9 variables qualitatives de types nominal ou ordinal : année (1990 à 2001), quinzaine (1 à 24), nom du chalutier (ex : Karabane), code du chalutier (variable identificatrice), mode opératoire (pêche en solo/en paire), pavillon/nationalité (Sénégal, France, Espagne, Italie, Grèce, Pays-Bas, Gambie et Corée du Sud), méthode de conservation à bord (glaçage/congélation), type de licence de pêche (options « crevette côtière », « poissons céphalopodes », etc.) et zone de pêche (nord, centre ou sud du Sénégal, Mauritanie et Guinée Bissau)
- 17 variables quantitatives : puissance motrice (en cheval vapeur), tonnage jauge brute (TJB), effort nominal (en heures/jours de mer) et 14 taxons/stocks – 2 crustacés, 2 céphalopodes et 10 poissons – dont les quantités débarquées sont exprimées en kg. Ces taxons ont été sélectionnés parmi les 37 figurant effectivement dans la base de données du CRODT. Leur choix a été dicté par leur abondance particulière dans les débarquements.

3.2.2. Sources et nature des données piroguières

3.2.2.1. Sources des données piroguières

Le système de collecte d'informations sur la pêche artisanale sénégalaise a été mis en place au début des années 1970, soit quasiment à la même période qu'en pêche industrielle. Toutefois, ce travail s'est fait dans le cadre d'études de la dynamique de populations exploitées en vue d'une gestion rationnelle de leur exploitation (Laloë, 1985 – Barry-Gérard, 1985 – Gérard et Greber, 1985 – Laloë et Samba, 1990 – Ferraris, Samb et Thiam, 1993). Le système était conçu au départ pour l'étude du tassergal ou ngott *Pomatomus saltator*, espèce migratrice exploitée en Mauritanie et au Sénégal, entre Kayar et Saint-Louis surtout (ORSTOM, 1983). Ensuite, il a évolué vers une collecte d'informations portant sur les nombreux stocks exploités et sur l'activité de pêche caractérisée par l'existence de nombreuses méthodes de capture (Laloë, 1985).

Tableau 19: Description des variables utilisées en pêche chalutière

N°	Variables	Libellés	Observations particulières
1	AN	Année	Série temporelle de 12 années : 1990-2001
2	QZN	Quinzaine	De 1 à 24. Prise en compte de la seule date de retour, même si la date de départ est incluse dans l'année précédente. Noter la présence de quelques quinzaines inconnues
3	COD	Code identificateur du bateau	Ex: 605
4	BAT	Nom du Bateau	Ex: Gapassel, Sambel, Ange des mers, etc.
5	MOD	Mode de pêche	Pêche en solo (1 bateau) ou en bœuf (paire). 16 bateaux sur 266 pêchent en bœuf. Ex : <u>Gapassel et Sambel</u>
6	PAV	Pavillon du bateau	8 pavillons ou nationalités : Sénégal, France, Italie, Grèce, Espagne, Gambie, Hollande et Corée
7	TYP	Mode de conservation à bord	Deux modes de conservation : glaciers ou congélateurs
8	LIC	Licence de pêche	03 options de pêche: crevettiers (CRE), poissonniers céphalopodiers (POC) et palangriers (PAL). Les rougetiers (TJB < 50) sont inclus dans les POC. CRE et POC pêchent avec des chaluts de 50 mm et 70 mm de cul de maille étirée, respectivement. Noter aussi les « licences mixtes » : POC puis CRE, ou vice-versa, interdites dans le code actuel
9	ZON	Zone de pêche	Nord, centre ou sud du Sénégal + Mauritanie et Guinée-Bissau qui sont des états côtiers voisins. Existence de rares zones inconnues
10	CV	Puissance motrice (en chevaux)	Limitations : < 1500 CV. Puissances additionnées si pêche en bœuf
11	TJB	Tonnage Jauge Brute	Restrictions : < 50 pour les rougetiers, < 400 pour les crevettiers (code actuel). TJB additionnés si pêche en bœuf ²¹
12	EFF	Effort nominal (heures de mer)	D'une dizaine à un millier d'heures de mer. Calcul : EFF = [(jour de retour - jour de départ)*24] + heure de retour - heure de départ
13	BRO	Brotule, <i>Brotula barbata</i>	Adultes benthiques fréquentant les fonds vaseux profonds du talus continental
14	CAR	Carangidés en général	<i>Trachurus trachurus</i> , <i>T. trecae</i> , <i>Decapterus rhonchus</i> , etc. Vie en banc, souvent pélagiques
15	PEN	Crevette blanche, <i>Penaeus notialis</i>	Eaux côtières peu profondes des estuaires et lagunes
16	PAR	Crevette gambas, <i>P. longirostris</i>	Zones sableuses et sablo-vaseuses de 150 à 600 m de profondeur
17	MAC	Mâchoirons, <i>Arius sp.</i>	<i>Arius heudeloti</i> , <i>A. latisculatus</i> . Eaux côtières, eaux saumâtres et estuaires, commun en hivernage
18	PAG	Pageot, <i>Pagellus bellottii</i>	Fonds durs et sableux jusqu'à 100 m, vie en bancs, pêché durant toute l'année
19	ROU	Rouget, <i>Pseudupeneus prayensis</i>	Fonds sableux et vaseux de 1 à 60 m, plus commun entre 20-45 m, ± absent au nord
20	SEI	Seiche, <i>Sepia officinalis hierredda</i>	De la surface à des profondeurs de 200m, espèce benthopélagique
21	CYN	Sole langue, <i>Cynoglossus sp.</i>	<i>Cynoglossus senegalensis</i> , <i>C. monodi</i> , <i>C. canariensis</i> et <i>C. browni</i> . Zones sablo-vaseuses côtières de 10 à 110 m selon l'espèce
22	SOM	Sompatt, <i>Pomadasys</i> sauf <i>P. incisus</i>	<i>Pomadasys jubelini</i> , <i>P. peroteti</i> , <i>P. rogeri</i> . Zones côtières et estuaires, fonds meubles, jusqu'à 60 m
23	TKM	Thiékem, <i>Galeoides decadactylus</i>	Zones côtières peu profondes, meubles, estuaires, fréquente en hivernage
24	DIV	Divers	Autres espèces démersales
25	OMB	Ombrine <i>Umbrina sp.</i>	<i>Umbrina canariensis</i> , <i>U. cirrosa</i> . Fonds sablo-vaseux de 15 à 75 m
26	POU	Poulpe, <i>Octopus vulgaris</i>	Fréquente divers habitats entre 0 et 200 m. Explosion démographique subite depuis 1986

²¹ Le chalutage en bœuf existe dans la base de données traitée mais est désormais interdit par l'actuel code de la pêche (Loi 98-32 du 30/03/1998)

Actuellement, les statistiques de la pêche artisanale reposent sur 3 types de données – efforts, captures et recensements – recueillies par des enquêteurs sur le terrain. Les recensements ont normalement lieu 2 fois/an. Les enquêtes d'efforts et de captures, quotidiennes, sont basées sur une stratification croisée (port, quinzaine et engin) (Barry, Thiao et Ndao, 2002).

3.2.2.2. Nature des données piroguières

Les données analysées proviennent de fichiers « effort » (marées), « espèces » (près de 200 taxons listés) et « pirogues » (unités de pêche « anonymes »). Par le biais de certains traitements informatiques, il en a résulté un grand fichier de base comportant 995 012 enregistrements correspondant à des enquêtes décrites par 39 variables dont 7 qualitatives et 32 quantitatives. Les 7 variables qualitatives, de types nominale et ordinale, sont/

- le port de pêche comprenant 8 modalités: Saint-Louis et Kayar (nord), Yoff, Ouakam, Soumbédioune et Hann (Dakar), Mbour et Joal (Petite côte)
- l'année : de 1980 à 2006, soit une série de 27 ans
- le mois : de 1 à 12
- le jour : de 1 à 31
- la quinzaine, déduite du mois et du jour
- le numéro de la pirogue enquêtée
- l'engin de pêche, avec 6 modalités correspondant à un engin ou à un groupe d'engins de pêche, notamment : la senne tournante (ST), le filet maillants encerclants (FME), les filets actifs (filets maillants dérivant de surface et de fonds), les filets passifs (filets dormants et trémail), la palangre (PAL = palangre sensu stricto et ligne palangre glacière) et les lignes diverses (ligne casier seiche, ligne poulpe, ligne traîne, ligne *Rhinobatos sp*, ligne simple pirogue motorisée et ligne simple pirogue non motorisée)²².

On trouvera une description exhaustive des engins de pêche artisanale utilisés au Sénégal dans divers travaux d'auteurs (Seck, 1980 – Bousso, 1996 – Charles-Dominique et Mbaye, 2003 – Thiao, 2008). Le Tableau 20 résume les principales caractéristiques de ceux qui sont étudiés ici.

²² Les 6 autres engins de pêche suivants n'ont pas été retenus : senne de plage, *kili*, filet fixe crevette, *kaya*, épervier et matériels utilisés en pêche sous-marine. La principale raison est liée à la faiblesse de leurs effectifs et au caractère plus ou moins disparate de la collecte de données relatives à elles durant la série étudiée

Tableau 20: Présentation des engins de pêche artisanale étudiés

Dénominations et compositions	Caractéristiques Techniques	Modes opératoires	Espèces cibles
<u>Senne tournante</u> (ST)	Filets de 250 à 400 m, chute de 40 m, chute et de 30 mm de maillage au niveau du corps du filet. Présence de coulisse et d'une grande poche	2 pirogues, l'une pour le filet, l'autre pour les captures. Près de 30 personnes. Efficace pour la capture de la sardinelle ronde qui, encerclée, tend à plonger en profondeur	Clupéidés surtout (<i>Sardinella aurita</i> , <i>S. maderensis</i> et <i>Ethmalosa fimbriata</i>). Secondairement, Carangidés, sompatt, pelon <i>B. auritus</i> , brochets <i>Sphyræna sp</i> , ravin <i>Euthynnus alleteratus</i> , thazard blanc <i>Scomberomorus tritor</i> , ceinture <i>Trichiurus lepturus</i>
<u>Filets maillants encerclants</u> (FME)	Rectangulaires, longueur de 300 m, chute de 9 m et maillage de 36-40 mm	1 pirogue à moteur ± puissante. Pas de coulisse. Mise en œuvre active. 9 personnes en moyenne. Jusqu'à 15 m de fonds. Peut aussi être utilisé comme FMDS (ci-dessous)	Près de 80 % des captures constituées d'ethmalose et de sardinelles qui sont leurs principales cibles. Le reste = mâchoirons <i>Arius sp</i> , otolithes <i>Pseudotolithus sp</i> , brochets <i>Sphyræna sp</i> , etc.
<u>Filets actifs</u> (filets maillants dérivant de surface/FMDS et filets maillants dérivant de fonds/FMDF)	Les FMDS ou <i>félé-félé</i> à poissons ont une chute de 2 m, une longueur et un maillage variables. Lesté au Pb, nombreux flotteurs (flottabilité + dérive). Le <i>Yolal</i> ou FMDF : 100 à 1000 m, chute de 4 à 4.5 m, maille de 46 mm pour les brochets	FMDS souvent manœuvrés par 2 pers à partir d'une pirogue, souvent à pied. Sorties possibles de jour et de nuit avec monofilament, multifilament efficace la nuit. Les FMDF ou yolal dérivent davantage dans la couche d'eau intermédiaire que profonde.	Mulets (<i>Mugil sp</i> et <i>Liza sp</i>) surtout, voire ethmaloses, sompatt, sardinelles, brochets, etc. pour les FMDS. Les FMDF ciblent les brochets (juillet – septembre) et/ou les Scombridés (ravin et thazard blanc, de décembre à avril). Autres captures : mulets, capitaine, Carangidés, otolithes, carpes (<i>Tilapia guineensis</i> , <i>Sarotherodon melanotheron heudelotii</i>), <i>Arius sp</i>
<u>Filets passifs</u> (filets maillants dormants ou de surface/FD et trémail)	FD à « poissons » (FDP, 110 m, 50 mm, nylon), à soles (FDS, 1-2 km, chute de 1 m, nylon ou monofilament), à raies et requins (FDRR, 6 à 7 engins = 100 à 150 m, nylon), à yeet (FDY, 20 m, chute de 1 à 1.2 m, maille de 300 mm, nylon tressé, fonds de 10-15 m. Econome (filets + réparations et entretien surtout), ± carburant (pose/lever), 2 à 4 personnes	FDP : pêche de nuit surtout, filets calés au fonds ou en surface – FDS : calé en mer pendant de nombreux mois, filet remis après chaque récolte – FDRR : spécialité de Saint-Louis et du Sine-Saloum – FDY : séjour de plusieurs mois en mer, récolte tous les 2-3 jours	FDP : otolithes, mâchoirons, brochets et Carcharinidae comme <i>M. mustellus</i> . FDS : soles langues <i>Cynoglossus sp</i> . FDRR : raies et requins. FDY : <i>Cymbium sp</i> . Piètre qualité due à séjour de 24-48 h dans l'eau → une certaine décomposition destinant les produits à la transformation artisanale et consommation locale surtout
<u>Palangre</u> (palangre <i>sensu stricto</i> et ligne palangre glacière)	Ligne principale de 300-500 m de long, nylon, tressé le plus souvent, avançons de 0.3 m espacés de 1.80 m, flotteurs et Pb à chaque extrémité. Hameçons appâtés (sardinelles comme appâts)	Seiche = appât de choix ou Clupéidés (sardinelles et ethmaloses). Immersion pendant 5-6 heures, relevé et remise à l'eau de la palangre. Risque d'être emportée par chalut de fond, senne ou filet dérivant	<i>Rhinobatidae</i> , <i>Carcharhinidae</i> (raies et requins), mâchoirons, capitaine <i>Polydactylus quadrifilis</i> , <i>Drepane africana</i> , brochets, thiof <i>Epinephelus aeneus</i> , etc.
<u>Lignes diverses</u> (Ligne casier seiche, ligne poulpe, ligne traîne, ligne <i>Rhinobatos sp</i> , ligne simple pirogue motorisée et ligne simple pirogue non motorisée)	Lignes classiques : nylon ou monofilament + hameçons + Pb + appât. Lignes poulpe (LP, ligne + PB + leurres + hameçons. Ligne casier seiche (LCS, casier pliable ou non avec leurre). Longueur fil et nombre d'hameçons fonctions des espèces ciblées et de la profondeur	Souvent utilisés en mixité avec les palangres ou les filets maillants dérivants ou fixes. Pêche fraîche (du jour), lignes glacières (3-5 jours, jusqu'à 100 km des côtes sénégalaises) voire lignes-marées à Saint-Louis (bateaux ramasseurs)	Lignes classiques pirogues motorisées ou non : thiof, sompatt, mâchoirons, pagres, pageots, carangidés, brochets, gros requins, Lutjanidés, etc. Lignes poulpe : poulpe <i>Octopus vulgaris</i> . Lignes casiers seiche : <i>Sepia officinalis hierredda</i> . Ligne <i>Rhinobatos</i> : raie guitare. Ligne traîne : espadon voilier, marlin, maquereaux, bars, etc.

Sources : Adapté de Seck (1980), Bousso (1996) et Ndiaye (2007)

Les variables quantitatives sont constituées de 32 stocks dont les données d'entrée sont des captures exprimées en kg. Parmi eux, figurent 14 taxons déjà présentés en pêche chalutière (Tableau 19). Les principales caractéristiques des 18 autres stocks les complétant sont présentées dans le Tableau 21.

Tableau 21: Liste des taxons de pêche artisanale complétant ceux étudiés en pêche chalutière

Codes	Libellés	Observations particulières
Tiof	Thiof ou mérou gris <i>Epinephelus aeneus</i>	Zones rocheuses (adultes, 30-100 m) et meubles (juvéniles). Hermaphrodite protérogyne, inversion sexuelle variable mais vers 75 cm de taille. Très ciblé par les lignes et palangres, poisson emblématique au Sénégal
Serr	Autres mérous et la badèche <i>Mycteroperca rubra</i>	Badèche = mérou des sables, moins encline à vivre dans des trous creusés dans la roche que le thiof.
Sard	Sardinelles <i>Sardinella aurita</i> et <i>S. maderensis</i>	Principales sources de protéines halieutiques des sénégalais, surtout <i>S. aurita</i> (ronde). Pélagiques, côtières, surtout en saison froide
Lutj	Vivaneaux ou Lutjanidés <i>Lutjanus sp</i>	gros poissons qui atteignent parfois plusieurs dizaines de kilos. Zone littorale, fonds coralliens ou rocheux, de la surface à cinquante mètres
Lago	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	Fonds sableux ou vaseux, seul ou en petits bancs, adultes pélagiques et près de la marge continentale, jeunes au niveau des bancs côtiers et au large, chair délicate, viscères et peau réputées toxiques (O. Indien et Pacifique)
Barr	Brochets ou barracudas <i>Sphyræna sp</i>	Grand taille, mâchoire inférieure proéminente, dents pointues, récifs coralliens et Océans, solitaires sauf au moment de la reproduction
Mugi	Mulets <i>Mugil sp</i>	Espèces planctonophages, zones côtières et estuaires, nettement euryhalines, capables de remonter les grands fleuves jusqu'à plus de 150 km de leur embouchure. Reproduction en pleine mer, s œufs donnant la poutargue
Poly	Capitaine ou « ndiané » <i>Polydactylus quadrifilis</i>	Poisson à la chair blanche, vivant en zone côtière, fonds sableux ou vaseux, souvent en milieu saumâtre
Plec	Diagramme <i>Plectorhynchus mediterraneus</i>	Fait partie de la communauté à Sparidés, de la Guinée au détroit de Gibraltar, un seul stock au Sénégal (Mauritanie au sud du pays), dans les eaux froides surtout, entre 10 et 90 m, individus capturés de 15 à 55 cm.
Argy	Courbine, maigre ou « beur » <i>Argyrosomus regius</i>	Entre 15 et 300 m de fonds, présent en Atlantique centre-est et en mers noire et méditerranéenne, euryhalin, benthopélagique, taille commune de 50 cm à 1 m voire 2 m pour 100 kg.
Dpro	Dentés profonds <i>Dentex angolensis</i> , <i>macrophthalmus</i> , <i>congoensis</i> , etc.	Poissons très profonds, du Maroc à l'Angola incluant les Canaries, benthopélagiques, hermaphrodites de type protogyne. Fonds meubles, surtout entre 15-700 m, 2 saisons de ponte et surtout en mai-juillet
Dipl	Gros sars <i>Diplodus sp</i> (<i>Diplodus sargus</i> , <i>D. cervinus</i> , etc.)	Fonds de 1-30 m, rocheux et herbiers aussi, supporte eaux saumâtres en été si pas trop froides, hermaphrodite mâle puis femelle, juvéniles omnivores, adultes carnivores
Pagre	pagres <i>Sparus caeruleostictus</i>	Communauté à sparidés, fonds rocheux ou sable grossier coquiller, eaux trop chaudes ni trop dessalées, entre 20-150 m, carnivore à large spectre, du Portugal en Angola et dans une grande partie de la méditerranée du sud
Ravi	Ravil <i>Euthynnus alletteratus</i>	Eaux côtières, jusqu'à 100 cm environ, petit thonidé tropical appelé « cri cri » ou « walass ». Très apprécié des pêcheurs lébous (Dakar) au Sénégal
Must	Requin <i>Mustellus mustellus</i>	Emissole lisse, requin des côtes africaines du Maroc à l'Afrique du sud et de la Méditerranée, jusqu'à 350 m mais surtout entre 5 à 50 m, ne dépasse pas 165 m, vivipare, benthique, déplacement en fonds sableux pour la nourriture
Yeet	Volutes <i>Cymbium sp</i>	Présents dans les bancs de sable. Apprécies jadis comme condiment local, de plus en plus exporté actuellement en l'état, en Chine notamment où la demande est très forte
Ngott	Tassergal <i>Pomatomus saltator</i>	Grand prédateur des eaux tempérées et surtout tropicales, migrant en juin-août pour se reproduire vers la Mauritanie, pêche très saisonnière à Saint-Louis et Kayar, de ce fait. En moyenne, 120 cm pour un adulte de 20 kg
Espa	Espadon voilier <i>Istiophorus albicans</i>	1 ^{ère} nageoire dorsale très développée (± voile), mâchoire supérieure prolongée, eaux chaudes (Atlantique et Caraïbes), migration possible vers eaux plus froides, ponte en eaux chaudes, pêches commerciale et sportive

3.3. Méthodologies d'études

3.3.1. Conceptualisation des termes de référence

Les termes de « tactique » et « stratégie » sont conceptualisés préalablement à la mise en œuvre de méthodes d'analyses typologiques. Pour toute la suite du travail, on retiendra les égalités suivantes : **tactique** = tactique de pêche et **stratégie** = stratégie de pêche.

Il se dégage, au bilan de la revue des définitions faite dans le présent chapitre, que chaque auteur a sa propre perception des tactiques et stratégies. Ainsi, la plupart établissent ou non un lien entre ces deux termes et le concept de « métier ». Seuls certains comme Laloë et Samba (1991), Ferraris (1993), Pech et al (2001), Laloë, Samba et Pech (2002) lient la stratégie à la tactique ; la connaissance de cette dernière étant un préalable à l'étude de la stratégie. Partageant cette dernière approche, nous reprenons ici les concepts proposés par Pech et al (2001) :

- a) pour la tactique, "deux actions de pêche sont équivalentes ou appartiennent à la même tactique lorsqu'elles ont, à un moment t donné, des probabilités égales de captures de n'importe quelle partie de la ressource"

La tactique renvoie à la marée et exprime l'impact de l'action de pêche sur la ressource dont on étudiera les profils, compositions ou assemblages spécifiques les plus caractéristiques. Sur cette base, les marées seront regroupées en entités aussi homogènes que possible déterminant, chacune, une tactique de pêche. D'où, tactique = classe d'actions de pêche

- b) pour la stratégie, "deux unités de pêche sont équivalentes si elles ont la même liste de tactiques à leur disposition et les mêmes probabilités de choix à un moment donné"

La stratégie renvoie à l'unité de pêche. Elle est mûrie par le centre de décision de cette dernière, c'est-à-dire le capitaine et/ou l'armateur. C'est un listing de tactiques de pêche disponibles ayant des probabilités de réalisation plus ou moins différentes. Sur cette base, les unités de pêche seront regroupées en entités aussi homogènes que possible déterminant, chacune, une stratégie de pêche. D'où, stratégie = classe d'unités de pêche

Chaque tactique relève d'une **strate d'échantillonnage** (port de Dakar pour tous les chalutiers, combinaisons engins*ports en pêche artisanale). L'ensemble des **stocks** constitue la ressource.

Deux unités de pêche d'une stratégie S donnée n'adoptent pas toujours la même tactique T à un temps t donné. De même, deux unités de pêche développant la même tactique T à un temps donné j n'appartiennent pas forcément à une même stratégie S donnée (Fall, Samba et Laloë, 2006a).

3.3.2. Analyses typologiques

3.3.2.1. Notions de typologie

La typologie étudie des traits caractéristiques dans un ensemble de données en vue d'y déterminer des types ou systèmes, ou, ce qui revient au même, constitue des groupes homogènes d'individus ayant des caractéristiques voisines. Une démarche typologique cherche à faciliter, en quelque sorte, l'analyse d'une réalité complexe et sa classification (Durand, Farrugio et Lemoine, 1991).

3.3.2.2. Fichiers de travail

Pour l'étude des tactiques de pêche, nous nous intéresserons aux profils des marées de chaque type d'engin sur la base des principales compositions spécifiques notées à partir des actions de pêche. Pour ce qui est des fichiers de travail, il y aura :

- 1 fichier « chalutiers » caractérisé par un engin de pêche, le chalut, et comportant 27 271 marées/lignes et 14 stocks/colonnes (Tableau 19). Il s'agit là des données de l'unique strate d'échantillonnage en pêche chalutière
- 24 fichiers engins-ports issus d'autant de strates d'échantillonnage de pêche piroguière du fait du croisement des données de 6 engins et de 4 ports (Tableau 22). Les engins sont la senne tournante, le filet maillants encerclants, les filets actifs, les filets passifs, la palangre et les lignes diverses. Les ports sont Saint-Louis, Kayar, Mbour, Joal et Dakar qui regroupe ceux de Yoff, Ouakam, Soumbédioune et Hann. Cette association s'explique par les effectifs plus ou moins faibles voire inexistants, notés dans certains de ces ports pris isolément.

Pour l'étude des tactiques de pêche, il est procédé à une typologie des marées à partir des stocks. Précisons là que, quel que soit le fichier de travail (fichier « chalut » ou les 24 fichiers engins-ports), les données d'entrée des stocks (14 pour les chalutiers, 32 pour les pirogues) sont des poids bruts, initialement exprimés en kg, transformés en % des captures totales par ligne, par la suite. Les

T tactiques de pêche identifiées sont labellisées en fonction de leur (s) composante (s) spécifique (s) majeure (s). Une description plus exhaustive en est possible après croisement de la variable « tactique » créée (T modalités) avec certaines variables qualitatives.

Tableau 22: Répartition des sorties retenues par port et par engin de pêche cumulé de 1980 à 2006

Engins	Saint-Louis	Kayar	Dakar	Mbour	Joal	Total
Filets actifs	3 295	*	*	*	*	3 295
Filets maillants encerclants	*	*	*	8 833	64 754	73 587
Filets passifs	40 796	6 888	32 589	53 875	62 795	196 943
Lignes diverses	37 531	106 542	134 814	143 465	77 360	499 712
Palangre	5 059	9 229	11 009	10 176	5 082	40 555
Senne tournante	18 106	14 101	14 928	70 220	63 565	180 920
Total	104 787	136 760	193 340	286 569	273 556	995 012

* Sorties non analysées du fait de leurs faibles effectifs (< 1000) ou absences

Pour l'étude des stratégies de pêche, il est procédé à une typologie des unités de pêche à partir de leur listing de tactiques disponibles. Toutefois, dans la mesure où la pirogue n'est pas formellement identifiée – absence de code et/ou de nom – contrairement aux chalutiers (ex : Karabane), l'étude des stratégies de pêche se limitera à la seule pêche chalutière. Les données d'entrée sont des effectifs de sortie par chalutier et par tactique. Un tel fichier s'obtient facilement après création de la variable « tactique » dans l'étape précédente (typologie des tactiques) et mise en œuvre d'un tableau croisé dynamique. Ici également, les effectifs bruts sont transformés en % des effectifs totaux par ligne. Les S stratégies de pêche identifiées sont labellisées en fonction de leur (s) tactiques (s) de pêche majeure (s). Une description plus exhaustive en est, de même, possible après croisement de la variable « stratégie » créée (T modalités) avec certaines variables.

La description exhaustive des tactiques et stratégies de pêche est privilégiée pour les données de la pêche chalutière. Pour la pêche piroguière, nous nous limiterons aux seules tactiques de pêche en insistant sur les taxons majeurs et les efforts (sorties enquêtées)

3.3.2.3. Méthode typologique adoptée

3.3.2.3.1. Rappels sur les méthodes de classification

Les méthodes de classification sont des outils très indiqués pour bâtir des typologies de flottilles, de tactiques et stratégies de pêche (Biseau et Gondeaux, 1988 – Lewy et Vinther, 1994 – Rochet, Ferraris, Biseau et Sabatier, 1994 – Pelletier et Ferraris, 2000 – Holley et Marchal, 2004 – Ulrich et Andersen 2004 – Fall, Samba et Laloë, 2006a – Fall, Samba et Laloë, 2006b).

Elles se scindent en méthodes de classification hiérarchique (ascendante ou descendante) et non hiérarchique (méthodes des centres mobiles de Forgy, des nuées dynamiques de Diday, des partitions floues, des K-medoids, des K-means, etc.) dont on trouvera une présentation synthétique dans le Tableau 23. De manière générale, ces méthodes peuvent être utilisées seules ou en association avec des méthodes factorielles (ACP suivie de Classification Ascendante Hiérarchique, par exemple) dont elles peuvent rendre plus facile l'interprétation du sens des axes (Pelletier et Ferraris, 2000).

Tableau 23: Principales méthodes de classification non hiérarchique

Méthodes	Particularités
<i>Méthode des K-medoids</i> = Méthode P. A. M (Partitioning Around Medoids)	Choix de k médoïdes en minimisant la somme des dissimilarités. Affectation des éléments à la classe dont ils se rapprochent le plus du médoïde. Idéal en cas de valeurs aberrantes, de données continues, de dissimilarité et de faibles effectifs
<i>Méthode des Centres Mobiles</i> = Méthode de Forgy (1965)	Choix de k classes en maximisant l'inertie interclasse. Affectation de chaque objet à la classe la plus "proche", calcul réitéré des centres de gravité à chaque fois jusqu'à convergence vers une position stable avec amélioration, à chaque itération, de l'inertie interclasse
<i>Méthode des K-means</i> = Méthode de Mc Queen (1967)	Très voisine de la méthode de Forgy. Fourniture de k centroïdes, centres de gravité de groupes entre lesquels il y a transfert ou échange d'objets
<i>Méthode des Nuées Dynamiques</i> = Méthode de Diday (1971)	Extension des autres méthodes, classes avec centre de gravité + noyau, affectation puis représentation des éléments jusqu'à la convergence du critère choisi

3.3.2.3.2. Présentation de la méthode des K-means

Les typologies de tactiques et stratégies de pêche bâties ici ont été réalisées par le biais de la méthode des K-means (Kaufman et Rousseeuw, 1989 – Saporta, 1990 – Nakache et Confais, 2000), littéralement, méthode des « k moyennes ».

Introduite par Mc Queen (1967), cette approche a été mise en œuvre sous sa forme actuelle par Forgy avec de nombreuses variantes. C'est probablement la plus utilisée des méthodes de classification non hiérarchique à l'instar desquelles, elle est particulièrement indiquée pour le traitement de jeux de données massifs. En effet, si n = nombre d'objets, k = nombre de clusters ou groupes, et t = nombre d'itérations, alors, normalement : $k, t \ll n$. Toutefois, la méthode des K-means ne permet pas de découvrir des groupes non convexes et n'est pas applicable aux variables nominales et ordinales. L'algorithme de la méthode des K-means peut se résumer en quatre étapes (Figure 13) succinctement présentées ici:

- choix de k objets formant k clusters ou groupes
- affectation de tout objet O au cluster C_i de centre M_i , si distance $(O, M_i) = \text{minimum}$
- calcul à nouveau de M_i pour chaque cluster
- retour à l'étape 2 si une affectation a été faite

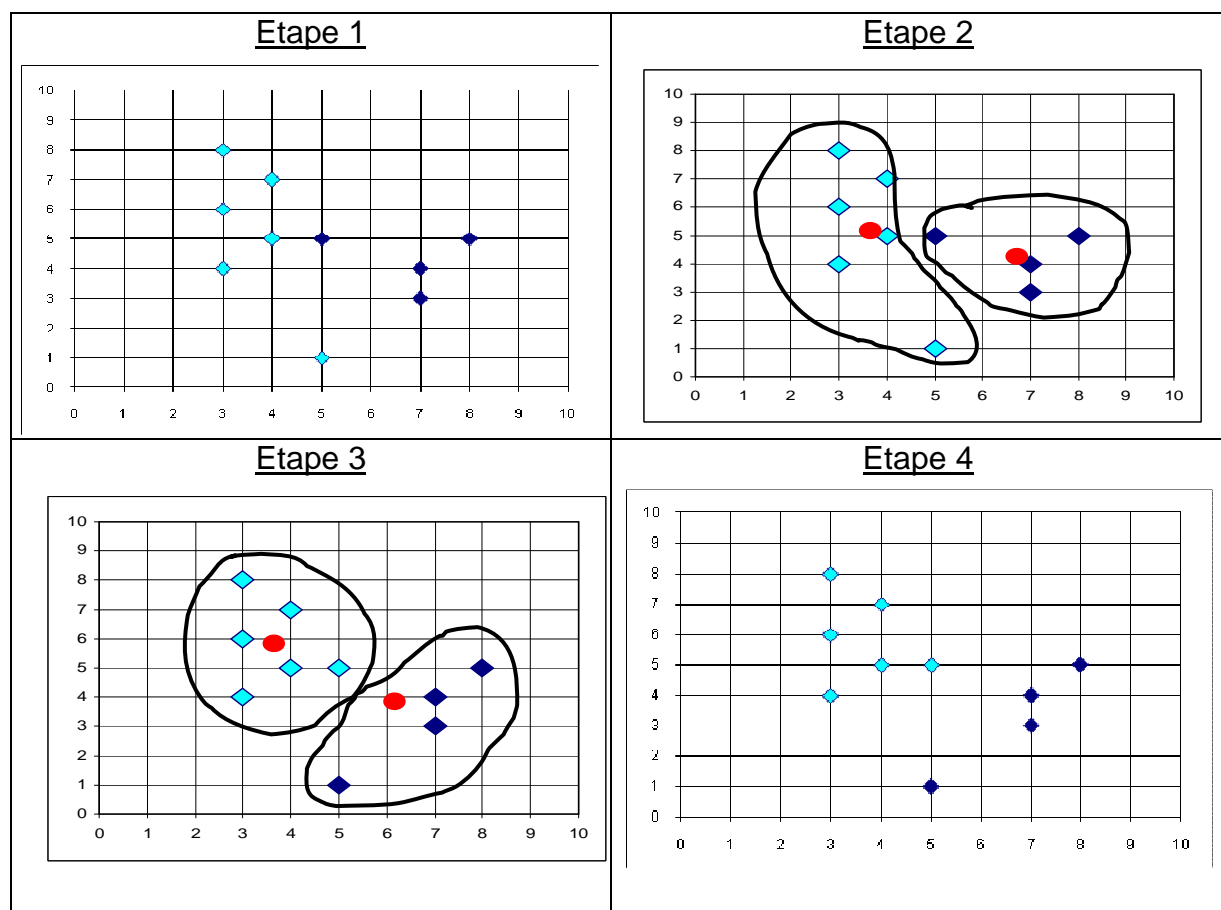


Figure 13: Algorithme de la méthode des K-means

Autrement dit, la méthode des K-means procède par la fourniture de k points représentatifs ou centroïdes choisis parmi les n éléments à classer et autour desquels se formeront les groupes. A chaque étape de la classification, le mode d'affectation des éléments aux k groupes se matérialise,

soit par le simple transfert d'un objet, soit par l'échange entre 2 objets appartenant à 2 groupes différents. Dans tous les cas, les centroïdes de l'ancien et du nouveau groupe sont recalculés. Transferts et échanges sont possibles si les objets sont suffisamment proches de leurs centroïdes. Le critère choisi ici est la maximalisation de la somme des écarts inter groupes ou, ce qui revient au même, la minimalisation de la somme totale des écarts intragroupes. Les écarts sont calculés à partir de la distance euclidienne, non applicable – tout comme la méthode des K-means – à des variables nominales ou ordinales.

Pour rappel, la distance de Minkowski est donnée par la formule suivante :

$$d(i, j) = \sqrt[q]{(|x_{i1} - x_{j1}|^q + |x_{i2} - x_{j2}|^q + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^q)}$$

Où $i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ et $j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jp})$ sont deux objets p-dimensionnels et q un entier positif. C'est la distance de Manhattan si $q=1$ et la distance euclidienne si $q = 2$

Le nombre de centroïdes – i.e. le nombre de clusters – peut être proposé par le logiciel statistique choisi (GENSTAT®, voir Payne et al, 2002) ou fixé par l'opérateur. Pour notre part, nous avons, autant que possible, privilégié 2 choses:

- leur cohérence, d'une part : absence de clusters ayant les mêmes taxons majeurs à une différence près, effectifs \pm importants, etc.
- leur nombre plus ou moins raisonnable, d'autre part : une dizaine en pêche chalutière, 2 clusters maximum pour les engins sennes tournantes et filets maillants encerclants, 3 à 5 pour les autres engins de pêche artisanale

3.3.2.4. Résumé des démarches typologiques

Le Tableau 24 reprend, de façon succincte, les éléments importants à noter dans les démarches typologiques des tactiques et stratégies de pêche.

3.3.3. Diagramme de Pech

Une fois les tactiques et stratégies de pêche établies, le diagramme de Pech (Pech et al, 2001) est utilisé en vue d'une synthèse. Ce diagramme permet, en effet, une visualisation des relations stocks, tactiques, stratégies et strates à travers une combinaison 2 à 2 des typologies (Figure 14).

Tableau 24: Eléments clés des démarches typologiques

Paramètres	Tactiques de pêche	Stratégies de pêche
Typologies à bâtir	Typologies des marées chalutières et piroguières	Typologie des <u>seules</u> unités de pêche chalutières
Données de base	<ul style="list-style-type: none"> - marées en lignes - stocks en colonnes - données : poids en kg, exprimé en % par ligne - 1 fichier « chalutiers » - 26 fichiers ports-engins 	<ul style="list-style-type: none"> - 266 chalutiers en lignes - T tactiques en colonnes - données : nombre de marées par chalutier et par tactique, en % par ligne - 1 seul fichier « chalutiers »
Classification	Méthode des K-means	
Etapes	Plusieurs essais sur la valeur de k (= nombre de groupes/clusters)	
Critères	Maximalisation de la somme des carrés intergroupes, groupes ± cohérents et en nombre raisonnable	
Résultats attendus	Identification de T groupes = T _c tactiques chalutières et T _p tactiques piroguières. Création de la nouvelle variable « <u>tactique</u> » dans chaque fichier. Tactiques labellisées selon leurs profils spécifiques majeurs, décrites à partir d'un choix des autres variables	Identification de S groupes = S stratégies chalutières. Création de la variable « <u>stratégie</u> » dans le fichier « chalutiers ». Stratégies labellisées selon leurs tactiques les plus probables d'être mises en œuvre, décrites à partir d'un choix des autres variables

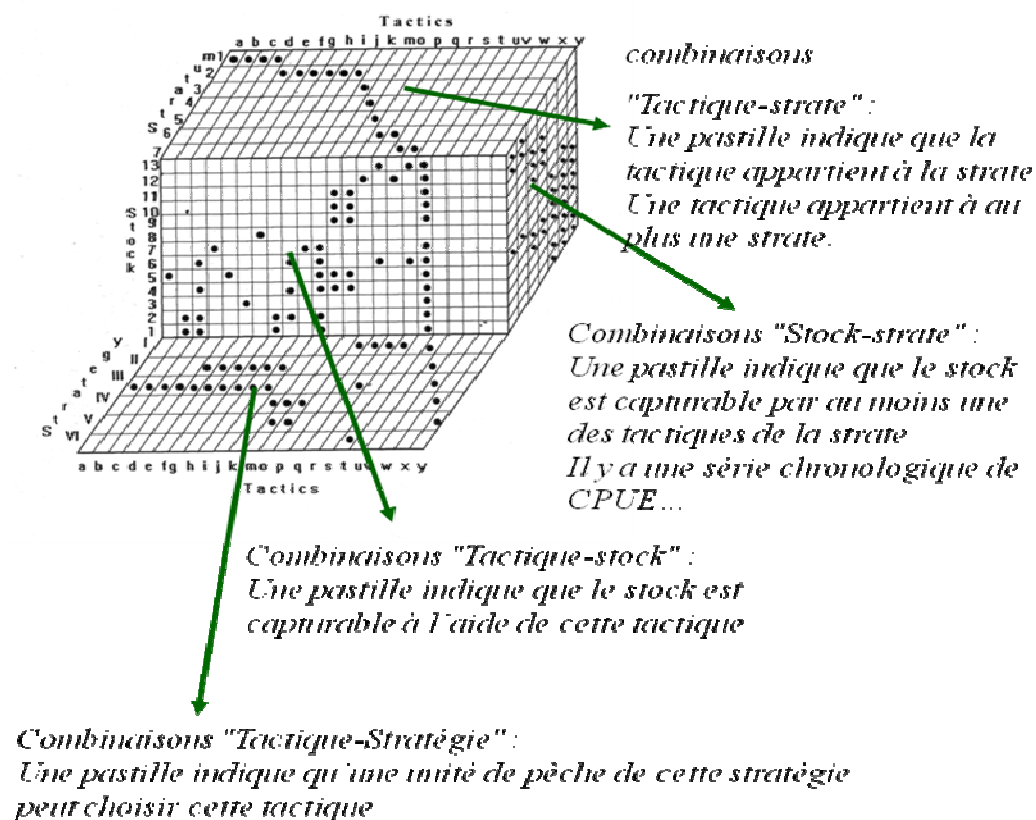


Figure 14: Illustration du diagramme de PECH avec ses articulations

3.4. Résultats

3.4.1. Tactiques de pêche chalutière

3.4.1.1. Tactiques chalutières initiales

Après plusieurs essais, le choix a été porté à 12 tactiques de pêche sur la base de la cohérence des résultats avec les connaissances disponibles sur les stocks (Tableau 25). La somme des écarts intragroupes, i.e. intra tactiques, a pu être réduite de 614×10^5 à 193×10^5 . En nous référant aux taxons dominants, qui peuvent être considérés comme les principales cibles, ces tactiques ont été labellisées comme suit : « poissons gris 1 », « rougets 1 », « crevette côtière », « divers 1 », « seiche », « brotule », « rougets 2 », « pageot », « divers 2 », « poissons gris 2 », « poulpe 1 » et « poulpe 2 ». Le nombre de marées varie de 1014 pour la tactique « poulpe 1 » à 12 194 pour la tactique « divers 1 ».

3.4.1.2. Tactiques chalutières retenues

Il se dégage 2 faits majeurs du Tableau 25: a) les divers (DIV) sont un composant spécifique important de 10 tactiques sur 12 pour lesquelles son taux varie de 10 % à 77 % b) il existe des similarités réelles entre certaines tactiques au plan de la composition spécifique. Pour éviter des redondances et après avis d'un expert local de la pêche (cf. discussion), nous avons finalement retenu 8 tactiques de pêche dont 4 sont agrégées 2 à 2, les quatre autres étant conservées telles quelles (Tableau 26). Les 4 tactiques agrégées sont :

- la tactique “poissons gris” (GRI) qui regroupe les tactiques « poissons gris 1 » et « poissons gris 2 », soit au total 6 226 marées. Cette tactique agrégée est caractérisée par la part globale des « poissons gris » (72 %) qui est quasi équitablement répartie entre ses sous composantes : OMB (19 %), CYN (14 %), SOM (14 %), MAC (13 %) et TKM (12 %). Rappelons que les « poissons gris » désignent la faune des poissons des fonds à crevettes
- la tactique “rouget” (ROU) obtenue à partir de la tactique “rouget 1” et de la tactique “rouget 2”. Le rouget représente près de la moitié de la composition spécifique (49 %) suivi des divers (30 %). C'est dans cette tactique que l'on enregistre le plus grand nombre de marées : 7 354

Tableau 25: Présentation des 12 tactiques initialement identifiées

Tactiques de pêche	DIV	BRO	CAR	PEN	MAC	PAG	ROU	SEI	CYN	SOM	TKM	OMB	PAR	POU
Tactique 1 Poissons gris1 3 214 marées	5%	1%	1%	5%	7%	1%	1%	5%	24%	6%	13%	30%	0%	1%
Tactique 2 Rougets 1 2948 marées	14%	0%	0%	0%	0%	5%	63%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	7%
Tactique 3 Crevette côtière 1662 marées	11%	0%	1%	45%	4%	2%	1%	6%	12%	2%	6%	7%	0%	1%
Tactique 4 Divers1 12194 marées	77%	1%	0%	4%	0%	1%	3%	3%	8%	1%	0%	0%	0%	2%
Tactique 5 Seiche 2148 marées	12%	0%	1%	3%	1%	2%	10%	53%	7%	2%	2%	2%	0%	6%
Tactique 6 Brotule 1096 marées	11%	55%	7%	1%	0%	11%	0%	1%	3%	0%	1%	1%	0%	8%
Tactique 7 Rougets 4406 marées	46%	0%	0%	0%	0%	1%	35%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	6%
Tactique 8 Pageot 1880 marées	14%	2%	3%	1%	1%	45%	18%	6%	1%	1%	1%	2%	0%	5%
Tactique 9 Divers 2 2057 marées	50%	1%	1%	11%	1%	1%	1%	9%	14%	3%	2%	2%	1%	4%
Tactique 10 Poissons gris 2 3012 marées	10%	1%	10%	2%	18%	3%	1%	5%	3%	22%	11%	8%	3%	1%
Tactique 11 Poulpe 1 1014 marées	4%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	5%	1%	0%	1%	0%	0%	83%
Tactique 12 Poulpe 2 1640 marées	12%	1%	2%	2%	1%	4%	14%	18%	4%	2%	2%	1%	0%	38%

Tableau 26: Présentation des 8 tactiques retenues après agrégation

Tactiques de pêche	DIV	BRO	CAR	PEN	MAC	PAG	ROU	SEI	CYN	SOM	TKM	OMB	PAR	POU
Poissons gris <u>Tactiques 1 et 10</u> 6 226 marées	8%	1%	6%	4%	13%	2%	1%	5%	14%	14%	12%	19%	2%	1%
Rouget <u>Tactiques 2 et 7</u> 7 354 marées	30%	0%	0%	0%	0%	3%	49%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	7%
Divers <u>Tactiques 4 et 9</u> 4 251 marées	64%	1%	1%	8%	1%	1%	2%	6%	11%	2%	1%	1%	1%	3%
Poulpe <u>Tactiques 11 et 12</u> 2 654 marées	8%	1%	1%	2%	1%	2%	8%	12%	3%	1%	2%	1%	0%	61%
Crevette côtière <u>Tactique 3</u> 1 662 marées	11%	0%	1%	45%	4%	2%	1%	6%	12%	2%	6%	7%	0%	1%
Seiche <u>Tactique 5</u> 2 148 marées	12%	0%	1%	3%	1%	2%	10%	53%	7%	2%	2%	2%	0%	6%
Brotule <u>Tactique 6</u> 1096 marées	11%	55%	7%	1%	0%	11%	0%	1%	3%	0%	1%	1%	0%	8%
Pageot <u>Tactique 8</u> 1 880 marées	14%	2%	3%	1%	1%	45%	18%	6%	1%	1%	1%	2%	0%	5%

NB – Les proportion des taxons dominants sont en gras – La tactique “poissons gris” sera annotée “GRI” par la suite

- la tactique “divers” (DIV), résultat de l’agrégation entre la tactique “divers 1” et de la tactique “divers 2 ». Ici, les divers représentent près des 2/3 (64 %) de la composition spécifique
- la tactique “poulpe” (POU), combinaison de la tactique “poulpe 1” et de la tactique “poulpe 2”, dominée par le poulpe commun qui représente un peu plus des 3/5 de la composition spécifique (61 %)

Les 4 tactiques non agrégées, sont :

- la tactique “crevette côtière” (PEN) ou tactique 3, regroupant 1 662 marées et dont la composition spécifique est dominée par PEN (45%)
- la tactique “seiche” (SEI). Il s’agit de la tactique 5 dans laquelle il y a 2 148 marées et dont le profil spécifique est à dominante de SEI (53 %)
- la tactique “brotule” (BRO) ou tactique 6 avec ses 1 096 marées dont la BRO représente plus de la moitié de la composante spécifique (55 %)
- la tactique “pageot” (PAG), tactique 8 avec 1 880 marées et le PAG comme composant spécifique majeur (45 %)

3.4.1.3. Description détaillée

La description des 8 tactiques retenues peut être affinée, au-delà des compositions spécifiques et des nombres de marées qui les caractérisent de prime abord, si on s’intéresse également au mode de conservation à bord et à des paramètres spatiaux et temporels.

