

Pollution marine et rendement de la pêche au Sénégal

Marine pollution and fishing yield in Senegal

Adama FAYE

Enseignant-Chercheur à l'Université Alioune Diop de Bambey,
UFR Santé et Développement Durable
Département Développement Durable
Membre du Laboratoire de Recherche en Économie de Saint Louis (LARES)
Sénégal
adama.faye2@uadb.edu.sn

Mamadou Abdoulaye KONTE

Enseignant-Chercheur à l'Université Gaston Berger de Saint Louis
UFR Sciences économiques et de Gestion /
Département Économie
Membre du Laboratoire de Recherche en Économie de Saint Louis (LARES)
Sénégal
mamadou-abdoulaye.konte@ugb.edu.sn

Date de soumission : 20/11/2022

Date d'acceptation : 14/01/2023

Pour citer cet article :

FAYE.A & KONTE.M.A. (2023) « Pollution marine et rendement de la pêche au Sénégal », Revue Française d'Économie et de Gestion « Volume 4 : Numéro 1 » pp : 392 – 409.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License



Résumé :

Au Sénégal, depuis quelques années, le secteur de la pêche fait face à beaucoup de difficultés liées notamment à la forte pression exercée sur les ressources halieutiques (surexploitation). Cet article a pour objectif d'étudier l'impact de la pollution marine sur le rendement de la pêche au Sénégal. En effet, nous avons utilisé un modèle ARDL pour mesurer cet impact. Les résultats de l'estimation de notre modèle indiquent que l'émission de méthane et la température de la surface de la mer sont des déterminants de la pénurie de poisson constatée dans le pays durant ces dernières années. Ces différents résultats doivent pousser l'Etat du Sénégal à mettre en œuvre des politiques agricoles durables et de protection des ressources halieutiques.

Mots clés : Pollution; Pollution marine ; rendement de la pêche ; modèle ARDL ; ressources halieutiques.

Abstract :

In Senegal, for several years, the fishing sector has been facing many difficulties related in particular to the strong pressure exerted on fishery resources (overexploitation). This article aims to study the impact of marine pollution on fishing performance in Senegal. Indeed, we used an ARDL model to measure this impact. The results of the estimation indicate that the emission of methane and the temperature of the sea surface are determinants of the shortage of fish observed in the country in recent years. These different results should make the government of Senegal to implement policies for sustainable agriculture and protection of fishery resources.

Keywords : Pollution; Marine pollution; Fishing yield; ARDL model; Fishery resource

Introduction :

Depuis des siècles, l'être humain s'est ingénié à inventer des techniques de pêche toujours plus variées et toujours plus efficaces. Cependant, il est important de souligner que cette activité séculaire a un poids économique et social majeur, ses impacts pèsent aussi parfois lourds sur les écosystèmes marins. Les conséquences peuvent être : dégradations des fonds, sélectivité insuffisante qui amène à « sacrifier » des espèces de poissons non désirées, captures accidentelles de cétacés notamment. A cela s'ajoute, les pollutions engendrées par la consommation de carburant ou les déchets générés par le matériel de pêche perdu ou abandonné, qui continue à piéger des animaux marins, et contribue à l'accumulation du plastique dans l'océan.

La pêche au Sénégal est une activité fortement intégrée au reste de l'économie et de la société sénégalaise, et cela depuis la sécheresse des années 1970 ainsi que la crise agricole. Dès lors, le poisson est considéré comme une des ressources nécessaires à la survie de la population sénégalaise. Ainsi, ce secteur est conçu comme un secteur particulier compte tenu du fait que la pêche participe à la création d'emploi, à la réduction du chômage et l'équilibre des balances de l'économie sénégalaise. Aussi, cette activité contribue au produit intérieur brut via les accords de pêche internationaux et les exportations qui entraînent la rareté des produits de pêche. Néanmoins, le secteur de la pêche est confronté, de nos jours, à de nombreux défis liés d'une part à l'exploitation des ressources et d'autre part à l'approvisionnement des marchés. Par conséquent, le poisson est devenu de plus en plus rare en raison de la surpêche liée aux bateaux étrangers et à la pollution marine due aux déchets (toxiques, ménagers etc.) déversés dans la mer. L'utilisation de techniques de pêche de plus en plus néfastes ainsi que le non-respect de la réglementation maritime entraînent de sérieux dégâts sur l'écosystème marin du Sénégal et met en péril la survie de nombreuses communautés tributaires de la pêche.

La crise du secteur de la pêche constatée de nos jours, s'explique en grande partie par l'application d'une politique commerciale extravertie par exemple l'octroi des licences de pêche et des subventions directes ou indirectes. Ces phénomènes peuvent impacter négativement sur la production, le bien-être, l'environnement et le commerce des produits halieutiques.

Actuellement, la pollution marine est devenue un problème croissant dans le monde. Les océans et cours d'eau font face à deux types de pollution majeure : les produits chimiques et les déchets. La pollution chimique est une préoccupation réelle en Afrique en général et au Sénégal en particulier pour des raisons sanitaires, environnementales et économiques. Cette pollution provient des activités humaines notamment l'utilisation d'engrais dans l'agriculture en général. Avec la pluviométrie, on note un ruissellement de produits chimiques dans les cours d'eau qui finiront leur course dans l'océan. Par conséquent, ces produits chimiques entraînent la multiplication d'algues toxiques pour la faune

et très dangereuses pour la santé des individus. Les déchets marins composés de produits manufacturés, sont constitués de plastique dans leur majorité qui finissent dans l'océan. Aussi, les déchets sauvages, les vents de tempête et la mauvaise gestion des déchets contribuent à la pollution marine au Sénégal.

Les sources de déchets marins sont traditionnellement classées en sources terrestres ou marines, en fonction de l'endroit où ils entrent dans l'eau. D'autres éléments comme : les courants océaniques, le climat et les marées, ainsi que la proximité de centres urbains, des sites d'élimination de déchets, les zones industrielles et de loisirs, les voies maritimes et les zones de pêche commerciales augmentent le volume de déchets marins dans la mer. Ainsi, l'identification des déchets est problématique du fait que les déchets marins finissent dans la mer à l'aide de sources ponctuelles et diffuses.

Face à toutes ces difficultés dont la pêche est confrontée, il demeure nécessaire de questionner la question suivante : Comment la pollution marine peut-elle impacter sur le rendement de la pêche au Sénégal ?

Selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), 80 % des pollutions marines sont d'origine terrestre et anthropique (PNUE, 2010). Ce sont les eaux usées domestiques, les plastiques, les rejets industriels, les pesticides et les engrais agricoles. Selon l'Organisation internationale des Nations Unies, la pollution marine est définie comme étant "l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément" (ONU, 2010).

La pollution marine est considérée comme un problème mondial. Des études faites dans beaucoup de pays du monde confirment que ce phénomène ne cesse de s'étendre (Jambeck *et al.* 2015, Katsanevakis 2008, Barnes *et al.* 2009). Pendant que l'attention particulière est orientée sur la pollution marine d'origine terrestre, la pollution d'origine océanique gagne davantage du terrain (UNEP/CMS 2014, Macfadyen *et al.* 2009, Øhlenschläger *et al.* 2013). Ainsi, le Secrétariat du Programme régional océanien de l'environnement (PROE) a récemment enquêté sur des événements de pollution marine signalés par des observateurs de pêche au cours de ces dernières années. Les résultats de son enquête indiquent que les navires de pêche causent en grande partie la pollution dans le Pacifique occidental et central. Par conséquent, il faut des actions urgentes pour faire face à ces difficultés majeures.

L'objectif de cet article est d'étudier l'impact de la pollution marine sur le rendement de la pêche au Sénégal. Ainsi, une estimation empirique combinant des variables quantitatives sera élaborée dans le but d'analyser la façon dont la pollution marine peut affecter le rendement de la pêche dans un pays marqué par une carence en produits halieutiques (poissons,..) due principalement aux activités humaines (à la surpêche).

Au Sénégal, aucune étude scientifique, à notre connaissance, n'a été menée dans ce domaine. Cet article offre l'intérêt de combler ce vide scientifique et de renforcer la littérature en évaluant l'impact de la pollution marine sur le rendement de la pêche au Sénégal. Sur le plan politique, l'article pourrait contribuer à l'élaboration de politiques économiques et sectorielles.

Dans la suite de cette étude, nous exposerons dans la première section, une revue de la littérature sur la relation entre pollution marine et rendement de la pêche. La deuxième section proposera un modèle empirique permettant de voir comment la pollution marine agit sur la production ou le rendement de la pêche au Sénégal. La troisième et dernière section sera consacrée à la présentation et à l'interprétation des résultats obtenus.

1- La revue de la littérature sur la pollution marine et le rendement de la pêche

La littérature empirique et théorique reste persuader que la pollution marine influe de façon négative et positive sur la production halieutique, notamment le rendement de la pêche. Au Sénégal, aucune étude empirique n'a été enregistrée sur la question, à notre connaissance.

Selon Todd Caspson, chercheur associé à l'institut de physique du globe de Paris, lors de son séjour au Sénégal en mars 2022 et lors d'un webinaire axé sur le thème : « *Protéger le patrimoine océanique du Sénégal : des menaces sans précédent nécessiteront des interventions audacieuses* », il est revenu sur la pêche durable, la pollution marine et les changements climatiques. Il affirme que : le Sénégal est à la 21^{ème} position des pays dont les océans sont les plus pollués. « La quantité de déchets déversés dans la mer est de 254.770 tonnes par an. Il arrive derrière les Etats-Unis, larges de 50 Etats qui sont à 275.424 tonnes de déchets annuelles ». Le chercheur signale que le Sénégal a une économie côtière beaucoup plus grande et une présence plus accrue des populations sur la bande côtière. L'auteur souligne que les flottes étrangères, légaux et illégaux, sont une grande menace pour les pays comme le Sénégal. Aussi, il y a également, « la surcapacité des pêches nationales et la faiblesse de la surveillance et contrôle » qui menace l'environnement marin

Les auteurs Reddy et al. (2018), considèrent le plateau continental de l'environnement marin comme le mélange d'eau de mer et d'eau douce aboutissant ainsi à un écosystème côtier unique. Selon Adams (2005) et Richmond, (2015), les écosystèmes aquatiques sont liés avec l'environnement terrestre. Cependant, les modifications opérées dans un système ont des effets sur

un autre. Durant plus d'une décennie, les activités humaines se sont consenties sur les écosystèmes côtiers et marins. L'accumulation de débris ou de déchets est l'une des graves menaces créées par l'homme sur les systèmes marins et côtiers en raison d'activités de développement et de construction non durables. Contrairement aux déchets suivants: le verre, le tissu, le papier, les déchets alimentaires, le métal, le caoutchouc, les articles médicaux ou liés à l'hygiène personnelle, les articles à fumer ou les feux d'artifice et le bois.