3.4.1.3.1. Modes de conservation à bord

Pour ce qui est du mode de conservation des prises à bord, il peut s’agir de glaçage ou de congélation. Il ressort de la Figure 15 que les marées de chalutiers congélateurs sont dominantes dans la seule tactique 3 (CRE/crevette côtière) où elles représentent les 4/5 des sorties. Dans toutes les autres tactiques, les marées sont essentiellement le fait de chalutiers glacières. Cela est particulièrement vrai dans le cas de la tactique « rouget » (ROU) où la part des marées glacières atteint 95 %.

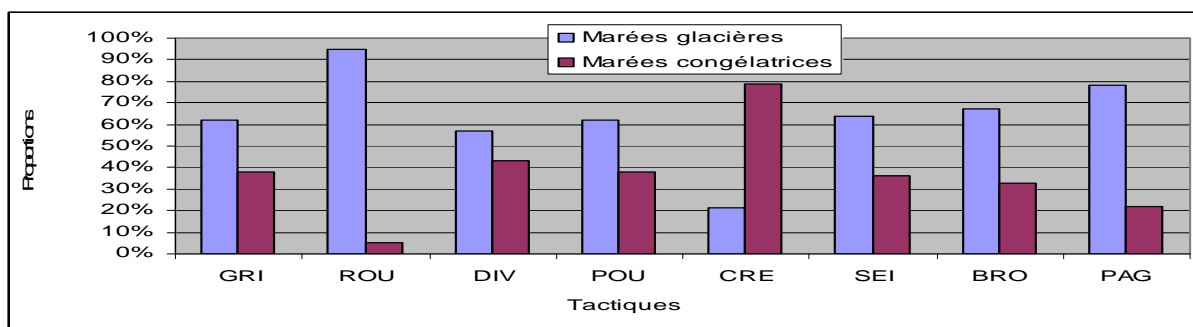


Figure 15: Proportion des marées glacières et congélatrices par tactique

3.4.1.3.2. Paramètre spatial

Le sud du Sénégal est la plus importante zone de pêche des tactiques « crevette côtière » (CRE, 68 % des marées), « poissons gris » (GRI, 65 %) et « divers » (DIV, 59 %). Le centre du Sénégal revêt une importance majeure pour les tactiques « rouget » (ROU, 82 % des marées), « poulpe » (POU, 55 %) et « pageot » (PAG, 54 %). La tactique « seiche » est très légèrement dominante en zone centre (48 %) par rapport au sud (45 %) ; la même remarque étant valable pour la tactique « brotule » au nord (46 %) comparativement au sud (42 %). Toutes tactiques confondues, la Mauritanie et les lieux indéterminés – cf. autres zones – restent des lieux de pêche marginaux (Figure 16).

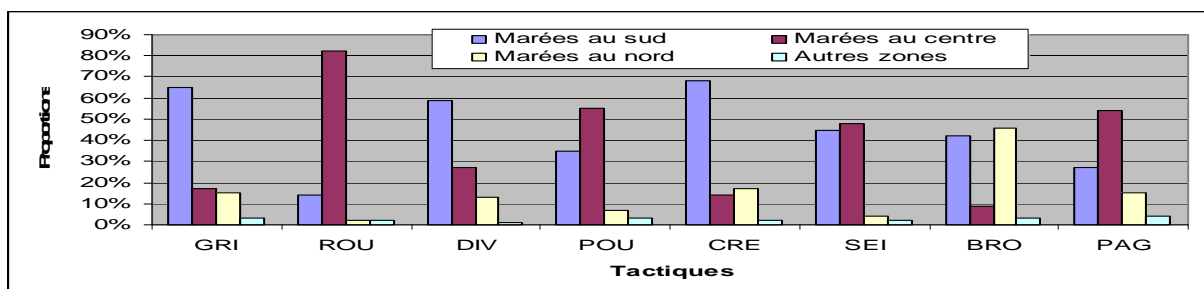


Figure 16: Proportions des marées zonales par tactique

3.4.1.3.3. Paramètre temporel

Si on pose saison chaude = quinzaines 12 à 20 et saison froide = quinzaines 1 à 11 + quinzaines 21 à 24, alors on peut dire que : a) les marées des tactiques CRE, SEI, PAG et BRO ont essentiellement lieu durant la saison froide, c'est-à-dire de novembre à mai b) les tactiques POU et ROU sont surtout mises en œuvre en saison chaude, c'est-à-dire de juin à

octobre c) aucune saisonnalité claire n'est notée pour les tactiques restantes – DIV et GRI – qui semblent relativement stables tout au long de chaque année (Figure 17).

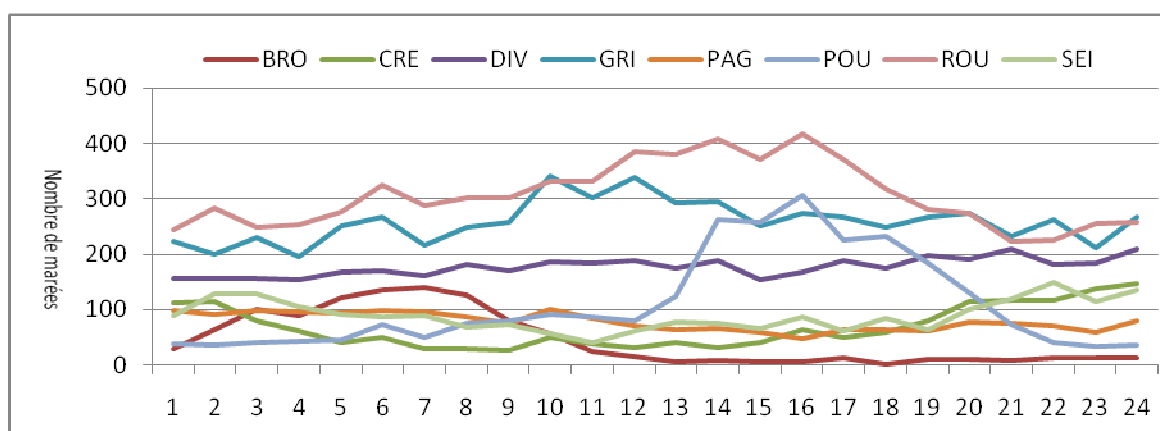


Figure 17: Variations du nombre de marées par tactique selon la quinzaine

Les années allant de 1995 à 1997, donc postérieures à la dévaluation du FCFA survenue en 1994, sont caractérisées par un accroissement important des marées au niveau des tactiques ROU, DIV et GRI. L'année 1998, par contre, se singularise par une chute notable du nombre de marées, toutes tactiques confondues. Enfin, la tactique POU présente une tendance spéciale en 1999 ; année durant laquelle 58 % des marées appartenaient à cette tactique (Figure 18).

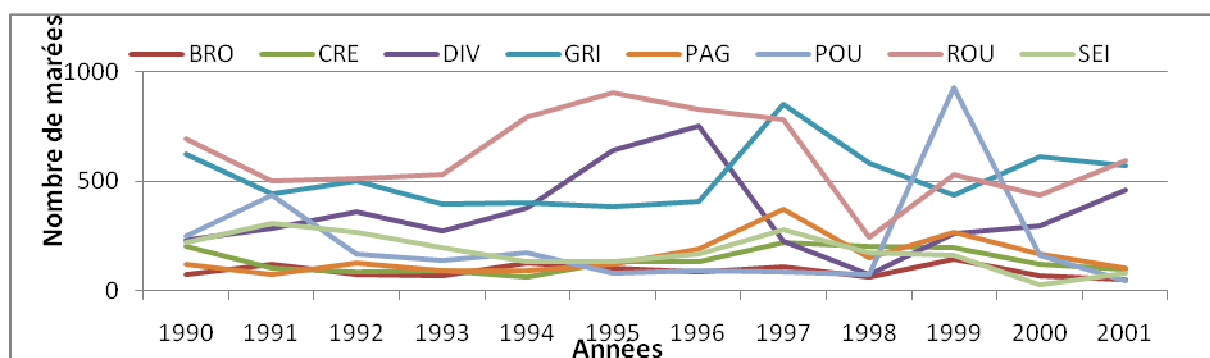


Figure 18: Variations du nombre de marées par tactique selon l'année

Les informations relatives à la description des 8 tactiques de pêche chalutières retenues (poissons gris, rougets, divers, poulpe, crevette côtière, seiche, brotule et pageot) sont synthétisées dans le Tableau 27. On y note particulièrement que les marées faites en dehors de la ZEE sénégalaise sont extrêmement rares (de 1 % pour les marées de la tactique « divers » à 4 % pour celles de la tactique « pageot »).

Tableau 27: Résumé des éléments descriptifs des tactiques de pêche retenues

Paramètres	Poissons gris	Rougets	Divers	Poulpe	Crevette côtière	Seiche	Brotule	Pageot
Nombre de marées	6 226	7 354	4 251	2 654	1 662	2 148	1 096	1 880
Tactiques agrégées	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Tactiques concernées	1 et 10	2 et 7	4 et 9	11 et 12	3	5	6	8
Profil spécifiques majeurs (≥ 10 %)	<u>72 % GRI</u> (19 % d'OMB, 14 % de CYN, 14 % de SOM, 13 % de MAC et 12 % de TKM)	<u>49 % ROU</u> , 30 % de DIV et 13 % de SEI	<u>64 % DIV</u> , 11 % de CYN	<u>61 % POU</u> et 12 % de SEI	<u>45 % PEN</u> , 12 % de CYN et 11 % de DIV	<u>53 % SEI</u> , 12 % de DIV et 10 % de ROU	<u>55 % BRO</u> , 11 % de PAG et 11 % de DIV	<u>45 % PAG</u> , 18 % de ROU et 14 % de DIV
Marées de glaciers	62 %	95 %	57 %	62 %	21 %	64 %	67 %	78 %
Marées de congélateurs	38 %	5 %	43 %	38 %	79 %	36 %	33 %	22 %
Marées au sud du Sénégal	<u>65 %</u>	14 %	<u>59 %</u>	35 %	<u>68 %</u>	45 %	42 %	27 %
Marées au centre du Sénégal	17 %	82 %	27 %	55 %	14 %	48 %	9 %	54 %
Marées au nord du Sénégal	15 %	2 %	13 %	7 %	17 %	4 %	<u>46 %</u>	15 %
Autres provenances	3 %	2 %	1 %	3 %	2 %	2 %	3 %	4 %
Saisonnalité	Aucune	Saison chaude	Aucune	Saison chaude	Saison froide	Saison froide	Saison froide	Saison froide

3.4.2. Stratégies de pêche chalutières

Pour mémoire, les stratégies sont des listings de tactiques de pêche. Elles sont obtenues par la classification de type k-means à partir d'un fichier comportant les chalutiers en lignes, les tactiques en colonnes ; les données d'entrée étant des effectifs de marées/chalutier/tactique. Leur labellisation se fait selon la (les) tactique (s) la (les) plus probable (s) d'être déployée (s). Six (6) stratégies de pêche, notées de I à VI, sont d'abord obtenues sur la base des 12 tactiques de pêche initiales (Tableau 28). Dans cette partition, la somme des écarts intra-groupes, i.e. intra-stratégies, à minimiser, est passée de 532×10^5 à 305×10^5 .

Tableau 28: Décompositions des stratégies suivant les 12 tactiques initiales

Tactiques de pêche	Stratégies de pêche					
	I 68 bateaux	II 45 bateaux	III 35 bateaux	IV 72 bateaux	V 42 bateaux	VI 4 bateaux
Tactique 1	16	2%	44 %	5 %	6 %	4 %
Tactique 2	1 %	23 %	3 %	5 %	2 %	0 %
Tactique 3	24 %	2 %	4 %	3 %	3 %	0 %
Tactique 4	7 %	7 %	9 %	5 %	5 %	86 %
Tactique 5	7 %	8 %	3 %	18 %	8 %	0 %
Tactique 6	3 %	1 %	10 %	3 %	5 %	0 %
Tactique 7	2 %	40 %	2 %	4 %	2 %	0 %
Tactique 8	4 %	4 %	6 %	11 %	5 %	0 %
Tactique 9	20 %	3 %	4 %	7 %	7 %	2 %
Tactique 10	9 %	2 %	7 %	7 %	48 %	9 %
Tactique 11	3 %	2 %	6 %	13 %	7 %	0 %
Tactique 12	3 %	6 %	3 %	19 %	4 %	0 %

Nous avons finalement retenu les stratégies I, II, III, IV et V décrites sur la base des 8 tactiques (Tableau 29) et des caractéristiques (Tableau 30) des bateaux qui les composent. L'élimination des chalutiers de la stratégie VI s'explique surtout par leur très faible effectif (4 bateaux sur 266, soit $< 2 \%$). Ces flottilles affichent le plus faible effort nominal (25 000 heures de mer) et déploient la tactique « divers 1 » en priorité (86 % de chances de choix).

3.4.2.1. Stratégie I

La stratégie I renferme 68 chalutiers développant des tactiques de pêche ayant quasiment les mêmes chances de survenue : « divers » (27 %), « poissons gris » (25 %) et « crevette côtière » (24 %). On y note le plus gros effort nominal (3 064 468 heures de mer) et les plus forts pourcentages de chalutiers congélateurs (87 %) et crevettiers (87 %). Les chalutiers de cette stratégie peuvent être considérés comme des **crevettiers**.

Tableau 29: Décompositions des stratégies suivant les 8 tactiques

Stratégies de pêche	Stratégie I	Stratégie II	Stratégie III	Stratégie IV	Stratégie V
Nombre de chalutiers	68	45	35	72	42
Tactique « poissons gris »	25 %	4 %	51 %	12 %	54 %
Tactique « rougets »	3 %	63 %	5 %	9 %	4 %
Tactique « divers »	27 %	10 %	13 %	12 %	12 %
Tactique « poulpe »	6 %	8 %	9 %	32 %	11 %
Tactique « crevette côtière »	24 %	2 %	4 %	3 %	3 %
Tactique « seiche »	7 %	8 %	3 %	18 %	8 %
Tactique « brotule »	3 %	1 %	10 %	3 %	5 %
Tactique « pageot »	4 %	4 %	6 %	11 %	5 %

Tableau 30 : Principales caractéristiques des stratégies de pêche

Stratégies de pêche	Stratégie I	Stratégie II	Stratégie III	Stratégie IV	Stratégie V
Total chalutiers	68	45	35	72	42
Chalutiers en « bœuf »	1	0	2	1	12
Chalutiers étrangers	0	6	1	3	1
Congélateurs (%)	87 %	13 %	29 %	65 %	29 %
Crevettiers (%)	78 %	9 %	31 %	19 %	7 %
TJB moyen	159	80	146	261	276
Puissance moyenne	613 CV	436 CV	630 CV	996 CV	1 066 CV
Effort (heures de mer)	3 064 468	906 785	1 314 259	2 064 837	823 342

3.4.2.2. Stratégie II

La stratégie II englobe 45 chalutiers qui adoptent essentiellement la tactique « rougets » (63 % de chances de mise en œuvre). Ces unités de pêche comprennent 6 des 11 chalutiers battant pavillon étranger. Elles ont, par ailleurs, les plus faibles TJB moyen (80), puissance moyenne (436 CV) et pourcentage de congélateurs (13 %). Cette stratégie caractérise surtout des **rougettiers**.

3.4.2.3. Stratégie III

La stratégie III rassemble 35 chalutiers dont les tactiques de pêche les plus probables sont « poissons gris » (51 % de chances), « divers » (13%) et « brotule » (10 %) ; ce qui conduit à dénommer les unités de pêche adoptant cette stratégie de chalutiers **poissonniers profonds**, eu égard à l'importance relative de la tactique « brotule » dont l'espèce cible évolue dans les biotopes profonds.

3.4.2.4. Stratégie IV

La stratégie IV recèle le plus grand nombre de chalutiers : 72 soit 27 % de la flotte. Elle est dominée par les tactiques « poulpe » (32 %) et « sèche » (18 %) ; soit 50 % globalement pour ces tactiques que l'on peut qualifier de « céphalopodes ». Ce qui, naturellement, autorise à assimiler les chalutiers adoptant cette stratégie à des **céphalopodiers**. Ceux-ci sont essentiellement des congélateurs (65 %) détenteurs de licences « poissons céphalopodes » (81 %) avec des niveaux élevés de TJB, puissance moyenne et effort nominal.

3.4.2.5. Stratégie V

La stratégie V, tout comme la stratégie III, est caractérisée par la plus grande chance de survenue de la tactique « poissons gris » (54 %, id). Toutefois, on y note plus de tactiques côtières (« sèche », par exemple) que dans la stratégie III. De plus, elle regroupe 12 des 14 chalutiers pêchant en bœuf. Les chalutiers rangés dans cette stratégie de pêche sont surtout des glaciers (71 %) détenteurs de la licence « poissons céphalopodes » (93 %). En outre, ils affichent les plus forts TJB (276) et puissance motrice (1 066 CV) moyens. Tous ces paramètres prouvent le caractère côtier de l'activité de ces unités de pêche assimilables à des **poissonniers côtiers**.

3.4.3. Tactiques de pêche piroguère

La moitié des 995 012 sorties enquêtées de 1980 à 2006 sont le fait de pirogues opérant avec des lignes diverses, suivies de celles opérant avec des filets passifs (1/5) ou avec une senne tournante (1/5 pratiquement). Ces 3 engins de pêche totalisent ainsi près de 90 % de ces marées. En termes de port, 56 % des marées sont effectuées au niveau de la petite côte (29 % à Mbour + 27 % à Joal), le ¼ en zone nord (14 % à Kayar + 11 % à Saint-Louis) et près du 1/5 à Dakar (Figure 19).

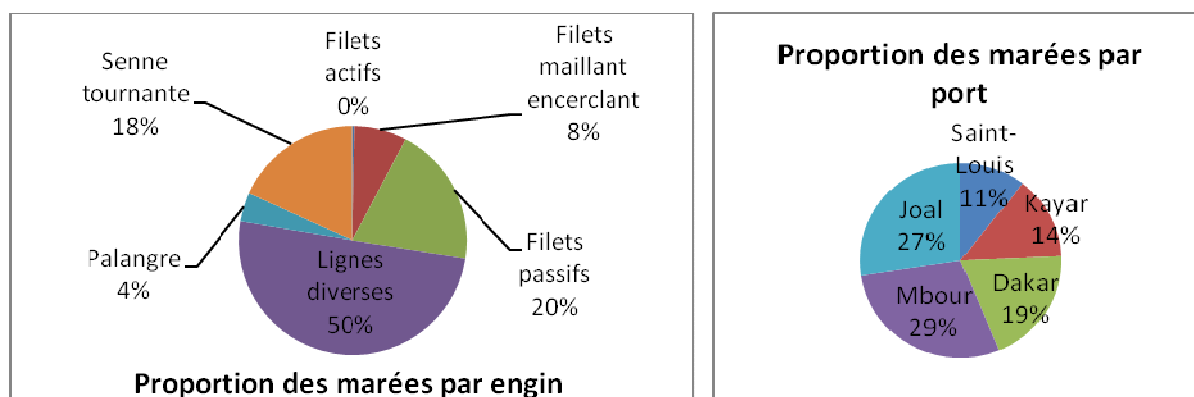


Figure 19 : Variations de la part des marées piroguères par engin et par port

Soixante – cinq (65) tactiques de pêche artisanale ont été identifiées à partir des 24 combinaisons de fichiers engins-ports. Une présentation succincte en est faite ci-après, en référence aux types d'engins, suivie d'une synthèse finale. Nous distinguerons les tactiques quasiment mono spécifiques (un taxon ou groupe de taxons domine assez largement les autres : ≥ 40 % des prises, en général) des tactiques plurispécifiques/composites (2 à 3 taxons ou groupes de taxons, en proportions \pm comparables, par exemple, 18 %, 25 % et 21 %, dominant). Les tactiques du premier engin abordé – lignes diverses – seront assez largement décrites, celles des autres, abordées de façon plus sommaire. Toutefois, l'ensemble des résultats retenus, après confrontation du nombre de tactiques (2 à 5 en général voire, 1) et de leurs compositions, figure in extenso en **Annexe II**.

3.4.3.1. Tactiques « lignes diverses »

Au total, 20 tactiques de pêche sont identifiées à partir des 499 712 marées de pirogues opérant avec des lignes diverses (Tableau 31). Elles se résument en 15 tactiques mono spécifiques et 5 tactiques plurispécifiques.

La tactique « pagre » existe à Saint-Louis et à Mbour avec, toutefois, une plus grande présence de l'espèce-cible et un effort plus important au niveau de ce dernier port (70 % de pagre contre 54 % à Saint-Louis, plus de 29 000 sorties, soit plus du double de celui noté à Saint-Louis). Les tactiques « pageot » et « thiof » sont identifiées à Kayar et Dakar avec, toutefois, davantage de sorties enquêtées au niveau du 1^{er} port et une plus grande représentativité des taxons ciblés dans le second. Les tactiques suivantes sont très localisées : ngott/tassergal *Pomatomus saltator* et Carangidés à Saint-Louis, ravil *Euthynnus alletteratus* à Dakar.

Les tactiques relatives aux céphalopodes (poulpe et seiche) et aux Sparidés (pagre et pageot) sont les tactiques mono spécifiques les plus fréquentes. Il y a 4 tactiques « poulpe » dans tous les ports, sauf à Saint-Louis, 3 tactiques « seiche » à Dakar, Mbour et Joal. Les proportions spécifiques y varient de 80 % à 96 % pour le poulpe et de 91 % à 94 % pour la seiche. Le plus grand nombre de sorties enquêtées est noté dans les tactiques « seiche ». Les tactiques composites ou plurispécifiques sont essentiellement à base de Serranidés (thiof ou autres mérous) et de Carangidés, associés entre eux ou avec le faux-perroquet *Lagocephalus sp*, les Sparidés (pagre, pageot et sars *Diplodus sp*) et l'espadon voilier *Istiophorus albicans*. Il y en a, en moyenne, une par port.

Tableau 31 : Principales tactiques identifiées à partir des lignes diverses

Saint-Louis		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Ngott	79	3 471	37 531
Tact2	Tiof+Lago	26	16 706	
Tact3	Cara	64	6 134	
Tact4	Pagre	58	11 830	
Kayar		%	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Tiof	75	16 699	106 542
Tact2	Pageo	77	23 151	
Tact3	Cara+Espa	23	54 723	
Tact4	Poulp	80	11 969	
Dakar		%	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Tiof	85	13 737	134 814
Tact2	Pageo	82	18 825	
Tact3	Ravi	91	13 778	
Tact4	Poulp	87	12 886	
Tact5	Dipl+Cara	23	75 588	
Mbour		%	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Cara+Pageo+Serr	40	31 130	143 465
Tact2	Seich	91	41 947	
Tact3	Poulp	93	41 059	
Tact4	Pagre	70	29 329	
Joal		%	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Pagre+Tiof	35	26 184	77 360
Tact2	Poulp	96	17 188	
Tact3	Seich	94	33 988	

A titre d'illustration, la composition spécifique des 3 tactiques retenues au niveau de la strate lignes diverses à Dakar est illustrée dans le [Tableau 32](#). On peut y noter :

- les valeurs du critère retenu : somme des écarts des carrés inter classes, c'est-à-dire inter tactiques (à maximiser)
- les proportions spécifiques
- les effectifs des marées au sein des classes ou tactiques
- les permutations d'effectifs entre le nombre de tactiques (n) retenues, pour n passant de 5 à 4, de 4 à 3 et de 3 à 2
- les taxons dominants qui, sur la base d'un seuil minimal de 10 %, y sont hachurés en différentes couleurs. Leurs noms déterminent, en grande partie, le label des 3 tactiques correspondantes : pagre et thiof, poulpe et seiche

Tableau 32 : compositions spécifiques de tactiques "lignes diverses" à Dakar

*** Number of classes = 3

*** Class contributions to criterion ***

	1	2	3
	81 652 627	640 125	3 536 505

*** Criterion value = 85829257.71023

*** Class mean values ***

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	5.055	8.116	0.012	0.236	0.109
2	0.006	0.016	0.000	0.000	0.000
3	0.018	0.033	0.003	0.003	0.005
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.142	0.000	9.060	9.630	0.313
2	0.000	0.000	0.004	0.010	0.000
3	0.007	0.000	0.032	0.448	0.007
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	4.246	0.027	2.246	0.239	8.620
2	0.002	0.000	0.002	0.001	0.005
3	0.060	0.002	0.082	0.045	0.126
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.005	0.006	0.365	1.803	35.178
2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004
3	0.000	0.000	0.005	0.027	0.081
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.053	0.031	1.116	0.078	0.410
2	0.005	0.000	0.294	96.469	0.002
3	0.002	0.003	93.972	0.247	0.137
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.039	2.234	0.080	0.005	0.276
2	0.000	0.161	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.285	0.001	0.001	0.029

Tact. 1 = 26184 sorties, Tact. 2 = 17188 sorties, Tact. 3 = 33988 sorties

T54 (transferts entre les tactiques 5 à 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	25054	0	0	3
2	0	32655	0	0
3	254	1197	25	173
4	0	0	17158	0
5	0	0	0	841

T43 (transferts entre les tactiques 4 à 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	25308	0	0
2	10	0	33842
3	0	17183	0
4	866	5	146

T32 (transferts entre les tactiques 3 à 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	26178	6
2	18	17170
3	33988	0

3.4.3.2. Tactiques « palangre »

L'analyse des 40 555 sorties enquêtées de pirogues pêchant à la palangre a permis d'identifier 12 tactiques dont 3 mono spécifiques et 9 composites englobant les tactiques « Serranidés + thiof » (= mérous) et « brotule + dentés profonds » (= stocks profonds) (Tableau 33).

Les tactiques « mérous », localisées uniquement à Dakar et sur la petite côte, ont des compositions en Serranidés comprises entre 42 % et 78 % avec un effort maximal à Mbour (6 028 sorties enquêtées). Les tactiques « profondes » sont exclusivement présentes en zone nord, c'est-à-dire à Kayar et à Saint-Louis. Les autres tactiques plurispécifiques sont à base de Carangidés (associés à la brotule à Kayar, au pageot à Dakar), de pagre (lié au thiof à Saint-Louis, aux Lutjanidés et à la brotule à Dakar).

Les 3 tactiques mono spécifiques notées concernent le pagre à Mbour (53 % des prises, 3 000 sorties environ) et les mâchoirons à Mbour et à Joal (81 et 95 % de *Arius sp* et près de 1 100 et 2 100 sorties, respectivement).

Tableau 33: Principales tactiques identifiées à partir de la palangre

Saint-Louis		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Brot+Dpro	93	917	5 059
Tact2	Pagre+Tiof	49	4 142	
Kayar		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Cara+Brot	45	4 175	9 229
Tact2	Brot+Dpro	89	5 054	
Dakar		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Pagre+Lutj+Brot	35	6 116	11 009
Tact2	Pageo+Cara	77	1 911	
Tact3	Serr+Tiof	78	2 982	
Mbour		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Mach	81	1 128	10 176
Tact2	Pagre	53	3 020	
Tact3	Serr+Tiof	42	6 028	
Joal		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Serr+Tiof	55	2 997	5 082
Tact2	Mach	95	2 085	

3.4.3.3. Tactiques « filets passifs »

La classification des 196 943 marées de pirogues utilisant les filets passifs a abouti à l'identification de 17 tactiques de pêche dont 2 tactiques « soles » au nord (58 % de *Cynoglossus sp* à Saint-Louis, 74 % à Kayar), 2 tactiques « yeet » sur la petite côte (84 % de *Cymbium sp* à Mbour, 91 % à Joal) et 2 tactiques « sardinelles » à Dakar (84 %) et Mbour (79 %) (Tableau 34). Les autres tactiques mono spécifiques sont à dominante de requin *Mustellus mustellus* (69 %) à Saint-Louis et de diagramme *Plectorhynchus mediterraneus* (70 %) à Dakar. Quant aux tactiques plurispécifiques, elles sont basées sur des combinaisons dont les éléments-clés sont le Yeet et les soles associés entre eux ou à d'autres taxons : sompatt, barracuda, Carangidés, mâchoirons, etc.

Tableau 34: Principales tactiques identifiées à partir des filets passifs

Saint-Louis		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Mach+Argy	60	8 732	40 796
Tact2	Must	69	4 741	
Tact3	Yeet+Somp	21	17 974	
Tact4	Sole	58	9 349	
Kayar		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Tiof+Argy	21	2 347	6 888
Tact2	Sole	74	1 986	
Tact3	Pageo+Div	36	890	
Tact4	Sole+Sard+Tkem	55	1 665	
Dakar		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Cara+Barr+Yeet	71	5 008	32 589
Tact2	Plec	70	5 028	
Tact3	Dipl+Ravi	19	17 657	
Tact4	Sard	84	4 896	
Mbour		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Sard	79	8 348	53 875
Tact2	Plec+Yeet	31	26 564	
Tact3	yeet	84	18 963	
Joal		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Sole+Yeet+Mach	53	34 396	62 795
Tact2	yeet	91	3 99	

3.4.3.4. Tactiques « filets actifs »

Pour ce qui est des filets actifs, i.e. filets maillants dérivants de surface et de fonds, rappelons que seules sont prises en compte les données du port de Saint-Louis (3 295

sorties). Il est ressorti de l'analyse de celles-ci, les 3 tactiques de pêche suivantes: a) « Mugil » : 80 % de mulets ou *Mugil sp*, 1 351 sorties b) « Mustellus + Ravil » : 18 %, 718 sorties c) « sard » : 84 % de sardinelles, 1 226 sorties.

3.4.3.5. Tactiques « filets maillants encerclants »

Ici, les analyses sont limitées aux ports de la petite côte, Mbour et Joal, où sont dénombrées 3 tactiques de pêche. Une seule tactique « sardinelle », avec 100 % de captures constituées de l'espèce du même nom et 64 754 sorties enquêtées, est déployée par les FME à Joal. A Mbour, la même tactique « sardinelle » (99 % de l'espèce cible, 8 030 sorties) cohabite avec la tactique plurispécifique « Mugil + divers » (80 % des prises, 800 sorties environ).

3.4.3.6. Tactiques « senne tournante »

Le nombre de sorties analysées est de 180 920. Les tactiques identifiées sont au nombre de 10, à raison de 2 tactiques/port incluant, nécessairement, une tactique mono spécifique « sardinelle ». Dans ces tactiques, les proportions de la cible varient de 93 % à Kayar (6 254 sorties) à 99 % à Saint-Louis (14 716 sorties) et sur la petite côte où l'on note les records de l'effort (près de 53 000 sorties enquêtées à Joal, 59 000 à Mbour). Pour l'essentiel, les 5 tactiques composites restantes sont des assemblages de Carangidés, de mulets, de tassergal, de ravil, de sompatt *Pomadasys sp* et de divers taxons (Tableau 35).

Tableau 35: Principales tactiques identifiées à partir de la senne tournante

Saint-Louis		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Sard	99	14 716	18 106
Tact2	Ngott+Cara+Mugi	49	3 390	
Kayar		%	Sorties	Total des sorties
Tact1	Sard	93	6 254	14 101
Tact2	Cara+Ravi	64	7 847	
Dakar		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Cara+Ravi+Mugi	52	6 782	14 928
Tact2	Sard	98	8 146	
Mbour		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Sard	100	59 113	70 220
Tact2	Divers+Cara	27	11 107	
Joal		% taxons majeurs	Sorties enquêtées	Total des sorties enquêtées
Tact1	Sard	99	52 715	63 565
Tact2	Divers+Somp+Ravil	49	10 850	

3.4.3.7. Synthèse des tactiques piroguières

Le Tableau 36 synthétise les informations relatives aux 65 tactiques de pêche artisanale – 30 mono spécifiques et 35 plurispécifiques – identifiées par port à partir des compositions spécifiques des 995 012 sorties enquêtées.

Leur agrégation, sur la base de l'espèce ou du groupe d'espèces dominante (s) – le 1^{er} taxon ou groupe de taxons cité dans les tactiques composites – donne les 15 tactiques recomposées suivantes : stocks profonds, Carangidés, Sparidés, divers, mâchoirons, mulets, requins, tassergal, diagramme, céphalopodes, rasil, sardinelles, Serranidés, soles et yeet.

Les tactiques profondes (brotule + dentés profonds), requins *Mustellus mustellus*, mâchoirons *Arius sp*, soles *Cynoglossus sp* et tassergal *Pomatomus saltator* sont essentiellement déployées au nord, soit à Saint-Louis et/ou à Kayar.

Les tactiques Yeet *Cymbium sp*, sardinelles *Sardinella sp*, divers et céphalopodes (poulpe et seiche) sont surtout mises en œuvre au niveau des ports de la petite côte, c'est-à-dire Mbour et/ou Joal. Au nord, aucune tactique céphalopode, poulpe ou seiche, n'existe à Saint-Louis. Seule la tactique poulpe est identifiée à Kayar.

Dakar est un lieu de déploiement important des tactiques ciblant le pagre, le thiof, les sars *Diplodus sp*, le pageot, le diagramme *Plectorhynchus mediterraneus*, le poulpe et surtout le rasil *Euthynnus alletteratus*. La pêche de ce petit thonidé serait d'ailleurs une exclusivité de Dakar, accessoirement de Kayar et Saint-Louis, au nord, où ce poisson fait partie de certaines tactiques composites.

Kayar est un port très marqué par la pratique des tactiques de pêche composites touchant, en grande partie, les Carangidés (*Trachurus sp*, *Decapterus rhonchus*, etc.), les Sparidés (pageot et pagres), les céphalopodes et les mérous (*E. aeneus*, autres mérous et badèche *Mycteroperca rubra*).

La tactique « diagramme » est surtout pratiquée à Mbour où les tactiques ciblant les Carangidés et les mérous sont également importantes à considérer.

Tableau 36 : Répartition globale des sorties enquêtées par tactique et par port

Tactiques 1	Tactiques 2	Saint-Louis	Kayar	Dakar	Mbour	Joal	Total
Brot+Dpro	Stocks profonds	917	5 054				5 971
Cara	Carangidés	8 764					8 764
Cara+Barr+Yeet				5 008			5 008
Cara+Brot			4175				4 175
Cara+Espa			54723				54 723
Cara+Pageo+Serr					31 130		31 130
Cara+Ravi			7 847				7 847
Cara+Ravi+Mugi				6 782			6 782
Dipl+Cara		Sparidés			75 588		
Dipl+Ravi				17 657			17 657
Pageo			23 151	18 825			41 976
Pageo+Cara				1 911			1 911
Pageo+Div			890				890
Pagre	6032				32 349		38 381
Pagre+Lutj+Brot				6 116			6 116
Pagre+Tiof			4 142				26 184
Divers+Cara	Divers				11 107		11 107
Divers+Somp+Ravil						10 850	10 850
Mach	Mâchoirons				1 128	2 085	3 213
Mach+Argy		8 732					8 732
Mugi	Mulets	1 351			803		2 154
Must	Requins	4 741					4 741
Must+Ravil		718					718
Ngott	Tassergal	3 471					3 471
Ngott+Cara+Mugi		3 390					3 390
Plec	Diagramme			5 028			5 028
Plec+Yeet					26 564		26 564
Poulp	Céphalopodes		11 969	12 886	41 059	17 188	83 102
Seich					41 947	33 988	75 935
Ravi	Ravil			13 778			13 778
Sard	Sardinelles	1 5942	6 254	13 042	75 491	117 469	228 198
Serr+Tiof	Serranidés			2 982	6 028	2 997	12 007
Tiof			16 699	13 737			30 436
Tiof+Argy			2 347				2 347
Tiof+Lago		19 264					19 264
Sole	Soles	9 349	1 986				11 335
Sole+Sard+Tkem			1 665				1 665
Sole+Yeet+Mach						34 396	34 396
yeet	Yeet				18 963	28 399	47 362
Yeet+Somp		17 974					17 974
Total général		104 787	136 760	193 340	286 569	273 556	995 012

Tactiques 1 : identifiées – Tactiques 2 : recomposées

Chapitre IV : Modélisation de la dynamique de l'exploitation

3.5. Généralités

4.1.1. Définitions

Selon le Dictionnaire Larousse, un modèle désigne « toute structure logique ou mathématique formalisée, utilisée pour rendre compte d'un ensemble de phénomènes qui, bien que n'ayant pas de lien de causalité univoque, possèdent entre eux certaines relations ». Lee (1980) qualifie de « laboratoire théorique » tout modèle qu'il définit comme une « abstraction de la réalité pour réduire la variété et la complexité du monde réel à un niveau qui peut être compris et clairement spécifié ». Un modèle serait une théorie orientée vers l'action qu'elle doit servir et modéliser revient à organiser la pensée en vue d'une finalité pratique (Legay, 1997). Ceci renvoie à la définition suivante : « Un artefact A est un modèle de B dans la mesure où nous pourrions répondre à certaines questions sur B en observant ou manipulant A » (Minsky, 1968). Pour résumer, un modèle est une représentation simplifiée d'un système, d'un processus ou d'un phénomène très généralement complexe. En reprenant Legay (1997), il convient de donner au modèle une acception instrumentale et donc, de le considérer comme un outil.

4.1.2. Exemples

Parmi les modèles de biologie halieutique les plus simples figurent ceux basés sur des relations biométriques de types taille-taille ($Y = a \cdot X + b$, Y et X étant des tailles, a et b, les paramètres de la régression) ou taille-poids ($W = a \cdot X^b \Rightarrow \log W = \log a + b \log X$ avec Y = poids et X = taille). La courbe de croissance de Von Bertalanffy (1949) est le modèle de courbe de croissance individuelle le plus utilisé en biologie halieutique. Elle s'écrit $L_t = L_\infty \cdot [1 - e^{-k(t - t_0)}]$ pour la longueur et $W_t = W_\infty \cdot [1 - e^{-k(t - t_0)}]^b$ pour le poids ; les termes constants a, b, L_∞ , W_∞ , K et t_0 étant les paramètres de ces modèles. Les modèles les plus utilisés pour représenter la dynamique d'une population marine exploitée sont :

- les *modèles globaux* ou *modèles de production* (Schaefer, 1954 – Garrod, 1969 – Pella-Tomlinson, 1969 – Fox, 1970). Leur équation décrit la production de biomasse à partir de la dérivée de la biomasse $dB_t/dt = r B_t (1 - B_t/K) - q f_t B_t$ exprimée comme la différence entre la production de biomasse et le prélèvement par la pêche. La production de biomasse est $r B_t (1 - B_t/K)$ dans le cas du modèle de Schaefer avec l'équation de la très classique courbe de croissance logistique, r étant le taux de croissance intrinsèque et K la capacité de charge ou biomasse vierge. Le prélèvement par la pêche, $q f_t B_t$, est supposé proportionnel au produit de l'effort de pêche f_t et de la biomasse B_t , le paramètre

q étant la capturabilité. Il est possible d'estimer les paramètres de ces modèles à partir de séries chronologiques d'efforts et de captures

- les *modèles structuraux ou analytiques* faisant intervenir un jeu de données beaucoup plus exigeant : captures annuelles par classes de tailles, croissance individuelle, âge à la première capture et mortalité totale Z. Ils permettent de préciser la dynamique de la phase recrutée et de prévoir les captures, connaissant le taux d'exploitation (E) exprimé à partir du coefficient de mortalité par pêche F préalablement estimé, sachant que $E = F/Z$. Ces modèles reposent sur des analyses de cohorte et des calculs de rendements par recrue à partir de cohortes ou de pseudo-cohortes.

4.1.3. Critères d'un bon modèle

Un modèle part toujours d'hypothèses et de relations explicites. Bien construit, il permet de comprendre et d'expliquer le phénomène étudié, de prédire une de ses formes de manifestation (probabilité de survenue) et de simuler une situation tout aussi plausible ("vécue" grâce au modèle). Selon Sparre (1985), un bon modèle doit :

- produire des *résultats proches de ceux observés*
- être *mathématiquement simple*, en évitant, par exemple, le formalisme excessif qui rebute et risque d'éloigner de la simplification recherchée
- utiliser un *nombre réduit de paramètres*. Par exemple, pour des parts d'explication similaires, choisir le modèle construit avec le moins de variables

Pour être complet, les variables doivent être *accessibles à l'observation* (efforts et captures dans le modèle global, par exemple), *faciles à appréhender* (surtout pour les personnes étrangères au domaine. Exemple : effort nominal vs effort effectif). Le modèle doit également être *le plus généralisable possible* ; même si l'expérience montre qu'il est le plus souvent contextuel, c'est-à-dire valide seulement avec le cas d'étude et les données qui ont servi à l'établir...

3.6. Etude du modèle « Dynamique Conjointe Exploitation Ressource »

4.1.4. Justificatifs de la modélisation

La complexité et l'incertitude structurent fortement les événements naturels, heureux ou néfastes que l'homme subit, ainsi que les activités qu'il mène en vue de son plein épanouissement social, culturel, économique ou physiologique. La pêche, équivalent de la

chasse ou de la cueillette en domaine aquatique, prise dans un contexte de pêcheries tropicales comme celles du Sénégal, entre pleinement dans ce cadre. Par rapport à ce pays :

- la complexité de la pêche est en étroite relation avec la multiplicité des stocks (démersaux, pélagiques, côtiers, hauturiers, estuariens et continentaux), des engins (chaluts, lignes, filets, casiers, etc.), des flottilles (diverses variantes d'unités de pêche chalutières ou piroguières), de zones de pêche (cf. zonages en vigueur), des secteurs d'activité (artisanal ou industriel), des acteurs (pêcheurs artisans, traditionnels ou circonstanciels, marins professionnels, etc.), des marchés (local et export, notamment UE, USA, Asie et Afrique), des modes de gestion (gestion administrative centralisée, en général, plus ou moins locale à Kayar, participative, de plus en plus évoquée), etc.
- les incertitudes sont en rapport avec la nature des relations entre les variables étudiées, la fiabilité des diagnostics et des prévisions à court, moyen ou long terme sur l'état des stocks halieutiques du pays, et en conséquence, la durabilité de l'exploitation

4.1.5. Présentation générale

Le modèle intitulé « Dynamique Conjointe Exploitation-Ressource » (DCER), que nous utilisons, a été développé et appliqué pour la première fois à des données de captures et d'efforts de la pêche artisanale sénégalaise, au nord, à Saint-Louis et à Kayar, de 1974 à 1992. Construit comme un modèle de simulation par Laloë et Samba (1991), une présentation exhaustive et une application comportant une estimation des paramètres avec un ajustement à des données disponibles de captures et d'efforts en sont faites dans Pech et al (2001). D'autres exemples d'utilisations sont disponibles dans Laloë (2004) et Laloë (2007).

Une version initiale d'un logiciel permettant la mise en œuvre du modèle DCER a été écrite à partir du logiciel de statistique Splus 2000® et de certaines routines écrites avec le langage de programmation C (voir Pech et al, 2001). Actuellement, il est disponible sous le logiciel libre R (R Development Core Team 2008, versions 2.7.2 et ultérieures, téléchargeable à partir du site internet: www.r-project.org) en incluant les packages spécifiques *tcltk*, *tcltk2* et *tkrplot*. De façon succincte, ce programme doit être utilisé dans le contexte d'une application. Une application est une exploitation « multi stocks – multi flottes – multi tactiques ». En sus, on peut recourir à des données de captures et d'efforts issues d'un plan d'échantillonnage stratifié.

Chaque application du modèle est développée à partir d'un jeu de données avec définition de typologies et de leurs dimensions : stocks, tactiques, flottes et strates. Des valeurs peuvent alors être données aux paramètres du modèle et un processus d'ajustement mis en œuvre. Les résultats sont susceptibles d'être utilisés dans plusieurs types d'analyses, à des fins d'aide à la prise de décision, par exemple (Laloë, 2007).

Le logiciel DCER est en cours de développement avec des prototypes disponibles sur le site web du projet ISTAM²³ : www.projet-istam.org. Pour de plus amples détails sur ce logiciel, notamment sa prise en main, on se reportera à Laloë (2009a). Les étapes relatives à la paramétrisation et à l'ajustement du modèle sont décrites ci-après.

4.1.6. Paramétrisation

4.1.6.1. Configuration générale

La première opération consiste à renseigner les typologies de base : stocks, strates, tactiques et stratégies. Pour chacune d'elles, nous donnons le nombre de types et les noms associés à chaque type.

4.1.6.1.1. Stocks

L'ensemble des stocks définit la ressource. Pour mémoire, deux éléments de la ressource (i.e. unités de biomasse) sont équivalents, c'est-à-dire appartiennent au même stock, s'ils ont la même probabilité d'être capturés et la même productivité (Pech et al, 2001). Nous disposons ici de 32 stocks déjà présentés au Chapitre 3 au niveau du Tableau 19 complété par le Tableau 21. Ils sont libellés et rangés comme suit dans le modèle : Sardinelles, Lagocephalus Mâchoirons, Rouget, Barracudas, Mugil, Thiékem, Capitaine, Autres mérours, Thiof, Lutjanidés, Sompatt, Ombrines, Diagramme, Courbine, Carangidés, Brotule, Dentés profonds, Diplodus, Pageot, Pagine, Ravil, Mustellus, Seiche, Poulpe, Cynoglosse, Crevette côtière, Yeet, Tassergal, Espadon, Gambas et Divers.

4.1.6.1.2. Strates d'échantillonnage

Pour la pêche artisanale, une strate d'échantillonnage correspond à une combinaison « engin – port de débarquement » identifiée dans le cadre du système d'enquêtes utilisé au

²³ Improve Scientific and Technical Advices for Fisheries Management. C'est un projet financé par l'UE ayant pour but de coordonner les activités scientifiques et techniques afin de renforcer les systèmes d'information des pêches au sein de la région COPACE.

CRODT. Les engins de pêche retenus sont les lignes, les palangres, les filets passifs, les sennes tournantes, les filets maillants encerclants et les filets actifs. Les ports sont Saint-Louis, Kayar, Dakar, Mbour et Joal. Sur ces bases, nous avons défini les 23 strates d'échantillonnage suivantes :

- 5 pour les lignes : Lignes à Saint-Louis, Lignes à Kayar, Lignes à Dakar, Lignes à Mbour et Lignes à Joal
- 5 pour les palangres : Palangres à Saint-Louis, Palangres à Kayar, Palangres à Dakar, Palangres à Mbour et Palangres à Joal
- 5 pour les filets passifs : Filets dormants à Saint-Louis, Filets dormants à Kayar, Filets dormants à Dakar, Filets dormants à Mbour et Filets dormants à Joal
- 5 pour les sennes tournantes : Senne tournante à Saint-Louis, Senne tournante à Kayar, Senne tournante à Dakar, Senne tournante à Mbour et Senne tournante à Joal
- 2 pour les filets maillants encerclants : FME à Mbour et FME à Joal
- 1 pour les filets actifs : Filets actifs à Saint-Louis

Pour la pêche chalutière à partir de l'analyse présentée au Chapitre 3, nous avons défini 8 strates d'échantillonnage : Industriels Poissons Gris, Industriels Rouget, Industriels Divers, Industriels Poulpe, Industriels Crevette Côtière, Industriels Seiche, Industriels Brotule et Industriels Pageot. Il y a un seul port de débarquement pour toute la pêche industrielle sénégalaise : le *port de Dakar*. L'engin utilisé par les chalutiers démersaux côtiers est un chalut benthique diversement gréé suivant certaines cibles : poissons en général dont le rouget, crevettes ou céphalopodes.

Globalement donc, on a 31 strates d'échantillonnage : 23 artisanales + 8 chalutières.

4.1.6.1.3. Tactiques

Les actions de pêche sont décrites en utilisant le concept de tactiques. Deux actions de pêche appartiennent à la même tactique si, à un moment donné, elles ont la même probabilité de capturer n'importe quelle partie de la ressource (Pech et al, 2001). Les tactiques sont ainsi des classes d'actions de pêche et chaque tactique relève d'une strate d'échantillonnage. Une strate d'échantillonnage peut réunir plusieurs tactiques correspondant à l'usage d'un même engin dans un port de débarquement donné.

Il y a 8 tactiques de pêche chalutière présentées au Chapitre 3 (Tableau 26) et décrites dans Fall, Samba et Laloë (2006a). En pêche artisanale, sur les 65 tactiques initialement identifiées (cf. Chapitre 3), nous en retenons finalement 46 qui sont les suivantes :

- 20 tactiques pour les lignes : Ligne Saint-Louis Tassergal, Ligne Saint-Louis Thiof, Ligne Saint-Louis Pagre, Ligne Kayar Thiof, Ligne Kayar Dentés Profonds, Ligne Kayar ravil, Ligne Kayar Poulpe, Ligne Kayar Pageot, Ligne Dakar Thiof, Ligne Dakar Pageot, Ligne Dakar Ravil, Ligne Dakar Poulpe, Ligne Dakar Diplodus, Ligne Mbour Serranidés, Ligne Mbour Seiche, Ligne Mbour Poulpe, Ligne Mbour Pagre, Ligne Joal Pagre, Ligne Joal Poulpe, Ligne Joal seiche
- 8 tactiques pour les palangres : Palangre Saint-Louis Démersaux Profonds, Palangre Saint-Louis Démersaux Côtiers, Palangre Kayar, Palangre Dakar, Palangre Mbour Démersaux Côtiers, Palangre Mbour Mâchoirons, Palangre Joal Démersaux Côtiers, Palangre Joal Mâchoirons
- 10 tactiques pour les filets dormants : FD Saint-Louis Poissons Multi, FD Saint-Louis requins, FD Saint-Louis Soles, FD Kayar Soles, FD Dakar Poissons de fonds, FD Dakar Poissons de surface, FD Mbour Yeet, FD Mbour Poissons, FD Joal Yeet, FD Joal Poissons
- 5 tactiques pour les sennes tournantes : Senne Saint-Louis, Senne Kayar, Senne Dakar, Senne Mbour et Senne Joal
- 2 tactiques pour les filets maillants encerclants : FME Mbour et FME Joal
- 1 tactique pour les filets actifs : *Yolal* Saint-Louis

En plus, nous prévoyons 3 tactiques étrangères (Europe, Asie et Afrique), 3 tactiques supplémentaires (Sup 1, Sup 2 et Sup 3) ainsi que 22 tactiques renvoyant à des coûts d'opportunité. Ceux-ci sont les revenus résultant des choix de non pêche (« Non Pêche 1 » à « Non Pêche 22 ») ou de pêche en dehors de la zone d'étude, supposée ne pas n'affecter les stocks étudiés ici.

Au total, il y a donc 82 tactiques: 8 chalutières + 46 piroguières + 3 chalutières étrangères + 3 supplémentaires + 22 de non pêche.

4.1.6.1.4. Flottes

Les flottes ou unités de pêche sont décrites en utilisant le concept de stratégie. Deux unités de pêche appartiennent à la même stratégie s'ils ont, à un moment donné, la même probabilité de mettre en œuvre une action de pêche relevant d'une tactique donnée (Pech et al, 2001). Une stratégie est une classe d'unités de pêche.

Il y a 5 flottes de chalutiers (cf. Chapitre 3 et Fall, Samba et Laloë, 2006a) : Industriels crevettiers, Industriels rougettiers, Industriels céphalopodiers, Industriels Poissonniers Côtiers et Industriels Poissonniers Profonds. Celles-ci cohabitent avec 6 flottes de chalutiers étrangers : Flotte Europe, Flotte Asie, Flotte Afrique, Flotte Sup 1, Flotte Sup 2 et Flotte Sup 3 plus ou moins contrôlées par les accords de pêche signés par le Sénégal avec les états dont ces unités battent pavillon.

En pêche artisanale, les unités ne sont pas identifiées contrairement à la pêche chalutière. Aussi, avons-nous, à partir de la définition de la stratégie et avec l'aide d'un expert local en matière de recherches sur les pêches artisanales, considéré 14 flottes de pêche:

- 5 de type ligneurs (pirogues pêchant avec les lignes diverses et les palangres) : Ligneurs Saint-Louis, Ligneurs Kayar, Ligneurs Dakar, Ligneurs Mbour et Ligneurs Joal
- 4 de type senneurs pêchant avec la senne tournante : Senneurs Saint-Louis, Senneurs Kayar, Senneurs Dakar et Senneurs Petite Côte (Mbour + Joal)
- 4 de type fileyeurs opérant avec des filets dormants (FD): Fileyeurs FD Saint-Louis, Fileyeurs FD Dakar Surface, Fileyeurs FD Dakar Fonds et Fileyeurs FD Petite Côte (Mbour + Joal)
- 1 de type fileyeurs opérant avec des filets maillants encerclants (FME) : Fileyeurs FME Petite Côte (Mbour + Joal)

Au total donc, il y a 25 flottes : 11 chalutières et 14 piroguières.

4.1.6.1.5. Autres paramètres

En dehors des stocks, des tactiques, des flottes et des strates, il y a d'autres renseignements importants à considérer dans le cadre du modèle, notamment :

- le nom donné au cas étudié
- l'année de début : 1980
- la dernière année avec des données réelles ou simulées : 2006, ici
- le nombre de pas de temps par année : 12 (mois, ici)
- le nombre d'harmoniques pour des périodes annuelles : 2 (cf. capturabilité ci-après)
- le nombre d'années de calibration : 1
- le taux d'activité maximal : 0.67. Ainsi, le pêcheur consacre au maximum les 2/3 de son temps à la pêche, le 1/3 restant au repos, aux réparations diverses, au carénage, etc.

4.1.6.2. Articulations des typologies

Il s'agit d'abord de définir des articulations de type qualitatif, codées de façon binaire (0 ou 1), qui caractérisent les agencements flottes/tactiques, tactiques/strates et stocks/tactiques.

4.1.6.2.1. Listing des articulations

Articulation tactiques/strates

Toute tactique de pêche j relève d'une strate d'échantillonnage définie par une combinaison engin-port. Par exemple, les tactiques « ligne tassergal », « ligne thiof » et « ligne pagre » relèvent de la strate « lignes à Saint-Louis ».

Articulation stocks/tactiques

L'information est relative à la capturabilité. Pour chaque tactique j , la liste des stocks i capturables (capturabilités non nulles) est indiquée. La capturabilité est un coefficient q_{ijt} exprimant la probabilité qu'une unité de biomasse accessible d'un stock i soit capturée par une action de pêche de la tactique j au temps t . Elle est fonction de facteurs liés à l'exploitation (engin, unité de pêche et savoir-faire du commandant) et à la ressource (états physiologiques et comportementaux). En résumé, la capturabilité dépend de l'accessibilité et de la disponibilité de la ressource (Laurec et Le Guen, 1981).

La prise par unité d'effort, PUE, est égale au produit $q_{ijt} \cdot (B_i - \alpha_{ij} \cdot K_i)$ avec q_{ijt} = capturabilité, B = biomasse, α_{ij} = proportion de la biomasse vierge du stock i supposée inaccessible à la pêche par la tactique j , t = temps et K_i = capacité de charge ou biomasse vierge du stock i . Pour chaque combinaison tactique/stock, la capturabilité q_{ijt} non nulle est exprimée en tenant compte d'une éventuelle saisonnalité (variabilité intra annuelle), d'une éventuelle modification de la puissance de pêche (variabilité inter annuelle) voire, de l'éventuelle existence d'une certaine quantité de biomasse inaccessible.

La saisonnalité est exprimée en multipliant q_{ijt} par un terme positif e^{β_t} dont l'exposant β_t est défini sous la forme d'une série de Fourier comportant 2 harmoniques comme suit :

$$\beta_t = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i * \cos\left(\frac{2\pi t}{T} i\right) + \sum_{i=1}^n b_i * \sin\left(\frac{2\pi t}{T} i\right)$$

Où les paramètres a_0 , a_i et b_i sont les coefficients de Fourier, \cos est une fonction cosinus, \sin est une fonction sinus, n est le nombre d'harmoniques (2, ici), t est le mois en cours et T est le nombre de pas de temps par période annuelle (12, ici). Une harmonique i est une fonction sinusoïdale de période T/i . Les séries de Fourier sont un outil fondamental pour l'étude des fonctions périodiques.

Les modifications de la puissance de pêche sont prises en compte à l'aide d'une fonction de type logistique ; ce qui conduit à la formule suivante :

$$Q_{ijt} = Q_{ij-\infty} + (Q_{ij+\infty} - Q_{ij-\infty}) * \left[\frac{1}{1 + e^{-(4 \cdot tp \cdot p(ij - 4 \cdot t \cdot p(ij))})}} \right], \text{ d'où } q_{ijt} = Q_{ijt} * e^{\beta_t}$$

Avec Q_{ijt} = capturabilité liée à la puissance de pêche, $Q_{ij-\infty}$ = capturabilité au temps $-\infty$, $Q_{ij+\infty}$ = capturabilité au temps $+\infty$, t = temps, i = stock, j = tactique, p = pente, tp = temps auquel la pente est maximale et ps = valeur de la pente à son niveau maximal, c'est-à-dire au temps tp . La [Figure 20](#) illustre une fonction logistique dans laquelle, $Q_{ij+\infty} = 100$, $Q_{ij-\infty} = 50$, $\Delta Q = (Q_{ij+\infty} - Q_{ij-\infty}) = 50$, $tp = 3\,000$, $ps = 6\,000$ et pente $p = 0.0005$. Les paramètres d'une telle fonction logistique sont tp , ps , $Q_{ij-\infty}$ et ΔQ .

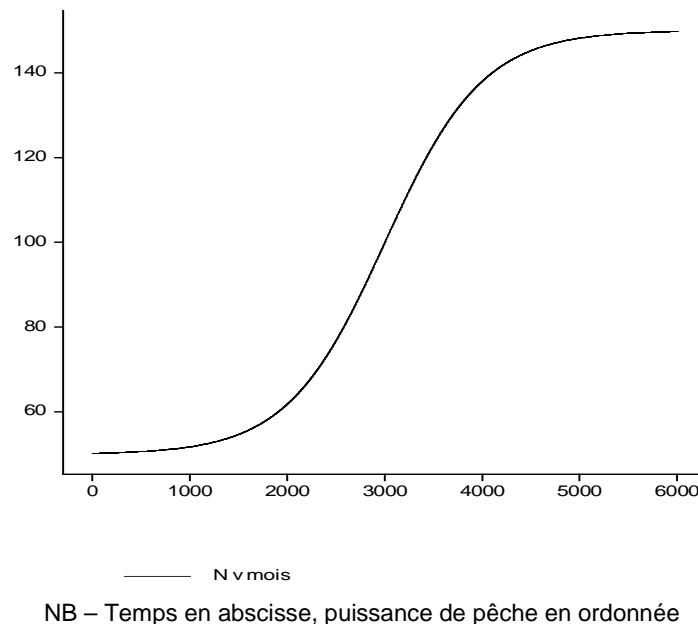


Figure 20: Exemple de fonction logistique prenant en compte la puissance de pêche

Articulation flottes/tactiques

Pour l'articulation flottes/tactiques, le principe est de donner la liste des tactiques disponibles pour chaque flotte.

En pêche chalutière, toute tactique de pêche j ayant une probabilité de réalisation de 10 % au moins par une flotte s est codée 1 (cas des tactiques « rougets » et « divers » pour les rougetiers industriels, par exemple), 0 dans le cas contraire (Fall, Samba et Laloë, 2006a).

Pour ce qui est spécifiquement de la pêche artisanale, la définition des flottes (cf. partie 4.2.3.1.3) et des tactiques disponibles pour chacune d'elles sont le résultat d'échanges avec le même expert local en pêche artisanale à partir des principes généraux suivants :

- les pêcheurs des flottes saint-louisiennes opèrent à partir de tous les ports de pêche y compris leur propre base. A l'inverse, Saint-Louis ne reçoit pratiquement aucune unité de pêche étrangère (CRODT, 2006)
- les ligneurs, palangriers et senneurs de Kayar restent toujours basés dans leur village
- les flottes de la Petite Côte (fileyeurs à FME ou à FD, ligneurs, senneurs, etc.) opèrent soit à Mbour, soit à Joal
- les senneurs dakarois pêchent partout sauf à Saint-Louis
- les ligneurs dakarois peuvent aller jusqu'à Mbour
- les palangriers dakarois se limitent à la région de Dakar

Par ailleurs, il y a, normalement, une option de non pêche pour les flottilles artisanales, industrielles nationales et supplémentaires. Nous les avons libellé comme suit : non pêche 1 pour les ligneurs de Saint-Louis, non pêche 2 pour les ligneurs de Kayar.....non pêche 22 pour la flotte Sup 3. Quant aux flottes industrielles de types « Europe », « Asie » et « Afrique », elles ont, en revanche, une obligation de pêche car ayant acquis des licences chères qu'elles doivent rentabiliser.

4.1.6.2.2. Diagramme de Pech

Au terme de l'articulation des typologies flottes/tactiques, tactiques/strates et stocks/tactiques, le diagramme de Pech proposé par Pech et al (2001) est disponible ([Figure 21](#)). Celui-ci résume les articulations entre les typologies des 32 stocks, 82 tactiques (« *tactic* »), 25 flottes (« *fleet* ») et 31 strates (« *stratum* »). A lui seul, il restitue une partie importante du travail entrepris dans le cadre de la modélisation. Malgré son caractère relativement « surchargé », il synthétise des informations croisées qui, laissées telles qu'elles, resteraient difficilement en notre mémoire. On peut, par exemple, y reconnaître :

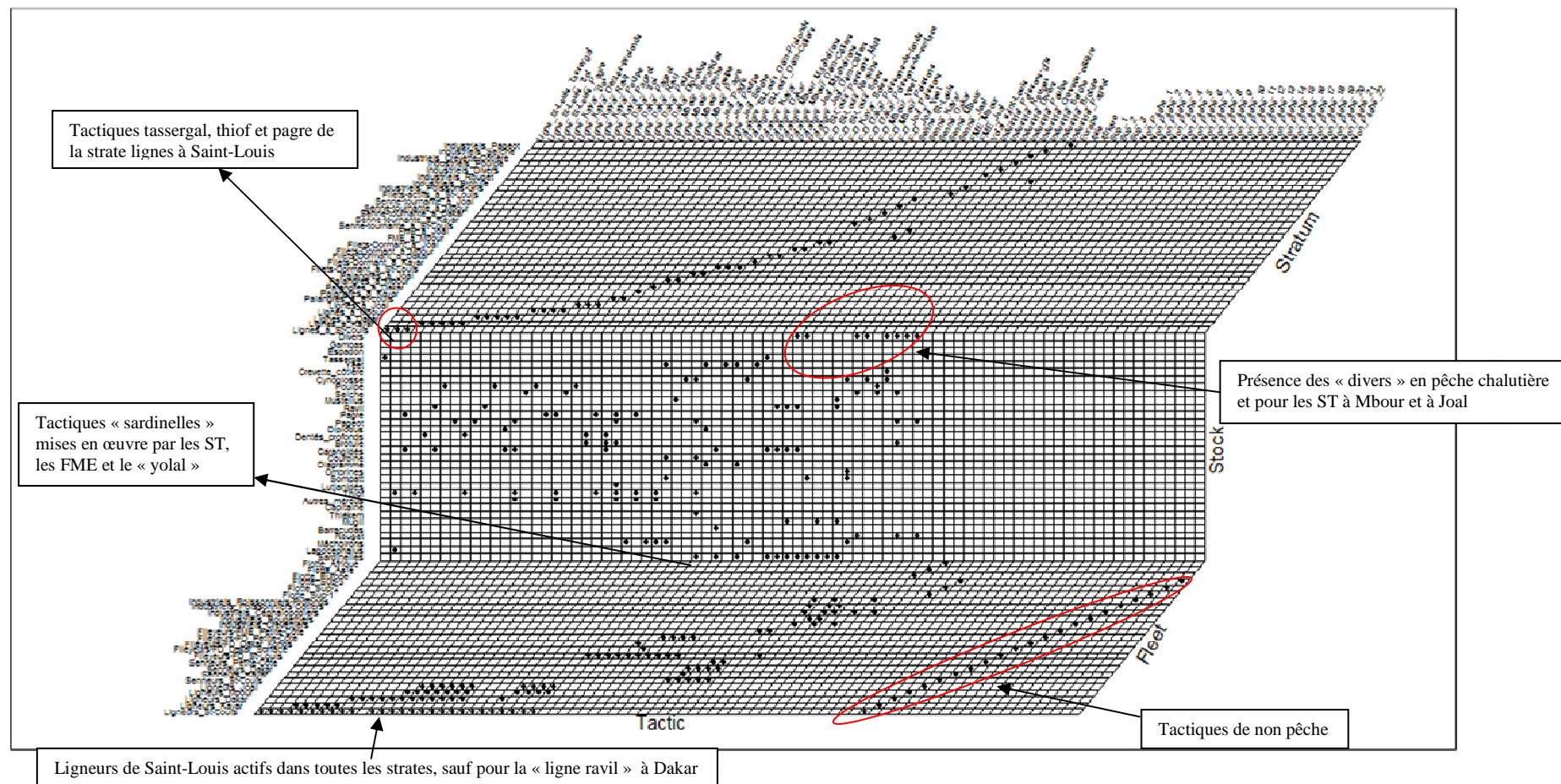


Figure 21: Diagramme de Pech pour les 82 tactiques, 25 flottes, 32 stocks et 31 strates

- au niveau de la combinaison « tactiques – flottes » : les ligneurs de Saint-Louis pratiquent toutes les tactiques lignes sauf la tactique ravig à Dakar (*cf. en bas à gauche*), les tactiques de non pêche qui concernent 22 flottes (les flottes « Europe », « Asie » et « Afrique » en étant exclues) sont disposées selon une diagonale (*cf. à droite, en bas*)
- au niveau de la combinaison « tactiques – stocks » : les sardinelles font partie des captures des tactiques « sardinelles » mises en œuvre à partir des sennes tournantes (Saint-Louis, Kayar, Dakar, Mbour et Joal), des filets maillants encerclants (Mbour et Joal), des filets dormants (Kayar, Dakar et Mbour) et du filet actif « yolal » (Saint-Louis) (*cf. dernière ligne de « stocks »*). On peut y noter aussi la présence des « divers » dans 7 des 8 tactiques de pêche chalutière (Rouget, Divers, Poulpe, Crevette Côtière, Seiche, Brotule et Pageot) ainsi que pour les tactiques artisanales relatives à la senne tournante à Mbour et à Joal (*cf. première ligne de « stocks »*). Noter, toutefois, que les « divers » de la pêche chalutière diffèrent totalement des divers de la pêche artisanale
- au niveau de la combinaison « tactiques – strates » : les tactiques « tassergal », « thiof » et « pagre » qui appartiennent à la strate d'échantillonnage « Lignes à Saint-Louis » (*cf. en bas et à gauche, au niveau de « stratum »*)

4.1.6.3. Equations essentielles

Le diagramme de Pech fournit les bases indispensables à la construction du modèle Dynamique Conjointe Exploitation – Ressource (DCER) dont l'élément central est l'articulation de deux modèles, l'un représentant la dynamique de la ressource, l'autre celle de l'exploitation (Laloë, 2009b). Les équations de ces modèles et de leur articulation sont données ci-après. Leurs paramètres seront estimés par une méthode de moindres carrés de différences entre valeurs observées et ajustées, ce qui nécessite de donner des valeurs initiales arbitraires à ces paramètres, valeurs également présentées ci-après.

4.1.6.3.1. Modèle de la dynamique de la ressource

Le *modèle de la dynamique de la ressource* décrit l'impact de l'activité de pêche exprimée en nombre d'actions de pêche de chaque type (tactiques) :

$$\frac{dB_{it}}{dt} = r_i * B_{it} \left(1 - \frac{B_{it}}{K_i}\right) - \sum_j [f_{jt} * q_{ijt} (B_{it} - \alpha_{ij} * K_i)]$$

Avec i = stock ou composante de la ressource, t = temps, r = taux de croissance intrinsèque, B = biomasse, K = capacité de charge ou biomasse vierge, j = tactique, f = effort de pêche, dB/dt = variation de la biomasse, q_{ijt} = capturabilité, α_{ij} = proportion de la biomasse vierge du stock i inaccessible à la pêche par la tactique j , $r_i * B_{it} \left(1 - \frac{B_{it}}{K_i}\right)$ = production de la biomasse, $\sum_j [f_{jt} * q_{ijt} (B_{it} - \alpha_{ij} * K_i)]$ = somme des prélèvements dus à la pêche par l'ensemble des tactiques.

Le prélèvement fait par la tactique j est égal au produit du nombre f_{jt} d'actions de pêche entreprises avec la tactique j et de la capture par action de pêche avec cette tactique $q_{ijt} (B_{it} - \alpha_{ij} * K_i)$. Par défaut, α_{ij} représente 2 % de la biomasse vierge. Pour la formule de la capturabilité q_{ijt} , se reporter aux articulations tactiques-stocks, dans la partie 4.2.3.2.1.

4.1.6.3.2. Modèle de la dynamique de l'exploitation

Dans le *modèle de la dynamique de l'exploitation*, l'activité de pêche est représentée par les effectifs des actions de pêche déduits, selon les décisions des pêcheurs, des effectifs d'unités de pêche par flotte. De ce point de vue, le nombre d'actions de pêche d'une tactique j est la somme des effectifs des flottes (stratégies) susceptibles d'utiliser cette tactique multipliée par leurs probabilités de choisir cette tactique, comme suit :

$$f_{jt} = \sum_s p_{sjt} * N_{st}$$

Où f = effort en nombre d'actions de pêche de la tactique j à l'instant t , p_{sjt} = probabilité qu'une unité de pêche de la stratégie s choisisse la tactique j au temps t , N_{st} = effectif de la flotte relevant de la stratégie s au temps t .

Les effectifs N_{st} peuvent être considérés comme des constantes ou des fonctions temporelles affectées de basses fréquences, caractérisées par un faible nombre de paramètres (Pech et al, 2001). Ils peuvent être décrits par des fonctions croissantes ou décroissantes de type logistique comme suit :

$$N_{st} = N_{s-\infty} + (N_{s+\infty} - N_{s-\infty}) * \left[\frac{1}{1 + e^{(4*ts+ps-4*tp+ps)}} \right]$$

Où $N_{s-\infty}$ = effectif des flottes de la stratégie s au temps $-\infty$, $N_{s+\infty}$ = effectif des flottes de la stratégie s au temps $+\infty$, p = pente, tp = temps auquel la pente est maximale, ps = valeur de la pente à son niveau maximal. Par exemple, dans l'exemple illustré par la [Figure 22](#), pour la période (temps) allant de 1980 à 2006, on a une courbe logistique dont les paramètres sont $N_{s-\infty} = 214$, $N_{s+\infty} = 241$, $\Delta N = N_{s+\infty} - N_{s-\infty} = 27$, pente = $99 \cdot 10^{-4}$, $tp \approx 1996$ et $ps = 2006$.

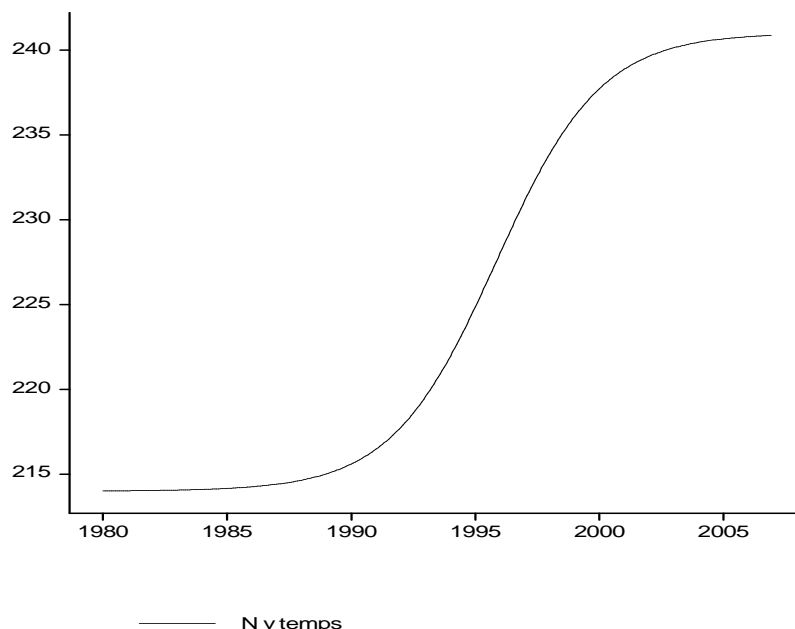


Figure 22: Exemple de fonction logistique décrivant l'évolution des effectifs de flottes

Les probabilités p_{sjt} sont typiquement obtenues à partir des *Random Utility Models* (Mac Fadden, 1973) qui stipulent, à l'instar de la théorie économique, que le centre de décision – ici le capitaine de l'unité de pêche et/ou l'armateur – fait un choix allant dans le sens de ses intérêts.

4.1.6.4. Caractéristiques des flottes

Les paramètres caractérisant les flottes sont de 3 types : μ , ρ et *effectif de la flotte*. Les deux premiers sont des paramètres des fonctions à partir desquelles les probabilités de mise en œuvre d'une tactique i par les unités d'une flotte s sont prises en compte dans le modèle. Leurs valeurs initiales sont uniformément fixées à 0.5 pour μ et à $5e-8$ pour ρ .

Afin de tenir compte des phénomènes saisonniers connus des pêcheurs, nous considérons des pas de temps t de durée inférieure à l'année tels que $t = 1$ mois dans notre cas. D'un temps t à un temps $t+1$, la probabilité p_{sjt} qu'une unité de pêche de la stratégie s choisisse la tactique j peut être actualisée (p_{sjt+1}) comme suit : $p_{sjt+1} = \mu_s p_{sjt} + (1-\mu_s) (\mathcal{R}_{j, t+1}) / \text{somme}$

$(\mathcal{R}_{J(s), t+1})$ avec μ_s = probabilité pour que l'unité de pêche ne change pas d'avis, $1-\mu_s$ = probabilité réactualisée (indépendante du choix précédent) que l'unité de pêche choisisse la tactique j , $\mathcal{R}_{j, t+1}$ = fonction du revenu espéré de l'emploi de la tactique j au temps $t+1$. Le terme $J(s)$ désigne l'ensemble des tactiques disponibles pour les unités de pêche de la stratégie s .

Si $\mu_s = 1$, le second terme de la formule ci-dessus s'annule, les probabilités deviennent constantes, donc indépendantes des résultats obtenus par les pêcheurs de la flotte s . Si $\mu_s = 0$, les pêcheurs reconsidèrent systématiquement, à chaque pas de temps, leurs choix.

Le revenu R_{jt} , obtenu par la tactique j à un pas de temps écoulé t , est donné par la relation suivante : $R_{jt} = \sum_i [P_i q_{ijt} (B_{it} - \alpha_{ij} K_i)] - C_{jt}$ où i = stock, j = tactique, t = temps, P_i = prix, B_i = biomasse, α_{ij} = proportion inaccessible de la capacité de charge K_i pour les actions de la tactique j et C_j = coût (variable) de la mise en œuvre d'une action de type j (Pech et al, 2001). Ce revenu est par la suite assimilé à une **utilité**.

Les quantités $\mathcal{R}_{j, t+1}$, fonctions des revenus (utilités) espérés à partir de la tactique j à l'instant $t+1$, sont alors calculées comme des exponentielles des utilités associées à la tactique j de la façon suivante : $\mathcal{R}_{js, t+1} = \exp [\rho_s (0.5 R_{jt} + 0.5 R_{jt-1})]$, où le paramètre ρ_s est un paramètre d'échelle définissant les contrastes entre les diverses utilités (Pech et al, 2001).

En résumé, ρ_s et μ_s sont des paramètres d'aide à la prise de décision (Laloë, 2007). Le premier, ρ_s , peut être assimilé à un paramètre donnant plus d'importance aux tactiques les plus lucratives. Le second, μ_s , est un paramètre exprimant l'évolution des probabilités selon les changements affectant les revenus escomptés (Pech et al, 2001).

L'effectif de chaque flottille, N_{st} , peut varier dans le temps suivant une courbe logistique sigmoïde, comme on l'a déjà vu dans la [Figure 22](#). Le modèle prévoit, à cet effet, 4 paramètres (Pech et al, 2001) : N_{s+00} , N_{s-00} , ρ_s et τ_p . Les effectifs initiaux des 25 flottes figurent dans le [Tableau 37](#). Les données relatives aux flottilles artisanales proviennent du Recensement National de la Pêche Artisanale Maritime Sénégalaise (CRODT, 2006). Les effectifs des flottes chalutières proviennent de Fall, Samba et Laloë (2006) et du [Chapitre 3](#) du présent mémoire.

Tableau 37 : Effectifs des 25 flottes artisanales et industrielles

Flottes	Sites	Effectifs	Flottes	Sites	Effectifs
Ligneurs	Saint-Louis	947	Fileyeurs FD	Saint-Louis	584
Ligneurs	Kayar	749	Fileyeurs FD de surface	Dakar	546
Ligneurs	Dakar	2749	Fileyeurs FD de fonds	Dakar	414
Ligneurs	Mbour	655	Fileyeurs FD	Petite-Côte	210
Ligneurs	Joal	172	Fileyeurs FME	Petite-Côte	70
Senneurs	Saint-Louis	156	Industriels	Crevettiers	68
Senneurs	Kayar	39	Industriels	Rougettiers	45
Senneurs	Dakar	147	Industriels	Céphalopodiers	72
Senneurs	Petite-Côte	145	Industriels	Poissonniers côtiers	42
FD = filets dormants, FME = filets maillants encerclants			Industriels	Poissonniers profonds	35

4.1.6.5. Caractéristiques des stocks

Il s'agit, pour chaque stock, des 4 paramètres suivants: *mortalité naturelle*, *biomasse initiale*, *capacité de charge* et *prix par tactique*. Nous déduisons, à titre indicatif, une valeur du Maximum Sustainable Yield (MSY), fonction de la mortalité naturelle et de la capacité de charge (cf. formule de Gulland, ci-dessous).

La mortalité naturelle, notée M , est engendrée par toute cause autre que la pêche, par exemple les maladies, la prédation, le cannibalisme, la vieillesse, les accidents, les pollutions et le réchauffement des eaux. Les valeurs spécifiques de M utilisées proviennent de la littérature.

La biomasse initiale, notée B_0 et exprimée en tonnes (t), est la biomasse présente un an (correspondant à l'année de calibration) avant le début de la 1^{ère} année étudiée, donc 1979 ici. La capacité de charge désigne la biomasse vierge des modèles halieutiques notée B_v , B_{\max} ou B_{∞} ou maintenant K , en référence à la notation usuelle en écologie. C'est l'abondance moyenne du stock en l'absence de pêche. La « formule » de Gulland (1971), $MSY = \frac{M \cdot B_v}{2}$, permet d'estimer la biomasse vierge : $B_v = 2 \cdot \frac{MSY}{M}$. Par exemple, si $M = 0.2$ et $MSY = 10\,000$ t, alors $B_v = 100\,000$ t. Cette formule dérive de l'hypothèse selon laquelle, dans un modèle de Schaefer, la mortalité par pêche correspondant au MSY est égale à M (cf. par exemple Laloë, 1989). Les valeurs initiales considérées pour les capacités de charge (K) et pour les mortalités naturelles (M) sont issues de diverses sources de la littérature précisées dans le Tableau 38 où figurent, de même, Les différentes valeurs initiales de M , B_0 , K , MSY et du prix au kilo en FCFA.

Tableau 38: Valeurs de M, B₀, K, MSY et prix au kg utilisées dans le modèle

Stocks	M	B₀	K	MSY	Prix/kg
<i>Sardinelles</i>	1	358 540	717 080	358 540	70
<i>Lagocephalus</i>	0.3	6 000	12 000	1 800	216
<i>Mâchoirons</i>	0.2	32 645	65 290	6 529	190
<i>Rouget</i>	0.48	3 750	7 500	1 800	1 500
<i>Barracudas</i>	0.3	12 500	25 000	3 750	1 200
<i>Mugil</i>	0.3	4 000	8 000	1 200	400
<i>Thiékem</i>	0.35	12 572	25 143	4 400	600
<i>Capitaine</i>	0.3	16 667	33 333	5 000	900
<i>Autres mérous</i>	0.25	7 500	15 000	1 875	4 500
<i>Thiof</i>	0.25	5 884	11 768	1 471	5 000
<i>Lutjanidés</i>	0.3	5 000	10 000	1 500	1 300
<i>Sompatt</i>	0.3	38 667	77 333	11 600	450
<i>Ombrines</i>	0.3	28 667	57 333	8 600	1 000
<i>Diagramme</i>	0.36	6 389	12 778	2 300	600
<i>Courbine</i>	0.3	5 500	11 000	1 650	1 300
<i>Carangidés</i>	0.5	33 500	67 000	16 750	400
<i>Brotule</i>	0.35	7 143	14 286	2 500	550
<i>Dentés profonds</i>	0.24	12 709	25 417	3 050	1 500
<i>Diplodus</i>	0.3	6 000	12 000	1 800	1 350
<i>Pageot</i>	0.3	34 534	69 067	10 360	500
<i>Pagre</i>	0.25	12 576	25 152	3 144	1 250
<i>Ravil</i>	0.34	5 000	10 000	1 700	250
<i>Mustellus</i>	0.3	3 750	7 500	1 125	250
<i>Seiche</i>	0.5	12 500	25 000	6 250	900
<i>Poulpe</i>	0.5	25 772	51 544	12 886	2 150
<i>Cynoglosse</i>	0.75	3 500	7 000	2 625	800
<i>Crevette côtière</i>	0.8	4 398	8 795	3 518	1 500
<i>Yeet</i>	0.3	15 000	30 000	4 500	400
<i>Tassergal</i>	0.35	3 316	6 632	1 161	600
<i>Espadon</i>	0.2	1 500	3 000	300	900
<i>Gambas</i>	0.8	3 200	6 400	2 560	2 500
<i>Divers</i>	0.5	25 000	50 000	12 500	300

Sources : Garcia et le Reste (1981), Franqueville (1983), ORSTOM (1983), Chabanne (1987), Levenez (1993), Fréon (1994), Maxim (1995), Caddy (1996), ICCAT (1998), Pech et al (2001), COPACE (2002), Laurans, Gascuel et Barry (2003), COPACE (2005), Anonyme (2006).

Notations : M = mortalité naturelle, B₀ = biomasse initiale (en tonnes), B_v = biomasse vierge (en tonnes), MSY = Maximum Sustainable Yield (en tonnes). Les prix au kilo sont en FCFA

Nous avons, en outre, considéré que les biomasses initiales sont égales à la moitié des capacités de charge. Les prix au kilo en FCFA proviennent de la base de données socio-économique du CRODT, sauf pour les « divers », groupe de stocks dont nous avons évalué le prix au kilo à 300 FCFA. Le prix d'une espèce i, prise dans une tactique j, est donné par la

relation : $\text{Prix}_{i,j} = \text{Prix}_{i,1} + (\text{Prix}_{i,j} - \text{Prix}_{i,1})$ si j différent de 1. Ceci correspond à la somme du prix de l'espèce capturée par la tactique 1 ($\text{Prix}_{i,1}$) additionné du contraste ($\text{Prix}_{i,j} - \text{Prix}_{i,1}$) entre ce prix et celui correspondant à la tactique j . Dans notre cas, nous supposons que les prix ne dépendent pas de la tactique, d'où des contrastes tous nuls.

4.1.6.6. Coûts variables et coûts d'opportunité

Les coûts variables par tactique correspondent à l'ensemble des coûts directement liés à l'activité (contrairement aux coûts fixes): appât, carburant, alimentation, etc. Le coût d'opportunité ou coût d'option par flotte est le gain perdu par le pêcheur pour n'avoir pas pris la décision d'aller pêcher. C'est donc, le coût d'une opération de pêche estimée en termes d'opportunités non-réalisées ou, en d'autres termes, les avantages qui auraient pu être retirés de ces opportunités. Ces paramètres sont utilisés ici pour donner le coût d'une unité d'effort pour chaque tactique et le coût d'opportunité pour chaque unité de pêche.

Les valeurs initiales des coûts variables sont fixées en FCFA comme suit : 50 000 pour les tactiques sennes tournantes et filets maillants encerclants, 30 000 pour les tactiques lignes à Kayar et à Saint-Louis, 25 000 pour les tactiques lignes des autres ports, 40 000 pour les tactiques palangres, 15 000 pour les tactiques poulpes et *yola*, 25 000 pour les tactiques seiches, 10 000 pour les tactiques filets dormants et 100 000 pour les tactiques industrielles.

Normalement, l'absence de pêche peut être considérée comme une activité génératrice d'un revenu correspondant au coût d'opportunité. Pour chaque flotte, le choix d'une action de « non pêche » engendre un revenu égal à $-(C_j)$. Le paramètre C_j est, de ce fait négatif (Pech et al., 2001 – Laloë, 2007). En effet, dans la formule $R_{jt} = \sum_i [P_i q_{ijt} (B_{it} - \alpha_{ij} K_i)] - C_{jt}$, la partie $\sum_i [P_i q_{ijt} (B_{it} - \alpha_{ij} K_i)]$ correspondant au prix de la capture est nulle. Estimés globalement à – 10 000 FCFA par flotte, ces « coûts d'opportunité » sont, en revanche, nuls pour les flottes Europe, Afrique, Asie, Suppl_1, Suppl_2 et Suppl_3 pour lesquelles il n'y a pas d'opportunité autre que la pêche (cf. accords de pêche).

On pourrait considérer les coûts d'opportunité comme des coûts saisonniers représentés par des séries de Fourier, à l'instar des capturabilités. On aurait ainsi des coûts d'opportunité saisonniers pour les unités de pêche pouvant décider d'entreprendre des activités agricoles. Toutefois, nous n'utiliserons pas cette possibilité ici.

A ce stade-ci, sachant que i désigne chacun des 32 stocks, j chacune des 82 tactiques de pêche, t chacun des pas de temps et s chacune des 25 flottes ou stratégies de pêche et h

chacune des 31 strates d'échantillonnage, précisons les paramètres du modèle DCER qui peuvent être liés:

- à la ressource : taux de croissance intrinsèque r_i et biomasse vierge K_i
- à l'économie : prix au kg P_i et coûts des tactiques C_j
- à l'activité de pêche nominale avec les effectifs des flottes de pêche (N_{st}) et les paramètres des fonctions logistiques représentant l'évolution de ces effectifs ($N_{s+\infty}, N_{s-\infty}, ps$ et tp).
- à l'impact des actions de pêche : coefficients des séries de Fourier (a_0, a_i et b_i) représentant les capturabilités saisonnières q_{ijt} , proportions inaccessibles de la biomasse α_{ij} et paramètres des fonctions logistiques exprimant l'évolution des puissances de pêche
- aux règles décisionnelles des pêcheurs et aux caractéristiques des flottes : μ_s et ρ_s

4.1.7. Ajustement du modèle

4.1.7.1. Contexte et principe

Une fois données les valeurs initiales des paramètres décrits dans les paragraphes qui précèdent, le modèle permet de faire une simulation. Celle-ci produit :

- des séries temporelles estimées de données d'efforts qui correspondent à des effectifs X_{ht} lesquels expriment la somme des nombres de sorties pour les tactiques j correspondant à la strate h au pas de temps t . Cette somme est donnée par la formule suivante : $X_{ht} = \sum_{j \in J(h)} (f_{jt})$ où $J(h)$ est la liste des tactiques j représentées dans la strate h
- pour chaque strate, des séries de captures par sortie (PUE) pour chaque combinaison stock i – strate h si le stock est capturable par au moins une des tactiques de ladite strate.

Nous avons dans notre cas d'étude 156 séries chronologiques, soit 31 séries d'efforts et 125 séries de PUE. Les *séries temporelles estimées* peuvent être comparées aux *séries temporelles observées* en recherchant, les paramètres du modèle produisant les plus faibles écarts possibles entre les deux séries. Par analogie avec les méthodes usuelles de régression, cet objectif est atteint en utilisant une fonction minimisant la somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et les valeurs estimées. A cette fin, Pech et al (2001) avaient utilisé la fonction « ms » du logiciel Splus®. Pour notre part, nous faisons appel à la

fonction « nlm » – Non Linear Minimization – intégrée dans le logiciel libre R (Ihaka et Gentleman, 1996).

4.1.7.2. Conduite

La fonction à minimiser est une somme pondérée de carrés d'écarts entre valeurs observées disponibles et valeurs ajustées. Les valeurs observées sont fournies sous la forme de séries temporelles organisées de la façon suivante :

- pour chacune des 31 strates, il y a potentiellement 33 séries chronologiques (effort f + 32 PUE spécifiques)
- pour chaque série temporelle – PUE ou effort – les sommes des carrés des différences entre les valeurs estimées et les valeurs observées disponibles correspondantes sont calculées puis divisées par la somme des carrés des différences entre valeurs moyennes et valeurs observées disponibles

L'étude porte sur la période 1980 – 2006 par pas de temps mensuel. Il y a donc théoriquement 12 mois*27 ans, soit 324 données par série chronologique. Certaines séries étant incomplètes, les calculs ne portent alors que sur les valeurs disponibles. Lorsque l'effort est nul, les données de PUE sont évidemment indisponibles. Dans certains cas, il n'y a pas de données d'efforts ni de PUE (cf. par exemple, pour les 8 strates de la pêche chalutière de 1980 à 1994 et de 2002 à 2006 ; les données n'étant disponibles que de 1995 à 2001). Pour une strate h donnée, nous retenons qu'un mois t est disponible (t_{dispo}) selon les règles suivantes :

- pour l'effort, f est disponible, si $f > 0$ ou $f = 0$ et nombre d'enquêtes = 1. Par contre, f est indisponible si $f = 0$ et nombre d'enquêtes = 0
- pour l'indice d'abondance, la PUE est disponible si $f > 0$ et nombre d'enquêtes > 0. La PUE est indisponible si $f = 0$ ou si $f > 0$ et nombre d'enquêtes = 0

Pour chaque série on calcule donc le rapport suivant, soit :

$$\sum_{t \text{ dispo}} \frac{(PUE_{t,h} - \overline{PUE}_{t,h})^2}{(\overline{PUE}_{t,h} - \overline{PUE}_{t,h})^2} \text{ pour une PUE}$$

Et

$$\sum_{t \text{ dispo}} \frac{(f_h - \hat{f}_h)^2}{(\bar{f}_h - \bar{\hat{f}}_h)^2} \text{ pour un effort}$$

Avec \widehat{PUE} = PUE estimée, \overline{PUE} = PUE moyenne, \hat{f} = effort estimé, \bar{f} = effort moyen, i = espèce i , h = strate s , t_{dispo} = mois disponibles

Qu'il s'agisse de la PUE ou de f , ces rapports peuvent être assimilés à des expressions « $1 - r^2$ » où r^2 est le coefficient de détermination. Nous cherchons à minimiser la somme de ces rapports. Cependant, il est utile de considérer chacun d'eux afin d'évaluer les points forts et les points faibles d'un ajustement. Cela peut être fait en lançant le modèle comme une simple simulation puis en comparant les données observées et ajustées. On obtient alors une table (Tableau 39) donnant, pour chacune des 31 strates en lignes, les valeurs de « $1 - r^2$ » correspondant aux séries d'ajustements sur les 33 variables en colonnes, c'est-à-dire l'effort f et les 32 PUE spécifiques. On considère que l'ajustement est meilleur que la moyenne des séries temporelles de PUE ou d'effort chaque fois que la valeur « $1 - r^2$ » < 1. Il y a beaucoup de valeurs nulles correspondant aux capturabilités nulles déclarées lors de l'étape de paramétrisation (cf. codage binaire : 0 ou 1). La dernière ligne de la table contient 2 valeurs qui s'interprètent comme suit: a) la première valeur est la somme des valeurs « $1 - r^2$ » b) la seconde valeur est une somme pondérée des valeurs « $1 - r^2$ ». Par exemple, dans le Tableau 39, si on considère l'effort, l'ajustement est bon dans la strate 2 (Lignes à Kayar) avec « $1 - r^2$ » = 0.74, mauvais dans la strate 11 (FME à Joal) avec « $1 - r^2$ » = 2.42. Pour les PUE, on a un bon ajustement pour la PUE thiof lignes Kayar (espèce 10 avec « $1 - r^2$ » = 0.49) et pour la PUE pageot lignes Kayar (espèce 20 avec « $1 - r^2$ » = 0.54), mauvais pour la PUE courbine filets dormants à Kayar (espèce 15 avec « $1 - r^2$ » = 1.12).