Pour Nualphan, (2013) et Rosevelt et coll. (2013), les déchets plastiques sont persistants au niveau des bassins océaniques à cause des caractéristiques uniques des plastiques¹. Les débris de plastique qui sont au nombre de cinq millions de \$ (5 millions \$) et estimés à 260.000 tonnes, flottent au-dessus des océans dans le monde, à cause l'absence de recyclage de ces types de déchets (Eriksen et al., 2014). Par conséquent, la pollution plastique est considérée comme étant une préoccupation majeure partout dans les bassins océaniques quel que soit le type de pays considéré : (pays développés ou pays en développement). Les plastiques accumulés dans les bassins océaniques peuvent être classés en quatre niveaux, ainsi, en fonction de leur taille on note : mégaplastiques, macroplastiques, mésoplastiques et microplastiques.

En outre, les polluants plastiques entraînent des effets néfastes sur l'écologie, la biodiversité, les activités économiques et la santé humaine (Galgani et coll., 2010; Wang et coll., 2018). L'étude systématique des sources, des voies, des modes de transformation, des effets néfastes et des puits des plastiques dans le milieu marin n'a été menée qu'au cours de ces dernières années (Browne et coll., 2015; Loi, 2017).

Andrady (2011), souligne que plus 75% des déchets plastiques marins proviennent de sources terrestres. Dans la plupart des cas, les contenants plastiques sont déversés au niveau des systèmes de traitement des eaux usées et dans les systèmes de drainage, entraînant ainsi plusieurs dégâts sur le rendement de la pêche et la production. Dans le même ordre d'idée, Browne et coll., (2007), ont affirmé qu'une quantité importante de débris plastiques proviennent même des systèmes de traitement. Ces débris de plastiques finissent dans les rivières, les ruisseaux, l'eau douce et dans l'océan provoquant la pollution des eaux.

Ensuite, Thushari et al. (2017b) ont identifié les déchets domestiques et les activités résidentielles côtières qui contribuent de manière significative à l'accumulation de débris dans l'environnement côtier par la méthode d'accumulation des déchets *in situ*. Ils concluent que le tourisme et les activités récréatives participent à l'accumulation de plastique marin et côtier dans les écosystèmes océaniques

¹ Le potentiel de transport facile par le courant de l'eau et le vent en raison de la longue durée de conservation

et côtiers. Dans la même logique, Thushari et al. (2017b), indiquent que plus de 60% des débris de plage des certaines plages de la côte de Thaïlande ont pour source les activités touristiques et de loisirs. Pour Cole et al.(2011), les débris de plastique dans les plages se déversent dans l'océan sous forme de fragments de microplastique et de plastiques secondaires. Le taux d'accumulation de plastique dans l'océan s'améliore également à partir de sources terrestres avec des conditions climatiques extrêmes prévalant telles que les tempêtes, les ouragans et les inondations (Thompson et al., 2005).

Selon plusieurs chercheurs, le rejet des eaux usées est la plus importante source de pollution marine dans les eaux koweïtiennes (Naser, 2014 ; Lyons et al., 2015 ; Al-Sarawi et al., 2018). Dans la même foulée, Devlin et al. (2015) ont mené un exercice de modélisation de 30 ans sur la qualité de l'eau dans les eaux territoriales du Koweït. Ils affirment qu'il y a un impact potentiel de grands volumes d'effluents d'eaux usées sur un environnement déjà impacté. Lyons et al. (2015) ont déclaré que « les données microbiologiques de l'eau démontrent que la contamination des eaux usées est une maladie chronique depuis de nombreuses années au Koweït. Al-Sarawi et al. (2018) ont étudié des échantillons d'eau recueillis à plusieurs endroits durant l'été et l'hiver dans les eaux koweïtiennes et ont conclu qu'à ces endroits, *E. coli*² a dépassé les normes internationales de qualité de l'eau de près 100 fois.

Al-Mutairi et al. (2014) indiquent en Août 2009, la station de pompage des eaux usées de Mishrif tombe en panne en raison d'une surcharge et d'énormes quantités d'eaux usées brutes qui ont été rejetées d'urgence dans l'eau de mer et la baie du Koweït. Ceci a beaucoup affecté le milieu marin du Koweït, en particulier Baie du Koweït. Dans le même sens, Al-Yamani et al. (2020) déclarent que l'environnement a été de plus en plus affecté, entraînant l'accroissement de la mortalité chez les espèces animales et humaines, causée par les eaux usées, l'eutrophisation, l'infection bactérienne, la prolifération d'algues, les conditions hypoxiques, la pollution et le dragage.

Selon le Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution de l'environnement marin (GESAMP) (1991), les déchets provenant de la terre représentent 80% de la pollution marine dans le monde. Aussi, une partie importante de ces déchets sont déversés dans la mer à cause des activités effectuées sur les plages, emportés par les vents ou les ruisseaux, les eaux de pluie et les égouts. Jambeck et al., (2015) analysent les sources de déchets marins. Ils affirment que 4,8 à 12,7 millions de tonnes de plastique finissent dans la mer en 2010.

² *Escherichia coli* (*E. coli*) est une bactérie que l'on trouve couramment dans le tube digestif de l'être humain et des organismes à sang chaud.

En zone méditerranée, Vianello et al., (2015), indiquent que près de 50 billions de particules sont déversés chaque année dans la rivière de Po, entraînant ainsi la pollution de cette eau. A la suite de cet auteur, Tweehyusen, (2015), souligne que 667 tonnes de microplastiques atterrissent dans la méditerranée chaque année. Certaines études menées en Europe du Nord (Moritt et al., 2014), ont prouvé que la partie la plus importante des déchets sont en plastique et que les produits sanitaires peuvent constituer jusqu'à 22% des apports fluviaux. Ensuite, les décharges incontrôlées agissent également comme sources principales en mer Méditerranée. Par exemple, seulement 39 (soit 29%) des 133 villes côtières d'Algérie contrôlent leurs rejets de déchets dans des structures adaptées, sans compter les dépôts illégaux (Makhoukf, 2012).

2- Méthodologie et analyse des données

Dans cette partie, il s'agira de définir le modèle empirique et le choix des variables dans un premier temps et en second lieu, nous passerons à l'analyse et l'interprétation des données.

2-1- Modèle empirique et choix des variables :

Nous voulons tester la relation de long terme entre la production totale de poisson d'une part et d'autre part, la consommation d'engrais, l'émission de méthane agricole et la température de la surface de la mer. Ainsi, le modèle dynamique peut aider à capter la dynamique de court terme et les effets à long terme d'une ou plusieurs variables explicatives sur une variable à expliquer. Le modèle empirique est défini par l'équation (1) ci-après :

$$Y_t = \varphi + \sum_{i=1}^p a_i Y_{t-1} + \sum_{j=0}^q b_j \text{cons_eng}_{t-j} + \sum_{j=0}^{q_1} c_j \text{Emis_méth}_{t-j} + \sum_{j=0}^{q_2} d_j \text{Temp_surf}_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Où Y_t , représente la production totale de poissons de l'année t, les variables Cons_eng et Emis_{meth} définissent respectivement la consommation de méthane agricole et l'émission globale de méthane de l'année t. Enfin, la variable Temp_surf représente la température de la surface de la mer de l'année t. ε_t est le terme d'erreur ; b_0 traduit l'effet à court terme et l'effet à long terme des variables explicatives sur la variable (ϑ) expliqué est déterminé comme suit :

$$\vartheta = \frac{\sum b_j}{(1-\sum a_i)} \quad (2)$$

Comme pour tout modèle dynamique, l'on se servira des critères d'information (AIC, SIC et HQ) pour déterminer le décalage optimal (p^* , q^* , q_1^* et q_2^*) ; un décalage optimal est celui dont le modèle estimé offre la valeur minimale d'un des critères énoncés. Ces critères sont : celui d'Akaike (AIC), celui de Schwarz (SIC) et celui de Hannan et Quinn (HQ).

2-2- Analyse des données :

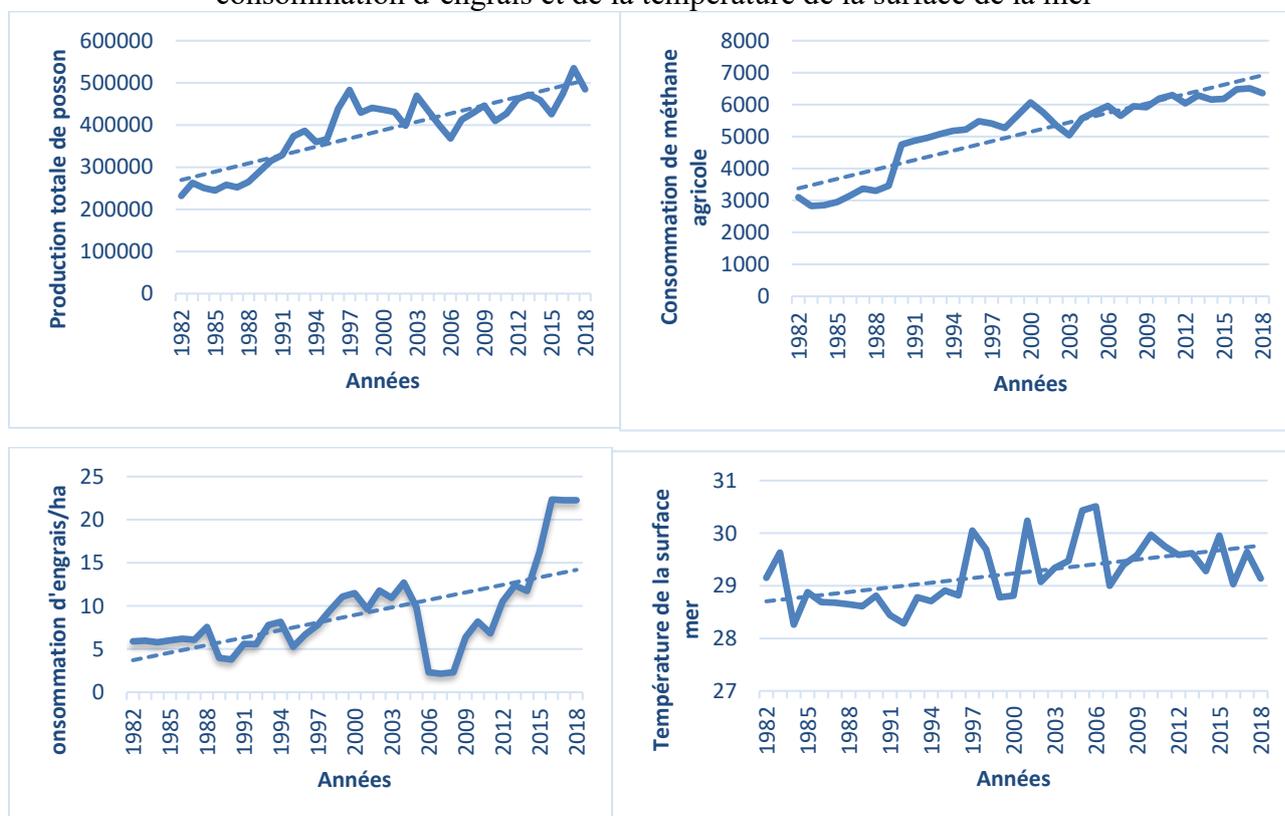
La plupart des données utilisées sont annuelles. Elles sont issues de la base de données de la banque mondiale (WDI, 2021) sur le Sénégal, à l'exception des données la variable température de la surface de la mer qui provient de l'ANACIM Sénégal (2021). Ainsi, la valeur maximale enregistrée durant l'année a été considérée. La zone d'étude porte sur le Sénégal et l'échantillon couvre la période 1982-2020. Cette période se justifie par la volonté de prendre en compte les effets de la sécheresse et de la crise agricole des années 70, due principalement aux changements climatiques.