Indépendamment de ces valeurs de « $1 - r^2$ », la qualité de l'ajustement pourra être également visualisée à travers l'édition des graphiques permettant, pour chaque strate, de voir les séries observées et ajustées d'efforts et de PUE. De ce point de vue, nous présentons dans la Figure 23 les efforts observés et ajustés dans les 31 strates d'échantillonnage et dans la Figure 24 les PUE observées et ajustées dans la strate ligne à Kayar. Pour ce qui est des efforts, un bon ajustement est noté dans les strates Ligne à Kayar voire, Lignes à Dakar, Lignes à Mbour et Palangres à Dakar.

Tableau 39 : Illustration de séries d'ajustements sur l'effort, les stocks et les strates

Tableau 39 :Illustration de séries d'ajustements sur l'effort, les stocks et les strates																																	PUE thiof Lignes Kayar					PUE pageot Lignes Kayar						
Efforts Lignes Kayar	f	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21	e22	e23	e24	e25	e26	e27	e28	e29	e30	e31	e32											
1	1.50	0.00	1.1	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.70	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.82	0.0	0.00	0.0	0.00	1.01	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	1	0	0.00	0.0											
2	0.74	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.49	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.96	0.0	0.95	0.0	0.54	0.00	1.00	0.0	0.00	0.73	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
3	1.26	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.64	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	1.00	0.0	1.03	1.2	0.99	0.00	1.13	0.0	0.00	0.91	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
4	0.74	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.96	0.86	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	1.18	0.0	0.00	0.0	1.00	0.95	0.00	0.0	0.96	1.03	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
5	1.51	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.95	0.87	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.94	0.00	0.0	0.98	1.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
6	1.07	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.88	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	1.1	1.02	0.0	0.00	1.04	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
7	1.17	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	1.00	1.0	1.02	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
8	1.12	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.90	0.77	0.93	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	1.0	0.00	0.0	0.65	1.08	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
9	1.11	0.00	0.0	1.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.85	0.94	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	1.03	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
10	1.05	0.00	0.0	1.17	0.0	0	0.00	0.00	0	1.02	1.02	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
11	2.42	0.00	0.0	0.98	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	1.4	0.0	0.0	0.88	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	1.2	0.00	0.00	0.9	0	1.20	0	0	0.00	0.0											
12	1.37	1.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.93	0	0.00	1.06	0.00	0.0	0.0	0.0	1.12	0.00	0.0	0.00	0.0	1.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.1	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
13	1.54	1.04	0.0	0.00	0.0	1	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	1.1	0.00	1.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	1.00	0	0	0.00	0.0											
14	1.02	1.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	1.1	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	1.20	0	0	0.00	0.0											
15	2.37	0.00	0.0	1.23	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.1	0	0.79	0	0	0.00	0.0											
16	1.19	0.97	0.0	0.00	0.0	0	1.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
17	2.26	1.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
18	1.13	1.12	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	1.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	1	0	0.00	0.0											
19	1.03	1.10	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	1.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	1.01	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
20	2.07	0.80	0.0	0.00	0.0	0	1.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.96	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
21	1.38	1.02	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	1.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	1.0											
22	1.01	1.10	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	1.1	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	1.0											
23	1.17	0.97	0.0	0.00	0.0	0	0.64	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.85	1.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
24	1.08	0.00	0.0	1.06	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	1.0	1.6	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.0	0	0.00	0	0	0.99	0.0											
25	1.50	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	1.1											
26	1.21	0.00	0.0	0.00	1.4	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	1.02	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	1.0											
27	1.03	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.0	0	0.00	0	0	0.00	1.6											
28	1.06	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	1.10	0.92	0.0	0	0.00	0	0	0.00	0.0											
29	1.02	0.00	0.0	0.00	0.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.2	1	0.00	0	0	0.00	1.0											
30	1.14	0.00	0.0	0.00	1.2	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	1.0	0.00	0.0	1.02	0.00	0.00	0.0	1.04	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	1.0											
31	1.03	0.00	0.0	0.00	1.1	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	1.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.00	0	0	0.00	1.0											

Lignes : 1 = Lignes à Saint-Louis, 2 = Lignes à Kayar, 3 = Lignes à Dakar, 4 = Lignes à Mbour, 5 = Lignes à Joal, 6 = Palangres à Saint-Louis, 7 = Palangres à Kayar, 8 = Palangres à Dakar, 9 = Palangres à Mbour, 10 = Palangres à Joal, 11 = Filets dormants à Saint-Louis, 12 = Filets dormants à Kayar, 13 = Filets dormants à Dakar, 14 = Filets dormants à Mbour, 15 = Filets dormants à Joal, 16 = Senne tournante à Saint-Louis, 17 = Senne tournante à Kayar, 18 = Senne tournante à Dakar, 19 = Senne tournante à Mbour, 20 = Senne tournante à Joal, 21 = FME à Mbour, 22 = FME à Joal, 23 = Filets actifs à Saint-Louis, 24 = Industriels Poissons Gris, 25 = Industriels Rouget, 26 = Industriels Divers, 27 = Industriels Poulpe, 28 = Industriels Crevette Côtière, 29 = Industriels Seiche, 30 = Industriels Brotule et 31 = Industriels Pageot. **Colonnes** : f = effort, e1 = Sardinelles, e2 = Lagocephalus, e3 = Mâchoirons, e4 = Rouget, e5 = Barracudas, e6 = Mugil, e7 = Thiékem, e8 = Capitaine, e9 = Autres mérous, e10 = Thiof, e11 = Lutjanidés, e12 = Sompatt, e13 = Ombrines, e14 = Diagramme, e15 = Courbine, e16 = Carangidés, e17 = Brotule, e18 = Dentés profonds, e19 = Diplodus, e20 = Pageot, e21 = Pagre, e22 = Ravil, e23 = Mustellus, e24 = Seiche, e25 = Poulpe, e26 = Cynoglosse, e27 = Crevette côtière, e28 = Yeet, e29 = Tassergal, e30 = Espadon, e31 = Gambas et e32 = Divers

Efforts per strata :

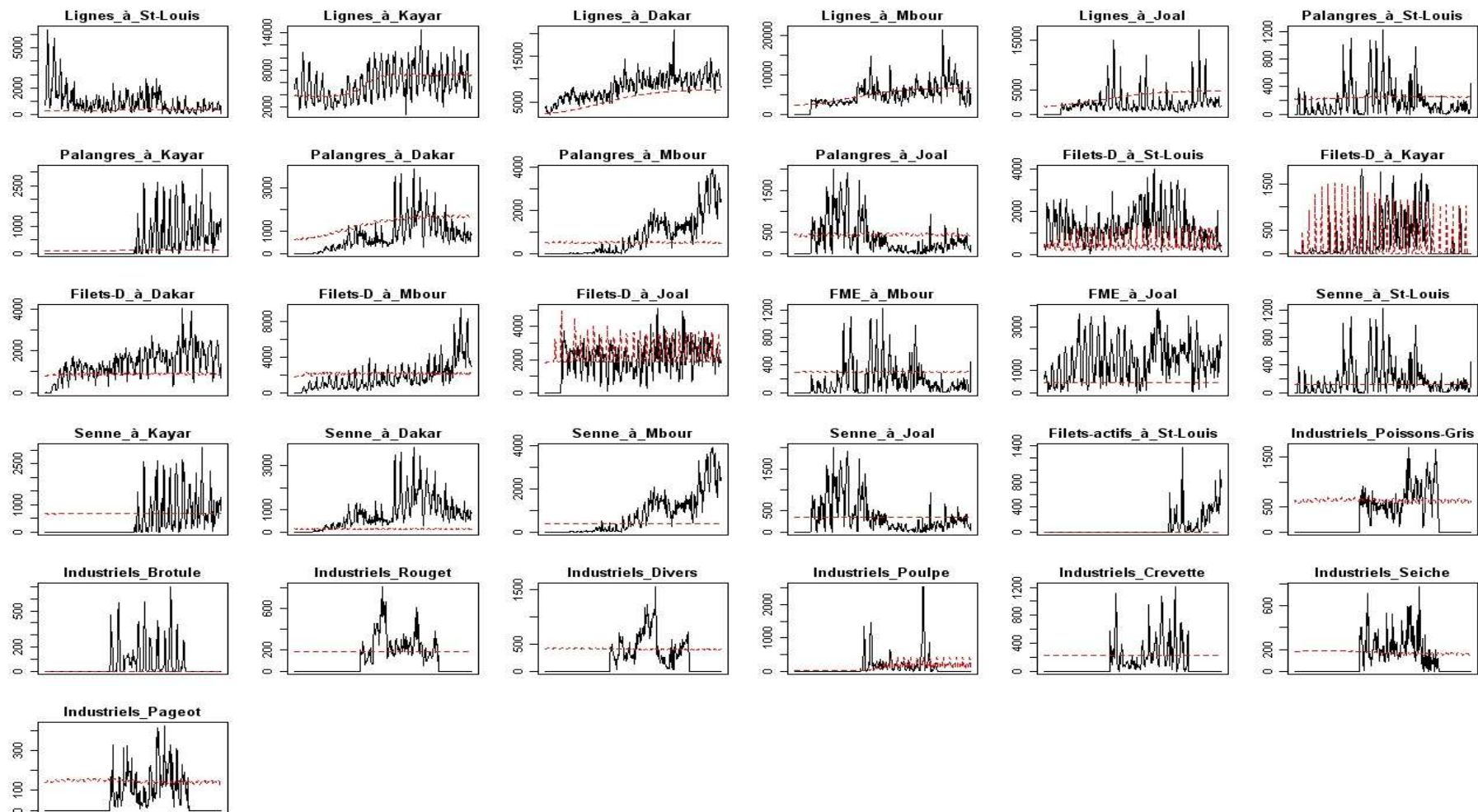


Figure 23: Efforts observés et ajustés dans les 31 strates d'échantillonnage

(Les valeurs observées sont en ligne noire continue, les valeurs ajustées en pointillés rouges)
 CPUE pour la strate : Lignes_à_Kayar

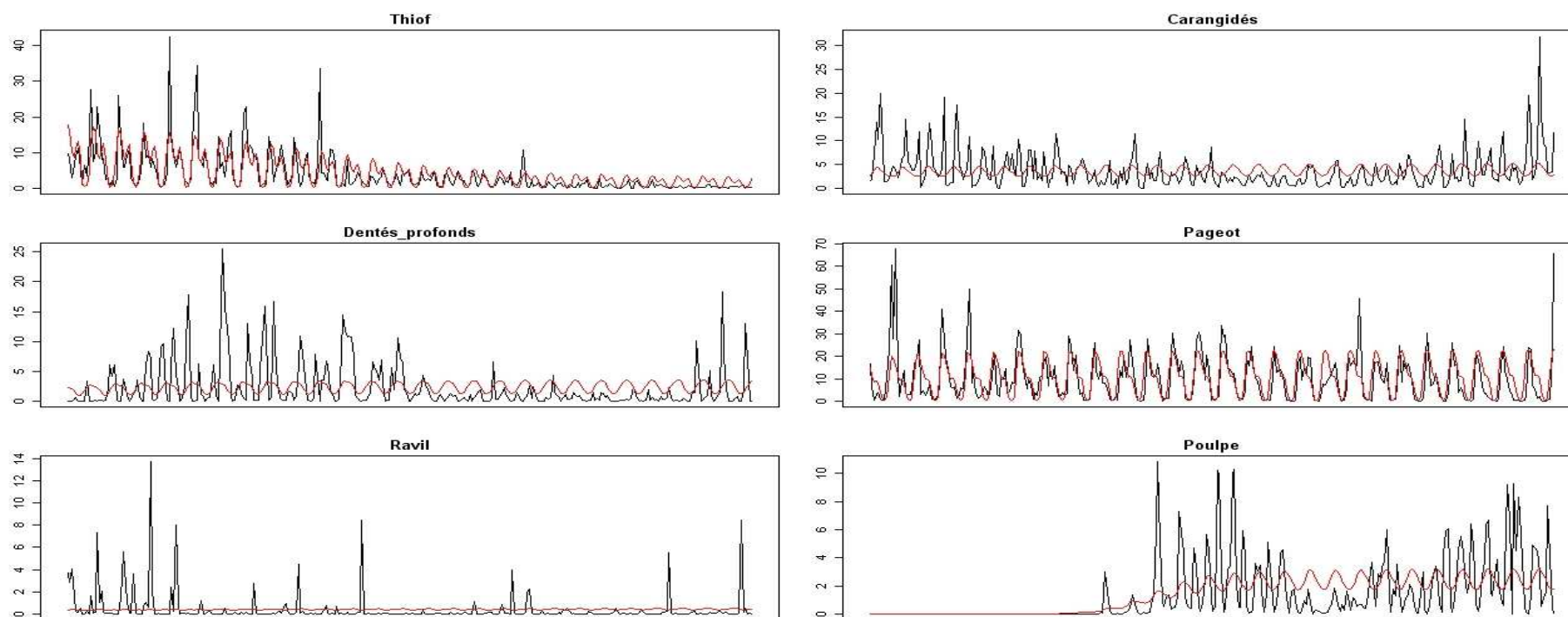


Figure 24: PUE observés et ajustés au niveau de la strate "Lignes à Kayar"

(Les valeurs observées sont en ligne noire continue, les valeurs ajustées en pointillés rouges)

Les graphiques de PUE de la strate Lignes à Kayar ont été sélectionnées à titre d'illustration car nous ayant valu les meilleurs ajustements. Et là, même si les ajustements sont jugés bons pour le thiof et le pageot, ils ne le sont pas, en revanche, pour les dentés profonds, le poulpe, les Carangidés et le ravil. Pour les PUE des autres strates, il faudra sans doute continuer le travail d'ajustement.

4.1.7.3. Estimation des paramètres

Le nombre considérable de paramètres du modèle ne permet pas de rechercher une estimation de l'ensemble de ces paramètres par une utilisation unique de l'algorithme non linéaire de minimisation (Pech et al, 2001). A titre d'exemple, chacun des 32 stocks implique 3 paramètres « biologiques » (biomasse initiale, taux de croissance intrinsèque et mortalité naturelle) soit, dans notre application, $3 \times 32 = 96$ paramètres. Il convient d'inclure, également, 32 prix et leurs éventuels contrastes selon les tactiques. Le nombre de paramètres décrivant les capturabilités est bien plus élevé. En effet, pour chaque coefficient non nul, il y a au moins 1 paramètre avec éventuellement 4 autres associés aux 2 harmoniques de la série de Fourier, les 3 paramètres supplémentaires décrivant l'évolution de la puissance de pêche et le paramètre donnant la quantité de biomasse inaccessible.

Dans un tel contexte, une procédure itérative « ad hoc », c'est-à-dire largement fondée sur l'expertise de l'utilisateur, doit être mise en place (

Figure 25). On en trouvera une description détaillée dans Pech et al, (2001). Cette procédure revient à effectuer des ajustements successifs sur des jeux de données (θ) incluant des nombres limités de paramètres en utilisant, éventuellement dans chaque cas, une pondération adaptée de la somme des carrés à minimiser (Pech et al, 2001) comme suit :

$$\vartheta(\theta) = \sum_{h=1}^H p_h \frac{\|f_h - \hat{f}_h\|^2}{\|f_h - \bar{f}_h\|^2} + \sum_{h=1, i=1}^{H, I} p_{h,i} \frac{\|(PUE_{h,i} + 1) - (\widehat{PUE}_{h,i} + 1)\|^2}{\|(PUE_{h,i} + 1) - (\overline{PUE}_{h,i} + 1)\|^2}$$

Où $\vartheta(\theta)$ = critère à minimiser, h = strate, i = stock, \bar{f}_h = effort moyen dans la strate h , \hat{f}_h = effort estimé dans la strate h , $\overline{PUE}_{h,i}$ = PUE moyenne du stock i dans la strate h , $\widehat{PUE}_{h,i}$ = PUE estimée du stock i dans la strate h .

Un travail d'ajustement est mis en œuvre selon cette procédure au cours de laquelle certains paramètres sont estimés tandis que d'autres peuvent conserver leurs valeurs initiales données à dire d'expert.... A terme, un résultat critiquable à partir des outils graphiques disponibles est produit. Si le modèle est pertinent (réponse « yes »),

Figure 25), la procédure d'ajustement est menée jusqu'à son terme. Sinon, on revient sur l'ajustement voire, sur le cadre de travail initial. Dans notre cas, l'ajustement obtenu ne peut être qualifié de satisfaisant. On peut alors considérer qu'il sera peut-être nécessaire de redéfinir le cadre à partir de la première proposition résumée par le diagramme de Pech (Figure 21). Toutefois, nous pouvons considérer le travail présenté ici comme une esquisse. Il pourrait être prolongé dans le cadre d'un groupe de travail réunissant un large ensemble de compétences intégrant experts scientifiques, professionnels et décideurs.

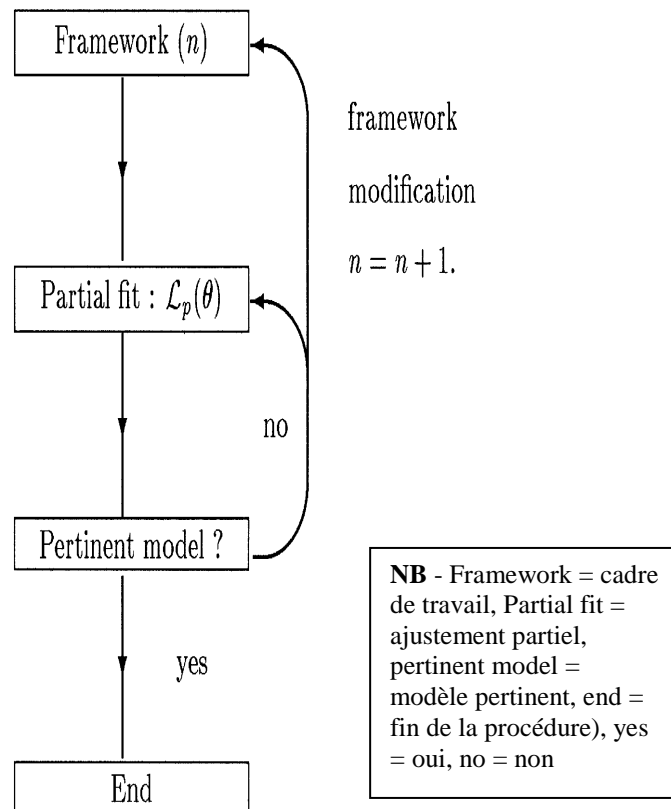


Figure 25: Procédure d'ajustement "ad hoc"

Source : Pech et al (2001)

4.1.7.4. Simulations et aide à la prise de décision

Une fois un ajustement jugé satisfaisant obtenu avec des valeurs de paramètres estimées ou fixées à dire d'expert, il est possible de prolonger cet ajustement au delà de la période de données disponibles (2006 dans notre cas). On peut ainsi :

- rechercher les valeurs de paramètres choisis permettant d'atteindre un objectif de gestion des stocks ou d'aménagement des pêcheries, fixés au départ

- changer la valeur de certains paramètres des stocks et/ou des flottes pour apprécier l'impact de ces modifications à plus ou moins long terme dans la pêche

4.1.7.4.1. Exemple d'un objectif et de variables de contrôles

En reprenant le cas d'étude de Pech et al 2001, Laloë (2007) propose à titre d'exercice l'exemple suivant en distinguant de façon explicite l'objectif et les variables de contrôle dont les valeurs peuvent être décidées. Nous en présentons ici les principaux aspects.

Contexte

Les données proviennent de la pêche artisanale sénégalaise. Elles ont été collectées de 1974 à 1992 à Kayar et à Saint-Louis, deux ports de pêche au nord de la côte sénégalaise (Figure 1). A ce propos, Pech et al (2001) avaient défini 13 stocks (thiof, dentés côtiers, dentés profonds, chinchard jaune, tassergal, poissons capturés par les filets dormants, poulpe, espadon, sardinelle ronde, sardinelle plate, maquereau du Sénégal, soles et squales), 23 tactiques, 6 stratégies ou flottes et 7 strates (lignes à main à Saint-Louis, lignes à main à Kayar, lignes à main avec glace, sennes tournantes à Saint-Louis, sennes tournantes à Kayar, « filets dormants » à Saint-Louis et « filets dormants » à Kayar. Les tactiques incluent 1 de pêche industrielle et 5 de non pêche. Il y a également une stratégie industrielle parmi les 6 flottes.

Objectif

A l'issue de la période de données collectées (début 1993), l'on se fixe pour l'an 2000 un objectif multicritère à atteindre dans la pêche. Cet objectif est décliné sous la forme des 3 requêtes suivantes:

- maintenir, autant que faire se peut, la biomasse de chaque stock au-delà de 50 % de sa biomasse vierge et veiller absolument à ce qu'elle soit supérieure à 15 % de cette biomasse vierge
- augmenter les revenus des pêcheurs artisans ; une réduction modérée de ceux des pêcheurs industriels étant acceptable
- exclure une diminution excessive d'activité en termes de nombres d'actions dans chacune des 7 strates d'échantillonnage

Variables de contrôle

Les variables de contrôle sont au nombre de 6 : *nombre d'unités de pêche industrielles et coûts d'opportunité de chacune des 5 stratégies artisanales*. Les coûts d'opportunité désignent des revenus générés par la décision de ne pas pêcher ou de pêcher en dehors de la zone d'étude. Pour atteindre l'objectif fixé par les décideurs, on cherche les valeurs des variables de contrôle minimisant une fonction de pénalité sur les 22 critères (13 biomasses, 2 revenus et 7 tailles de strates). Il s'agit d'une fonction positive résultant de la somme des fonctions de pénalités partielles pour chacun des 22 critères. Pour chaque stock i , par exemple, Laloë considère une pénalité $P(x)$ exprimée comme une fonction du rapport x entre sa biomasse et sa capacité de charge, comme suit :

$$P(x) = \frac{m_o}{1 + e^{(4s_o x - 4s_o x_o)}} + \frac{m_v}{1 + e^{(4s_v x - 4s_v x_v)}}$$

Le premier terme, $\frac{m_o}{1 + e^{(4s_o x - 4s_o x_o)}}$, représente ce qui est « souhaité » avec x_o = valeur à laquelle l'expression $1 + e^{(4s_o x - 4s_o x_o)} = 2$, s_o = pente de la pénalité à x_o et m_o = valeur maximale de la pénalité. Le second terme, $\frac{m_v}{1 + e^{(4s_v x - 4s_v x_v)}}$, désigne une sorte de « veto » avec des paramètres similaires, respectivement x_v , s_v et m_v .

Les valeurs de ces 6 paramètres (x_o , s_o , m_o , x_v , s_v et m_v) peuvent être choisies de façon à atteindre l'objectif fixé (Tableau 40). Le graphe correspondant est illustré par la Figure 26. Les valeurs des variables de contrôle minimisant la fonction de pénalité sont dans le

Tableau 41. Les valeurs des 6 variables de contrôle sont estimées en minimisant la fonction de pénalité, qui « remplace » maintenant les critères de moindres carrés utilisés dans les étapes de la procédure d'estimation des paramètres.

L'idéal serait d'avoir un jeu de variables de contrôle donnant une valeur quasi nulle pour la fonction de pénalité. Un tel résultat n'a pas été atteint ici. Cependant, un premier point essentiel de ce cas d'étude réside dans le fait qu'aucune des sous-fonctions n'indiquent une valeur « veto ». Par exemple, la pénalité maximale notée est de 0.914 pour le thiof, soit un rapport B/K ~ 20 %. Comme indiqué à l'issue de l'exercice (Laloë 2007), ceci n'a de sens

que dans le contexte d'un processus de négociation et de collaboration entre acteurs, décideurs et experts scientifiques de compétences diverses.

Tableau 40: Valeurs des paramètres pour les fonctions de pénalités

Critères	x_0	s_0	m_0	x_v	s_v	m_v
Revenu artisans (ratio 2000/1992)	1.2	4	1	0.9	20	5
Revenu industriels (ratio 2000/1992)	0.8	4	1	0.6	20	5
Biomasse (ratio B_{2000}/K)	0.3	4	1	0.15	20	5
Taille de la strate (ratio 2000/1992)	-	-	-	0.8	20	5

Tableau 41: Valeurs des variables de contrôle

Variables de contrôle	Valeurs initiales (fin 1992)	Valeurs nouvelles (début 1993)
Nombre d'industriels	100	60.2
C.O. Filets dormants	3 612	2 295
C.O. Lignes Kayar	16 158	26 843
C.O. Lignes Saint-Louis	22 575	28 429
C.O. Lignes glace/sennes	64 428	22 728
C.O. Sennes tournantes	18 137	37 778

C.O. = Coûts d'opportunité en FCFA

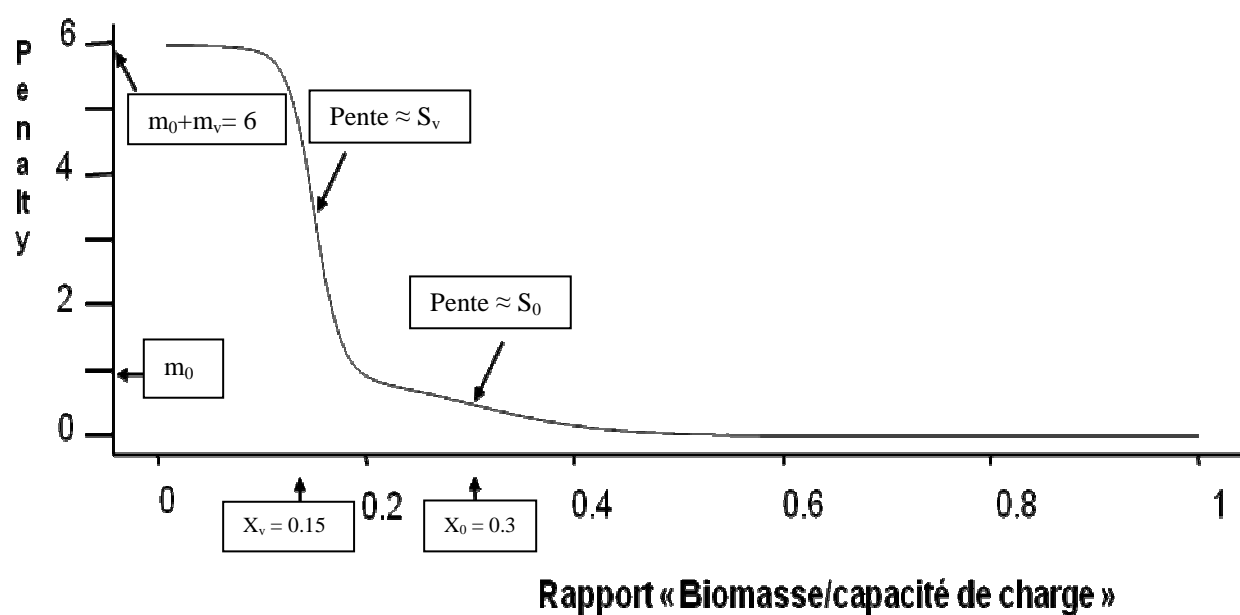


Figure 26: Fonction de pénalité utilisée pour chaque stock

4.1.7.4.2. Prise en compte et étude de l'impact de changements

Des changements peuvent aussi être introduits dans les paramètres du modèle DCER à des fins de prospective. Par exemple, nous avons décidé, dans la perspective de la décennie 2006 – 2016, de tenir compte des événements suivants :

- la flotte « Europe » passe de 1 à 75 unités à partir de 2007 et cible les pageots soumis à une très forte capturabilité, de l'ordre de $6 \cdot 10^{-5}$
- la flotte « Asie » passe de 1 à 50 unités et recherche les Carangidés en général soumis à une capturabilité d'environ $1 \cdot 10^{-5}$

Le changement introduit au niveau de la flotte « Europe » a un impact négatif au niveau du stock de pageot pêché dans la strate Lignes à Kayar, donnée à titre d'exemple ici. En effet, ce stock s'effondre quasiment durant la période mentionnée ([Figure 27](#)). Par contre, dans la même strate, l'impact du changement affectant la flotte « Asie » n'est pas visible sur les Carangidés car la capturabilité est beaucoup plus faible. De plus, l'ajustement des PUE observées de ce stock n'y était, de toute façon, pas bon avant la prospective ([Figure 24](#)). Les efforts ne subissent globalement pas de changement dans les 31 strates, comparativement à ce qui était déjà noté dans la [Figure 23](#).

CPUE pour la strate : Lignes_à_Kayar

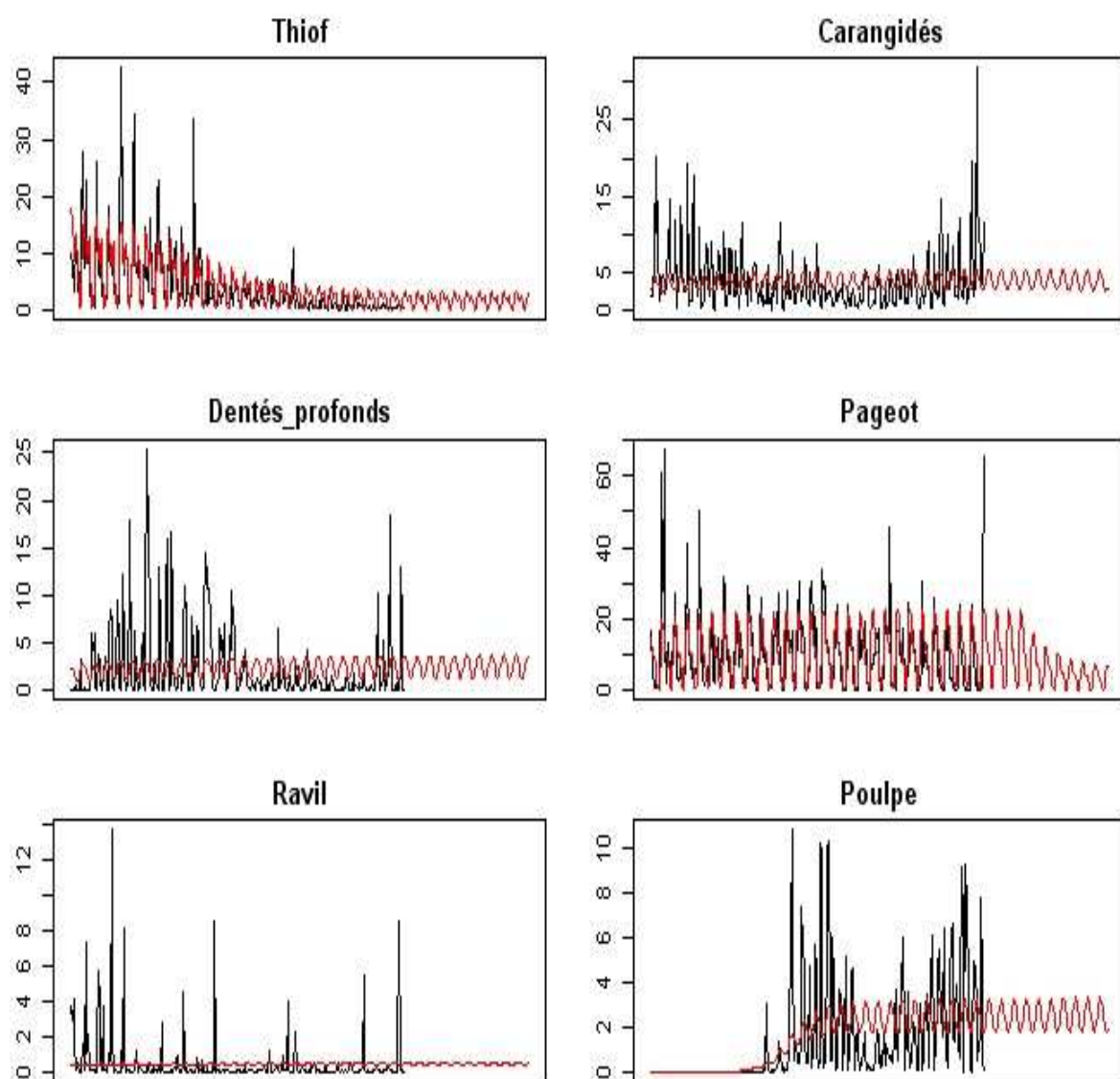


Figure 27: PUE observées et ajustées durant la période 2006-2016 dans la strate Lignes à Kayar

(Les valeurs observées sont en ligne noire continue, les valeurs ajustées en pointillés rouges)

Chapitre V : Discussion générale et perspectives

Cette partie de la thèse portera d'abord sur la discussion des acquis méthodologiques et sur les résultats obtenus relativement à la caractérisation des stocks, aux tactiques et stratégies de pêche et au modèle de Dynamique Conjointe Exploitation – Ressource (DCER). *In fine*, nous aborderons la problématique des licences de pêche chalutière actuelle dans une perspective de diagnostic critique et de propositions d'amélioration de leurs contenus.

3.7. Outils analytiques

5.1.1.ACP

Les techniques d'analyse factorielle sont des méthodes multivariées permettant de synthétiser une information initialement complexe, d'analyser la liaison globale existant entre les variables et/ou les individus et de traiter de variables quantitatives ou qualitatives (Pelletier et Ferraris, 2000). L'Analyse en Composantes Principales, qui en fait partie, a été utilisée à ce titre pour, surtout, mettre en évidence les rapports inter stocks à partir de données de campagnes scientifiques au Sénégal.

Nous avons privilégié l'ACP sur la matrice de covariance qui donne des combinaisons linéaires d'espèces de variance maximum, d'où l'ignorance de celles qui sont rares (Chessel, com. pers.). De par notre expérience personnelle, la connaissance de ces dernières n'est pas forcément instructive, notamment en termes de biodiversité. En effet, au fil des campagnes scientifiques, avec la succession de générations de scientifiques, il n'est pas rare – pour un œil non expert en systématique – que de « nouvelles » espèces apparaissent dans les données du fait des synonymies, de la conservation de vieux noms, d'erreurs de syntaxes, etc. Dans la même dynamique, nous avons préféré l'ACP à l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) qui, reposant sur la métrique du Khi2, relève les lignes et/colonnes les plus faibles, donc donne plus d'importance aux éléments – stations et stocks ici – les moins bien représentés.

5.1.2.ACPVI

Plusieurs travaux d'auteurs soulignent l'intérêt de l'Analyse en Composantes Principales sur Variables Instrumentales (PCAIV) pour étudier l'influence de variables structurelles sur des variables quantitatives afin d'identifier les sources de variation des secondes et de présenter séparément l'impact de ces sources de variation (Sabatier, Lebreton and Chessel, 1989 –

Lebreton, Sabatier, Banco et Bacou, 1991 – Pech, 1993 – Pech et Laloë, 1997 – Pech, 1998 – Travassos, Hazin, Hazin et Mattos, 2002 – Chessel, Dufour et Thioulouse, 2004). Ce sont ces indications même qui ont présidé à la mise en œuvre de l'ACPVI sur les données de campagnes scientifiques du CRODT.

Pour autant, cette démarche aurait pu être plus instructive si le plan d'échantillonnage annuel du CRODT – une campagne en saison froide, une autre en saison chaude – avait été rigoureusement respecté pour nous valoir une série chronologique complète (1986 à 2008). Faute de mieux, nous nous sommes rabattus sur des séries saisonnières assez limitées (45 moyennes spécifiques en saison froide, 27 en saison chaude) dont les résultats obtenus restent, somme toute, intéressants (voir ci-après). L'irrégularité des sorties en mer est la conséquence de difficultés technico-financières rencontrées par les centres de recherche halieutique des pays de la Commission Sous-Régionale des Pêches : Cap-Vert, Gambie, Mauritanie, Guinée, Guinée-Bissau, Sierra-Leone et Sénégal.

La solution serait, sûrement, de fédérer les moyens scientifiques, techniques et financiers des institutions de recherche de ces pays puis d'utiliser un seul ou les trois navires de recherche disponibles, qui feraient, selon un planning concerté, l'ensemble des missions d'évaluation des stocks dans les plateaux continentaux des 7 pays. Une autre expérience, impliquant des scientifiques ouest-africains et ceux du Norwegian Institute of Marine Research (NIMR), à bord du N/O Dr Fridtjof Nansen est initiée depuis 1993 dans la sous-région. Toutefois, l'irrégularité des sorties en mer ainsi que l'arrêt des activités de ce bateau reposent le même problème du suivi continu des stocks halieutiques à l'échelle de la sous-région.

5.1.3.K-means

La méthode des K-means est probablement la plus utilisée des méthodes de classification non hiérarchique. Elle est particulièrement efficace pour le traitement de jeux de données massifs (Kaufman et Rousseeuw, 1989) ; ce qui est le cas avec les 27 271 marées chalutières et près du million de sorties enquêtées en pêche artisanale.

Le recours à une méthode factorielle (ACP, AFC, etc.), préalablement à la mise en œuvre d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), était également envisageable ; cette approche pouvant faciliter l'interprétation du sens de certains axes (Pelletier et Ferraris, 2000). Nous ne l'avons pas retenue car elle n'est pas directe et nécessite, de ce fait, beaucoup plus d'attention vu le gros volume de nos données. En effet, il faut à chaque fois,

non seulement, sauvegarder les coordonnées des axes factoriels, mais aussi, faire une CAH à partir des axes retenus. De plus, les méthodes hiérarchiques, qu'elles soient ascendantes ou descendantes, ne permettent pas un retour en arrière une fois 2 éléments réunis dans une classe, contrairement à celle des K-MEANS où, à chaque affectation, des éléments sont susceptibles de changer de classe suivant le critère retenu.

5.1.4. Modèle DCER

Indépendamment des pêcheries sénégalaises (présente étude et travaux de Pech et al, 2001), il ya actuellement 9 cas d'étude identifiés dans le cadre du Projet européen ECOST²⁴ (www.ecostproject.org) en vue de la mise en place d'un modèle général (DCER) pour l'estimation des coûts sociétaux résultant des activités de pêche et d'un diagramme de Pech pour chaque cas étudié (Laloë, 2009b).

Dans notre cas, nous avons défini un cadre de travail en utilisant des données chalutières et artisanales soumises à des analyses typologiques par la méthode des K-means. Il en a résulté globalement – après la définition préalable de 32 stocks – 82 tactiques de pêche, 25 stratégies de pêche et 31 strates d'échantillonnage. Suite à leur validation, en nous fondant sur des avis d'experts, ces typologies nous ont permis de mettre en place le diagramme de Pech (Pech et al, 2001) qui décrit leurs articulations 2 à 2. Ce graphique résume, à lui seul, un travail minutieux et complexe dans la construction du modèle DCER dont il constitue la première étape. De ce point de vue, il constitue, dans le contexte de la pêche démersale côtière sénégalaise, secteurs artisan et industriel confondus, un acquis important pour la compréhension des relations stocks/tactiques, flottes/tactiques et strates/tactiques :

- en pêche artisanale, par exemple, le travail entrepris permet de réactualiser les études déjà faites sur les tactiques et stratégies de pêche (Laloë et Samba, 1990 – Laloë et Samba, 1991 – Ferraris, 1993 – Ferraris et Le Fur, 1993 – Ferraris, Pelletier et Rochet, 1996 – Pelletier et Ferraris, 2000 – Pech et al, 2001, Ferraris, 2001, etc.). En plus, notre étude a aussi concerné la zone Centre et davantage de strates d'échantillonnage (combinaisons engins-lignes). Dans notre cas, nous avons considéré 5 ports (Saint-Louis et Kayar au nord, Dakar, Mbour et Joal au centre) et 6 types d'engins (lignes classiques, palangres, filets dormants, senne tournante, filets maillants encerclants et filets actifs)

²⁴ “Ecosystems, Societies, Consilience, Precautionary principle: development of an assessment method of the societal cost for best fishing practices and efficient public policies”. C'est un projet dont le but principal est de développer une nouvelle approche d'évaluation du coût sociétal des impacts des activités de pêche sur les écosystèmes

- en pêche industrielle sénégalaise, un travail aussi détaillé n'a jamais été réalisé avant le nôtre. Paradoxalement, l'étude des tactiques et stratégies de pêche chalutière, est pourtant plus facile à conduire que celle de pêche artisanale : bateaux nommément identifiés contrairement aux pirogues, données plus restreintes en termes de volumes de marées, caractère plus « formel » de la pêcherie, etc. Laloë et Samba (1990 ; 1991), qui avaient prévu une tactique et une stratégie industrielle, s'étaient limités à une simple prise en compte formelle, sans aller dans les détails

Pour être complet, soulignons l'étude directe des tactiques et stratégies de pêche chalutière et piroguière par la méthode de classification par k-means qui s'avère plus performante et plus rapide que celle associant les méthodes factorielles et hiérarchiques. La démarche méthodologique qui la sous-tend (typologies des marées à partir des stocks pour l'étude des *tactiques* et des unités de pêche à partir de leurs listings de tactiques disponibles pour l'étude des *stratégies*) constitue également un acquis non négligeable.

La seconde étape, basée sur deux modèles dynamiques, l'un pour la ressource, l'autre pour l'exploitation, repose sur une dizaine de types de paramètres dont l'estimation, relativement à la totalité des stocks, tactiques, flottes et strates étudiés ne nous a pas donné pleine satisfaction. Tout au plus, avons-nous pu avoir un ajustement meilleur pour les efforts que pour les PUE.

Toutefois, la démarche et la méthodologie mises en œuvre (en termes de recherche scientifique et de prise en compte des données détaillées de pêches artisanale et industrielle) sont des éléments essentiels en intégrant des connaissances et des observations d'origines très variées. Le travail accompli pourrait être considéré comme une esquisse en prévision de la tenue d'un groupe de travail impliquant une large expertise (biologistes, économistes, statisticiens, gestionnaires des pêches, etc.) et des engagements institutionnels forts (CRODT, DPM, organisations professionnelles, ONG intéressées par les problématiques halieutiques, etc.). En effet, il est apparu que le modèle DCER exige de longues séries de données (efforts, PUE, prix, etc.), aussi complètes que possible, ainsi qu'un travail très important de structuration des bases de données, de leurs analyses et de validation des résultats obtenus.

Dans le cas particulier des bases de données du CRODT, force est de reconnaître la persistance d'écueils (données manquantes, plus ou moins aberrantes, etc.) et ce, malgré les immenses efforts consentis jusque là pour leur validation. L'étude de cas proposé par Laloë (2009a) montre que le modèle DCER peut bien être un outil d'aide à la prise de

décision, pour peu que l'immense travail de collecte et de validation des données soit fait, collégialement si possible, comme suggéré ci-dessus. Au-delà du Sénégal même, tous les autres pays membres de la CSRP avec lesquels nous partageons la plupart des stocks doivent être impliqués, étant entendu que nous n'avons pas tenu compte des données relatives à ces derniers dans notre travail.

3.8. Résultats relatifs à la caractérisation des stocks

5.1.5. Assemblages faunistiques

Une forte, ancienne et quasi permanente pression de pêche est exercée sur les ressources démersales présentes dans les eaux ouest africaines, i.e. de la Mauritanie aux pays du Golfe de Guinée (Chavance et al, 2002). Ce fait a vraisemblablement des effets quantitatifs notables, décelables à travers la variation des indices d'abondance (cf. partie 5.2.2) et de biomasses particulières ou globales. Toutefois, cela ne semble pas avoir affecté qualitativement les communautés démersales dans leurs nombres et compositions, comme le suggèrent les travaux d'auteurs ci-dessous.

Jouffre et al (2002), comparant les données de campagnes de chalutages scientifiques faites en Mauritanie, au Sénégal et en Guinée-Conakry de 1987 à 1999, montrent que « la structuration principale des assemblages faunistiques est de type spatial », aucun changement temporel n'étant noté (e.g. changement de nature des peuplements échantillonnés en début de période par rapport à ceux échantillonnés vers la fin) malgré la forte pression de pêche notée dans la sous-région.