Tableau 1 : Test de Dickey-Fuller Augmenté

Variables	t- Statistic	Probabilité	Stationnarité
ΔY_t	-3,581152	0,0000	I (1)
$\Delta \text{Cons_meth-agri}$	-2,948404	0,0000	I (1)
$\Delta \text{Emis_meth}$	-3,577723	0,0000	I (1)
Temp	-2,941145	0,0052	I (0)

Source : Auteurs sous Eviews

Figure 1 : Evolution de la production totale de poisson, de l'émission de méthane, de la consommation d'engrais et de la température de la surface de la mer



Source : Auteurs sous Excel

Tableau 2 : Statistiques descriptives

Variables	Observations	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Production totale	37	387847,621	244491695	231847	534868
Consommation engrais	37	8,95195	944,955791	2,14596491	22,34375
Emis-meth agricole	37	5147,11378	49513306,3	2825,48305	6510
Température surf mer	37	29,2335135	12,4884432	28,26	30,51

Source : Auteurs

Le tableau 1 montre que les variables sont stationnaires à différents niveaux. Aussi, on note une absence de stationnarité en différence deuxième (I (2)). Ce qui peut justifier l'utilisation du modèle ARDL (Autoregressive distributed lag model) introduite par Pesaran et Shin (1999) et développée par Pesaran, Shin et Smith (2001). Le choix de ce modèle se justifie par le fait que c'est le plus adaptée aux échantillons de taille réduite et à des séries temporelles non stationnaires sans la contrainte du même ordre d'intégration, contrairement aux autres tests. Nous sommes intéressés d'abord à vérifier l'existence d'une relation de long terme entre les variables du modèle. Ainsi, le test de Bounds est le test le plus approprié. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 3.

Tableau 3: Résultats du test de Bounds : (Test de cointégration de Pesaran et al. (2001))

	10%		5%		1%		
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	
F-statistic	3,008	4,15	3,71	5,018	5,33	7,063	5,918201
T- statistic	-2,57	-3,46	-2,86	-3,78	-3,43	-4,37	-4,444687

Source : Auteurs

L'hypothèse nulle est considérée comme absence de cointégration. On retient 5% comme notre probabilité de référence. Selon la règle de décision suivante, si la valeur de F-statistic est inférieure celle associée à F de la borne inférieure I (0), on accepte l'hypothèse nulle. Cette même hypothèse est rejetée lorsque la valeur de F-statistic est supérieure aux valeurs de F de la borne supérieure I (1). L'analyse de ce tableau indique que la valeur de F-statistic n'est pas inférieure aux F associées à la borne inférieure, donc nous pouvons pas affirmer le rejet de H_0 . Concernant la borne supérieure I (1), la valeur F-statistic est supérieure à celle de F associée à la borne supérieure (5%). En somme, nous pouvons conclure une présence de cointégration, dont une relation de long terme entre la variable à expliquer et les variables explicatives.

Ainsi, nous pouvons donc estimer le modèle ARDL à correction d'erreur suivant :

$$\Delta Y_t = \varphi_0 + \sum_{i=1}^p a_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q b_j \Delta \text{cons}_{eng_{t-j}} + \sum_{j=0}^{q1} c_j \Delta \text{Emis}_{méth_{t-j}} + \sum_{j=0}^{q2} d_j \Delta \text{Temp}_{surf_{t-j}} + \alpha(Y_{t-1} - \theta_1 \text{cons}_{eng_{t-1}} - \theta_2 \text{Emis}_{méth_{t-1}} - \theta_3 \text{Temp}_{surf_{t-1}}) + \varepsilon_t \quad (3)$$

L'estimation de ce modèle (3) par Eviews 12 aboutit aux résultats du tableau 4 suivants :

Tableau 4: Résultats du modèle ARDL à correction d'erreur

Variables	Coefficient	Std.Error	t-Statistique	Probabilité
Résultats de court terme				
D(Production totale de poisson (-1))	0,342892	0,164287	2,087150	0,0499**
D(Emission méthane agricole (-1))	-26,07769	15,6684	-1,664345	0,1116
D(Emission méthane agricole(-2))	-35,81014	15,33411	-2,335325	0,0301**
D(Température surface de la mer (-1))	4767,677	11469,79	0,415672	0,6250
D(Température surface de la mer (-2))	22615,56	10015,80	2,257990	0,0353**
D(Température surface de la mer (-3))	15973,15	8541,611	1,870040	0,0762*
Résultats de long terme				
Emission méthane agricole	1,3989	13,56596	0,103119	0,9189
Température surface de la mer	4462,669	8989,319	0,496441	0,6252
CointEq (-1)*	-0,972641	0,186414	-5,217636	0,0000***
C	487974,6	92155,17	5,295141	0,0000
R-Squared	0,687708			
Adjusted R-squared	0,565507	Durbin-Watson stat		2,102442
F-statistic	5,627669	Prob (F-statistic)		0,000000

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, indiquent la significativité respectivement à 10%, 5% et 1%; les valeurs entre parenthèses représentent les T-statistiques.

Source : Auteurs via Eviews 12

Les résultats de l'estimation indiquent que le coefficient associé à la fore de rappel est négatif (**-0,972641**) et significativement différent de zéro au seuil de 1%. Par conséquent, il existe donc bien un mécanisme à correction d'erreur : donc une relation de long terme. Ainsi, à long terme, les déséquilibres entre le rendement de la pêche, l'émission de méthane agricole, la consommation d'énergie et la température de la surface de la mer se compensent de sorte que ces différentes séries ont des évolutions similaires. Cette force de rappel (**-0,972641**) signifie qu'on ajuste **97,26%** du déséquilibre entre le niveau désiré et effectif de la production de poisson. Ainsi, les chocs sur le rendement de poisson au Sénégal se corrigent à 97,26% par l'effet de « feed back ». Autrement dit, un

choc durant l'année en cours est entièrement résorbé pendant l'année suivante. Cela peut s'expliquer par le phénomène de reproduction rapide des poissons.

Le modèle ARDF est globalement significatif ($\text{Prob} > F = 0.0000$). Notre R^2 de 68,77% est élevé, ce qui peut attester une bonne qualité du modèle. Cela signifie que 68,77% du rendement de la pêche au Sénégal est expliqué par les variables consommation d'engrais, l'émission de méthane agricole et la température de la surface de la mer.

Les résultats de l'estimation du modèle ARDL montrent que le coefficient de long terme est positif et statistiquement significatif, ce qui signifie qu'une augmentation de 1% de la production de poisson de l'année passée entraîne une hausse de 34,28 tonnes de celle de l'année courante. L'effet à court terme de l'émission de méthane agricole sur la production de poisson est négatif et statistiquement significatif à 5%. En effet, une hausse de 1% de l'émission de méthane conduit à une réduction de la production de poisson de 35,85 tonnes. Ce résultat indique que le méthane contribue de façon significative à la pollution marine donc à la rareté des produits de pêche. Ces résultats sont un peu contraire à ceux de Diagne et al., (2017) qui affirment qu'au Sénégal les eaux usées constituent les principales sources de pollution des milieux aquatiques.

La raison pour laquelle, la variable consommation d'engrais n'apparaît pas dans les estimations est qu'elle a un décalage nul donc elle entre qu'en niveau.

Aussi, ce tableau montre que la température de la surface de la mer a un effet positif sur la production de poisson. Ce qui indique qu'un accroissement de 1% de la température de la surface de la mer augmente la production de poisson de 22615,56 tonnes. Ce résultat s'explique par le fait que la température contribue positivement à la reproduction de ces espèces. Autrement, la température est indispensable à la production de poisson. Ces résultats semblent confortés les propos de Todd Caspson (2022)³ qui disait lors de son séjour à Sénégal que les changements climatiques ont des impacts très forts sur les océans, qui se manifestent par la solidification, l'acidification et le réchauffement. Ces trois facteurs ont des conséquences sur la vie marine, y compris sur celle des poissons.

Tableau 5: Test de Fischer (significativité globale du modèle)

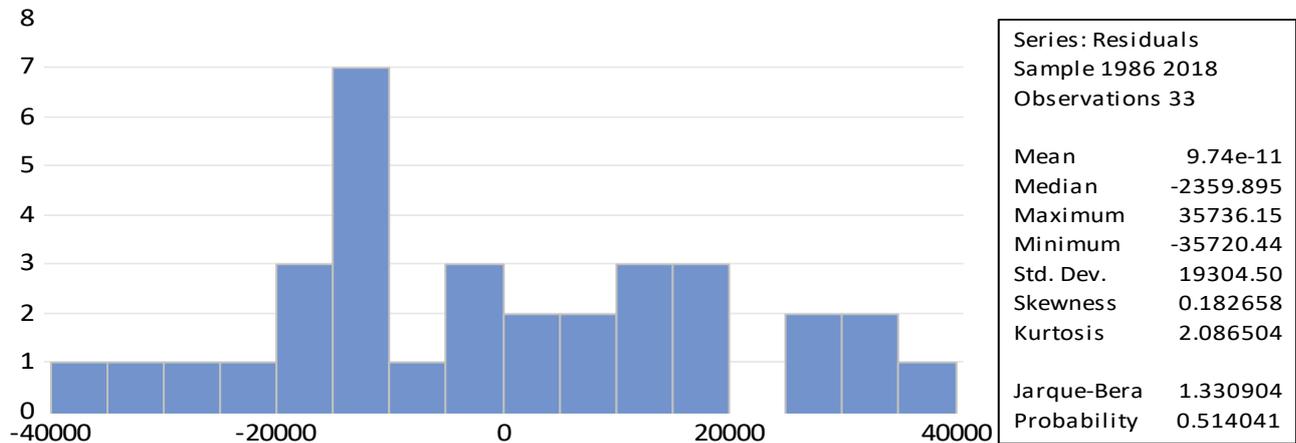
Test statistic	Value	Df	Probabilité
F-statistic	4,043721	(11,20)	0,0033
Chi-square	44,48093	11	0,0000

Source : Auteurs sur Eviews 12

³ Chercheur associé à l'Institut de physique du globe de Paris, lors de son séjour au Sénégal en mars 2022

La probabilité associée au F- statistic est inférieure au seuil de 5%. Ce qui signifie qu'il existe un coefficient non nul. Par conséquent, le modèle est globalement significatif. En effet, les variables explicatives choisies expliquent notre modèle.

Tableau 6 : Test de normalité de Jarque-Bera



Source : Auteur sur la base de Eviews 12

La probabilité du test de Jarque-Bera est 12,74%, supérieure à 10%. Ce résultat indique que les erreurs suivent une loi normale.