Domalain et al (2002), sur la base de données de campagnes effectuées de 1985 à 1995 au Sénégal et en Guinée, signalent également, dans le cas spécifique du Sénégal, l'absence de modifications profondes et stables du cortège faunistique, car « la situation observée sur la période n'est pas celle d'un remplacement progressif d'un type de peuplement (avec son cortège d'espèces dominantes) par un autre (caractérisé par un cortège de dominances différent ». Tout au plus, mentionnent-ils une faible augmentation de la diversité en fin de période d'étude ainsi que le rôle dominant de quelques espèces selon les années

Jouffre, Domalain, Caverivière et Thiam (2002), se fondant sur les résultats des mêmes campagnes scientifiques menées au Sénégal (1986-1995) estiment que la *stabilité observée durant toute cette période* pourrait être la traduction de l'adaptation de la communauté étudiée – au sens large, pour nous – à une pression de pêche relativement forte

Enfin, plus récemment, Jouffre, Domalain, Caverivière et Diallo (2004), se basant sur les données précédentes soumises à une combinaison de traitements multifactoriels et par SIG²⁵, ont identifié 6 groupes dont les compositions figurent dans le Tableau 42. Ils concluent en ceci: « One can notice that the typology described here is globally consistent with the previous ones with clusters 5-6 corresponding to the Sciaenid community or "peuplement littoral", clusters 3-4-2 corresponding to the Sparid community or "peuplement intermédiaire", cluster 1 corresponding to the Deep Shelf community or "peuplement du rebord du plateau". Mieux, les communautés apparaissent très stables tout au long la période étudiée et sont étroitement liées à la bathymétrie et à la nature des fonds

Tableau 42: Typologie des ressources démersales sénégalaises à partir de données de campagnes

Clusters	Espèces
<u>Cluster 1</u> (e.g. comm. profonde)	<i>Pterothrissus belloci</i> , <i>Pontinus kuhlii</i> , <i>Dentex macrophthalmus</i> , <i>Merluccius sp</i> , <i>Brotula barbata</i> , <i>Citharus macrolepidotus</i> , <i>Dentex angolensis</i>
<u>Cluster 2</u> (e.g. comm. à Sparidés)	<i>Dentex angolensis</i> , <i>Trachurus trecae</i> , <i>Zeus faber</i> , <i>Umbrina canariensis</i> , <i>Mustellus mustellus</i> , <i>Boops boops</i> , <i>Scorpaena spp.</i>
<u>Cluster 3</u> (e.g. comm. à Sparidés)	<i>Cymbium sp</i> , <i>Decapterus rhonchus</i> , <i>Balistes capriscus</i> , <i>Calappa sp</i> , <i>Alectis alexandrine</i> , <i>Dactylopterus volitans</i> , <i>Seiches</i> , <i>Scyacium micrurum</i> , <i>Fistularia petimba</i>
<u>Cluster 4</u> (e.g. comm. à Sparidés)	<i>Pseudupeneus prayensis</i> , <i>Plectorhynchus mediterraneus</i> , <i>Pomadasys incisus</i> , <i>Pagellus bellottii</i> , <i>Pagrus sp</i> , <i>Acanthurus monroviae</i> , <i>Dentex canariensis</i> , <i>Boops boops</i> , <i>Chaetodon hoefleri</i>
<u>Cluster 5</u> (e.g. comm. à Sciaenidés)	<i>Pteroscion peli</i> , <i>Pseudotolithus senegalensis</i> , <i>Ilisha africana</i> , <i>Pomadasys peroteti</i> , <i>Cynoponticus ferox</i> , <i>Trichiurus lepturus</i> , <i>Arius heudeloti</i> , <i>Brachydeuterus auritus</i>
<u>Cluster 6</u> (e.g. comm. à Sciaenidés)	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> , <i>Galeoides decadactylus</i> , <i>Brachydeuterus auritus</i> , <i>Arius heudeloti</i> , <i>Pomadasys jubelini</i> , <i>Eucinostomus melanopterus</i> , <i>Arius latiscutatus</i> , <i>Selene dorsalis</i> , <i>Sardinella maderensis</i>

Comm. = communauté. Source : Jouffre *et al.* (2002)

Au bilan, l'absence de changement temporel, de modifications profondes et stables, de « shift » ainsi que la persistance en nombres et composantes des différents assemblages faunistiques décrits antérieurement par Fager et Longhurst (1968), réaffirmés par les auteurs cités ci-dessus, sont confirmés dans nos travaux. En particulier, sur la série de nos données allant de 1986 à 2008, analysées via l'ACP ou les K-means, on retrouve les mêmes communautés démersales dont les compositions spécifiques sont globalement restées stables : Communauté à Sciaenidés, Communauté Eurybathe, Communauté à Sparidés

²⁵ Système d'Information Géographique

(dont les sous-communautés côtières, profondes et à Lutjanidés) et Communauté du talus continental.

Il semble ainsi que la pêche de certains stocks à la limite de la surexploitation (thiof, badèche, autres mérous, gros Sparidés, etc.), les explosions démographiques d'autres comme les balistes en 1978 (Caverivière, 1982) et le poulpe en 1986 (Caverivière, 1990 – Fall, 1998 – Diallo, Jouffre, Caverivière et Thiam, 2002) voire, d'autres événements probables (modifications environnementales, pollution, réchauffement des eaux, etc.) n'ont pas eu de conséquences profondes sur la structuration des communautés démersales et leurs composantes.

Les rares problèmes qualitatifs rencontrés touchent les représentants de la Communauté Eurybathe, à savoir le requin *Mustellus*, les raies *Raja sp*, le pelon *Brachydeuterus auritus* et les soles langues *Cynoglossus sp*. Le fait qu'ils ne soient pas systématiquement rangés dans leur Communauté propre ne serait pas surprenant, selon Caverivière (1993). En effet, très difficiles à classer, ils peuvent se retrouver parmi des taxons des Communautés à Sparidés (plus profonds) ou à Sciaenidés (plus côtiers) avec lesquels ils ont des affinités communes. Le même auteur insiste sur leur très large distribution bathymétrique, qui, à notre avis, explique que certains tels que le requin, le pelon et la ceinture *Trichiurus lepturus* puissent même se retrouver avec des taxons de la Communauté profonde.

5.1.6. Sources de variation et baisse globale des abondances

Les éléments discutés ici font référence aux principaux résultats de l'ACPVI, notamment aux influences des facteurs « année » et « zone » ainsi qu'à la baisse, au fil des années, de l'indice d'abondance de la plupart des 43 principaux stocks étudiés à ce propos (Tableau 11).

Il n'y a pas grand-chose à dire sur l'influence du facteur « année » sur l'abondance de certains stocks. En fait, si l'effet est réel, il s'avère assez compliqué, en revanche, de lui trouver une explication plausible. Faute d'éléments de preuve tangibles, nous pensons cependant que des conditions exceptionnelles en termes de recrutements, hydrologie, facteurs environnementaux, etc. ont pu présider, durant certaines années, à la manifestation de cet effet. Caverivière (1990), par exemple, évoque la raréfaction des prédateurs potentiels (Serranidés, Sparidés, etc.) du poulpe pour expliquer l'explosion spectaculaire de ce céphalopode à partir de 1986.

L'influence du facteur « zone » est plus facile à expliquer. Au terme de cette étude, nous sommes parvenus à distinguer, à quelques variantes près, des espèces typiques :

- de la zone centre : seiche, chinchard jaune *Decapterus rhonchus*, raie Manta *Rhinoptera*, balistes, mérous, rouget, Yeet, pagre, pageot, dentés canariens, diagramme, poulpe, badèche, etc.
- de la zone nord : saint-pierre, dentés profonds, merlus, rascasse, chinchards noirs, grondins, brotule, etc.
- de la zone sud : faux-perroquet *Lagocephalus laevis*, mâchoirons, vomer de Gorée, balistes, thiékem, poisson volant *Dactylopterus volitans*, etc.

Un tel regroupement a été rendu possible grâce à la connaissance des facteurs bioécologiques favorables que ces espèces retrouvent dans chacune des zones (Domain, 1980 – Caverivière, 1993). Par exemple :

- la zone nord, dominée par des fonds meubles, connue pour ses eaux froides (« canariennes »), outre un plateau continental assez resserré (27 miles) et une fosse très profonde (Kayar) convient particulièrement aux taxons de la Communauté profonde : brotules, dentés profonds, merlus, etc.
- la zone centre, avec ses habitats diversifiés (fonds durs, rocheux à coralliens, vasières avec d'importantes mangroves, herbiers, etc.) est toute indiquée pour les taxons de la Communauté à Sparidés (Sparidés sensu stricto, Serranidés, céphalopodes, Lutjanidés, etc.) et les volutes ou yeet *Cymbium sp* évoluant très près de la côte, enfouis dans la vase. C'est principalement pour ses raisons qu'on y retrouve la plus grande biodiversité de toutes
- la zone sud, où le plateau atteint sa plus grande largeur, avec ses eaux chaudes (« guinéennes ») mélangées à celles du fleuve Casamance et de nombreux cours d'eaux bissau-guinéens, est un site de choix pour les taxons de la Communauté à Sciaenidés tels que le Drepane, les mâchoirons, le thiékem, etc. Du reste, c'est la zone la plus proche du Golfe de Guinée, lieu de prédilection de cette Communauté qui, y trouvant des conditions très favorables, représente plus de la moitié des captures démersales (Sidibé, 2003)

Pour ce qui est spécifiquement de l'abondance des 43 stocks étudiés via l'ACPVI, leur tendance globale à la baisse, telle que cela ressort de la reconstitution de leurs PUE à partir des premières composantes, s'inscrit dans le cadre général de celle des stocks démersaux

du Sénégal (Caverivière et Thiam, 1993 – Thiam, 2000 – CRODT, 2001 – Barry, Laurans, Thiao et Gascuel, 2004 – CRODT, 2005 – Anonyme, 2006). Les reprises notées pour certains stocks comme le thiof, durant les dernières années, ne contredisent pas cette tendance. En effet, elles restent nettement en deçà des niveaux initiaux. Ensuite, ces captures sont surtout constituées de juvéniles immatures (Fall, 2008) évoluant en fonds meubles, près de la côte. Pire, elles traduisent une surexploitation de juvéniles ce, malgré l'existence de tailles réglementaires de captures. Ces « reprises » seraient liées à l'immersion de place en place de récifs artificiels (pêche commerciale et sportive, plongée sous marine, conservation, barrière anti-chalutage, etc.) et à la mise en place d'aires marines protégées (Joal, Mbour, Saint-Louis, Bamboung, Kayar, etc.). De tels dispositifs « attirent » les proies des thiof juvéniles qui viennent les y pourchasser.

Le poulpe est quasiment la seule espèce dont la biomasse ne chute pas, comme en atteste le niveau exceptionnel de ses prises commerciales en 1999 (près de 40 000 t) comparativement à son explosion en 1986 (10 000 t) (Diallo, Jouffre, Caverivière et Thiam, 2002). Ce fait pourrait s'expliquer par un déséquilibre au niveau de la relation prédateurs/proies, ses prédateurs traditionnels (Serranidés, Sparidés, etc.) s'étant particulièrement raréfiés dans les eaux maritimes sénégalaises (cf. Annexes I traitant des ACPVI de saisons froide et chaude) voire, nord ouest africaines.

3.9. Résultats relatifs aux tactiques et stratégies de pêche

5.1.7. Pêche chalutière

Les éléments de discussions relatives aux tactiques et stratégies de pêche chalutières ci-dessous sont largement inspirés de notre article Fall, Samba et Laloë (2006a).

5.1.7.1. Problème des « divers »

Nous pensons que les « divers » ont, dans une certaine mesure, influencé la construction de nos typologies de tactiques et stratégies de pêche. Toutefois, nous ne pouvions les ignorer compte tenu de leur importance parmi les 37 espèces initiales (22 % des captures totales). En pêche chalutière et selon A. Samba (com. pers.), l'importance des « divers » traduit l'absence de tri à bord (jusqu'à une certaine période²⁶, du moins) et d'espèces dominantes tout au long de l'année. Ensuite, ils figurent comme tels dans la base données de la pêche

²⁶ Au vu de la raréfaction actuelle des ressources dont certaines sont ainsi devenues des cibles, la part des « divers », destinés surtout au marché local, s'est considérablement réduite

chalutière démersale côtière du Sénégal. D'où, le fait qu'ils soient présents dans chaque tactique, soit comme by-catch (tactique crevette), soit en grande quantité, au point d'être le label de la tactique du même nom.

5.1.7.2. Tactiques chalutières

Les 12 tactiques de pêche initialement obtenues ont été réduites à 8 sur la base des similarités notées entre certaines d'entre elles, notamment du point de vue de la composition spécifique. Par ailleurs, les 8 tactiques retenues sont globalement cohérentes et réalistes dans le contexte actuel des pêcheries démersales côtières sénégalaises. A cet effet, nous avons bénéficié des points de vue concluants de plusieurs acteurs, notamment M. Marec, qui a à son actif une quarantaine d'années d'expérience dans le secteur en tant que capitaine, armateur puis industriel. Selon lui, les 4 couples de tactiques poissons gris 1 et 2, rouget 1 et 2, divers 1 et 2 et poulpe 1 et 2 n'ont pas de signification concrète et devraient se résumer en 4 tactiques simples : poissons gris, rouget, divers et poulpe.

Sur un autre plan, Lhomme (1978), à la recherche d'espèces-cibles à partir de données de la pêche chalutière sénégalaise de 1969 à 1977, avait trouvé la crevette côtière, la seiche, la brotule, le pageot, les soles, les poissons gris, le rouget et les dorades roses. Quoique nos approches diffèrent, 6 de ses 8 espèces-cibles correspondent à des tactiques que nous avons identifiées. La première différence réside dans la tactique poulpe dont la pêche du taxon majeur remonte au milieu des années 80 (Caverivière, 1990 – Fall, 1998), donc bien après ses travaux. La seconde différence concerne les soles langue – que nous rangerions dans les composantes de notre tactique « poissons gris » – et les dorades roses (pagres et gros dentés) qui sont davantage ciblées en pêche artisanale (voir par ailleurs) qu'en pêche chalutière actuelle.

5.1.7.3. Stratégies chalutières

L'étude des stratégies nous a emmené à identifier, initialement, 6 types de chalutiers : crevettiers, rougetiers, céphalopodiers, poissonniers côtiers, poissonniers profonds et chalutiers dits généralistes.

Les stratégies rougetiers, poissonniers profonds et poissonniers côtiers sont quelque peu électives, si on considère les probabilités de réalisation de leurs tactiques majeures ($\geq 50\%$). Cette situation traduirait une certaine forme de spécialisation.

A première vue, les poissonniers profonds et côtiers sont assez proches l'un de l'autre car affichant des tactiques « poissons gris » ayant quasiment les mêmes chances de réalisation : 51 % et 54 % respectivement. Toutefois, l'examen approfondi des données permet de discriminer leurs tactiques « poissons gris » respectives : il y a davantage de taxons évoluant aux marges du talus (brotule, *Zeidae*, chinchards noirs, dentés à gros yeux, etc.) pour les poissonniers profonds, plus de taxons faisant partie de la faune associée aux fonds à crevette pour les poissonniers côtiers. Ces derniers seraient ainsi de faux crevettiers. De plus, les poissonniers profonds ont une puissance motrice et un TJB plus faibles.

Les stratégies de pêche crevettières et céphalopodières paraissent composites et seraient, de ce point de vue, les plus « opportunistes » en matière de comportement de pêche. Dans le cadre des crevettiers, par exemple, cela est reflété par les possibilités de choix quasiment identiques des tactiques « divers » (27 %), « poissons gris » (25 %) ou « crevette côtière » (24 %). Cela nous ramène à la difficulté à définir un crevettier dans le contexte des pêcheries sénégalaises. Doté d'un chalut à crevette côtière de 50 mm de maille, ce type de flottille capture beaucoup plus de divers et de « poissons gris » que de crevette. Ce point sera discuté plus largement ci-après.

5.1.8. Pêche piroguière

5.1.8.1. Strates

Les strates de pêche artisanale, initialement au nombre de 24, ont été réduites d'une unité, en l'occurrence la strate filets maillants encerclants (FME) à Dakar. Celle-ci a été retirée du fait de sa bien moindre importance par rapport aux strates FME de Mbour et Joal. En appui à l'importance des FME sur la Petite Côte, à Joal notamment, il y a le fait que l'usage de cet engin est une spécialité des *niominka*. Ceux-ci, originaires des îles Saloum, relativement proches, y sont fortement représentés. Capturant essentiellement des Clupéidés – sardinelles et ethmaloses – ils peuvent migrer jusqu'en Guinée où le poisson fumé, en général, les ethmaloses, en particulier, sont très importants dans le marché et les traditions culinaires locales (Sall et Diallo, 2001). L'attachement des *niominka* à cette forme de pêche – FME – peut être comparé à celui des kayarois pour les lignes. Les saint-louisiens sont plutôt des pêcheurs « généralistes », quoique très versés dans l'usage des lignes (classiques et palangre y compris la turlutte), de la senne tournante et des filets dormants (voir ci-après).

5.1.8.2. Tactiques

- Tactiques lignes

Des 4 tactiques lignes diverses préalablement obtenues à Saint-Louis (tassergal, thiof + Lagocephalus, pagre et Carangidés), les 3 premières ont été retenues avec des libellés plus simples (tassergal, thiof et pagre). Ces dernières sont plus en phase avec la réalité. En effet, les Carangidés sont davantage des captures accessoires de ces 3 tactiques, même si leur proportion est souvent très importante. Dans ce dernier cas, ce pourcentage s'explique beaucoup plus par les taxons qui les composent : chinchards noirs, chinchards jaunes, trachinotes, liches, carangues, etc. Ces taxons, qui font partie des Scombridés, Sciaenidés et Carangidés sont particulièrement importants dans les débarquements de la pêche artisanale sénégalaise. La tactique associant les tassergal (41 % des prises) et les Serranidés (35 %) dans l'option à 3 tactiques n'a pas été jugée assez cohérente. En effet, si on exclut la mixité, les 2 taxons sont pêchés de façon différente tant aux plans opératoire que temporel. Les Serranidés, inféodés au fond, sont recherchés durant toute l'année, pirogue à l'arrêt, c'est-à-dire ancre jetée. La pêche du tassergal se fait en mouvement, en mai-juin, entre Kayar et Saint-Louis, sur des bancs évoluant en surface ou en pleine eau et effectuant leur migration de ponte en Mauritanie (ORSTOM, 1983).

Il est bon de noter, toutefois, que la pratique de la pêche à la ligne à Guet-Ndar, fief des pêcheurs marins de Saint-Louis, est spatialisée. En effet, elle existe surtout dans le premier sous-quartier (*Lodo*, 80 % de ligne + 20 % de filet) voire, dans le sous-quartier médian (*Pondekhollé*, 50 % ligne + 50 % filet) ; l'inverse de *Lodo* étant noté dans le dernier sous-quartier *Dakk* (80 % de filet + 20 % de ligne) (Mbaye, 2002).

A Kayar, le choix a été porté sur 5 tactiques (thiof, dentés profonds, espadon, poulpe et pageot) – au lieu des 4 suggérés – pour mieux rendre compte de la réalité des faits. En effet, Kayar, plus que Saint-Louis est un site de pêche à la ligne par excellence (Mbaye, 2002). Les autochtones sont ensuite renforcés par les migrants saint-louisiens qui y déploient plusieurs tactiques de pêche à la ligne. De plus, il y a dans les tactiques à 4 des associations plus ou moins bizarres comme, par exemple, espadons + dentés profonds ou espadons + Carangidés, taxons qui sont normalement pêchés de façon très différente et/ou fréquentent des milieux différents. En outre, la pêche à l'espadon est strictement limitée à la saison chaude. Enfin, la tactique à 75 % de Carangidés est en fait une variante de la tactique pageot, selon un expert de la pêche artisanale appuyé par le Comité de Pêche de Kayar.

A Dakar, les 5 tactiques lignes identifiées sont maintenues mais avec des libellés plus simples : thiof, pageot, ravil, poulpe, *Diplodus* et autres. Elles sont, en effet, choisies de

façon délibérée par le pêcheur. Selon Niasse et Bâ (2006), des pêcheurs saint-louisiens et kayarois viennent même rechercher spécialement le pageot à Soumbédioune, un des plus dynamiques ports de pêche artisanale de la capitale sénégalaise. De plus, ici encore, les Carangidés, non ciblés, sont des captures secondaires cohabitant avec d'autres taxons. La pêche à l'explosif, interdite de tout temps mais restée longtemps impunie pour des raisons obscures, a considérablement détruit les biotopes rocheux des environs de Dakar où évoluent, traditionnellement (à l'exception du ravil), les espèces-cibles des tactiques précitées. Cette forme de pêche dangereuse est surtout localisée aux larges de Yoff et surtout Ouakam. Il semble exister dans la conurbation dakaroise, comme à Saint-Louis, une certaine spatialisation de la pratique de la pêche à la ligne. Selon Mbaye (2002), celle-ci est préférentiellement mise en œuvre par les pêcheurs de Yoff et Ouakam, ceux de Hann et Thiaroye opérant, pour la plupart, avec des filets divers. Cette stratification obéirait à une certaine logique, les deux premiers ports étant les plus proches du nord (où la pêche à la ligne est un trait essentiel), les deux autres, du centre où les filets (ST, FME, etc.) sont des engins très prisés.

A Mbour, les 4 tactiques suivantes ont été retenues : Serranidés, seiche, poulpe et pagre. Les petits Serranidés font l'objet d'une forte demande de la part des hôteliers de la place, malgré l'interdiction de leur capture contenue dans la Loi 98-32 portant Code de la pêche maritime actuel. De ce fait, ils sont plus ciblés que les pageots et Carangidés qui entrent en proportions plus ou moins importantes dans la composition de la tactique dont ils portent le nom.

A Joal, les tactiques pagre, poulpe et seiche sont confirmées, contrairement à la tactique associant les yeet et la seiche. Cette tactique compte, en effet, très peu de pirogues enquêtées (1017, nettement en deçà des effectifs notés pour les autres tactiques). En outre, à moins de pratique d'une certaine mixité, les lignes ne peuvent logiquement pas capturer des yeet. Il est bon de signaler, par ailleurs, que la ligne turlutte poulpe, la ligne casier seiche et le filet à langouste – non détecté comme strate, toutefois, dans notre étude – constituent des filières très lucratives au niveau de Joal (Sall et Diallo, 2001). L'importance des deux premières est soulignée par l'intense activité hivernale qu'elles suscitent, les sommes minimales investies et les gros bénéfices engrangés (pêcheurs, mareyeurs et usiniers), toutes choses reposant sur un socle : un imposant flux migratoire, de la part des saint-louisiens notamment, devenant des spécialistes « hivernaux » de la turlutte et des casiers à seiche. Il arrive même que le poisson, non ciblé au détriment des céphalopodes, du poulpe

notamment, se fasse rare dans ce port où la notion de « saison morte²⁷ » est devenue caduque. Enfin, le dynamisme de la pêche du poulpe dans cette zone, est souligné par l'association des pêcheurs de ce céphalopode. Créée depuis 1996, elle contourne les mareyeurs, pourtant dotés d'importants moyens financiers voire, propriétaires de pirogues, pour traiter directement avec les usiniers du prix au kilo du poulpe.

- Tactiques palangres

A Saint-Louis, les 2 tactiques retenues, démersaux profonds et thiof, procèdent d'un choix délibéré du pêcheur ; ce qui serait le contraire, si on considère la tactique thiof + pagre où la recherche est dirigée vers l'une ou l'autre des deux espèces.

A Kayar, une seule tactique démersale profonde, ciblant à la fois les dentés profonds, la brotule et les Carangidés, est retenue à la place des 2 tactiques identifiées. Il est bon de préciser qu'en ce port, les palangres opérant près de la côte, tout comme les autres engins, ne sont pas tolérés.

A Dakar, une tactique « palangre Dakar » a été identifiée. Elle est la résultante de 2 ou 3 tactiques multi spécifiques qui ne se différencient qu'au niveau de la bathymétrie.

A Mbour, les tactiques mâchoirons et démersaux côtiers (pagre + Serranidés + Thiof) résument les 3 tactiques initialement obtenues. Comme précédemment dit pour les lignes, les Serranidés capturés par les palangres sont surtout destinés aux hôteliers de la place. Par ailleurs, il existe un grand marché pour le mâchoiron fumé, exporté (USA, marché africain, etc.) ou consommé localement (« soupou kandia », plat très apprécié des sénégalais voire, dans la sous-région : Guinée-Conakry, Guinée-Bissau, Gambie, etc.). Les mâchoirons sont pêchés sur les fonds meubles et autres vasières situés au sud de Mbour.

A Joal, on retrouve les mêmes tactiques (mâchoirons et démersaux côtiers, i.e. Serranidés et Thiof) qu'à Mbour et donc quasiment, le même argumentaire.

- Tactiques filets passifs

A Saint-Louis, 3 tactiques sont retenues : soles langues, requins émissoles lisses et mélange de mâchoirons, diagramme et sompatt. Les soles langues *Cynoglossus senegalensis*

²⁷ Saison des pluies ou hivernage, jadis, en raison de la raréfaction du poisson, supplanté aujourd'hui par les céphalopodes

évoluent à faible profondeur, pratiquement à 5 m, où elles font l'objet d'une pêche délibérée. Les requins émissoles lisses *Mustellus mustellus* sont actuellement plus abondants que les requins marteaux (*Sphyrna couardi*, par exemple). Ciblés auparavant, ces derniers sont devenus rares ou capturés à des tailles trop petites. De plus, il y a des filets spéciaux pour la pêche des requins, tant pour leurs ailerons que pour la transformation artisanale en salé séché (« guedj Gaïndé » et « guedji Sali »).

A Kayar, une seule tactique est retenue, malgré les 4 formellement identifiées. La raison en est que les pêcheurs opérant avec des filets dormants, les saint-louisiens migrants ou sédentarisés, le font en cachette du fait de l'interdiction frappant leur usage. Les autorisations, lorsqu'elles existent, rejettent les pêcheurs recherchant la sole quasiment à la périphérie de Kayar (20 km environ au nord du village), au-delà des fonds de 50 m.

A Dakar, il existe 2 tactiques, l'une de fonds (démersale), l'autre de surface (pélagique). La capture de raval à partir de filets dormants est assez surprenante (tactique rejetée), le contraire pour les sars ou *Diplodus sp.* Ces derniers sont, en effet, recherchés avec des filets encerclants posés au voisinage de la roche. Par ailleurs, il est fort probable que les filets dormants de surface ciblant les sardinelles, de moins en moins utilisés selon A. Samba (com. pers.), disparaissent à plus ou moins long terme.

A Mbour, 1 tactique de surface (sardinelles) et une de fonds (yeet) remplacent les 3 tactiques suggérées. Ici, la pêche du Yeet est même une option délibérée du pêcheur pratiquant, par ailleurs, la mixité. Un exemple de cette pratique est fourni par l'usage d'un filet dormant yeet et d'un filet à poissons. Par ailleurs, le FME est susceptible d'être utilisé aussi comme filet dormant ou comme filet maillant dérivant.

A Joal, il y a 2 tactiques : filets dormants de fonds et yeet. On y note plus de mixité qu'auparavant, tout comme il n'est pas rare aussi d'y trouver des filets avec des nappes et des mailles différentes. Les opérations de pêche se déroulent sur fonds meubles qui abondent dans cette zone (cf. vasières au sud).

L'importance du yeet au niveau de la Petite Côte, de Joal principalement, est en rapport avec le regain d'intérêt des asiatiques (chinois et coréens, surtout) pour ce mollusque gastéropode depuis le début des années 90. Prisé de tout temps par les populations locales comme condiment, il est beaucoup plus destiné maintenant à l'exportation une fois pelé, bouilli et congelé. Son approvisionnement n'est même plus le fait exclusif de la pêche artisanale (« tactiques yeet »), mais aussi du transbordement à partir de navires opérant

dans les fonds peu profonds, au large de la petite côte. Le transbordement est un travail facile (le carburant étant la seule charge), exercé le plus souvent par des non-pêcheurs, abordant les navires côtiers auxquels ils achètent les yeet livrés ensuite à terre ; d'où des problèmes d'allocation d'efforts de pêche et de captures des pirogues et chalutiers se livrant à ces pratiques.

- Tactiques filets actifs

Des 3 tactiques de pêche identifiées, il n'a été retenu qu'une seule appelée filet maillant dérivant de surface, le filet maillant dérivant de fonds étant quasiment absent à Saint-Louis. En dehors de ce port dont les données ont été exclusivement analysées ici, ces engins sont également utilisés au niveau du Sine Saloum (vers la frontière sénégalo-gambienne) et, dans une certaine mesure, dans les ports de Dakar et de la Petite Côte, toutefois avec des niveaux d'efforts trop réduits pour être analysés ici. En revanche, ils sont bannis à Kayar.

Une des caractéristiques essentielles de Kayar est que les saint-louisiens y constituent 90 % des migrants et que seuls 55 % des kayarois exercent la pêche contre 76 % des saint-louisiens (Sall et Diallo, 2001). Le reste des kayarois est formé, soit d'agriculteurs exclusifs, soit d'agriculteurs-pêcheurs, contrairement aux migrants du nord dont les activités sont orientées vers la mer (mareyage, transformation et surtout pêche). Ces derniers y migrent pour des raisons biologiques (appauvrissement des fonds de pêche à Saint-Louis), économiques (pêche très lucrative, surtout avec la proximité du plus grand marché national de poisson frais, Dakar), sociales (parenté locale du fait de la polygamie, par exemple) et sécuritaires (atténuation de la barre au niveau de la fosse). L'usage de filets actifs est à l'origine de conflits ayant opposé à Kayar, de 1985 à 2000, des pêcheurs saint-louisiens, migrants ou sédentarisés aux autochtones, adeptes de la pêche à la ligne (Mbaye, 2002 – Diop, 2004). Les reproches faits par les kayarois à ces engins sont nombreux :

- non biodégradabilité (nylon monofilament)
- réalisation de captures rapides, importantes, d'espèces à très haute valeur commerciale (soles, seiche, langouste, cigale, requin, etc.) mais de piètre qualité (séjour de 8 à 10 h dans l'eau avant récolte)
- gêne du déplacement des espèces migrant, en été, du sud au nord. Précisons, de ce fait, que la pêche au filet dormant est justement à son niveau maximal en cette période assimilable à une morte saison pour les lignes
- pose des filets dormants dans des fonds trop proches de la côte où ils dégradent le biotope marin (herbiers où les poissons fraient, trouvent à manger et se cachent, par

exemple). Or, techniquement, les filets dormants sont moins efficaces au-delà des 100 m de profondeur

- pertes occasionnées par la « pêche fantôme » (filets perdus en mer) et la fuite des poissons du fait de leurs congénères vivants se débattant ou dégageant des odeurs repoussantes une fois morts (version des pêcheurs)
- interdiction par l'article 30 de la Loi 98-32 du 30/03/1998 portant actuellement Code de la pêche maritime

Fort heureusement, les conflits qui ont connu des développements souvent graves se sont estompés suite à la mise en place du Comité de Solidarité Guet-Ndar – Kayar (mars 1990) et à diverses médiations administrativo-religieuses ayant débouché sur des décisions définissant les pratiques permises et leurs périmètres de réalisation.

- Tactiques filets maillants encerclants

A Mbour, une tactique sardinelle est retenue car les FME ciblent délibérément les sardinelles, même s'il y existe des FME à petites mailles capturant accessoirement les mulets *Mugil sp* et d'autres à grandes mailles, plutôt dirigées vers les ethmaloses *Ethmalosa fimbriata*. Il est possible que cette dernière variante soit circonscrite au Sine Saloum – vers la frontière nord avec la Gambie – où sa cible est plus abondante.

A Joal, l'unique tactique sardinelle identifiée est confirmée. Dans ce port, on trouve les 2 types de FME précités : à sardinelles (mailles de 36 mm) et à ethmaloses (mailles 40 mm). On constate même que les filets de 36 mm de maille servent de plus en plus à la pêche des ethmaloses, notamment des petits individus. Les sardinelles plates font, par ailleurs, des migrations occasionnelles au niveau de la petite côte.

- Tactiques senne tournante

A Saint-Louis, il y'a une tactique sardinelle unique car la senne tournante est strictement dirigée vers cette espèce, même si des captures secondaires comme les Carangidés, mulets voire tassergal, peuvent avoir une certaine importance. Cet aspect avait d'ailleurs été évoqué par Pech et al (2001). Pour la même raison, cette tactique unique est retenue dans les 4 autres ports de Kayar, Dakar, Mbour et Joal bien que les captures secondaires soient différentes (ravil, sompatt et divers).

5.1.8.3. Flottes

- Ligneurs

Cinq (5) ligneurs, à raison d'un pour chacun des 5 ports de Saint-Louis, Kayar, Dakar, Mbour et Joal, ont été admis. Ici, le concept de « ligneurs » englobe aussi bien les pirogues pêchant avec les lignes classiques que celles utilisant la palangre. Un tel choix est justifié par la pratique courante de la mixité ; lignes et palangres étant embarquées puis utilisées de façon alterne ou simultanée. Ce type de flottille revêt une importance capitale dans chacun des sites en raison de la valeur commerciale et/ou alimentaire notable des espèces ciblées : Serranidés, Sparidés, céphalopodes, espadon, etc.

- Senneurs

Il a été retenu une flotte de senneurs pour chacun des sites de Saint-Louis, Kayar et Dakar. En revanche, une même flotte (= senneur Petite Côte) a été considérée pour les deux ports de Mbour et Joal dont les pirogues opèrent, globalement, au niveau de la Petite Côte ou dans les environs de Djiffère, situé plus au sud.

- Fileyeurs FD

Les fileyeurs à FD (filets dormants) retenus sont ceux de Saint-Louis, Dakar et de la Petite Côte (Joal + Mbour). Le choix de Saint-Louis est logique ; l'usage des filets dormants en nylon monofilament étant fortement ancré dans les pratiques de pêche locale. L'absence d'une telle flotte à Kayar, où l'engin de pêche est décrié et source de conflit, s'explique aussi aisément (cf. partie 5.3.2.2). A Dakar, la situation est très particulière. En effet, on y trouve des fileyeurs FD de surface, limités à Mbao et à Thiaroye, tendant à disparaître, ainsi que des fileyeurs FD de fonds, dominants et opérant surtout au niveau des ports de Rufisque et de Ouakam. Les ports de Mbao, Thiaroye et Rufisque sont à la sortie de Dakar, en direction de la Petite Côte. Celui de Ouakam est le second port dakarois après Yoff, en provenance du nord. Enfin, Les fileyeurs FD de Mbour et Joal ont encore été réunis en une seule entité (= fileyeurs FD Petite Côte) du fait de leurs similitudes.

- Fileyeurs FME

Les fileyeurs FME de Mbour et Joal forment une seule et même flotte car quasiment identiques dans leurs caractéristiques : techniques de pêche, zones de pêche, composition spécifique, etc.

3.10. Problématique des licences et permis de pêche

Licences de pêche et permis de pêche sont des termes strictement équivalents. Toutefois, pour la suite de la discussion et par souci de clarté, le premier terme sera réservé à la pêche chalutière, le second à la pêche artisanale.

5.1.9. Licences de pêche chalutières

Pour mémoire, il y a présentement deux principales licences de pêche démersale côtière au Sénégal: *crevette côtière* et *poissons – céphalopodes*, celle-ci incluant l'option *rouget*. La licence palangre, quoique prévue par le code de la pêche, n'existe pas actuellement (Tableau 2). Les licences de pêche existantes, c'est-à-dire formelles, nous permettent ainsi de définir les flottes de *crevettiers* et *poissonniers céphalopodiers* voire, de *rougettiers*.

5.1.9.1. Décalage entre flottes

L'exemple ci-dessous illustre le décalage entre flottes formellement dotées d'un type de licence (= chalutiers L) et flottes « méritant » ce type de licence après classification par la méthode des K-means (= chalutiers T). En effet, dans le cadre de la licence « rouget », la flotte initiale de 61 rougettiers L comporte, après classification, 45 rougettiers T composés comme suit : 4 crevettiers L, 13 poissonniers céphalopodiers L et 28 rougettiers L. Ainsi, seuls 46 % des rougettiers L (rapport 28/61) sont devenus des rougettiers T, les 54 % autres ayant adopté d'autres stratégies de pêche. On constate donc que plus de la moitié des rougettiers formels ont des mises à terre atypiques en matière de composition spécifique, le rouget n'y étant pas le composant majeur. Les centres de décisions (capitaines et/ou armateurs) de ces unités ne se « conforment » pas ainsi, de façon délibérée ou opportuniste, au type de licence qui leur est accordé par l'administration des pêches.

5.1.9.2. Pertinence des licences de pêche actuelles

Le Tableau 43 et la Figure 28 illustrent la répartition en valeurs brutes puis en pourcentages, des 27 271 marées chalutières suivant les types de licence formelle (marées L) et de tactiques de pêche dont elles sont caractéristiques (marées T). Ces éléments nous permettent d'aborder, successivement, le cas des licences « crevette côtière », « poissons-céphalopodes » et « rouget ».

Tableau 43: Nombre de marées chalutières selon la licence et la tactique de pêche

Licences de pêche formelles	Tactiques de pêche identifiées								
	BRO	CRE	DIV	GRI	PAG	POU	ROU	SEI	Total
Crevette côtière	257	1 060	1 280	1 696	261	566	307	524	5 951
Poissons céphalopodes	839	602	2 972	4 529	1 621	2 081	7 047	1628	21 319
Total	1 096	1 662	4 252	6 226	1 882	2 647	7 354	2 152	27 271

BRO = tactique brotule, CRE = tactique crevette côtière, DIV = tactique divers, GRI = tactique poissons gris, PAG = tactique pageot, POU = tactique poulpe, ROU = tactique rouget et SEI = tactique seiche

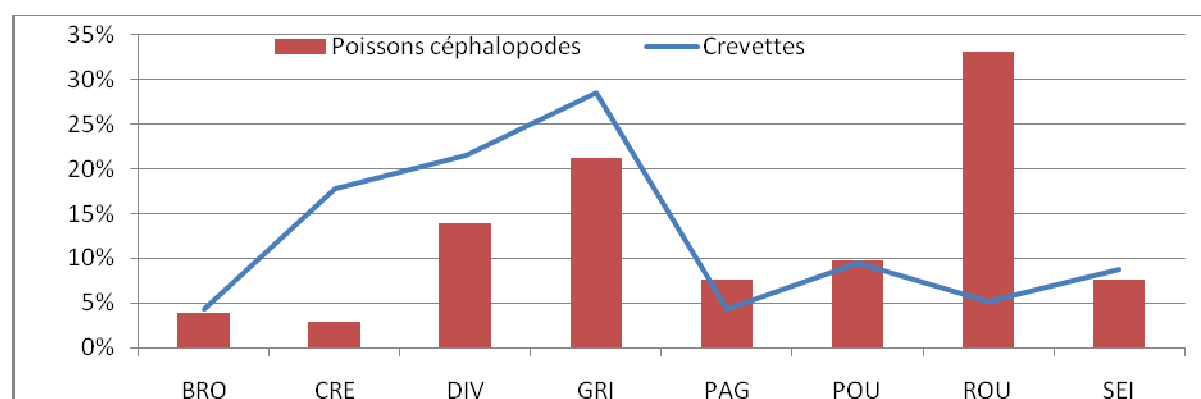


Figure 28: Pourcentages de marées chalutières selon la licence et la tactique de pêche

5.1.9.2.1. Licence « crevette côtière »

Près de 1/5 seulement des marées de crevettiers formels (crevettiers L) se traduisent par des actions de pêche typiques de la tactique « crevette » (crevettiers T). Les 4/5 restants conduisent à des tactiques axées sur la faune associée aux fonds à crevettes (50 % de tactiques « divers » et « poissons gris » combinées) ou non (32 %). Les conséquences qui résultent de ce constat sont :

- l'existence de rejets massifs (surtout de la part des crevettiers congélateurs) ; même si, de plus en plus, les by-catches ayant une certaine valeur commerciale sont conservés à bord à des fins d'équilibrage des comptes d'exploitation, la crevette étant rare (Andriamirado, 1986). De ce point de vue, les taxons des communautés à Sciaenidés et eurybathe (« poissons gris », en général) voire, les juvéniles de thiof (« *loguères* ») évoluant dans les fonds vaseux situés aux larges de Saint-Louis et de Ziguinchor surtout, paient le plus lourd tribut. Dans tous les cas de figure, les fonds à

crevettes s'appauvrissent en poissons et céphalopodes qui ont des tailles plus importantes (d'où une plus grande capturabilité) et vivent plus longtemps que la crevette dont la durée de vie est inférieure à 2 ans (Garcia et le Reste, 1981)

- un « comportement » des crevettiers formels qui les rapproche des poissonniers céphalopodiers. Ces crevettiers induisent une mortalité par pêche plus grande sur les stocks de poissons et céphalopodes car opérant avec des chaluts de 50 mm de maille de cul (contre 70 mm, pour les poissonniers céphalopodiers)
- un problème d'allocation de l'effort de pêche et de la capture, tout comme dans le cas du transbordement déjà abordé. En effet, dans le cas d'un crevettier se « comportant » comme un poissonnier céphalopodier, faut-il considérer sa licence ou son « comportement » de pêche ?

La pêche des Pénéidés en général est fortement décriée à l'échelle mondiale, à cause des ravages faits dans les zones de pêche, y compris sur le biotope (cas des chaluts et autre arts traînant, en général). On lui préfère de plus en plus la crevetticulture (Chine, Vietnam, Pérou, etc.) dont le niveau de production a considérablement fait chuter le prix à la tonne, même si cet élevage n'est pas exempt de reproches : pollution, salinisation des terres, dégradation de mangroves, déforestation, spoliation de terres de cultures paysannes, etc. Ensuite, les espoirs d'une meilleure sélectivité des chaluts à crevettes sont assez minces, compte tenu du contexte plurispécifique de nos pêcheries. Par exemple, au Sénégal, il est prévu de tester, au cours de l'année 2009, la grille de sélectivité de type Nordmore uniquement en pêche profonde (cible = gamba *Parapenaeus longirostris*) où il y a moins de faune associée qu'en pêche côtière.

Les nombreux dégâts occasionnés par la pêche crevettière nous font penser que le gel actuel de la délivrance de la licence crevette côtière au Sénégal est une mesure pertinente. En complément, d'autres mesures sont envisageables à plus ou moins long terme : reconverter la licence « crevette » en licence « poissons-céphalopodes », favoriser la sortie de crevettiers, faire adopter un chalut à 70 mm de maille de cul, rendre dissuasif le coût de la licence « crevette »²⁸, exclure le remplacement des crevettiers coulés ou hors-service, réduire la période de pêche à la crevette à 3-6 mois au maximum par an, etc.

5.1.9.2.2. Licence « poissons-céphalopodes »

²⁸ Au lieu des 35 000 FCFA/TJB/an pour les crevettiers glacières et 40 000 FCFA/TJB/an pour les crevettiers congélateurs

Les 21 319 marées des poissonniers céphalopodiers formels se scindent en actions de pêche typiques des tactiques combinées « divers » et « poissons gris » (35 %) d'une part, de la tactique « rouget » (33 %) d'autre part. Le 1/3 restant relève des autres tactiques dont les moins représentées sont les tactiques « brotule » (4 %) et « crevette côtière » (3 %). La dominance des 3 premières tactiques est logique : en effet, les tactiques « divers », « poissons gris » et « rougets » sont essentiellement de type glacier avec un effort se traduisant par beaucoup de sorties de courtes durée. En revanche, les dernières tactiques – brotule et crevette côtière – sont surtout de type congélateur avec des sorties moins nombreuses mais de plus longue durée. De ce fait, l'éclatement des poissonniers céphalopodiers formels en céphalopodiers, poissonniers côtiers et poissonniers profonds, sur la base de notre classification par K-means, présente un double intérêt.

Le premier intérêt est qu'il y a une dimension « bathymétrique » à exploiter afin de discriminer les poissonniers côtiers des poissonniers profonds. Une licence « poissons côtiers » pourrait ainsi être accordée à des poissonniers éloignés, toutefois, des fonds meubles à crevettes (vaseux en général) dont ils auraient tendance à se rapprocher. Leurs principales cibles seraient ainsi les taxons de la communauté à Sparidés, voire eurybathes et à Sciaenidés. La seconde licence, « poissons profonds », serait accordée à des chalutiers opérant plus au large et ciblant essentiellement les merlus, la brotule, les rascasses et les gros chinchards noirs. Mieux, cette deuxième flottille pourrait se fondre dans celle des merluttiers. Ces derniers et les crevettiers profonds (ciblant la gamba) forment l'essentiel de la flottille démersale profonde forte d'une quinzaine d'unités de pêche. Au bilan, l'éloignement des poissonniers côtiers des fonds à crevettes et la « fusion » des poissonniers profonds avec les flottilles démersales profondes, serait bénéfique à la zone littorale, en termes de meilleure préservation des biotopes sensibles (nurseries, lieux de cachette, aires de grossissement, etc.) et de prévention des conflits entre pêcheurs artisans et industriels. La pratique de techniques de pêche écologiquement acceptables (lignes, palangres, casiers, etc.) y serait alors promue.

Le second intérêt est relatif à la mise en place éventuelle d'une licence de pêche « céphalopodes », à l'instar des voisins nordiques du Sénégal, la Mauritanie et le Maroc, notamment, réputés être les deux plus gros pays producteurs de poulpe du monde. Ce point de vue est fondé sur l'identification d'une flotte de céphalopodiers au Sénégal (Fall, 2003 – Fall, Samba et Laloë, 2006a). De plus, les zones de pêche (centre et sud, principalement) et les périodes d'abondance maximale (mars-avril à la fin de l'hivernage) sont bien connues des pêcheurs et des gestionnaires de la pêche. En clair, il ne s'agirait plus d'une licence « poissons céphalopodes » mais d'une licence orientée vers des actions de pêche dont les

captures majeures sont le poulpe et la seiche. Dans cette perspective, il faudrait aussi harmoniser la taille minimale marchande ayant cours au Sénégal (350 g) avec celle des pays précités (500 g) voire, les périodes de repos biologique, ne serait ce que pour les céphalopodes (septembre-octobre dans ces pays, octobre-novembre au Sénégal).