Tableau 7: Test de Breusch Godfrey (test de corrélation des erreurs)

T-statistic		Probabilités	
F-statistic	0,327883	Prob.F(2,18)	0,7247
Obs R-squared	1,159980	Prob. Chi-square (2)	0,5599

Source : Eviews 12

La probabilité associée au F-statistic est supérieur à 5%. Par conséquent, nous pouvons conclure que les erreurs sont non corrélées.

Tableau 8: Test de hétéroscédasticité

F-statistic	0,871087	Prob.F(12,20)	0,5863
Obs R-squared	11,32729	Prob. Chi-square (12)	0,5011
Scaler explained SS	2,260265	Prob.Chi-square (12)	0,9989

Source : Eviews 12

La probabilité associée au F-statistic est supérieur à 5%, ce qui signifie que le modèle utilisé est homocédastique.

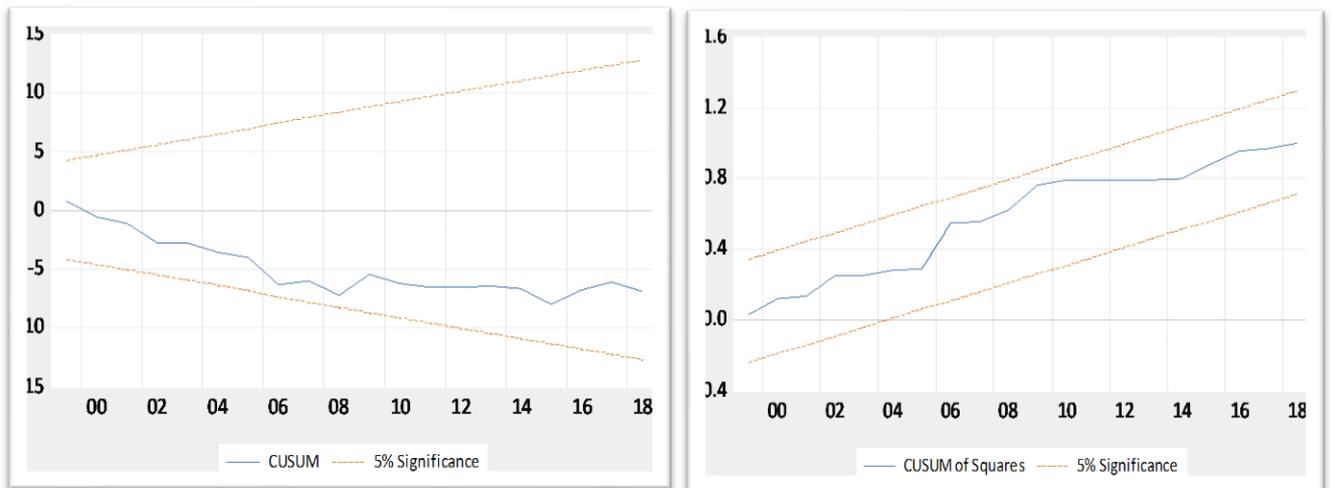
Tableau 9 : Test de spécificité du modèle : Test de Ramsey

	Value	df	Probabilité
t-statistic	0,198037	19	0,8451
F-statistic	0,039219	(1,19)	0,8451
Likelihood ratio	0,068046	1	0,7942

Source : Auteur sur Eviews 12

Les valeurs des trois probabilités sont supérieures à 5%. Par conséquent, le modèle est bien spécifié.

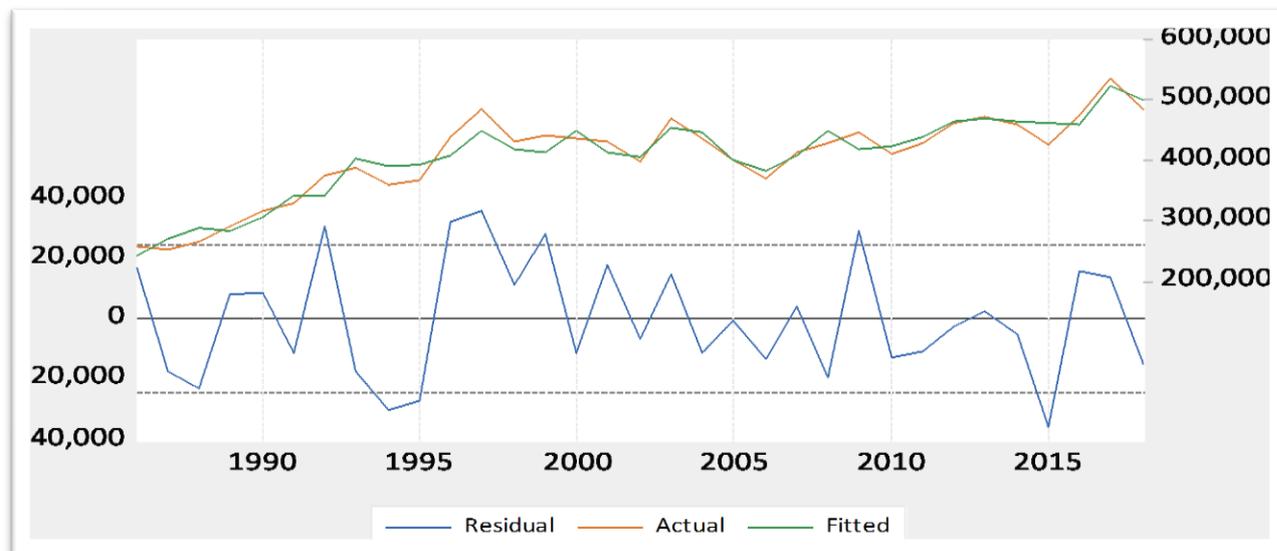
Figure 2: Test de stabilité des paramètres



Source : Auteur sur Eviews12

Les résultats montrent que le graphe des statistiques de CUSUM et CUSUMQ demeurent à l'intérieur de l'intervalle des valeurs critiques au seuil de 5%, ce qui implique que les coefficients du modèle sont stables. En outre, l'analyse de ces graphiques indique que le modèle étudié est ponctuellement stable. Par conséquent, notre modèle est structurellement stable. En effet, le modèle est bien spécifié.