5.1.9.2.3. Cas particulier de la licence « rouget »

La licence rouget, la moins chère de toutes en pêche chalutière démersale côtière – 8 000 à 9 000 FCFA/TJB/an – confère à des chalutiers glaciers, pour l'essentiel, le droit de pêcher *Pseudupeneus prayensis* et sa faune associée dans un rayon d'action centré sur des fonds durs des zones centre et sud.

De notre point de vue, cette flottille présente un certain nombre d'avantages, en référence à l'état critique des stocks et de la situation socio-économique du pays : faible volume intérieur (< 50 TJB), pavillon sénégalais, moindres rejets comparativement aux congélateurs, contribution notable à l'alimentation des populations locales, forte présence de femmes armatrices, etc. Malgré ses nombreuses difficultés (vétusté, trésorerie, gestion plus ou moins informelle, qualité moindre du fait du glaçage et des spécimens à l'abdomen bombé²⁹, etc.), elle arrive encore à survivre, à la différence des cordiers (Fall, Seck et Samba, 2007). Pour toutes ses raisons, ce type de licence doit être revitalisé dans le sens d'un renforcement des capacités matérielles (acquisition de nouveaux bateaux, fonds de roulement conséquents, etc.), managériales (gestion formelle) et technologiques (qualité améliorée du produit) de la flotte rougettière. Un des moyens pratiques de résoudre leurs problèmes de qualité liée à la présence de femelles bourrées d'œufs serait de suspendre la pêche en mai-juin, période de reproduction maximale (Chabanne, 1987) ; ce qui, du coup, serait également bénéfique pour la survie du stock parental et partant, la durabilité de la pêcherie.

Quant au déclassement éventuel des rougettiers en unités de pêche artisanale – dont elles se rapprochent le plus, selon leurs propriétaires – il y a d'abord lieu de modifier le code actuel de la pêche qui définit comme unité industrielle toute embarcation pontée. Il n'est pas souhaitable, à notre avis, que la pêche au chalut benthique soit autorisée en zone côtière où elle risque d'accélérer la destruction des biotopes sensibles, d'exacerber les conflits avec les artisans pêchant avec des engins passifs, d'entraîner une surpêche des immatures de la plupart des ressources démersales. La tendance doit donc être, comme pour les

²⁹ Il s'agit de femelles gravides, pour l'essentiel

poissonniers côtiers, de repousser un peu plus au large les rougettiers à défaut de les confiner dans leurs zones de pêche actuellement définies dans le code de la pêche.

Les licences de pêche chalutière démersale côtière sont sujettes à caution (option crevette côtière), à actualiser (options poissons côtiers, poissons profonds et céphalopodes) ou à revitaliser (option rouget). Les suggestions faites ici sur ces options de pêche sont à approfondir, notamment aux plans juridiques et socio-économiques, préalablement à leur éventuelle mise en œuvre. Il reste constant, toutefois, qu'il y a un véritable problème de redéfinition de ces licences qui sont en déphasage avec la réalité. La cause d'un tel état de fait serait liée à la méconnaissance du dynamisme de la pêcherie, lequel est entretenu, en partie, par le comportement délibéré ou opportuniste des centres de décisions (capitaines et/ou armateurs) des unités de pêche qui sont à l'écoute des marchés porteurs

5.1.9.2.4. Permis de pêche piroguière

Depuis octobre 2005, l'exercice de la pêche artisanale dans les eaux sous juridiction sénégalaise est soumis à l'obligation d'obtenir un permis de pêche dont le taux est ainsi libellé : 25 000 FCFA pour une pirogue de plus de 13 m, 15 000 FCFA pour une pirogue de 13 m maximum et 5 000 FCFA pour la pêche à pied. Cette mesure concerne aussi bien les nationaux, largement majoritaires dans le secteur, que les rarissimes étrangers ghanéens établis au sud du pays. Toutefois, son niveau d'application reste encore faible ; le 1/3 seulement des embarcations s'y étant conformé à ce jour. Les causes seraient surtout liées à l'accès aux ressources resté jusque là libre et gratuit pour les pêcheurs artisans. Une politique de communication-sensibilisation mieux pensée devrait amener les 2/3 de pêcheurs encore réfractaires ou mal informés à régulariser au plus vite leur situation.

Il nous semble toutefois, au-delà de ces aspects, que le permis doit aussi être indexé, non pas sur la taille des embarcations, mais sur la qualité des prises opérées et l'état des stocks. En cela, nous partageons l'avis de Dahou et al (2001) qui, outre la réduction de l'effort de pêche global sur les démersaux côtiers et l'utilisation de licences pour les pirogues, suggèrent de fixer la redevance des navires à partir de la valeur des espèces débarquées et non du TJB. Par exemple, deux pirogues de plus de 13 m, ayant payé la même redevance (25 000 FCFA) et ramenant en quantités égales, l'une du thiof *Epinephelus aeneus* (ligneur ou palangrier, par exemple), l'autre de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (senneur ST ou fileyeur FD, par exemple), ont des revenus totalement différents :

- en effet, le thiof est un poisson à très haute valeur commerciale (5 000 à 8 000 FCFA/kg) tandis que la sardinelle, poisson le plus consommé localement, est très bon marché : 200 FCFA/kg, environ
- de plus, le stock de thiof est dans une situation si critique que le CRODT (2005) préconise le gel de sa pêche sur la base des recommandations du groupe de travail COPACE de 2004. Comparativement, le stock de sardinelle ronde, quoique très fluctuant, supporte relativement bien la pression de pêche sardinière et artisanale

Conclusion générale

Selon la FAO (2008), la situation actuelle des stocks halieutiques mondiaux peut être schématisée ainsi : surexploitation (19 %), épuisement (8 %), reconstitution (1 %), pleine exploitation (52 %) et exploitation modérée ou sous-exploitation (20 %). Les stocks démersaux côtiers, les plus ciblés et les plus affectés de tous, ont vu leurs mises à terre baisser de 20 à 60 % dans 2/3 des pêcheries dont celles du Sénégal.

Cette situation est d'autant plus alarmante que la pêche maritime sénégalaise est une activité séculaire (17^{ème} siècle pour la pêche artisanale, milieu du 20^{ème} siècle pour la pêche chalutière), un trait de vie majeur des populations côtières auxquelles se sont joints nombre de sénégalais frappés par les dures conditions de vie, les échecs scolaires répétitifs, les décevants résultats d'une agriculture basée sur une pluviométrie aléatoire, etc. Le secteur des pêches génère près de 600 000 emplois, couvre 75 % des apports protéiques des populations, assure une consommation moyenne de 27 kilogrammes de poissons par habitant, contribue pour 1.4 % au PIB national, affiche des chiffres d'affaires de 123.5 milliards FCFA à la production et de 154.216 milliards FCFA à l'export. En outre, le Sénégal a bénéficié, jusqu'en juin 2006 du moins, d'importantes rentrées financières provenant de la signature d'accords de pêche avec l'UE, du coût des licences de pêche, de l'avitaillement des navires, des prestations portuaires, etc.

Le Sénégal, en tant que pays sahélien, rangé parmi les pays les moins avancés du monde, doit-il laisser un secteur aussi vital pour ses populations et son économie périlcliter ?

Assurément, non. A cette fin et dans le cadre du présent travail, nous avons entrepris de faire le point sur les pêcheries démersales côtières industrielles et artisanales (conditions océanographiques, flottes, stocks, etc.) et d'étudier les « comportements de pêche » des acteurs, c'est-à-dire leurs stratégies et tactiques de pêche. Le but poursuivi est de proposer des *améliorations structurelles au niveau des bases de données*, des *mesures d'aménagement des pêcheries* et des *outils d'aide à la prise de décision* et, in fine, d'explorer des voies de recherche en vue d'une meilleure connaissance du fonctionnement de l'écosystème, voire même *envisager l'approche écosystémique des pêches* (AEP). Afin de mieux tenir compte de la complexité naturelle des pêcheries sénégalaises, nous avons eu recours au modèle dit « Dynamique Conjointe Exploitation – Ressource ». Après de larges échanges avec des experts locaux en pêche industrielle et artisanale, nous avons alors considéré a) 32 stocks, 82 tactiques, 25 flottes et 31 strates d'échantillonnage b) des informations relatives aux stocks (indices d'abondance, efforts, mortalités naturelles, prix au

kg, etc.) et aux unités de pêche (coûts des tactiques, coûts d'opportunité, paramètres d'aides à la prise de décision, etc.).

Les **bases de données** consultées pour l'élaboration de la présente étude ont révélé des lacunes de diverses natures : y apporter des solutions permettrait d'améliorer les analyses effectuées. L'identification des pirogues (comme en pêche chalutière) est nécessaire en vue d'une étude plus formalisée des stratégies de pêche artisanales. Un tel travail pourrait être facilité par l'obtention du permis de pêche (obligatoire depuis octobre 2005) et l'immatriculation des pirogues (en cours). Les écueils, que nous ne pouvons résoudre seul, ne manquent pas non plus: données manquantes, validation en cours pour les années récentes, difficultés à expliquer les « fortes performances » de l'année 1998, prises spécifiques exceptionnelles, espèces mal renseignées ou surévaluées, etc. De ce dernier point de vue, par exemple, l'ethmalose *Ethmalosa fimbriata*, prise essentielle des filets maillant encerclants, n'apparaît pas dans les tactiques relatives à ces engins actifs. Elle serait incluse dans les « sardinelles ». Si tel est le cas, il vaudrait mieux minimiser la perte d'information en distinguant plusieurs espèces de Clupéidés (sardinelles et ethmaloses, au moins) tout en restant le plus parcimonieux possible. En outre, le capitaine *Polydactylus quadrifilis*, malgré son importance socio-économique et sa chair blanche très recherchée, n'est notable dans aucune des tactiques identifiées. Enfin, les « divers » des pêcheries artisanales et chalutières n'ont pas la même composition spécifique. Nous pourrions envisager de distinguer plusieurs stocks de « divers ». La ressource se faisant rare, de plus en plus de taxons sont extraits des « divers » pour être commercialisés à part ; d'où la nécessité aussi de redéfinir le concept de « divers » dans les pêcheries chalutières et artisanales.

En termes d'**aménagement des pêcheries**, il vaudrait mieux indexer le prix de la licence de pêche artisanale sur la valeur commerciale des prises, non pas sur la longueur de la pirogue comme c'est le cas actuellement. Le décalage qu'il y a actuellement entre les chalutiers crevettiers, rougettiers et poissonniers céphalopodiens formels (détenteurs de licences) et leurs « *comportements de pêche* » réels (établis par classification) pose le problème de la redéfinition des actuelles licences de pêche. Le gel prolongé de la licence « crevette », sa conversion en licence poissons (maillage de 70 mm) voire, la restriction des périodes et aires de pêche sont des mesures destinées aux crevettiers. On pourrait également envisager de créer des licences de pêche « *céphalopodes* » (les tactiques « poulpes » et « seiches » existant, de fait, au Sénégal), « *poissons côtiers* » (à exclure des zones à crevette, toutefois) et « *poissons profonds* » (les chalutiers détenteurs rejoindraient les poissonniers profonds, i.e. les merluttiers). Enfin, les rougettiers sont à exclure de la zone des 6-7 miles; le chalutage, sous quelque forme que ce soit, étant à proscrire dans cette frange réservée aux seules pirogues. Toutefois, ces flottes seraient les plus appropriées (en raison de leurs rayon

d'action limité, faible TJB, modestes capacités financières et de la relative disponibilité de leur espèce cible) à pêcher dans le contexte actuel de raréfaction des ressources. Pour cela, il urge de les appuyer sur les plans technico-financiers. Toutes ces suggestions nécessitent, cela va de soi, des études complémentaires poussées sur les plans techniques, juridiques, sociaux, économiques, spatiaux, etc. Les études relatives aux tactiques et stratégies de pêche sont à faire suivant un pas de temps raisonnable, afin de tenir compte des changements incessants survenant dans les pêcheries sénégalaises très dynamiques car influencées par plusieurs facteurs pouvant être très variables : pression des marchés intérieurs/extérieurs, souci prégnant de rentabilité, changements institutionnels, fortes saisonnalités, etc. De ce fait, on pourrait toujours avoir une idée assez claire d'un éventuel déphasage des autorisations de pêche en cours.

En termes d'**aide à la prise de décision**, la construction du diagramme de Pech, part importante du travail de modélisation, permet d'avoir une meilleure compréhension des relations stocks/tactiques, flottes/tactiques et strates/tactiques. Bien que l'ajustement obtenu ne soit pas totalement satisfaisant, nous avons pu :

- obtenir des séries de données observées et estimées relativement cohérentes
- réactualiser les tactiques et stratégies de pêche artisanale précédemment étudiées (Laloë et Samba, 1990 – Laloë et Samba, 1991 – Ferraris, 1993 – Ferraris et Le Fur, 1993 – Ferraris, Pelletier et Rochet, 1996 – Pelletier et Ferraris, 2000 – Pech et al, 2001, Ferraris, 2001, etc.) aux plans temporel (jusqu'en 2006), spatial (ports de Dakar et de la Petite Côte, outre ceux du nord) et technologique (6 types d'engins*5 ports ici, 3 types d'engins*2 ports dans les études antérieures)
- étudier de façon détaillée et quasi inédite les tactiques et stratégies de pêche chalutière démersale côtière au Sénégal
- proposer une perception (typologies des marées à partir des stocks pour l'étude des *tactiques* et des unités de pêche à partir des tactiques qu'elles utilisent pour l'étude des *stratégies*) et une méthodologie (méthode des K-means, plus performante et plus rapide que les méthodes de classification usuelles), deux acquis non négligeables.

Ces travaux ouvrent la voie vers une utilisation du modèle DCER comme outil d'aide à la prise de décision, suivant en cela l'essai réalisé par Laloë (2007) à partir de données de la pêche artisanale sénégalaise, de 1974 à 2000. De plus, l'impact de changements introduits dans certains paramètres peut être apprécié au cours du temps. Dès lors, et compte tenu de ce qui a été dit sur les bases de données, le travail de modélisation présenté ici devrait être considéré comme une esquisse pouvant

déboucher sur un groupe de travail réunissant plusieurs compétences (experts scientifiques, professionnels, décideurs, etc.) à même de prendre en charge toutes les exigences du modèle (nature et qualité des données). Le CRODT et la DPM seraient, de ce point de vue, les institutions-clés. Il y aurait même intérêt à impliquer les autres pays de la CSRP (Gambie, Guinée-Conakry, Guinée-Bissau, Mauritanie, Cap-Vert et Sierra-Leone) avec lesquels le Sénégal partage la plupart des stocks étudiés, un aspect dont nous n'avons pas tenu compte faute de mise à disposition de leurs données.

Les problématiques abordées et les propositions faites ci-dessus exigent une vision globale allant au-delà des seules pêcheries (stocks ciblés, communautés de pêcheurs, flottilles, etc.) mais intégrant aussi l'écosystème productif dans ses composantes abiotiques, biotiques et humaines. A cet effet, l'**approche écosystémique des pêches** (AEP) permet de répondre à cette attente ; elle regroupe 2 démarches différentes mais liées et qui sont susceptibles de converger (FAO, 2003).

La première démarche met en perspective la *gestion de l'écosystème* et vise à préserver la structure, la diversité et le fonctionnement des écosystèmes que la pêche peut gravement altérer via la surexploitation des stocks, la destruction des biotopes, la modification des interactions spécifiques et espèces-milieus, les pollutions, etc. Ce mode gestion permet également d'évaluer les menaces et de recourir à des stratégies adaptatives (Garcia et al, 2003).

La seconde approche est centrée sur la *gestion des pêches* et a pour objectif la satisfaction des besoins alimentaires et économiques de l'homme par des mesures de gestion portant sur la pêche et les ressources ciblées.

La nécessité de l'AEP est d'autant plus pertinente que la productivité naturelle du milieu marin et le niveau de prélèvement de toute espèce ciblée ont des limites... Le succès de cette approche suppose le respect des principes suivants : gestion de la pêche avec limitation de ses effets néfastes sur l'écosystème, préservation des divers rapports écologiques, compatibilité des mesures de gestion dans toute l'aire de répartition des ressources, application du principe de précaution du fait de l'insuffisance des connaissances sur les écosystèmes, veille des pouvoirs responsables sur le bien-être et l'équité pour les hommes et pour l'environnement.

Certes, la mise en place d'une AEP représente une charge supplémentaire dans les pays du Sud (FAO, 2003) où les fonctions culturelle, sociale, économique et alimentaire de la pêche

artisanale risquent d'en pâtir. Toutefois, ces difficultés pourraient être atténuées par l'adoption de mesures spéciales dans les domaines de l'assistance financière et technique, du transfert des techniques, de la formation, de la coopération scientifique et d'une meilleure valorisation des pêcheries qui s'exerceraient aussi en haute mer (Paragraphe 5.2, Code de conduite pour une pêche responsable, FAO, 1995).

Les travaux de Samb et Mendy (2007) et Samb (2007) sur l'écosystème sénégalais jettent les bases pour la mise en œuvre d'une approche écosystémique des pêches au Sénégal. Il s'y ajoute que l'accélération et la mise en œuvre de plans d'aménagement dans le cadre d'un système de gestion des pêcheries intégrant les objectifs de réduction des capacités de pêche et de restauration des écosystèmes marins (immersion de récifs artificiels, mise en place d'un réseau d'AMP) sont des recommandations majeures ressorties du dernier Conseil Présidentiel sur la Pêche (CPP, 2008).

Références bibliographiques

- ✚ Andriamirado R. G. A. 1986. Les captures secondaires de la pêche à la crevette *Penaeus notialis* Perez – Farfante au Sénégal : répartition, importance, rôle dans la niche trophique. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, spécialité Océanographie, mention biologie. Université de Bretagne Occidentale : 254 pages
- ✚ Anonyme 2000. La pêche. Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle de la Mer, Océanopolis. Brest, France : page 33
- ✚ Anonyme 2006. Rapport final de l'étude de l'évaluation et de la gestion des ressources halieutiques en République du Sénégal. Programme de recherche sénégalais-japonais. DPM/CRODT/OAFIC/JICA, document de 290 pages
- ✚ Bakhayokho M. 1983. Life history of *Sepia officinalis hierredda* off Senegalese coast. FAO Doc. Pêches : **231**, pp. 204 – 263
- ✚ Bakhayokho M. et Kébé M. 1991. Problématique des relations entre la pêche artisanale et la pêche industrielle: cas des ressources démersales. In: La recherche face à la pêche artisanale. Durand J. R., Lemoalle J. et Wéber J. (Eds). Symposium international ORSTOM/IFREMER: Montpellier, 3-7 juillet 1989. Editions de l'ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, Tome 2, pp. 933-941
- ✚ Barbault R. 1992. Écologie des peuplements, structure, dynamique et évolution. Editions Masson, Paris.
- ✚ Barry M., Dème, M., Diouf, T., Fontana, A., Samba, A. et Thiam, D. 2005. La pêche. In : Bilan de la recherche agricole et agro-alimentaire au Sénégal, pp. 345 – 367. Document ISRA, ITA et CIRAD. Projet JOKO/FAC n° 98004900, Ministère Français des Affaires Etrangères
- ✚ Barry M., Laurans M., Thiao D. et Gascuel D. 2004. Diagnostic de l'état d'exploitation de cinq espèces démersales côtières sénégalaises. Actes du symposium international sur Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : Un demi-siècle de changement, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002, 12 pages
- ✚ Barry M., Thiao, D. et Ndao S. 2002. Structure des jeux de données de la pêche maritime sénégalaise intégrés dans StatBase. Projet Système d'Information et d'Analyse des Pêches au Sénégal (SIAP) : Dakar/Sénégal, juin 2002, 26 diapositives power point
- ✚ Biseau A. 1998. Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessment. Aquatic Living Resources, **11** (3): 119 - 136
- ✚ Biseau A. et Gondeaux E. 1988. Apport des méthodes d'ordination en typologie des flottilles. J. Cons. Explor. Mer: **44**, 286–296
- ✚ Bousso T. 1996. La pêche artisanale dans l'estuaire du Sine-Saloum (Sénégal). Approches typologiques des systèmes d'exploitation. Thèse de doctorat, Spécialité

Biologie des populations et écologie, Ecole doctorale BSIAE (Biologie et Systèmes Intégrés – Agronomie – Environnement). Université Montpellier 2, Sciences et Techniques du Languedoc, 293 pages

- ✚ Caddy J. F. 1996. Modelling natural mortality with age in short-lived invertebrate populations: definition of a strategy of gnomonic time division. *Aquatic Living Resources*, **9** : 197-207
- ✚ Caverivière A. 1982. Les fluctuations d'abondance du baliste *B. carolinensis*, 8 pages. Disponible sur le site : www.horizon.ird.fr
- ✚ Caverivière A. 1990. Etude de la pêche du poulpe *Octopus vulgaris* dans les eaux côtières de la Gambie et du Sénégal. L'explosion démographique de 1986. Document scientifique, CRODT/ISRA, **116**: 41 pages
- ✚ Caverivière A. 1993. Les peuplements ichthyologiques démersaux, écologie et biologie. In: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I: Le milieu marin. ORSTOM Editions, pp. 271 – 319
- ✚ Caverivière A. et Andriamirado R. G. A. 1988. Captures secondaires et rejets de la pêche crevette à *Penaeus notialis* du Sénégal. Document scientifique, CRODT/ISRA, **111**: 113 pages
- ✚ Caverivière A. et Thiam M. 1993. Tailles moyennes et taux d'exploitation approchés des principales espèces de poissons débarquées par les chalutiers glaciers entre 1973 et 1989. In: L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise. Barry – Gérard, M., Diouf, T. et Fonteneau, A. (Eds). Symposium de Dakar : 8 – 13 février 1993, ORSTOM éditions, pp. 365-384
- ✚ Caverivière A. et Touré D. 1990. Note sur les mortalités de mérous (Serranidae) observées en fin de saison chaude devant les côtes du Sénégal, particulièrement en 1987. Document scientifique, CRODT, **116** : 21 pages
- ✚ Caverivière A., Thiam M. et Jouffre D. 2002. Le poulpe *Octopus vulgaris*. Sénégal et côte nord ouest africaines. Colloques et Séminaires, IRD Editions, Paris: 385 pages
- ✚ Cayré P. et Fontana A. 1981. Les stocks démersaux profonds. In : Milieu marin et ressources halieutiques de la République populaire du Congo. A. Fontana (Eds). Document ORSTOM, Chapitre 6, pp. 259 – 278
- ✚ CEE 1987. Assessment of technical interactions in mixed fisheries. CEE Internal Information on Fisheries, **15** : 75 pages
- ✚ Chabanne J. 1979. Note préliminaire sur la reproduction des rougets des côtes sénégalaises. Document scientifique, CRODT/ISRA, **68**: 63-77
- ✚ Chabanne J. 1987. Le peuplement de fonds durs et sableux du plateau continental sénégalais. Etude de sa pêche chalutière. Biologie et dynamique d'une espèce

caractéristique: le rouget *Pseudupeneus prayensis*. Collection Etudes et Thèses, Editions de l'ORSTOM: 355 pages

- ✚ Chabanne J., Franqueville C., Fréon P., Lhomme F., Pianet R. et Stéquert B. 1976. La pêche chalutière. In : Etat de la pêche et des stocks exploités intéressant le Sénégal. Document CRODT/ISRA, Juin 1976 : pp. 42 – 63
- ✚ Champagnat G. et Domain F. 1979. Migration des poissons démersaux le long des côtes ouest-africaines de 10 à 24°N de latitude nord. Rapport du Groupe de Travail sur la reproduction des espèces exploitées dans le Golfe de Guinée, Dakar, 7-12 novembre 1977. Document scientifique ISRA/ORSTOM, **68**: 79-110
- ✚ Charles-Dominique E. et Mbaye A. 2003. Engins et techniques de pêche artisanale du Sénégal. Document de 28 pages, disponible sur le site internet : www.wikinap.haisoft.net/images/9/9b/Les_engins_de_peche_du_senegal.pdf
- ✚ Chauveau J. P. 1989. Histoire de la pêche industrielle au Sénégal et politiques d'industrialisation. Deuxième partie : L'essor thonier et les limites d'une politique nationale d'industrialisation de la pêche (de 1955 aux premières années de l'indépendance). Cah. Sci. Hum. 25 (I-2) 1989 : 259-275
- ✚ Chavance P., Bâ M., Gascuel D., Vakily J. M. et Pauly D. 2004. Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest: un demi-siècle de changement. Actes du Symposium International SIAP, Dakar, Sénégal, 24 - 28 juin 2002. Coll. Rapports Rech. Halieut. ACP – UE, **15**, Vol. 1
- ✚ COPACE 1982. Rapport du groupe de travail spécial sur les stocks de céphalopodes de la région nord du COPACE. Centro Costero de Canarias. Instituto Español d'Oceanografía. CEEAF/ECAF Series - 82/24, P8572/F
- ✚ COPACE 2002. Sommaire du rapport de la réunion du Groupe de travail sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique du nord-ouest. Ténériffe, Espagne, 22 – 24 octobre 2002. COPACE Séries CEEAF/XVI 2002/Inf.5, 12 pages
- ✚ Coulibaly D. 2004. Les perspectives du privé dans la gestion des ressources. Contribution de GAIPES. Réunion des experts sur les relations ACP-UE dans le secteur de la pêche : Bruxelles, 13-14 décembre 2004, 7 pages
- ✚ CRODT 1979. Les ressources halieutiques sénégalaises. Potentialités - Exploitation actuelle - Perspectives. Convention d'étude ISRA/SCET pour le Plan d'Action pour la Pêche Sénégalaise, 122 pages
- ✚ CRODT 1991a. Situation des ressources halieutiques en 1991 et recommandations en matière de gestion. Document interne, CRODT: 6 pages
- ✚ CRODT 1991b. Note sur les stratégies de pêche des chalutiers crevettiers sénégalais. Document interne CRODT/ISRA, 10 pages

- ✚ CRODT 1994. Les pêcheries démersales côtières artisanale et industrielle au Sénégal: analyse comparative des aspects biologiques et socio-économiques. Perspectives d'aménagement. Consultation pour le groupe ABC/SEPIA: 94 pages
- ✚ CRODT 2001. Rapport technique. Document CRODT, mars 2001: 9 pages
- ✚ CRODT 2005. Rapport annuel 2004. Document CRODT, septembre 2005: 26 p.
- ✚ CRODT 2006. Rapport final du recensement national de la Pêche artisanale maritime sénégalaise. Document CRODT/ISRA, août 2006, 158 pages
- ✚ CRODT 2009. Plan Stratégique 2009-2013. Document du CRODT, juillet 2009, 52 pages
- ✚ Dahou, K., Dème M., Thiam D., Sène A., Coulibaly D. et Ndiaye P.G. 2001. Impacts socio-économiques et environnementaux de la libéralisation du commerce sur la gestion durable des ressources naturelles : étude de cas sur le secteur de la pêche sénégalaise. PNUD, ENDA, CRODT, Doc. technique, 96 p.
- ✚ Diallo M. 1995. Analyse des interactions entre la pêche artisanale et la pêche industrielle. Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye. Archive scientifique n° **199** : 33 pages + annexes
- ✚ Diallo M., Jouffre D., Caverivière A., Thiam M., 2002. L'explosion démographique du poulpe *Octopus vulgaris* au Sénégal pendant l'été 1999. In : Caverivière A., Thiam M., Jouffre D. (éd.) : Le poulpe *Octopus vulgaris*. Sénégal et côtes nord-ouest africaines. Paris, IRD, coll. Colloques et séminaires : 213-217
- ✚ Diaw C. 1992. La pêche artisanale dans un contexte ouest-africain. Une étude de cas sur la problématique de l'aménagement. Recherches interdisciplinaires et Gestion des Pêcheries. J. C. Brêthes et A. Fontana, Ed. CIEO, pp : 205-222
- ✚ Diday E. 1971. Une nouvelle méthode en classification automatique et reconnaissance des formes la méthode des nuées dynamiques. Revue de Statistique Appliquée, 19 (2) : pp. 19-33
- ✚ Diop N. T. 2006. Rapport sur les négociations accord et protocole en matière de pêche entre le Sénégal et la Communauté Européenne. Ministère de l'Economie Maritime et des Transports Maritimes Internationaux, Direction des Pêches Maritimes. Juillet 2006, 34 pages
- ✚ Diop O. 2004. Migrations et conflits de pêche le long du Littoral sénégal-mauritanien: le cas des pêcheurs de Guet-Ndar de Saint-Louis (Sénégal). Recherches Africaines, N° 03 - 2004, 3 octobre 2004. Site : www.recherches-africaines.net/document.php?id=259
- ✚ Domain F. 1976. Les fonds de pêche du plateau continental ouest africain entre 17°N et 12°N. Document scientifique, CRODT/ISRA, **61**: 22 pages + annexes
- ✚ Domain F. 1978. Potentialités comparées des différentes zones de pêche d'espèces démersales du Golfe de Guinée (19°N-6°S). Recueil des communications présentées par

- le CRODT au symposium sur le courant des Canaries: upwelling et ressources vivantes (Las Palmas, 11-14 avril 1978). Doc. Scient. CRODT, **67**: 7 pages + ann.
- ✚ Domain F. 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal-mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte général du Golfe de Guinée. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris VI et Muséum National Histoire Naturelle, 342 pages + annexes
 - ✚ Domalain, G., Jouffre, D., Thiam, D., Traoré, S. et Wang, C. L. 2004. Evolution de la diversité spécifique et des dominances dans les campagnes de chalutage démersal du Sénégal et de la Guinée. Actes du Symposium international, Dakar, Sénégal : 24 – 28 juin 2002, pp. 299-310
 - ✚ DPCA 2006. L'aquaculture marine et estuarienne sénégalaise. Etude d'identification des possibilités d'aquaculture industrielle au Sénégal. Direction de la Pêche Continentale et de l'Aquaculture/Agrifor Consult. Dakar, Sénégal: 19- 20 JUIN 2006, 25 diapositives
 - ✚ Durand J. R., Farrugio H. et Lemoine M. 1991. Analyse et gestion des pêcheries côtières. Nécessité d'une nouvelle démarche. In : La recherche face à la pêche artisanale. Symp. Int. ORSTOM/IFREMER, Montpellier, France : 3-7juillet 1989. Durand, J. R., Lemoalle J. et Weber J. (Eds). Editions de l'ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, Paris, Tome 1, pp. 443-450
 - ✚ Everett G. 1995. Promotion des pêches industrielles en Afrique de l'Ouest. FAO, Circulaire sur les pêches n° **857**, Rome. 63 pages
 - ✚ Fager E. W. et Longhurst A. R. 1968. Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. J. Fish. Res. Board. Canada, **25**(7): 1405-1421
 - ✚ Fall M. 1998. Contribution à l'étude des paramètres biométriques du poulpe commun (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) du littoral sénégalais: estimation du poids éviscéré. Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Mémoire de DEA de Biologie Animale, **104**: 48 pages
 - ✚ Fall M. 2003. Typologie des tactiques et stratégies de pêche chalutière démersale côtière de 1990 à 2001 au Sénégal. Document CRODT, 26 pages
 - ✚ Fall M. 2009. Résultats synthétiques des campagnes démersales côtières SAGPS-1 et SAGPS-3. CRODT, 26 février 2009, Présentation power point : 21 diapositives
 - ✚ Fall M., Samba A. et Laloë F. 2006a. Fishing tactics and strategies in coastal demersal trawling fisheries in Senegal. Aquatic Living Resources, **19**: 307-316
 - ✚ Fall M., Samba A. et Laloë F. 2006b. Pourquoi et comment étudier les tactiques et stratégies de pêche des acteurs? International Seminar on Coastal Water Management et Sustainable Use of Marine Resources. INOC-COMSTECH-ISESCO-IDB-CRODT: 14-16 November 2006, Dakar – Senegal, pp. 199-207

- ✚ Fall, M., Seck O. et Samba A. 2006. Les rougettiers opérant au large du Sénégal : une flottille encore viable ? Présentation orale faite au 8^{ème} forum de l'Association Française d'Halieumétrie (AFH) : 19-21 juin 2007, La Rochelle, France. Disponible sur le site : www.agrocampus-ouest.fr/halieutique/Afh
- ✚ FAO 1995. Code de conduite pour une pêche responsable. Rome, FAO : 46 pages
- ✚ FAO 2008. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Première partie. Document de 92 pages. Site www.fao.org/docrep/fao/011/i0250f/i0250f01.pdf
- ✚ Ferraris J. 1993. Démarche méthodologique pour l'analyse des comportements tactiques et stratégiques du pêcheur artisan sénégalais. Table ronde « Questions sur la dynamique de l'exploitation halieutique », 6-8 septembre 1993, Montpellier, France, 33 pages
- ✚ Ferraris J. 2001. Méthodologie pour la typologie des flottilles de pêche. Document technique sur les pêches, FAO, Rome : 423, 91 pages
- ✚ Ferraris J. et Le Fur J. 1993. Méthodes d'analyse et de représentation d'un système d'exploitation : synergies et redondances. 1^{er} Forum Halieumétrique. Rennes, 29 juin – 1^{er} juillet 1993. Communication n° 35, Session Fonctionnement des systèmes d'exploitation
- ✚ Ferraris J. et Samba A. 1991. Variabilité de la pêche artisanale sénégalaise et statistique exploratoire. SEMINFOR 5, ORSTOM, Septembre 1991, Montpellier, pp. 169-190
- ✚ Ferraris J., Pelletier D. et Rochet M. J. 1996. Modélisation des activités de pêche à l'aide de méthodes numériques – symboliques. Journées du Programme Environnement, Vie et Sociétés. CNRS, Paris : 15 – 17 janvier 1996, 7 pages
- ✚ Ferraris, J., Samb B. et Thiam, M. 1993. Les statistiques de pêche au CRODT : description des systèmes de collecte et de traitement des données. Groupe de travail sur l'évaluation des ressources exploitées par la pêche artisanale. Dakar, Sénégal : 8 au 13 Février 1993
- ✚ Forgy E. W. 1965. Cluster Analysis of Multivariate Data: Efficiency versus Interpretability of Classifications. Biometric Society Meetings, Riverside, California. Abstract in Biometrics Vol. 21, **3**, p. 768
- ✚ Fox W. W. Jr. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish Soc., **99** : 80-88
- ✚ Franqueville C. 1983. Biologie et dynamique de population des daurades (*Pagellus bellottii*, Steindachner, 1982) le long des côtes sénégalaises. Thèse de Doctorat D'Etat. Université d'Aix-Marseille II, 276 p.
- ✚ Fréon P. 1994. Rendements par recrue et biomasse féconde du stock de *Sardinella aurita*. In : Do Chi, T. (Eds). Groupe de travail ad hoc sur les sardinelles et autres espèces de petits pélagiques côtiers de la zone nord du COPACE. Centre de

Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), Sénégal, 29 novembre au 3 décembre 1993. COPACE/PACE/Séries No. 91/58. Rome, FAO, 295p.

- ✚ Froese R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. FISH and FISHERIES, **5** : 86- 91
- ✚ Gaertner, D., Pagavino M. et Marcano J. 1996. Utilisation de modèles linéaires généralisés pour évaluer les stratégies de pêche thonière à la senne en présence d'espèces associées dans l'Atlantique ouest. Aquatic Living Resources : **9**, 305-323
- ✚ Garcia S. et Le Reste L. 1981. Cycles vitaux, dynamique, exploitation et aménagement des stocks de crevettes Pénéidés côtières. FAO Doc. Tech. Pêches, **203**: 210 p.
- ✚ Garcia S. et Lhomme F. 1980. Standardisation de l'effort de pêche dans la pêche chalutière du Sénégal. CRODT, Rapport dactylographié non publié
- ✚ Garcia S. et Reveret J. P. 1991. Structure des pêches artisanales: paradigmes et méthodes de recherche. Une introduction. In: Durand, J.R., J. Lemoalle et J. Weber (Eds). La recherche face à la pêche artisanale (Tome II). Colloques et Séminaires, ORSTOM: 253-268
- ✚ Garcia S., Lhomme F., Chabanne J. et Franqueville C. 1979. La pêche chalutière au Sénégal: historique et potentiel. FAO, COPACE/PACE, Séries 78/8 (F): 59-77
- ✚ Garrod G. J. 1969. Empirical assessment of catch/effort relationships in the Northern Atlantic cod stocks. Res. Bull. ICNAF: **6**, 26 – 34
- ✚ Gascuel D. et Ménard F. 1997. Assessment of a multispecies fishery in Senegal using production models and diversity indices. Aquatic Living Resources, **10**: 281 – 288
- ✚ Gascuel D. et Thiam M. 1983. Evolution de l'abondance des espèces démersales: estimation par modélisation linéaire des PUE. In: L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise. Barry-Gérard, M. B., Diouf, T. et Fonteneau, A. (Eds). Editions de l'ORSTOM, Colloques et Séminaires, pp. 191-213
- ✚ Gascuel D., Domain F. et Chavance P. 1997. L'exploitation de la communauté à Sciaenidés de Guinée: un premier diagnostic sur l'état des stocks par modélisation linéaire de l'abondance. In: La surexploitation – 3^{ème} Forum Halieumétrique, Montpellier: 1-3 juillet 1997, 6 pages
- ✚ Gascuel D., Fonteneau A. et Foucher. E. 1993. Analyse de l'évolution des puissances de pêche par l'analyse des cohortes: application aux senneurs exploitant l'albacore (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique Est. Aquatic Living Resources : **6**, 15-30
- ✚ Gascuel D., Laurans M., Sidibé A. et Barry M. D. 2004. Diagnostic comparatif de l'état des stocks et évolutions d'abondance des ressources démersales dans les pays de la CSRP. Actes du symposium international, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002, Bruxelles, Office des publications officielles des Communautés européennes, XXXVI-532-XIV p. (coll. Rapports de recherche halieutique A.C.), 205-222

- ✚ Gérard M. 1985. Contribution à la connaissance de la pêche artisanale sur la Petite Côte. Description et étude critique du système d'enquêtes à Mbour et à Joal. Arch. CRODT, **37**: 40 p.
- ✚ Gérard M. et Greber P. 1985. Analyse de la pêche artisanale au Cap-Vert: description et étude critique du système d'enquêtes. Doc. Scient. CRODT, **98** : 77 p.
- ✚ Guèye B. 1988. La politique des pêches du Sénégal et le nouveau droit de la mer. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences Juridiques et Economiques, 456 pages
- ✚ Guèye N. 2000. Commerce international et gestion durable des ressources maritimes : le cas du Sénégal. Disponible sur le site web : www.ictsd.org/dloque/2000-07-03.pdf
- ✚ Guèye N., Bâ B. et Faye A. 2003. Contribution à l'atelier sur les réformes fiscales pour les pêches. Ministère de la Pêche du Sénégal. FAO : Rome, 13 au 15 octobre 2003 : 22 pages
- ✚ Gulland J. A. 1971. The fish resources of the oceans. FAO/Fishing News (Books) Ltd, Surrey, 255 p.
- ✚ Gulland J. A. 1983. Fish stock assessment: a manual of basic methods. FAO/Wiley series on food and agriculture, Vol. **1**: 223 p.
- ✚ Holley J. F. et Marchal P. 2004. Fishing strategy development under changing conditions: examples from the French offshore fleet fishing in the north Atlantic. ICES J. Mar. Sci. **61**, 1410–1431
- ✚ ICCAT 1998. Report of the third ICCAT billfish workshop. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, **47**: 352
- ✚ Ihaka, R. et Gentleman R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. Journal of computational and graphical statistics **5**: 299 – 314
- ✚ ISRA 1998. Le projet d'entreprise de l'ISRA ou la recherche agricole sénégalaise à l'horizon 2015. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dakar, 82 pages
- ✚ Jabeur C., Gobert B. et Missaoui H. 2000. Typologie de la flottille de pêche côtière dans le golfe de Gabès (Tunisie). Aquatic Living Resources : **13**, 421–428
- ✚ Jouffre D. et Domain F. 2000. Les ressources démersales de la zone côtière du plateau continental guinéen : répartition spatiotemporelle globale du peuplement ichthyologique. In : la pêche côtière en Guinée : ressources et exploitation. F. Domain, Chavance P. et Diallo A (eds). Publication IRD/CNSHB, pp. 87 – 104
- ✚ Jouffre D., Domalain G., Caverivière A. et M. Diallo, 2004 - Typology of the demersal communities off Senegal : an approach combining GIS and multifactorial analysis. in Nishida, T., Kailola, P.J. et Hollingworth, C.E., (Eds.)– Proceedings of the Second International Symposium on GIS/Spatial analyses in Fishery and Aquatic Sciences, Fishery/Aquatic GIS Research Group, Kawagoe-city, Japan, pp:127-144.

- ✚ Jouffre, D., Domalain, G., Caverivière, A. et Thiam, D. 2004. Analysis of demersal fish assemblages on the Senegalese shelf considering fishing impact over the decade 1986-1995. Van Den Berghe et al (Eds). Proceedings of « The Colour of Ocean Data » Symposium, Brussels, 25-27 November 2002 – IOC Workshop Reports 188, UNESCO, Paris, 9 pages
- ✚ Jouffre, D., Domalain, G., Thiam, D., Traoré, S., Caverivière, A., Domain, F. et Inejih, C. A. 2004. Communautés démersales d'Afrique de l'Ouest 1987-1999. Changements de répartition et de composition spécifique observés par chalutages scientifiques. Actes du Symposium international, Dakar, Sénégal : 24 – 28 juin 2002, pp. 261-280
- ✚ Kaufman L. et Rousseeuw P. J. 2005. Finding Groups in Data. Wiley, New York.
- ✚ Kébé M. 1991. Effets non prévus des interventions pour le développement : l'exemple de la pêche cordière au Sénégal. In: La recherche face à la pêche artisanale. Durand J. R., Lemoalle J. et Weber J. (eds). Symposium international ORSTOM/IFREMER: Montpellier, 3-7 juillet 1989. Editions de l'ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, Tome 2, pp. 905-912
- ✚ Laloë F. 1985. Etude de la précision des estimations de captures et de prises par unité d'effort obtenues à l'aide du système d'enquêtes de la section "pêche artisanale" du CRODT. Doc. Scient. CRODT, **100**, 36 p.
- ✚ Laloë F. 1989. Un modèle global avec quantité de biomasse inaccessible dépendant de la surface de pêche. Application aux données de la pêche d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique-Est. Aquatic Living Resources, **2** : 231-239
- ✚ Laloë F. 2004. Parameters estimates from various models as "sets of indicators" or "sets for indication" in a data driven approach. Aquatic Living Resources 17(2): 107-117
- ✚ Laloë F. 2007. Information at the interface between supply and demand for indicators: the use of a model with estimated parameter values as a base for indication in multicriteria analyses. Int. J. Sustainable development, Vol. 10, n° 1/2: 33-45
- ✚ Laloë F. 2009a. Deliverable D3.4 Software for the joint analysis of exploitation and resource dynamics. Improve Scientific and Technical Advices for Fisheries Management (ISTAM), 24 p. Site: www.halieut.roazhon.inra.fr/istam/info_pub.php?idpub=223&idcase
- ✚ Laloë F. 2009b. ECOST Deliverable 2-3. Conceptual model of the ecosystem-society interactions. Projet européen ECOST, n°003711, document de 24 pages
- ✚ Laloë F. et Samba A. 1990. La pêche artisanale au Sénégal: ressource et stratégies de pêche. Etudes et Thèses. Editions de l'ORSTOM: 395 pages + annexes
- ✚ Laloë F. et Samba A. 1991. A simulation model of artisanal fisheries of Senegal. ICES mar. Sci. Symp., **193**: 281-286
- ✚ Laloë F., Pech N., Sabatier R. et Samba, A. 1998. Model identification for flexible multifleet-multispecies fisheries. A simulation study. Fisheries research: **37**, 193-202

- ✚ Laloë, F., Samba, A. et Pech, N. 2002. Dynamique conjointe ressource et exploitation: une application de données et d'effort de la pêche artisanale sénégalaise sur la Grande Côte de 1974 à 1992. Poster présenté lors du Symposium SIAP (Système d'Information Appliqué à la Pêche » intitulé "Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement". Sénégal, Dakar: 24-28 juin 2002
- ✚ Lamoureux P. 1985. La pêche chalutière étrangère dans les eaux territoriales sénégalaises. Analyse de l'exploitation des navires italiens et grecs de 1975 à 1983. Doc. Scient. Cent. Rech. Océanog., Dakar-Thiaroye, **103** : 70 pages
- ✚ Larkin P. A. 1972. The stock concept and management of Pacific salmon. In: R. C. Simon et P. A. Larkin (Eds). The stock concept in Pacific salmon. Université of British Columbia, Vancouver, 231 pages
- ✚ Laurans M. 2005. Ressources et exploitations démersales en Afrique de l'Ouest : évaluation des stocks, dynamique des populations et approche écosystémique. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, n° d'ordre 2005-3, n° de série H-57, 311 pages
- ✚ Laurec A. et Le Guen J. C. 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Concepts et modèles. Tome 1. Rapports scientifiques et techniques n° 45-1981. Publications du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO): 108 pages
- ✚ Lebreton, J. D., Sabatier R., Banco G. et Bacou, A. M. 1991. Principal Component and Correspondence Analysis with respect to Instrumental Variables: an overview of their role in the studies of structure-activity and species-environment relationships. In: Devillers, J. et W. Karcher (eds.), Applied multivariate Analysis in SAR and environmental studies, Kluwer, pp. 85 – 114
- ✚ Lee R. D. 1980. Age, structure, intergenerational transfers and economic growth: An overview. Revue économique, **31**, pp. 1129 – 1156
- ✚ Legay J. M. 1996. L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode. Paris, INRA, Coll. Sciences en question : 112 pages
- ✚ Levenez J. J. 1993. Synthèse bibliographique des connaissances sur la biologie de quelques espèces de poisson concernant le symposium. In : L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale. Barry M., Diouf T. et Fonteneau A (Eds). Symposium Dakar, Sénégal, 8 au 13 février 1993. ORSTOM Editions, Tome 2, pp. 121 – 141
- ✚ Lewy P. et Vinther M. 1994. Identification of Danish North Sea trawl fisheries. ICES J. Mar. Sci. **51**: 263-272
- ✚ Lhomme F. 1975. La pêche chalutière à Dakar en 1974. Archives du CRODT, **28**
- ✚ Lhomme F. 1978. Biologie et dynamique de *Penaeus notialis* (Perez Farfante 1967). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sc. Nat. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI

- ✚ Lhomme F. 1985. Evolution de la pêche crevettière industrielle sénégalaise depuis 1971. Rapport de mission au CRODT, juin 1985: 26 pages
- ✚ Lhomme F., Domain F. et Bour W. 1973. La pêche chalutière à Dakar de 1965 à 1972. Document ORSTOM/CRODT, novembre 1973. DSP n°52: 21 pages + annexes
- ✚ Lobry J., Gascuel D. et Domain, F. 2003. La biodiversité spécifique des ressources démersales du plateau continental guinéen : utilisation d'indices classiques pour un diagnostic sur l'évolution de l'écosystème. *Aquatic Living Resources*, **16** : 59-68
- ✚ Longhurst A. R. 1969. Species assemblages in the tropical demersal fisheries. In: Actes Symposium Océanographie et Ressources Halieutiques Atlantique Tropical, UNESCO, Abidjan, Octobre 1966, Rapp. Synth. et Comm.: 147-170
- ✚ Lopez J. 1979. Ecologie, biologie et dynamique de *Galeoides decadactylus* (Bloch, 1795) du plateau continental sénégalais. Thèse de Doctorat 3^{ème} Cycle, Université de Bretagne Occidentale, **94**: 165 pages + annexes
- ✚ LPSPA 2007. Lettre de politique Sectorielle de la Pêche et de l'Aquaculture. Ministère de l'Economie Maritime et des Transports Maritimes, Sénégal, avril 2007, 20 pages
- ✚ Mangold K. 1983. *Octopus vulgaris*. In: Boyle P. R. (Eds): Cephalopods life cycles. Vol. 1: Species account. London, Academic Press: pp. 335 – 364
- ✚ Marchal, P., Andersen B., Bromley D., Iriondo, A., Mahevas, S., Quirijns, F., Rackham, B., Santurtun, M., Tien, N. et Ulrich, C. 2006. Improving the definition of fishing effort for important European fleets by accounting for the skipper effect. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 63, **3**, pp. 510-533
- ✚ Maxim C. 1995. Horse mackerel and false scad stock assessment and catch projections, CEE Division 34.1.3 and 34.3.1. *Sci. Mar.* **59** (3-4): 611-627
- ✚ Mbaye A. 2002. Analyse sociologique de la différenciation technique dans la pêche artisanale maritime sénégalaise. Séminaire C3ED-OA, 12 décembre 2002. Document de 7 pages disponible sur le site : www.kerbabel.c3ed.uvsv.fr/Documents/DSDV-FIC-EG6H-C3OA-ADMB-20021212-00001.pdf
- ✚ McFadden D. 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In : P. Zarembka (Ed) *Frontiers on econometrics*. New-York, Academic Press, pp. 105 – 142
- ✚ McQueen J. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1, pp. 281–297
- ✚ MEMTMPP 2008. Conseil Présidentiel sur la Pêche. Ministère de l'économie Maritime, des Transports Maritimes, de la Pêche et de la Pisciculture. Mars 2008, 54 pages
- ✚ Millischer L. et Gascuel D. 2000. Hétérogénéité spatiale et tactiques de pêche : approche des comportements de pêche à l'aide d'un modèle individu-centré. Gascuel D., Chavance P., Bez N. et Biseau A. (eds). Les espaces de l'halieutique, 4^{ème} Forum

- Halieumétrie de Rennes, France. Colloques et Séminaires, IRD éditions, Paris : pp. 309-328
- ✚ Ministère de la Pêche 2001. Pêche maritime et continentale, aquaculture. Analyse descriptive et diagnostic. République du Sénégal, Avril 2001, 51 pages
 - ✚ Minsky M. 1968. Publié dans Proc. International Federation of Information Processing Congress 1965, vol. 1, pp. 45-49. Réimprimé dans « Semantic Information Processing » (Marvin Minsky Ed.) MIT Press, 1968.
 - ✚ Nakache J. P. et Confais, J. 2000. Méthodes de classification avec illustrations SPAD et SAS. Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées. Editeurs CISIA – CERESTA, Montreuil, France : 185 pages
 - ✚ Niasse M. et Bâ M. R. 2006. Etat des Lieux de la Pêche Artisanale du Point de Vue des Communautés Côtières. Document de 3 pages, Septembre 2006. Collectif International d'Appui aux travailleurs de la Pêche. Sites : www.quetndar.com et www.icsf.net
 - ✚ ORSTOM 1983. Pêche, biologie et dynamique du tassergal (*Pomatomus saltator*, Linnaeus, 1766) sur les côtes sénégal-mauritaniennes. A la mémoire de C. Champagnat. Travaux et Documents de l'ORSTOM, **168** : 278 p.
 - ✚ Palmer, M., Quetglas, A., Guijaro Beatriz, Moranta J., Ordines Francesc et Massuti E. 2009. Performance of artificial neural networks and discriminant analysis in predicting fishing tactics from multispecific fisheries. Can. J. Fish. Aquat. Sci. vol. 66, **2**, pp. 224-237
 - ✚ Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. Journal Conseil International. Exploration de la Mer, **39** (2): 175-292.
 - ✚ Payne R. (Eds) 2002. GENSTAT ® for Windows (tm) (7th Edition) – Introduction, by R. Payne, D. Murray, S. Harding, D. Baird, D. Soutar, P. Lane. VSN International. ISBN 1-904375-08-1.
 - ✚ Pech N. 1993. Des structures aux données. Analyse de résultats de la pêche artisanale sénégalaise. DEA de Bio statistique, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 51 pages
 - ✚ Pech N. 1998. Approche statistique d'une exploitation halieutique : le cas de la pêche artisanale au Sénégal. Thèse de Doctorat en bio statistique, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 260 pages
 - ✚ Pech N. et Laloë, L. 1997. Use of principal component analysis with instrumental variables (PCAIV) to analyse fisheries catch data. ICES Journal of Marine Science, **54** : 32 – 47
 - ✚ Pech, N., Samba, A., Drapeau, L., Sabatier R. et Laloë, F. 2001. Fitting a model of multifleet-multispecies fisheries to Senegalese artisanal fishery data. Aquatic Living Resources, **14**: 81-98

- ✚ Pella J. J. et Tomlinson P. K. 1969. A generalized stock production model. Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm., 13 : 419 – 496
- ✚ Pelletier D. et Ferraris J. 2000. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **57**: 51-65
- ✚ Pichon J. 1991. Utilisation des carnets de bord pour l'étude des stratégies de pêche des chalutiers hauturiers bigoudens. In: La recherche face à la pêche artisanale. Durand, J. R., Lemoalle J. et Weber J. (Eds). Symposium international ORSTOM/IFREMER: Montpellier, 3-7 juillet 1989. Editions de l'ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, Tome 1, pp. 443-450
- ✚ PNAE 1997. Plan National d'Action pour l'Environnement. République du Sénégal. Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature. Secrétariat Permanent du Conseil Supérieur des Ressources Naturelles et de l'Environnement (CONSERE): 158 pages
- ✚ PNUE 2004. Mise en œuvre de mesures de conservation et gestion durables des ressources halieutiques : le cas du Sénégal. Programme des nations unies pour l'Environnement, Volume 4 : 101 pages
- ✚ Ramade F. 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, Editions Edisciences, 822 p.
- ✚ Rass T. S. et Carré F. 1980. Les pêches maritimes. Complexes biogéographiques de production et provinces halieutiques. Rev. Trav. Inst. Pêches Mar., **44** (2) : 89-117
- ✚ Rébert J. P. 1979. Aperçu sur l'hydrologie du plateau continental ouest africain, de la Mauritanie à la Guinée. In: Rapport du Groupe de Travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest africains, de la Mauritanie au Libéria (26°N-5°N). COPACE/PACE, Série/78/110 (F): 165 p.
- ✚ Rey-Valette H. 2001. Règles, conventions, routines, contre tactiques et stratégies: une lecture institutionnaliste des interactions entre décision individuelle et décision collective. In: Halieutique: Complexité et décision. Biseau A, et al (eds). Actes du 5ème Forum Halieumétrique. Lorient, 26-28 juin 2001: 159-176
- ✚ Rochet M. J., Ferraris J., Biseau A. et Sabatier, R. 1994. Méthodes pour la typologie des flottilles de pêche : bilan et ouvertures. Séminaire de typologie des flottilles. Nantes, 29-31 mars 1994 : 80 pages
- ✚ Rondeau M. H. et Brêthes, J. C. 2001. Dynamique de la pêche hauturière du crabe des neiges en Gaspésie (Québec, Canada). In: Recueil des résumés du 5ème Forum Halieumétrique, Lorient, 26-28 juin. Biseau A., Forest A., Gascuel D. et Laloë F. (Eds). Actes de colloques, IFREMER: **33**, page 69
- ✚ Rossignol A. 1973. Contribution à l'étude du complexe guinéen. ORSTOM: 142 pages

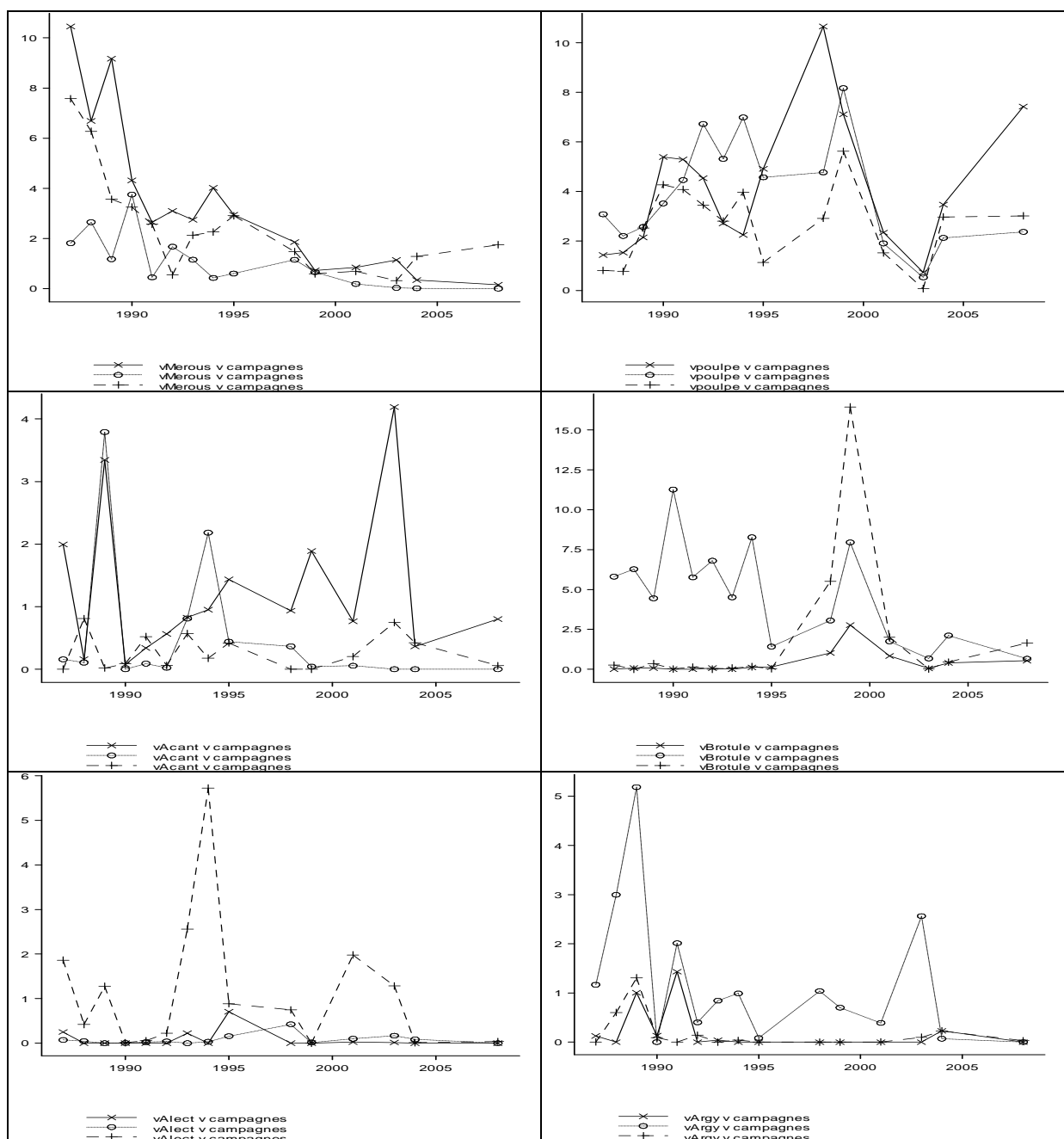
- ✚ Rossignol A. et Aboussouan M. T. 1965. Hydrologie marine côtière de la presqu'île du Cap-Vert. Document CRODT :
- ✚ Sabatier R., Lebreton J. D. et Chessel D. 1989. Principal component analysis with instrumental variables as a tool for modeling composition data. Multiway data analysis. R. Coppi and S. Bolasco (Editors). Elsevier Science Publishers B. V., North Holland, pp. 341-352
- ✚ Samb A. 1998. Tableaux comparatifs entre l'ancien code et le nouveau de la pêche. THIOF NEWS. Bulletin d'Informations de l'Observatoire Economique de la Pêche au Sénégal (OEPS). Numéro spécial, août 1998: pp. 2-10
- ✚ Samb B., Mbaye, A., Dème, M., Thiam N., Sarré A., Fall M., Barry M., Ngom F. et Diouf K., 2007. Impacts de la législation sur la ressource et les systèmes pêche. Ministère de l'Agriculture et de la sécurité alimentaire, CRODT/ISRA: juin 2007, 37 pages
- ✚ Sané K. 2000. Les accords de pêche entre l'Union Européenne et le Sénégal: enjeux et impacts sur la gestion des ressources halieutiques. Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Institut des Sciences de l'Environnement. Mémoire de DEA: 126 pages
- ✚ Saporta G. 1990. Probabilités, analyse des données et statistique. Editions Technip, Paris, 493 pages
- ✚ Schaefer M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the marine commercial fisheries. Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm., 1 (2) : 27 – 56
- ✚ Seck P. A. 1980. Catalogue des engins de pêche artisanale du Sénégal. Service de la technologie des pêches, Division des industries de la pêche. Food and Agriculture Organization, FAO. Rome, 111
- ✚ Sidibé A. 2003. Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. Thèse de Doctorat Halieutique, ENSA de Rennes, 320 p.
- ✚ Thiam D. 2000. Trajectoire des indices d'abondance des principales espèces démersales d'export du Sénégal. In : Impacts socio-économique et environnemental de la libéralisation du commerce : Etude nationale sur le secteur des pêches sénégalaises. Document ENDA Tiers Monde, 24 pages
- ✚ Thiao D. 2009. Un système d'indicateurs de durabilité des pêcheries côtières comme outil de gestion intégrée des ressources halieutiques sénégalaises. Thèse de Doctorat, mention EGET (Economie et Gouvernance de l'Environnement et du Territoire), Ecole doctorale SOFT (Société du Futur). Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, 297 pages

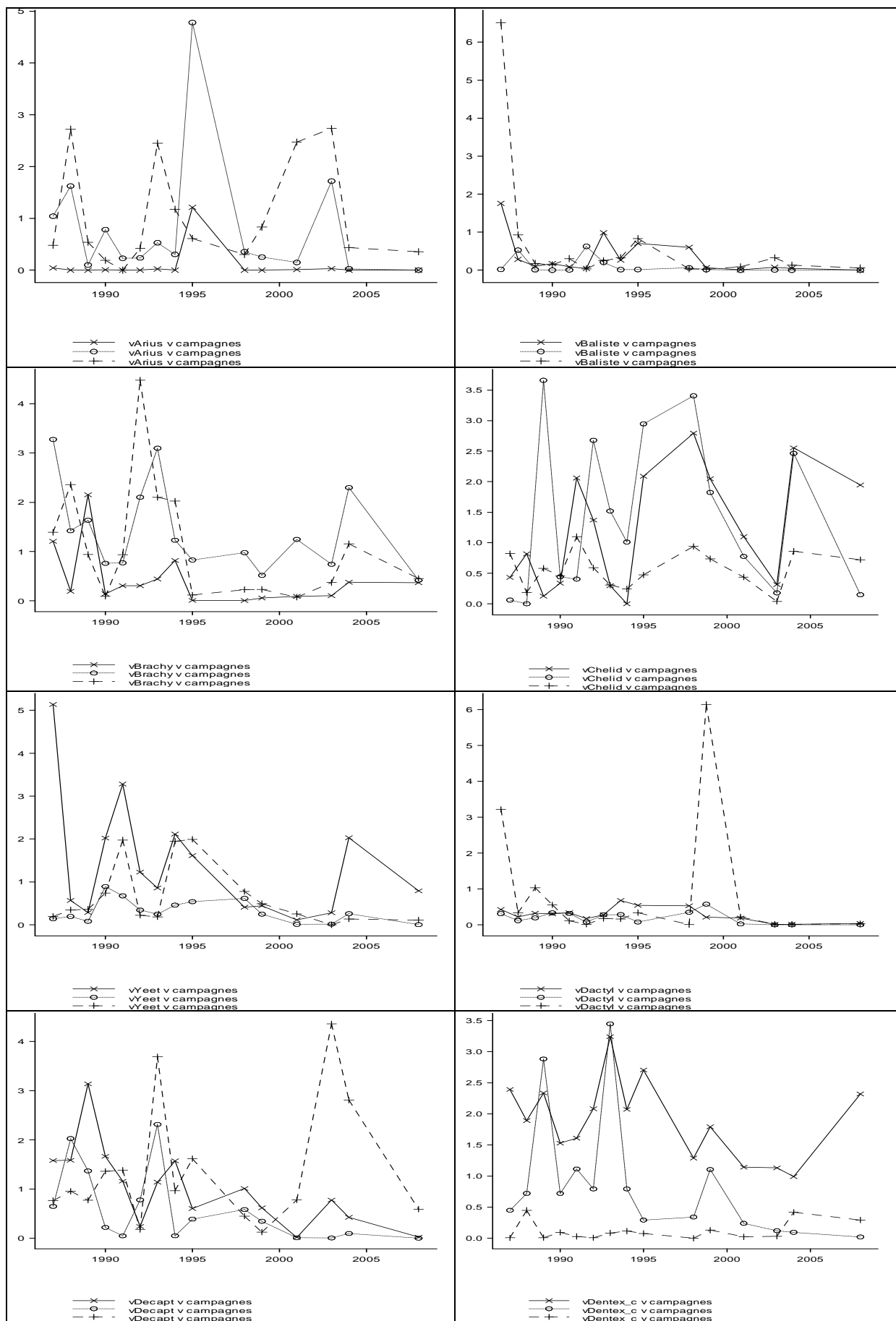
- ✚ Travassos P., Hazin H., Hazin F et Mattos S. 2002. Distribution et abondance relative de l'espadon *Xiphias gladius*, Linnaeus 1758 capturé dans l'Atlantique sud-ouest équatorial. Document SCRS/2001/160, Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, **54** (5): 1570 - 1578
- ✚ Ulrich C. et Andersen B. S. 2004. Dynamics of fisheries, and the flexibility of vessel activity in Denmark between 1989 and 2001. ICES J. Mar. Sci. **61**, 308 – 322
- ✚ Villegas, L. et Garcia, S. 1983. Demersal fish assemblages in Liberia, Ghana, Togo, Benin and Cameroon. FAO, CECAF/ECAF Series 83/26 (En), 16 p., 17 cartes hors format

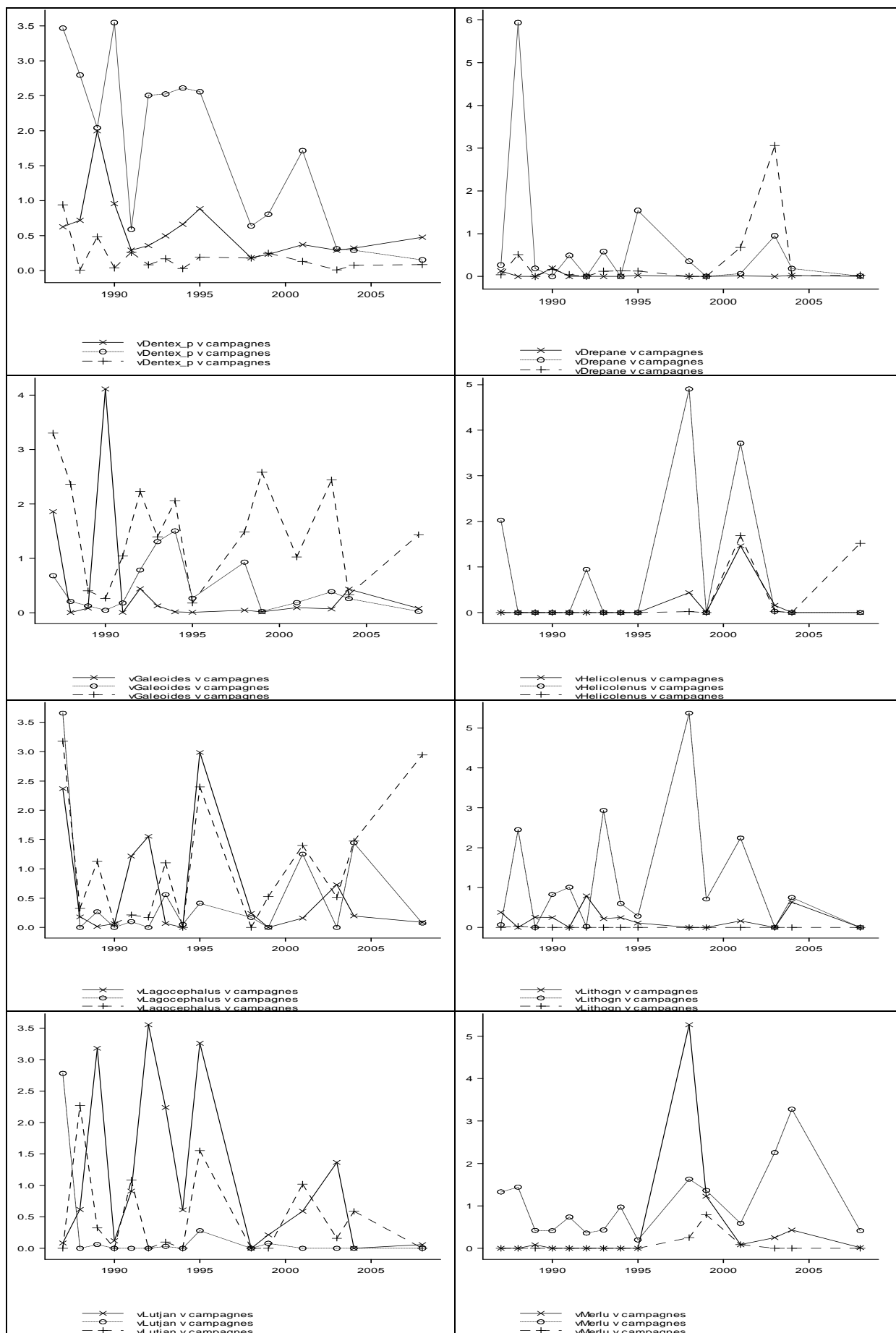
Annexes

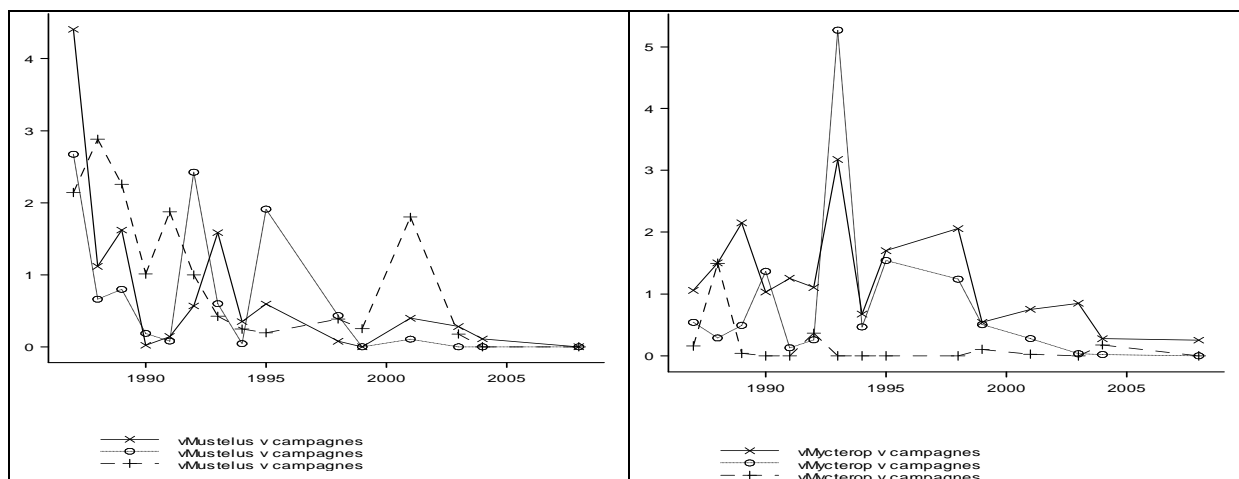
Annexe I : ACPVI de saison froide

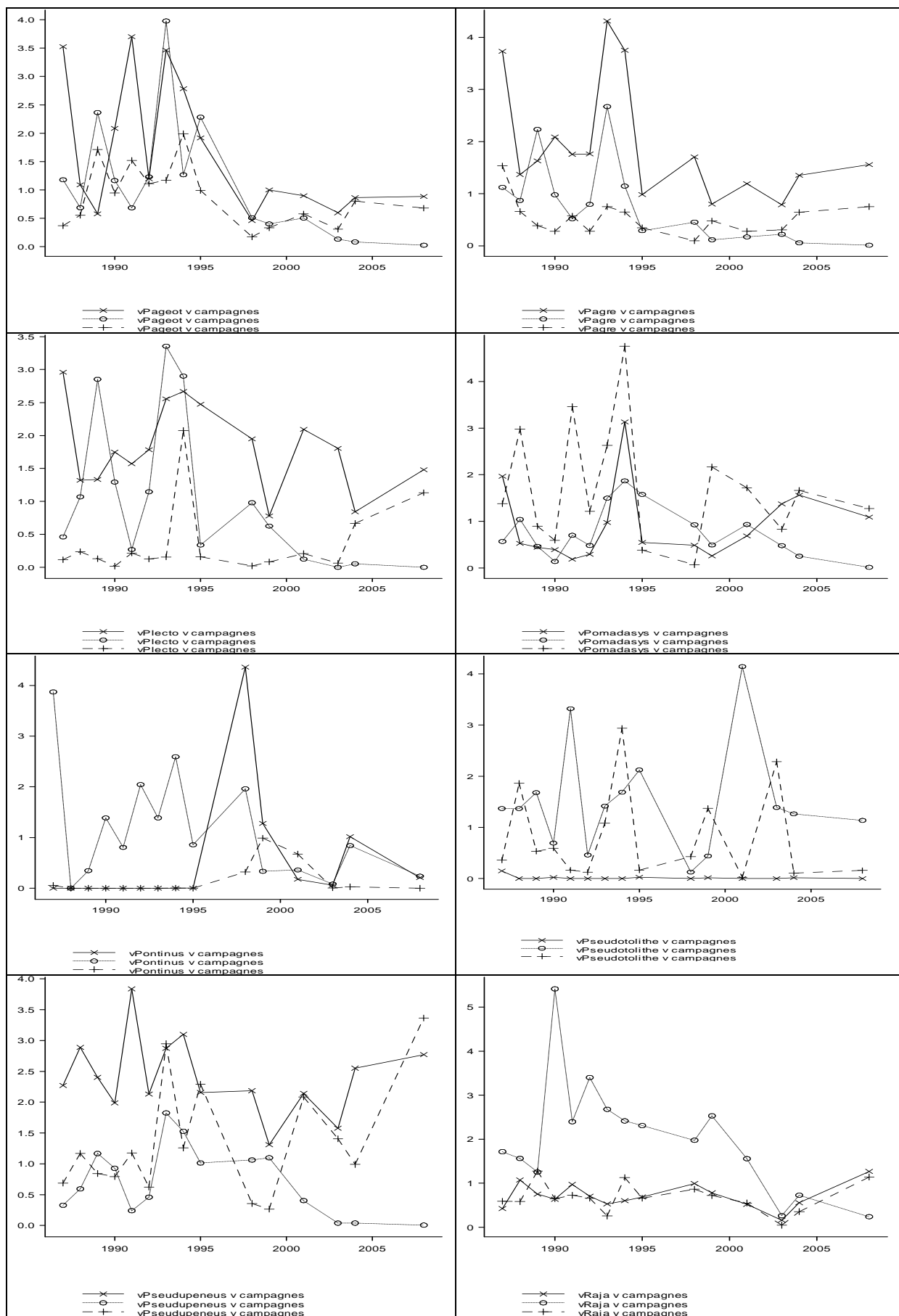
PUE spécifiques reconstituées par an et par zone à partir de la 1^{ère} composante
(x = centre, + = sud et o = nord)

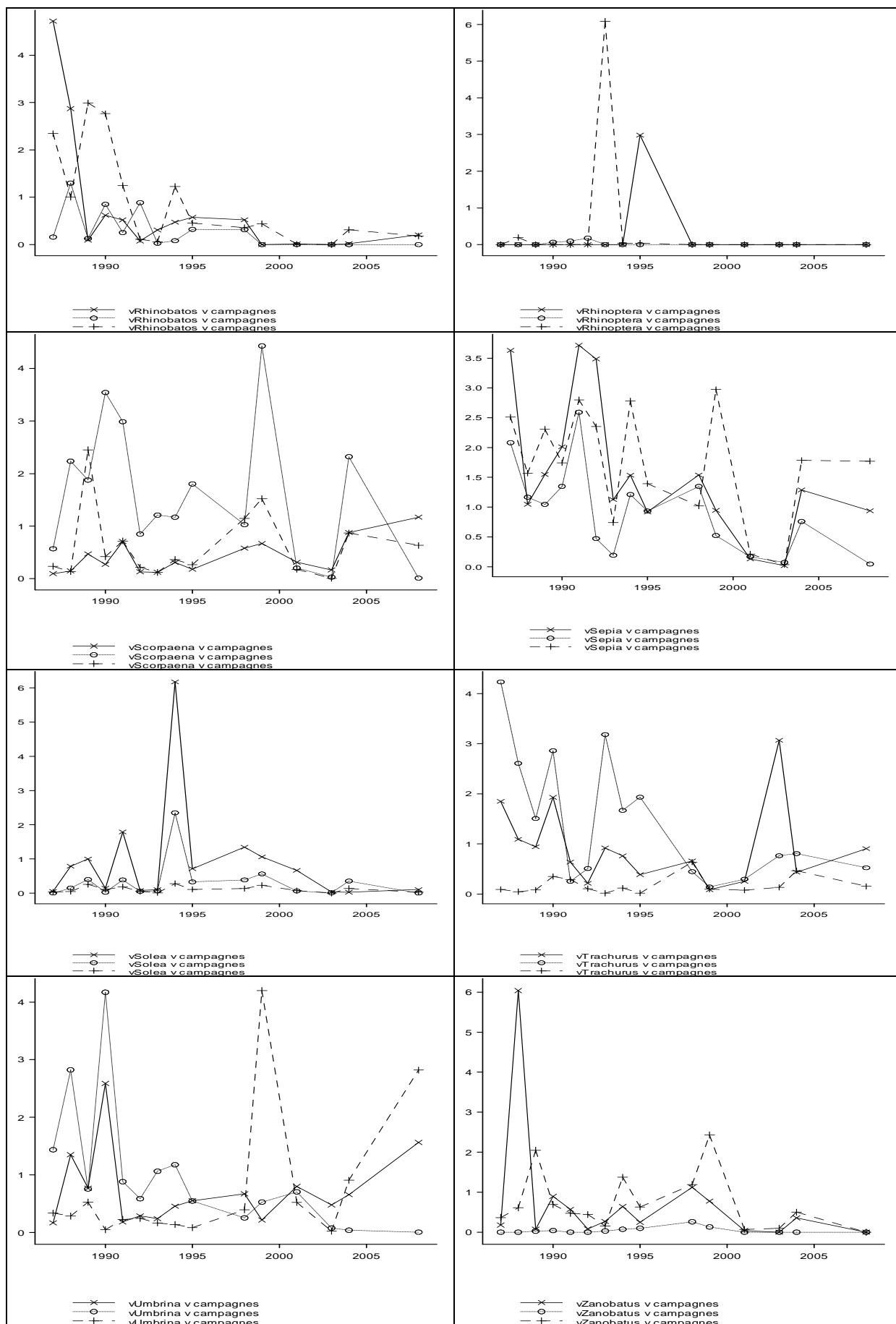


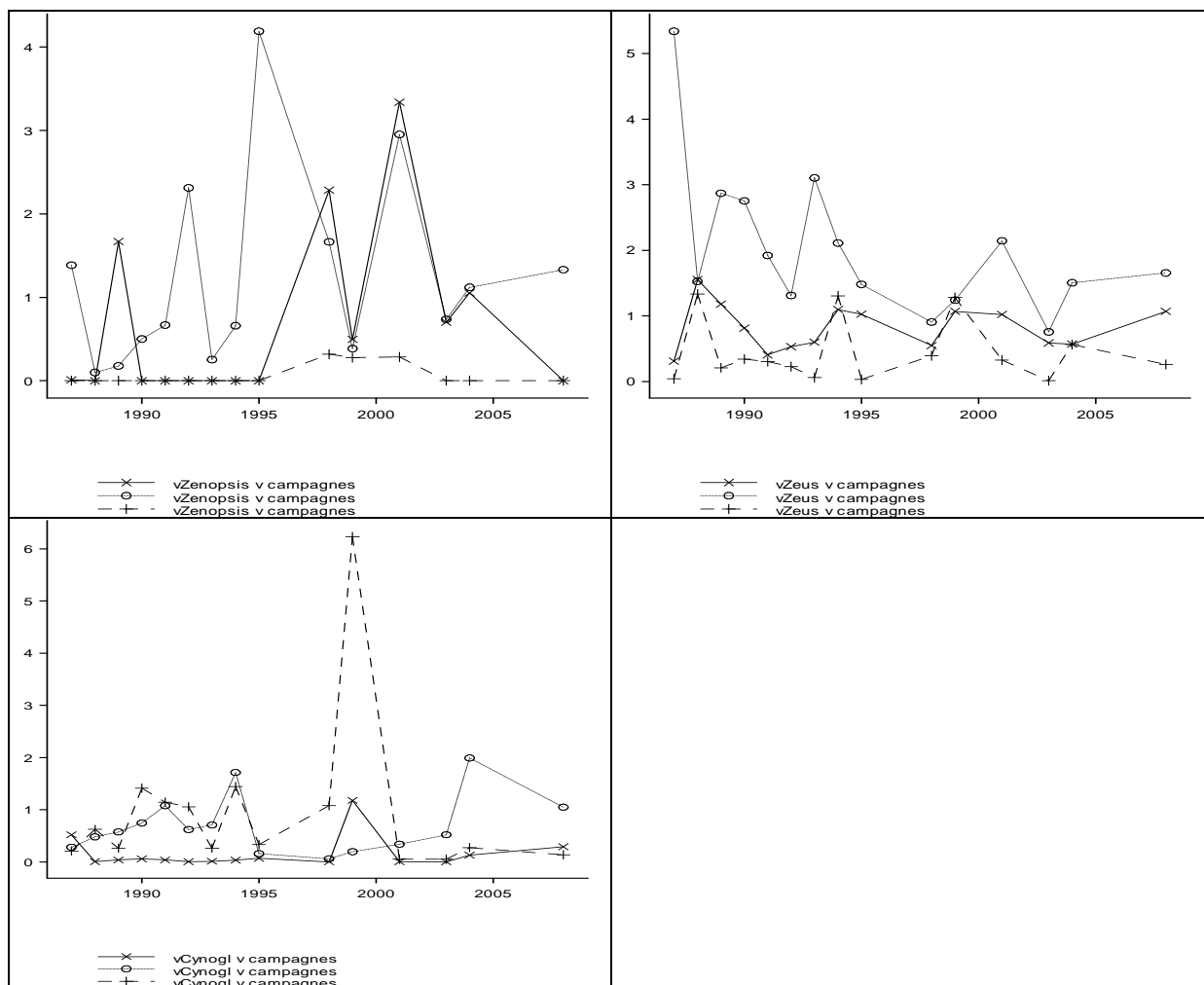






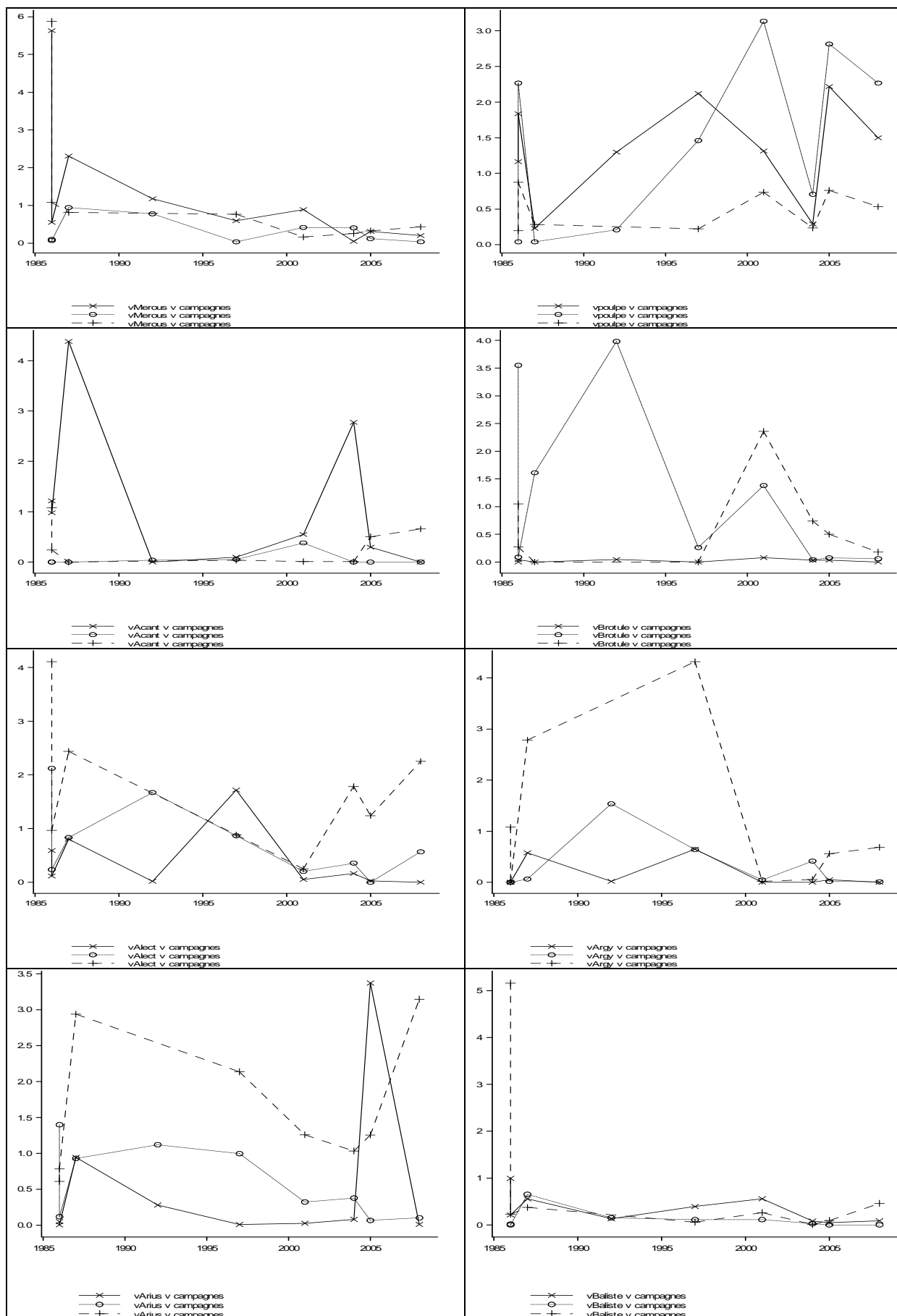


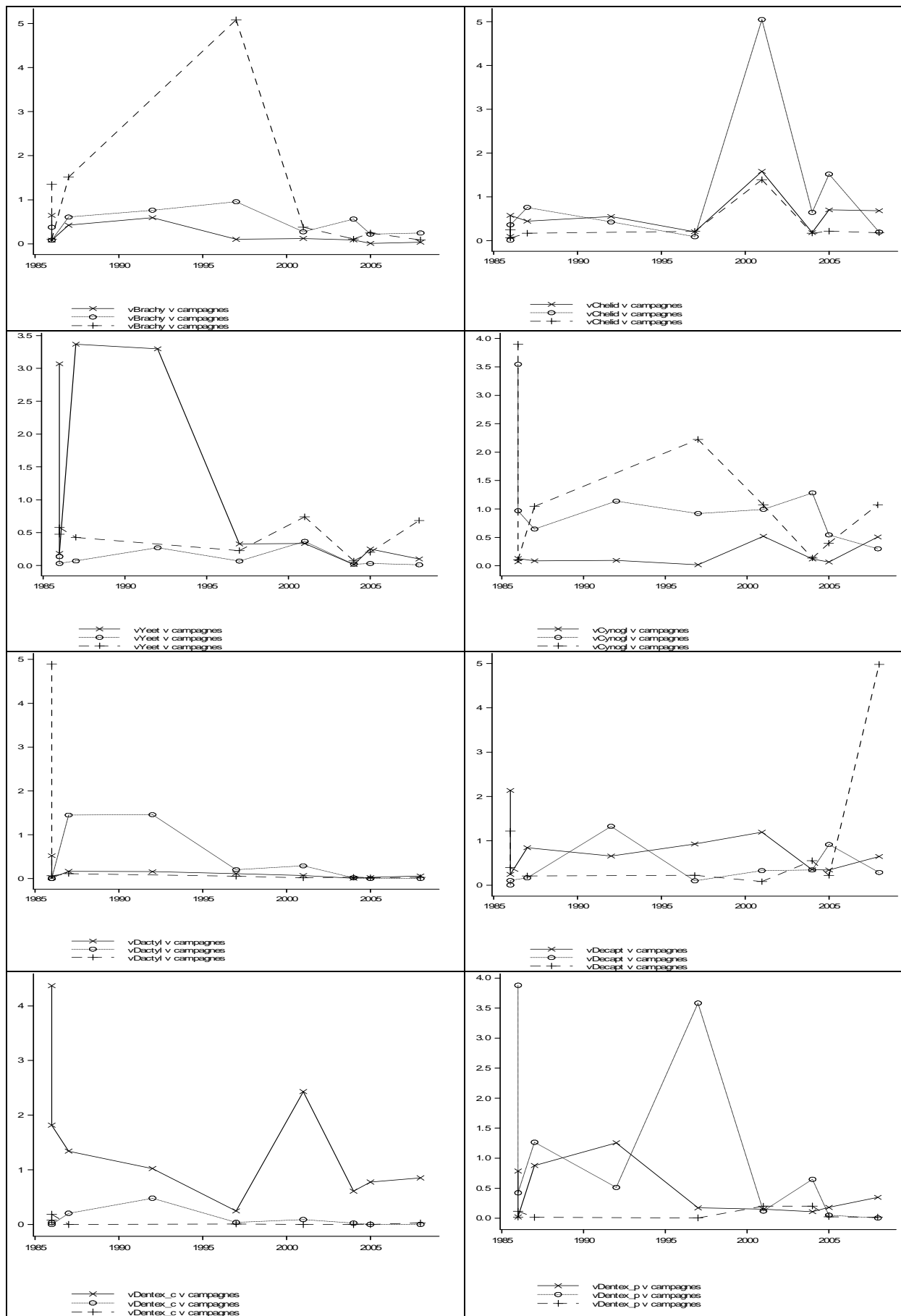


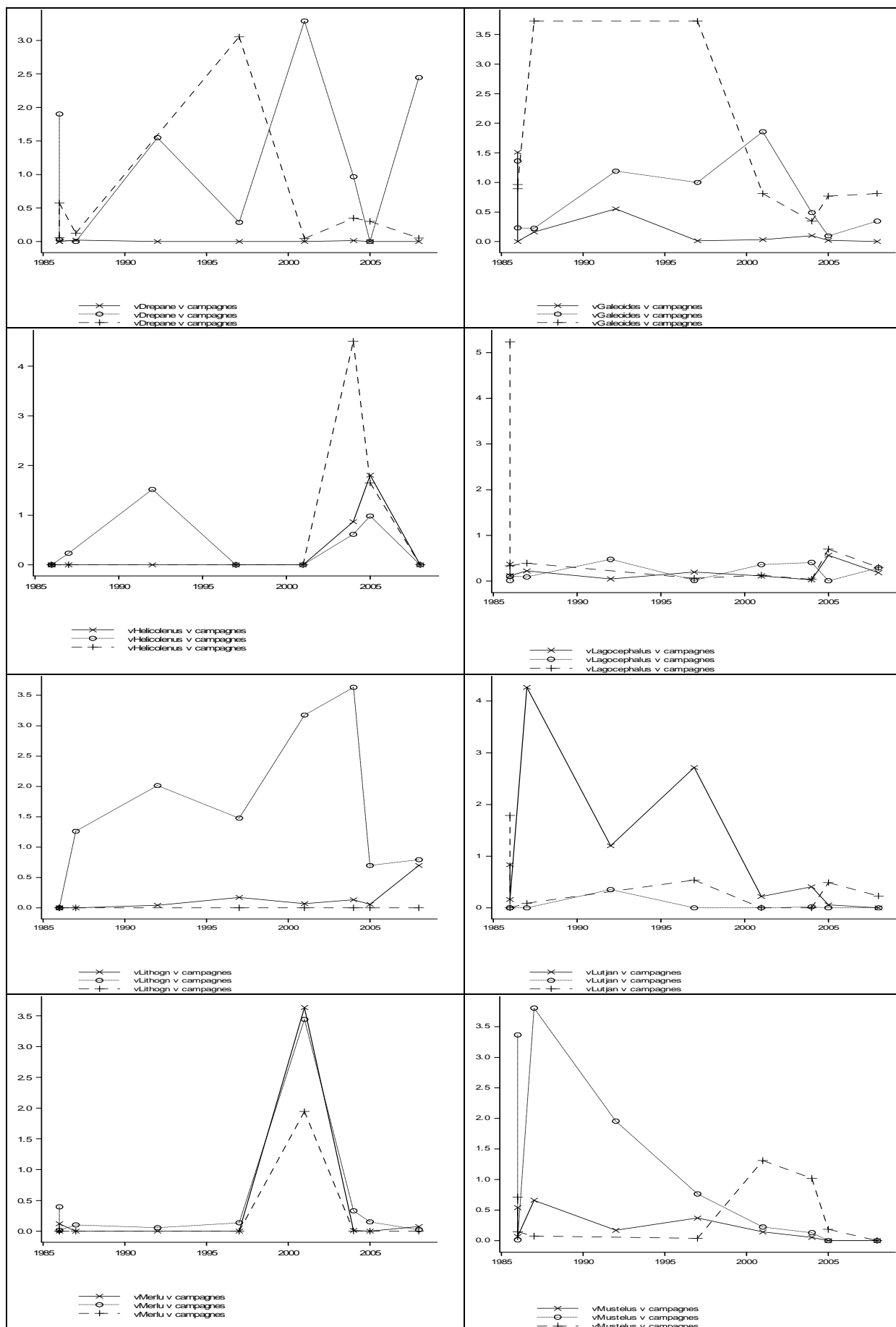


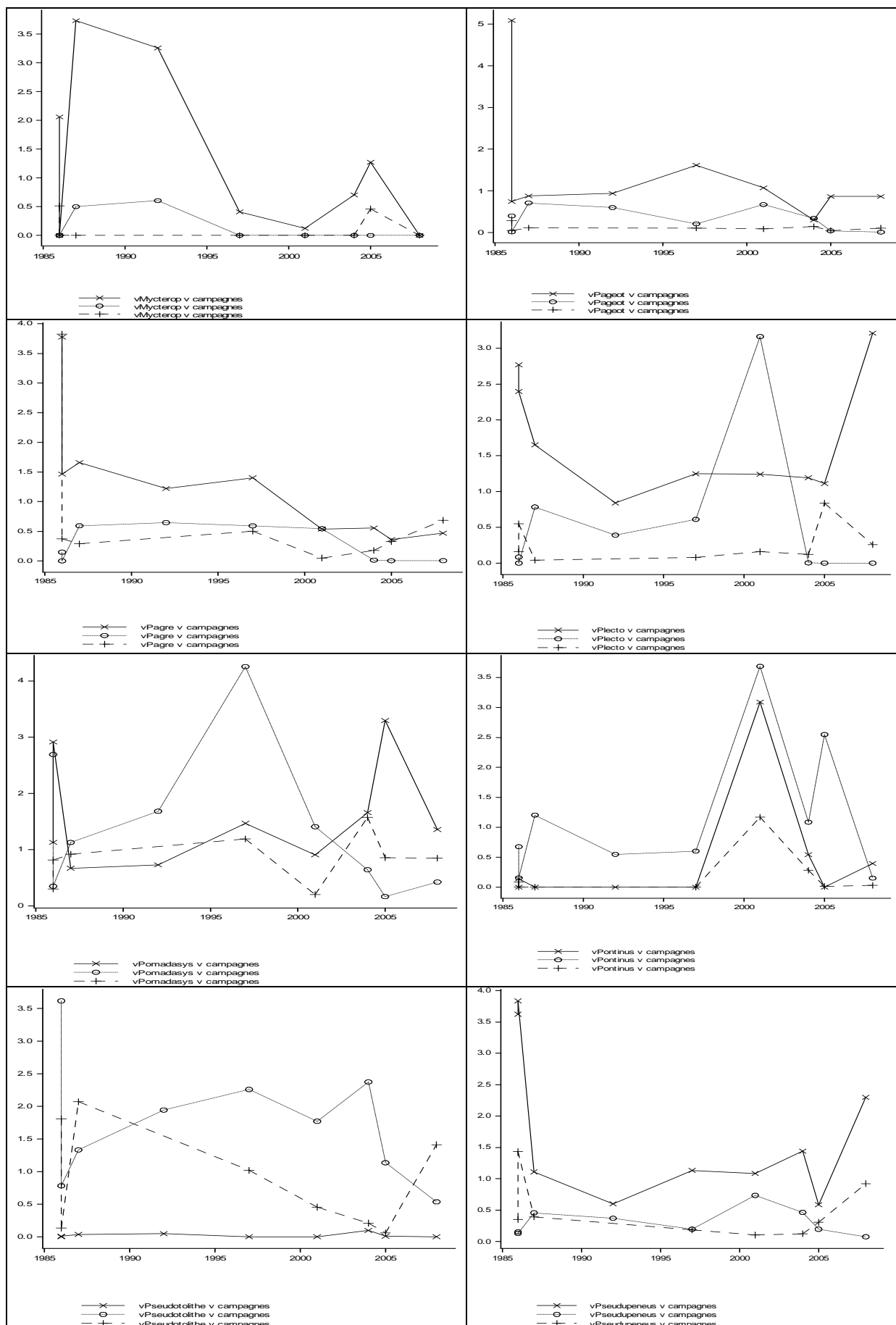
Annexe I : ACPVI de saison chaude

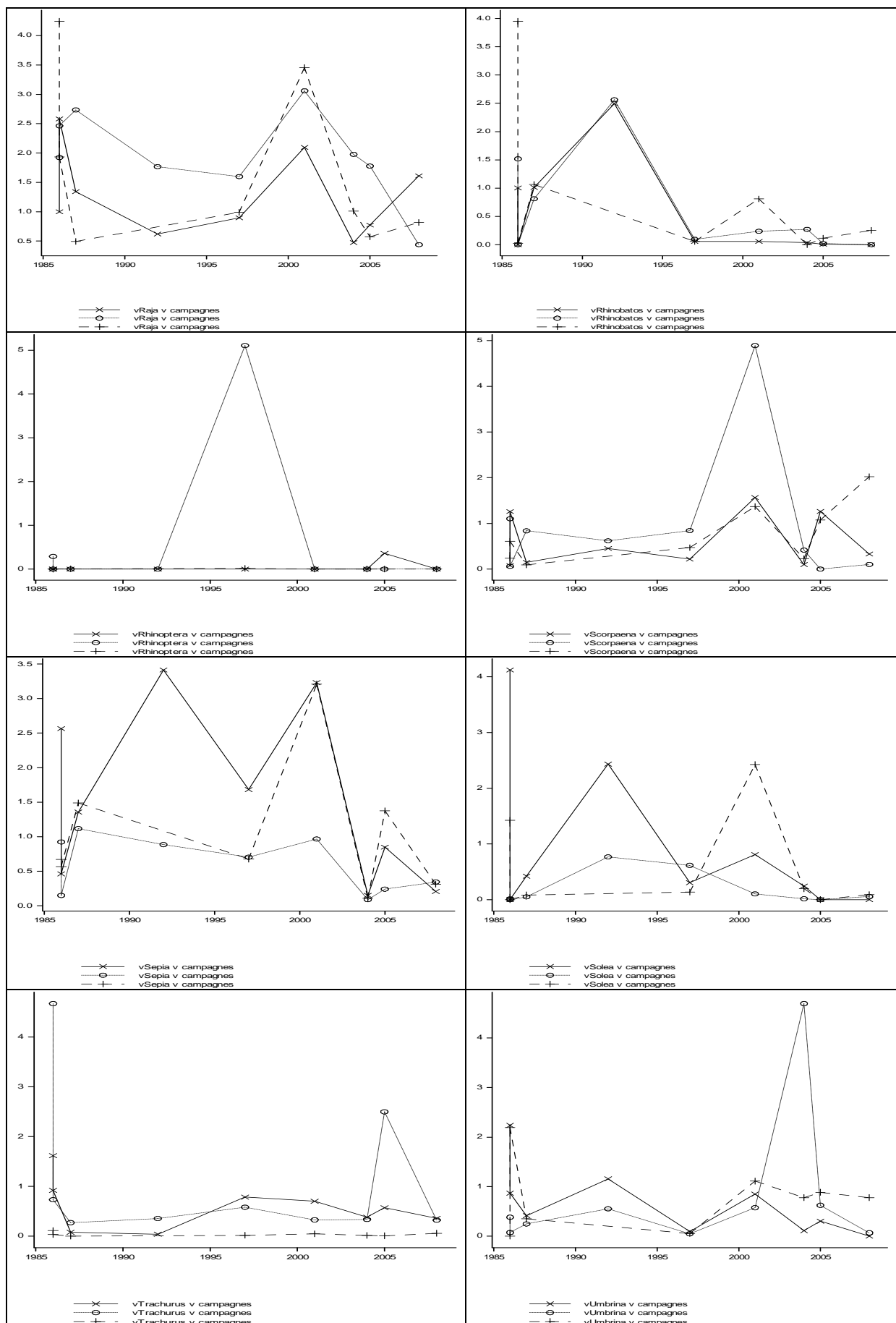
PUE spécifiques reconstituées par an et par zone à partir de la 1^{ère} composante
(x = centre, + = sud et o = nord)

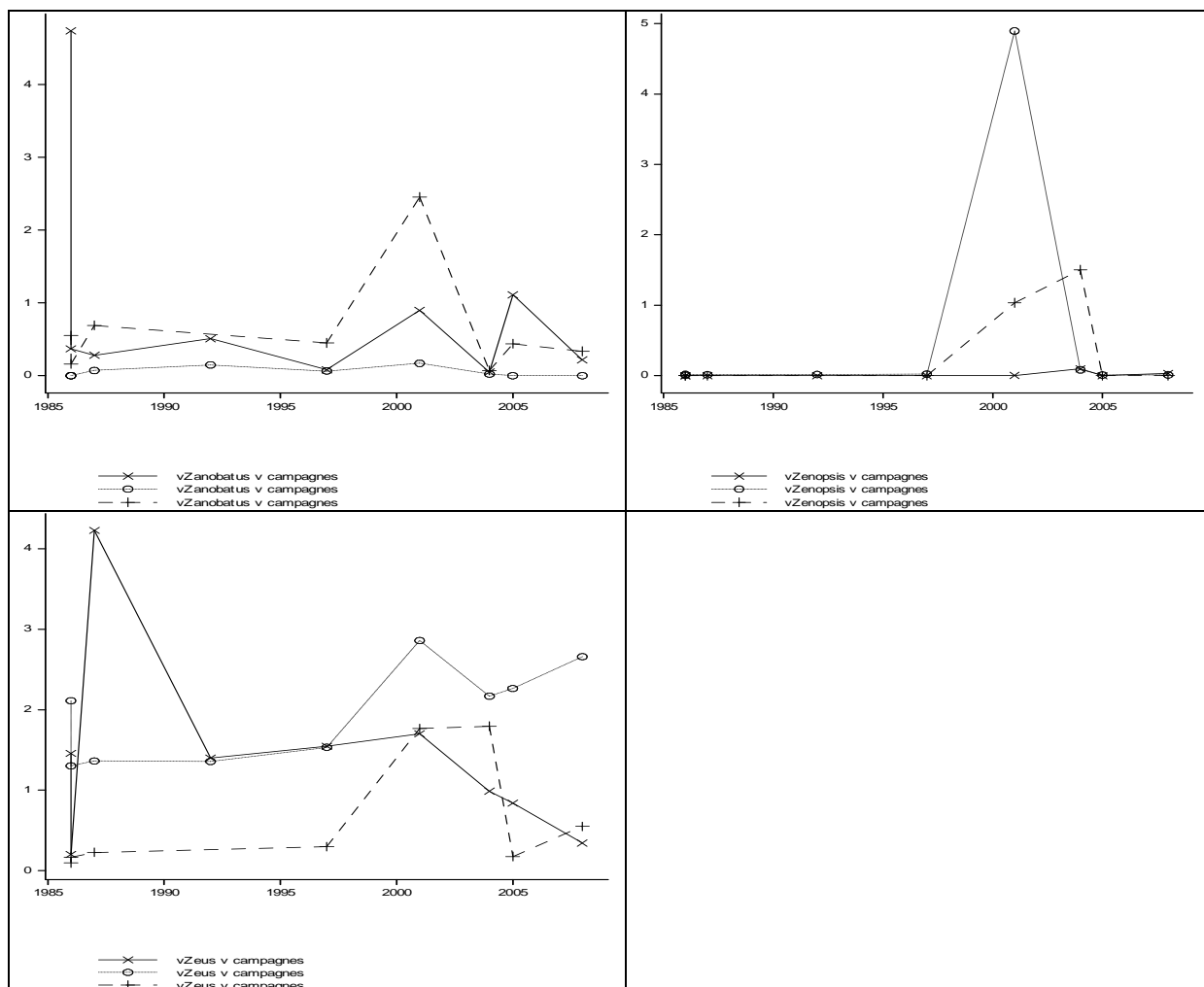












Annexe 2: Tactiques de pêche artisanale initialement choisies

Filets passifs à Saint-Louis (4 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	1.225	0.528	39.900	0.175	0.533
2	0.408	0.326	10.274	0.164	0.313
3	9.463	1.172	4.455	0.516	1.123
4	2.686	0.374	6.978	0.400	0.115
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.200	4.058	0.020	0.516	1.517
2	0.074	1.923	0.004	0.136	0.487
3	0.951	6.623	0.027	0.622	2.104
4	0.252	8.002	0.027	0.053	0.392
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.073	3.458	0.382	2.095	20.427
2	0.041	2.419	0.208	1.125	1.032
3	0.098	10.003	0.744	4.664	1.934
4	0.015	4.512	0.441	1.023	1.150
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.834	0.020	0.002	0.200	0.343
2	0.313	0.021	0.006	0.175	0.226
3	2.001	0.054	0.029	0.580	0.419
4	1.106	0.009	0.003	0.124	0.585
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	1.656	0.322	4.816	0.126	0.007
2	0.469	0.069	68.527	0.051	0.012
3	2.114	0.493	2.960	3.168	0.046
4	0.745	0.102	3.125	0.353	0.005
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	6.069	0.003	2.133	0.811	0.001
2	2.782	0.003	2.485	0.145	0.000
3	6.356	0.012	10.752	1.151	0.015
4	57.847	0.004	2.529	0.183	0.003
	Divers				
1	0.243				
2	0.116				
3	0.796				
4	0.131				
<u>Nb. Observations</u>					
TACT4					
1	8732				
2	4741				
3	17974				
4	9349				
T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)					
TACT4	1	2	3	4	
TACT5					
1	6178	42	237	96	
2	7	4666	78	0	
3	25	5	6143	74	
4	2510	26	11113	26	
5	12	2	403	9153	
T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)					
TACT3	1	2	3		
TACT4					
1	4490	3922	320		
2	4711	23	7		
3	388	17233	353		
4	42	15	9292		

Filets passifs à Kayar (4 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	0.477	1.329	5.744	0.733	0.494
2	1.491	0.376	1.828	0.943	0.064
3	0.758	1.491	1.668	8.125	0.141
4	15.101	1.348	6.316	1.854	0.302
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.550	1.223	0.000	3.547	11.621
2	0.266	4.021	0.000	0.392	0.447
3	0.298	3.928	0.000	1.473	0.482
4	0.614	12.278	0.000	0.803	0.447
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.471	3.047	0.599	6.342	9.864
2	0.004	2.065	0.761	0.605	0.645
3	0.008	3.114	2.837	3.739	1.093
4	0.025	6.805	0.822	1.302	0.886
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	3.812	0.197	0.237	0.376	1.013
2	1.461	0.029	0.555	0.062	2.545
3	3.624	0.391	7.916	0.168	20.025
4	5.133	0.039	0.517	0.212	3.101
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	1.898	0.808	5.840	1.113	2.327
2	0.265	0.060	0.974	0.372	0.383
3	0.710	0.066	1.345	0.402	2.017
4	0.848	0.210	2.179	1.283	1.103
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	1.819	0.000	2.341	0.535	0.182
2	73.647	0.001	0.696	0.131	0.011
3	11.333	0.001	1.209	0.228	0.000
4	27.842	0.000	1.551	0.399	0.084
	Divers				
1	0.756				
2	1.127				
3	16.043				
4	1.340				
<u>Nb. Observations</u>					
TACT4					
1	2347				
2	1986				
3	890				
4	1665				
T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)					
TACT4	1	2	3	4	
TACT5					
1	576	0	1	0	
2	20	12	21	320	
3	0	1541	0	0	
4	7	433	157	960	
5	1744	0	711	385	
T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)					
TACT3	1	2	3		
TACT4					
1	582	0	1765		
2	0	1986	0		
3	1	16	873		
4	0	402	1263		

Filets passifs à Dakar (4 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	2.578	0.085	0.214	0.033	25.601
2	0.769	0.016	0.087	0.047	0.637
3	1.957	0.132	0.801	0.090	0.791
4	83.985	0.025	0.077	0.015	1.379
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	1.171	0.740	0.004	0.855	0.312
2	0.359	0.533	0.011	3.042	0.640
3	2.236	0.883	0.032	7.481	3.162
4	0.657	0.358	0.005	0.186	0.044
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.279	0.882	0.080	3.051	0.569
2	0.164	1.753	0.524	69.896	0.662
3	0.912	2.495	0.385	3.947	4.315
4	0.165	0.542	0.034	1.136	0.155
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	26.922	0.016	0.014	1.596	0.300
2	1.536	0.125	0.010	4.031	0.404
3	1.797	0.178	0.053	10.294	0.344
4	2.175	0.007	0.000	1.630	0.046
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.246	2.351	1.059	0.569	0.117
2	0.716	0.825	0.627	0.540	0.142
3	0.618	9.052	4.054	4.484	0.824
4	0.104	2.347	0.239	0.019	0.017
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	1.118	0.000	18.486	0.242	0.000
2	0.814	0.000	2.411	0.025	0.010
3	2.851	0.005	1.517	0.215	0.032
4	0.025	0.000	0.096	0.115	0.007
	Divers				
1	1.740				
2	1.893				
3	6.477				
4	0.360				

Nb. Observations

TACT4				
1	5008			
2	5028			
3	17657			
4	4896			
T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)				
TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	3473	2	1	5
2	1329	113	3618	3
3	3	4884	8	0
4	202	29	14026	16
5	1	0	4	4872
T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)				
TACT3	1	2	3	
TACT4				
1	12	16	4980	
2	0	5012	16	
3	9	66	17582	
4	4887	0	9	

Filets passifs à Mbour (3 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	79.166	0.014	0.181	0.024	1.552
2	4.547	0.219	3.193	0.066	1.889
3	0.381	0.096	0.536	0.040	0.026
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	1.571	1.343	0.010	0.109	0.144
2	8.105	2.321	0.071	0.819	0.678
3	0.064	0.124	0.002	0.044	0.144
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.037	1.875	0.109	2.979	0.762
2	0.383	5.858	0.529	20.558	3.294
3	0.059	0.834	0.045	3.939	0.265
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	2.106	0.000	0.003	2.640	0.055
2	4.329	0.010	0.009	6.667	0.201
3	0.161	0.002	0.001	0.341	0.026
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.633	0.110	0.032	0.246	0.002
2	3.114	0.175	0.319	2.750	0.876
3	0.790	0.016	0.044	1.012	0.123
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.166	0.003	0.854	0.190	0.000
2	4.879	0.011	10.269	0.420	0.024
3	2.960	0.004	83.866	0.008	0.001
	Divers				
1	1.273				
2	6.709				
3	1.543				

Nb. Observations

TACT3

1	8348
2	26564
3	18963

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	8169	2	152	0
2	2	7976	2728	0
3	14	2	2321	0
4	11	981	15218	0
5	0	1421	0	14878

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	8194	2	0
2	12	6285	4085
3	142	20277	0
4	0	0	14878

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	8348	0
2	25318	1246
3	5	18958

Filets passifs à Joal (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	2.803	0.388	12.663	0.033	0.182
2	0.110	0.042	0.718	0.008	0.012
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.524	2.427	0.017	0.209	1.015
2	0.024	0.169	0.001	0.022	0.083
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.096	6.474	0.260	7.508	4.207
2	0.018	0.444	0.020	0.707	0.351
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.691	0.000	0.003	0.880	0.095
2	0.058	0.000	0.000	0.088	0.009
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	2.306	0.015	0.130	5.670	0.312
2	0.242	0.002	0.012	1.012	0.027
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	24.564	0.020	15.059	0.019	0.005
2	1.451	0.005	91.053	0.002	0.003
	Divers				
1	4.418				
2	2.129				

Nb. Observations

TACT2

1	34396
2	28399

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	4956	19	0	482
2	8190	1948	0	1376
3	0	0	24982	0
4	8675	38	0	264
5	486	182	233	10964

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	22117	0	190
2	1762	0	425
3	0	25208	7
4	162	24	12900

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	24041	0
2	0	25232
3	10355	3167

Palangre à Saint-Louis (2 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.015	0.195	0.000	0.021	0.000
2	1.230	2.949	0.112	0.256	0.117
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.030	0.000	0.181	0.166	0.000
2	5.116	0.001	5.774	18.576	0.655
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	0.086	0.264	0.010	0.000	2.737
2	2.835	0.075	8.089	1.014	4.935
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	54.445	39.448	0.106	0.060	0.156
2	0.128	0.128	0.708	2.981	29.979
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.058	0.178	0.000	0.185	0.000
2	0.150	1.202	0.040	2.984	0.076
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.066	0.037	0.009	0.000	0.192
2	0.021	0.054	2.958	0.008	0.264

Nb. Observations

TACT2

1	917
2	4142

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	742	0	1	0
2	0	905	3	0
3	121	0	764	224
4	5	0	770	0
5	1	0	0	1523

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	0	864	5
2	905	0	0
3	6	1485	47
4	0	26	1721

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	911	0
2	6	2369
3	0	1773

Palangre à Kayar (2 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.848	3.585	0.680	0.398	0.038
2	0.294	0.021	0.000	0.002	0.000
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.292	0.000	0.657	2.525	1.215
2	0.009	0.000	0.015	0.166	0.004
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	7.373	0.493	0.714	0.197	31.153
2	0.046	0.302	0.070	0.007	2.460
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	14.352	4.818	0.483	2.332	6.843
2	21.700	66.733	0.012	0.805	0.005
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	1.652	0.757	0.039	1.695	0.092
2	0.125	0.287	0.006	0.429	0.058
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.000	0.000	0.028	0.274	3.443
2	0.000	0.000	0.005	0.086	2.362

Nb. Observations

TACT2

1	4175
2	5054

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	1197	56	2	0
2	28	1813	30	0
3	0	1359	0	0
4	0	0	3	2304
5	0	71	2351	15

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	1224	1	0
2	11	3287	1
3	961	41	1384
4	0	0	2319

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	850	1346
2	3325	4
3	0	3704

Palangre à Dakar (2 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.216	1.991	0.066	0.942	0.151
2	0.020	0.417	0.023	0.354	0.019
3	0.037	0.448	0.002	0.113	0.000
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.031	0.017	2.465	2.718	11.942
2	0.006	0.000	5.583	2.615	1.509
3	0.004	0.000	37.351	41.192	1.412
	Somp	Omr	Plec	Argy	Cara
1	2.109	1.188	3.943	1.047	2.849
2	0.387	0.074	5.012	0.083	23.941
3	0.233	0.241	3.890	0.236	1.116
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	10.172	7.260	0.905	1.152	13.178
2	0.117	0.411	0.117	53.050	4.106
3	1.031	0.552	0.093	2.624	3.182
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	3.543	2.697	0.129	1.811	0.051
2	0.590	0.004	0.001	0.111	0.000
3	1.042	0.453	0.003	0.380	0.000
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.004	0.069	0.849	0.184	0.974
2	0.000	0.000	0.072	0.220	0.017
3	0.000	0.000	0.105	0.007	0.249

Nb. Observations

TACT3

1	6116
2	1911
3	2982

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	2004	4	2873	32
2	12	20	119	1618
3	6	1493	430	16
4	13	0	28	1225
5	8	3	1094	11

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	2035	7	1
2	2	1518	0
3	4054	382	108
4	25	4	2873

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	6046	70
2	1898	13
3	42	2940

Palangre à Mbour (2 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.089	81.216	0.017	0.284	0.009
2	1.145	1.203	0.061	0.278	0.034
3	1.878	1.970	0.060	0.592	0.064
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.038	0.000	3.397	4.706	0.549
2	0.043	0.000	8.302	4.397	1.772
3	0.053	0.034	22.655	19.330	2.360
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	1.407	0.006	0.570	0.160	2.512
2	5.258	0.008	6.552	0.040	8.309
3	2.382	0.011	5.321	0.742	7.552
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.045	0.011	0.024	0.418	2.597
2	0.093	0.009	1.008	3.393	53.144
3	0.737	0.060	0.325	8.383	4.790
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.281	0.088	0.013	0.230	0.002
2	0.544	0.000	0.302	0.630	0.014
3	1.935	0.187	0.689	3.480	0.030
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.000	0.087	0.041	0.009	0.076
2	0.000	0.045	0.014	0.059	0.060
3	0.015	0.399	0.052	0.103	0.299

Nb. Observations

TACT3

1	1128
2	3020
3	6028

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	1112	0	0	7
2	1	32	39	1542
3	0	6	3403	58
4	0	2556	0	13
5	5	28	67	1307

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	1106	0	12
2	0	2594	28
3	22	421	3066
4	0	5	2922

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 3)

TACT2	1	2
TACT3		
1	1125	3
2	15	3005
3	5891	137

Palangre à Joal (2 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.186	1.484	0.000	0.482	0.113
2	0.008	94.816	0.000	0.098	0.004
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.066	0.004	29.531	24.526	1.371
2	0.031	0.001	0.396	0.800	0.026
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	1.031	0.017	2.945	0.896	2.581
2	0.350	0.013	0.205	0.079	0.583
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.074	0.139	0.164	3.557	5.791
2	0.028	0.000	0.001	0.044	0.209
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.178	0.210	1.102	3.691	0.329
2	0.080	0.082	0.058	0.112	0.236
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.042	1.160	0.106	0.034	0.337
2	0.000	0.157	0.042	0.020	0.041

Nb. Observations

TACT2

1	2997
2	2085

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	1860	52	0	0
2	0	0	0	1816
3	0	0	0	207
4	0	888	104	0
5	15	95	0	45

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	1875	0	0
2	59	5	971
3	0	0	104
4	0	2068	0

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	1934	0
2	0	2073
3	1063	12

Lignes diverses à Saint-Louis (4 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.268	0.695	0.002	0.194	0.000
2	10.318	6.128	0.246	3.865	0.456
3	1.039	0.329	0.272	0.097	0.005
4	2.984	3.631	0.486	0.524	0.011
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.210	0.000	0.201	3.690	0.000
2	5.890	0.001	1.235	16.370	0.049
3	0.264	0.000	0.427	2.776	0.008
4	1.358	0.000	0.641	4.918	0.030
	Somp	Omr	Plec	Argy	Cara
1	0.354	0.014	0.480	1.360	3.055
2	8.818	0.225	3.837	1.004	4.817
3	2.333	0.027	3.038	0.413	64.946
4	4.073	0.067	3.110	0.344	9.784
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.009	0.000	0.006	0.644	1.682
2	0.281	1.138	0.162	9.401	3.724
3	0.026	0.017	0.112	9.251	8.578
4	0.033	0.002	0.207	2.591	58.658
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	3.807	0.032	0.000	0.009	0.000
2	2.077	0.895	1.698	1.305	0.180
3	0.387	0.029	0.006	0.257	0.002
4	0.725	0.229	0.002	0.142	0.000
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.000	0.001	79.218	0.000	0.185
2	0.000	0.044	1.817	0.093	1.232
3	0.001	0.002	1.855	0.009	0.089
4	0.000	0.000	1.544	0.031	0.116

Nb. Observations

TACT4

1	3471
2	19264
3	8764
4	6032

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	3441	15	0	0
2	19	4097	13	35
3	0	56	0	5846
4	0	62	8564	1
5	11	15034	187	150

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

T43

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	3465	1	5
2	3780	197	15287
3	12	8588	164
4	8	99	5925

Lignes diverses à Kayar (4 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	0.852	0.117	0.153	0.045	0.010
2	1.690	0.115	0.275	0.036	0.000
3	0.681	0.007	0.094	0.012	0.002
4	3.539	0.997	3.683	0.314	0.138
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.034	0.000	4.186	75.026	0.059
2	0.067	0.000	0.578	0.928	0.012
3	0.016	0.000	0.876	1.010	0.015
4	0.292	0.005	4.264	2.170	0.299
	Somp	Omr	Plec	Argy	Cara
1	1.611	0.208	1.202	0.667	1.784
2	0.924	0.031	0.235	0.048	10.331
3	0.577	0.092	0.546	0.090	0.913
4	4.380	0.865	2.176	2.570	11.945
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.249	0.052	0.133	1.769	1.332
2	0.026	1.562	0.074	77.190	0.684
3	0.267	0.037	0.165	0.660	0.226
4	2.736	9.314	1.257	3.158	6.325
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.126	1.296	0.080	1.100	0.001
2	0.144	0.079	0.040	0.498	0.002
3	0.129	0.036	0.298	80.359	0.000
4	1.120	1.815	1.858	0.947	0.053
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.001	0.004	1.190	0.019	0.806
2	0.000	0.000	0.155	0.233	0.394
3	0.000	0.000	0.047	0.003	0.096
4	0.003	0.009	3.301	10.868	2.156

Nb. Observations

TACT4

1	16699
2	23151
3	11969
4	54723

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	16439	0	0	4
2	1	13	0	12339
3	259	352	64	42358
4	0	0	11905	4
5	0	22786	0	18

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	16686	13	0
2	23	35	23093
3	15	11954	0
4	6882	47552	289

Lignes diverses à Dakar (4 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	0.000	0.099	0.220	0.020	0.025
2	0.000	0.184	0.101	0.049	0.034
3	0.000	0.022	0.009	0.007	0.027
4	0.000	0.021	0.003	0.008	0.000
5	0.000	2.550	0.262	0.389	0.488
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.009	0.000	0.234	1.573	31.495
2	0.003	0.003	0.108	1.051	0.840
3	0.004	0.000	0.007	0.386	0.287
4	0.000	0.000	0.000	0.066	0.031
5	0.065	0.014	1.246	6.703	1.586
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.674	0.067	1.421	0.799	0.187
2	0.221	0.331	0.252	2.041	0.169
3	0.120	0.060	0.019	0.268	0.016
4	0.002	0.004	0.001	0.040	0.002
5	2.627	3.099	2.504	6.486	4.419
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.874	0.958	52.460	0.128	1.322
2	6.235	0.037	0.678	0.416	81.621
3	0.839	0.010	0.036	0.063	0.189
4	0.012	0.022	0.001	0.010	0.025
5	10.029	3.923	0.388	12.515	1.874
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.134	0.300	0.169	0.060	0.070
2	0.628	0.278	0.060	0.069	0.134
3	0.051	91.154	0.025	0.008	0.015
4	0.010	0.054	0.001	0.036	87.306
5	8.482	0.555	0.823	4.555	0.123
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.000	0.000	0.005	0.038	0.281
2	0.004	0.008	0.002	0.075	0.740
3	0.000	0.000	0.000	0.024	0.078
4	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
5	0.009	0.028	0.104	1.178	2.307
	Gamba	Divers			
1	0.000	0.661			
2	0.000	0.222			
3	0.000	0.092			
4	0.000	0.001			
5	0.000	0.773			

Nb. Observations

TACT5

1	13737
2	18825
3	13778
4	12886
5	75588

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	1	47	0	13689
2	0	18786	0	39
3	13775	0	0	3
4	0	0	12885	1
5	5	55	1	75527

Lignes diverses à Mbour (4 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	6.118	2.911	0.037	0.308	0.259
2	0.261	0.002	0.001	0.002	0.001
3	2.355	0.246	0.031	0.092	0.005
4	0.011	0.002	0.000	0.000	0.000
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.080	0.006	11.449	9.088	1.296
2	0.001	0.000	0.057	0.032	0.002
3	0.060	0.000	5.122	2.410	0.475
4	0.000	0.000	0.019	0.017	0.000
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	6.130	0.023	4.995	0.422	15.334
2	0.011	0.000	0.014	0.003	0.070
3	2.885	0.006	2.039	0.029	5.565
4	0.002	0.000	0.007	0.000	0.012
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.032	0.013	1.364	14.041	9.087
2	0.000	0.000	0.012	0.045	0.128
3	0.002	0.002	1.592	1.184	70.151
4	0.001	0.000	0.000	0.006	0.014
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.418	0.060	0.751	0.508	0.058
2	0.001	0.000	90.711	0.994	0.000
3	0.074	0.009	0.622	0.174	0.001
4	0.000	0.000	0.646	93.219	0.000
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.009	0.850	0.311	2.001	0.377
2	0.001	0.083	0.000	0.000	0.008
3	0.002	0.011	0.037	0.009	0.129
4	0.000	0.015	0.000	0.000	0.001

Nb. Observations

TACT4

1	31130
2	41947
3	29329
4	41059

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	2	0	29294	0
2	0	39265	0	0
3	0	0	0	40842
4	30886	0	4	2
5	242	2682	31	215

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	31016	37	77
2	12	0	41935
3	29329	0	0
4	2	41057	0

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	60341	18
2	86	41008
3	42012	0

Lignes diverses à Joal (3 tactiques)

	Lago	Mach	Roug	Barr	Mugi
1	5.055	8.116	0.012	0.236	0.109
2	0.006	0.016	0.000	0.000	0.000
3	0.018	0.033	0.003	0.003	0.005
	Tkem	Poly	Serr	Tiof	Lutj
1	0.142	0.000	9.060	9.630	0.313
2	0.000	0.000	0.004	0.010	0.000
3	0.007	0.000	0.032	0.448	0.007
	Somp	Ombr	Plec	Argy	Cara
1	4.246	0.027	2.246	0.239	8.620
2	0.002	0.000	0.002	0.001	0.005
3	0.060	0.002	0.082	0.045	0.126
	Brot	Dpro	Dipl	Pageo	Pagre
1	0.005	0.006	0.365	1.803	35.178
2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004
3	0.000	0.000	0.005	0.027	0.081
	Ravi	Must	Seich	Poulp	Sole
1	0.053	0.031	1.116	0.078	0.410
2	0.005	0.000	0.294	96.469	0.002
3	0.002	0.003	93.972	0.247	0.137
	Penn	Yeet	Ngott	Espa	Divers
1	0.039	2.234	0.080	0.005	0.276
2	0.000	0.161	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.285	0.001	0.001	0.029

Nb. Observations

TACT3

1	26184
2	17188
3	33988

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	25054	0	0	3
2	0	32655	0	0
3	254	1197	25	173
4	0	0	17158	0
5	0	0	0	841

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	25308	0	0
2	10	0	33842
3	0	17183	0
4	866	5	146

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	26178	6
2	18	17170
3	33988	0

Filets maillants encerclants à Mbour (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	99.535	0.000	0.000	0.000	0.028
2	1.271	0.000	0.000	0.000	0.874
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.156	0.000	0.000	0.000	0.000
2	80.170	0.000	0.000	0.000	0.010
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000
2	0.000	1.651	0.000	0.000	0.050
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.673	0.000	0.000	0.000	0.000
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
2	0.042	1.815	0.000	0.000	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Divers				
1	0.092				
2	8.540				

Nb. Observations

TACT2

1	8030
2	803

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	7962	0	3	0
2	0	634	0	0
3	10	0	16	4
4	0	0	0	149
5	0	3	52	0

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	7972	0	0
2	0	0	637
3	52	2	17
4	0	153	0

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	8024	0
2	6	149
3	0	654

Filets maillants encerclants à Joal (1 tactique)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	0.323	0.046	0.663	0.000	0.355
2	99.735	0.000	0.000	0.000	0.016
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	10.967	0.000	0.000	0.000	0.001
2	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.000	1.518	0.001	0.004	0.063
2	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.144	0.001	0.000	0.000	0.000
2	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.000	0.079	0.000	0.030	0.011
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.012	0.006	0.014	0.000	0.011
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Divers				
1	5.701				
2	0.126				

Nb. Observations

TACT2	
1	8767
2	55987

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	55550	0	0	0
2	0	7266	1	0
3	0	0	0	470
4	0	0	461	0
5	0	1004	2	0

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	55550	0	0
2	0	8270	0
3	4	0	460
4	0	462	8

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	0	55554
2	8732	0
3	35	433

Filets actifs à Saint-Louis (3 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	6.580	0.274	0.716	0.000	0.053
2	7.463	1.983	3.578	0.036	1.171
3	84.334	0.288	0.428	0.004	0.139
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	79.985	0.142	0.000	1.014	0.013
2	7.239	2.673	0.002	2.955	0.462
3	5.327	0.496	0.000	0.316	0.025
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.012	0.981	0.048	0.063	0.075
2	0.032	6.498	0.206	0.680	0.349
3	0.000	0.883	0.059	0.027	0.022
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	1.193	0.001	0.000	0.080	0.000
2	7.499	0.275	0.028	0.582	0.077
3	2.277	0.000	0.000	0.039	0.000
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.016	0.939	2.406	0.103	0.000
2	0.204	10.797	18.482	0.361	0.181
3	0.004	1.622	1.681	0.022	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.036	0.000	0.004	1.731	0.000
2	0.547	0.000	0.764	2.723	9.074
3	0.059	0.000	0.033	0.443	0.005
	Divers				
1	0.107				
2	0.667				
3	0.033				

Nb. Observations

TACT3

1	1351
2	718
3	1226

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	928	0	0	0
2	112	356	6	0
3	0	1	564	0
4	0	114	56	267
5	0	0	0	891

Senne tournante à Saint-Louis (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	3.103	0.072	2.115	0.047	0.899
2	98.583	0.002	0.051	0.000	0.045
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	9.763	4.237	0.018	0.063	0.167
2	0.101	0.067	0.000	0.000	0.006
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.063	6.778	0.087	0.239	0.522
2	0.003	0.186	0.004	0.005	0.003
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	17.817	0.111	0.050	0.036	0.048
2	0.605	0.002	0.000	0.000	0.002
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.337	3.924	0.295	0.131	0.104
2	0.005	0.057	0.002	0.002	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	1.012	0.000	0.281	21.437	0.059
2	0.020	0.001	0.007	0.069	0.000
	Divers				
1	0.571				
2	0.049				

Nb. Observations

TACT2

1	3390
2	14716

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	2139	0	0	0
2	1	628	0	0
3	8	0	27	485
4	0	0	14301	0
5	489	6	0	22

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	2637	0	0
2	0	634	0
3	0	0	14328
4	79	35	393

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	2716	0
2	667	2
3	7	14714

Senne tournante à Kayar (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	5.589	0.668	1.022	0.002	1.349
2	93.429	0.058	0.053	0.000	0.258
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	2.762	4.116	0.009	0.070	0.138
2	0.229	0.582	0.000	0.005	0.003
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.000	1.859	0.011	0.036	0.466
2	0.000	0.387	0.000	0.004	0.022
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	39.004	0.012	0.089	0.030	0.193
2	3.074	0.000	0.000	0.006	0.019
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.026	25.399	0.082	1.315	0.040
2	0.003	0.636	0.000	0.065	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	1.345	0.000	0.003	4.234	0.198
2	0.055	0.002	0.000	0.217	0.015
	Divers				
1	0.511				
2	0.635				

Nb. Observations

TACT2

1	6254
2	7847

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	1546	16	27	0
2	42	1809	6	0
3	11	0	1227	101
4	2328	0	85	0
5	0	0	0	6903

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	3927	0	0
2	1678	0	147
3	35	19	1291
4	0	7000	4

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	5640	0
2	0	7019
3	614	828

Senne tournante à Dakar (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	1.539	0.333	0.326	0.012	2.637
2	98.212	0.003	0.004	0.000	0.114
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	10.977	0.324	0.000	0.380	0.325
2	0.160	0.041	0.000	0.000	0.004
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.259	4.326	0.003	0.708	0.234
2	0.000	0.138	0.002	0.012	0.002
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	27.453	0.053	0.122	4.904	0.448
2	0.751	0.000	0.000	0.049	0.008
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.417	14.329	0.054	0.282	0.080
2	0.008	0.241	0.001	0.003	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.014	0.000	0.128	0.589	0.098
2	0.000	0.003	0.003	0.005	0.016
	Divers				
1	1.213				
2	0.040				

Nb. Observations

TACT2

1	6782
2	8146

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	3029	755	24	0
2	984	0	14	0
3	5	0	362	12
4	1852	0	4	0
5	0	0	0	7887

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	4898	972	0
2	755	0	0
3	130	31	243
4	0	0	7899

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	5776	7
2	1003	0
3	3	8139

Senne tournante à Mbour (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	99.659	0.000	0.004	0.000	0.017
2	1.187	0.019	0.734	0.002	1.679
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
2	5.912	0.000	0.000	0.007	0.004
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.000	0.048	0.000	0.001	0.003
2	0.000	6.812	0.000	0.069	0.284
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000
2	10.958	0.003	0.000	0.026	0.015
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000
2	0.042	11.037	0.000	0.008	0.093
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.001	0.000	0.035	0.011	0.009
	Divers				
1	0.070				
2	16.310				

Nb. Observations

TACT2	
1	59113
2	11107

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	0	2	7306	0
2	58750	0	0	0
3	0	7	1678	0
4	0	524	7	0
5	0	2	740	1204

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	58750	0	0
2	362	128	45
3	0	9731	0
4	0	0	1204

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	59112	0
2	1	9858
3	0	1249

Senne tournante à Joal (2 tactiques)

	Sard	Lago	Mach	Roug	Barr
1	99.461	0.001	0.025	0.000	0.021
2	1.834	0.228	3.688	0.000	2.995
	Mugi	Tkem	Poly	Serr	Tiof
1	0.040	0.005	0.000	0.000	0.000
2	5.774	0.520	0.000	0.000	0.002
	Lutj	Somp	Ombr	Plec	Argy
1	0.000	0.109	0.000	0.000	0.003
2	0.009	17.140	0.001	0.119	1.763
	Cara	Brot	Dpro	Dipl	Pageo
1	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000
2	8.229	0.000	0.000	0.137	0.017
	Pagre	Ravi	Must	Seich	Poulp
1	0.001	0.025	0.000	0.000	0.000
2	0.027	2.361	0.000	0.017	0.000
	Sole	Penn	Yeet	Ngott	Espa
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2	0.020	0.000	0.068	0.000	0.028
	Divers				
1	0.179				
2	20.765				

Nb. Observations

TACT2

1	52715
2	10850

T54 (Echanges d'éléments entre les classes 5 et 4)

TACT4	1	2	3	4
TACT5				
1	52059	0	0	0
2	0	0	2109	0
3	0	8447	0	0
4	0	4	39	239
5	86	0	0	582

T43 (Echanges d'éléments entre les classes 4 et 3)

TACT3	1	2	3
TACT4			
1	52145	0	0
2	0	8412	39
3	0	2118	30
4	70	2	749

T32 (Echanges d'éléments entre les classes 3 et 2)

TACT2	1	2
TACT3		
1	52215	0
2	0	10532
3	500	318

Annexe III : Procédure d'ajustement des paramètres avec le modèle DCER

Etape 1 : choix des paramètres pour l'ajustement (« Fitting » → « Parameter selection for fitting » → « Global parameter selection fitting »). Là, en cliquant sur le bouton « OK » sans faire la moindre sélection, la liste des paramètres sélectionnés dans une précédente session « se vide »

- Etape 2 : rouvrir la fenêtre précédente puis sélectionner les paramètres choisis (*capacité de charge, taille des flottes et capturabilité*³⁰, par exemple) puis cliquer sur « OK »
- Etape 3 : cliquer sur « Individual parameter selection » à partir du sous-menu « Parameter selection for fitting » ; ce qui déroule un nombre de fenêtres correspondant au nombre de paramètres sélectionnés ci-dessus, c'est-à-dire 3. Il y a deux types de valeurs possibles pour chaque paramètre: binaire (0 valeur par défaut, 1 si paramètre sélectionné) ou quantitatif (valeur prise en compte comme valeur initiale si le paramètre est sélectionné pour une estimation). Choisir puis cliquer sur « OK » ou « Continue »
- Etape 4 : cliquer sur « Some control for nlm » pour fixer les valeurs de 4 paramètres dont le plus important est le nombre maximal d'itérations. Par défaut, nous avons choisi *3 itérations*
- Etape 5 : cliquer sur « Fit with nlm function » pour lancer la procédure d'ajustement du modèle proprement dite. Les valeurs des paramètres minimisant les sommes pondérées des « $1 - r^2$ » vont alors être proposées, au finish
- Etape 6 : sauvegarder le résultat en cliquant à nouveau sur « Global parameter selection » puis sur « OK », sans faire de sélection ; ce qui « vide », en même temps, la liste des paramètres sélectionnés

A ce niveau, il est utile de lancer encore « Simple run without fitting » afin d'obtenir la liste des valeurs de « $1 - r^2$ » qui indique les aspects bien ou mal représentés. Là, on peut recourir aux graphiques des efforts (valeurs observées en noir, valeurs ajustées en rouge) et des PUE (résultats sous la forme d'un panel par strate avec les valeurs observées et ajustées pour les combinaisons pertinentes de stocks-strates)

³⁰ Les coûts différentiels, les prédatons globales et les prédatons inaccessibles ne sont pas encore disponibles