Figure 3: Evolution des Résidus



Source : Auteur sur Eviews

La figure montre que le modèle fonctionne assez bien. En effet, les valeurs historiques (en rouge) et les valeurs estimées (en vert) suivent une tendance similaire.

Conclusion :

Durant ces dernières années, le Sénégal est confronté à un déficit de production de poisson lié aux actions anthropiques notamment les licences de pêche octroyées aux bateaux étrangers et aux pratiques de pêche qui impactent fortement l'environnement marin.

L'objectif de cet article était d'étudier l'impact de la consommation d'engrais, l'émission de méthane et de la température de la surface de la terre sur le rendement de la pêche au Sénégal. En effet, nous avons utilisé le modèle ARDL à corrections d'erreur pour pouvoir prendre en compte les effets de court et de long terme. Les résultats obtenus à partir de l'estimation de notre modèle montrent que l'émission de méthane agricole et la température de la surface de la mer impactent positivement et significatif sur le rendement de la pêche au Sénégal.

La pêche a longtemps constitué un sous-secteur clé de l'économie sénégalaise de par sa contribution au produit intérieur brut (PIB) mais aussi par de nombreux emplois qu'elle génère. Pour cela, l'Etat du Sénégal doit œuvrer pour la préservation et le développement de ce secteur (pêche). Ainsi, il doit réduire ou arrêter les licences de pêche données à des bateaux étrangers (extérieurs) et s'activer pour la dépollution de la mer.

Pour des perspectives de recherche, il sera plus pertinent d'intégrer dans notre modèle d'autres variables comme : le nombre de licences de pêche octroyées chaque année, la quantité de déchets

chimiques déversées chaque année dans l'océan, la quantité d'eaux usées et la quantité d'ordures ménagères finissant dans l'océan chaque année.

Références Bibliographiques :

- Adams, (2005), « Évaluation de la cause et de l'effet de multiples facteurs de stress sur les systèmes marins », *Mar. Polluer. Bull.*, 51 (2005), p. 8-12
- Al-Mutairi, N., Abahussain, A., and Al-Battay, A. (2014). Environmental assessment of water quality in Kuwait bay. *Int. J. Environ. Sci. Dev.* 5, 527–532. doi: 10.7763/IJESD.2014.V5.539.
- Al-Sarawi, H. A., Jha, A. N., Baker-Austin, C., Al-Sarawi, M. A., and Lyons, B. P. (2018). Baseline screening for the presence of antimicrobial resistance in *E. coli* isolated from Kuwait's marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 129, 893–898. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.10.044.
- Al-Yamani, F., Polikarpov, I., and Saburova, M. (2020). Marine life mortalities and harmful alga blooms in the Northern Arabian Gulf. *Aquat. Ecosyst. Health Manag.* 23, 196–209. doi: 10.1080/14634988.2020.1798157.
- Andrady, 2011, « Microplastiques dans le milieu marin », *Mar. Polluer. Bull.*, 62 (2011), p. 1596-1605
- Barnes, D, Galgani, F, Thompson, RC and Barlaz, M (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil.Trans R Soc.B*, 364, pp.1985-1998.
- Browne et coll., 2007, « Le microplastique – un contaminant émergent potentiellement préoccupant? » *Environnement intégré. Évaluer. Manag.*, 3 (2007), p. 559 à 561
- Browne et coll., 2015, « Lier les effets des débris anthropiques aux impacts écologiques » *Proc. R. Soc.B*, 282 (2015), p. 20142929
- Cole et al., (2011), « Les microplastiques en tant que contaminants dans le milieu marin : un examen », *Mar. Polluer. Bull.*, 62 (2011), p. 2588-2597
- Devlin, M. J., Massoud, M. S., Hamid, S. A., Al-Zaidan, A., Al-Sarawi, H., AlEnezi, M., et al. (2015). Changes in the water quality conditions of Kuwait's marine waters: long term impacts of nutrient enrichment. *Mar. Pollut. Bull.* 100, 607–620. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.10.022.
- Diagne et al.,(2017), « Caractérisation physico-chimique et contamination métallique des eaux usées déversées au niveau de la baie de Hann (Dakar/Sénégal) », ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*.
- Eriksen et al., (2014), « Pollution plastique dans les océans du monde : plus de 5 000 milliards de pièces de plastique pesant plus de 250 000 tonnes à flot en mer », *PloS One*, 9 (12) (2014), article e111913

- Galgani et al., (2010), Rapport du Groupe de travail 10; 2010. Déchets marins N. Zampoukas (Ed.), Directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin ». CCR, IFREMER et CIEM (2010)
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Jambeck, J.R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., Lavender Law, K., (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science*, 347, p. 768-771.
- Katsanevakis, S. (2008). Marine debris, a growing problem: Sources, distribution, composition, and impacts. *Marine Pollution: New Research. Nova Science Publishers, New York*, 53-100.
- Loi, (2017), « Les plastiques dans le milieu marin » *Annu. Rév. Mar. Sci.*, 9 (2017), pp. 205-229
- Macfadyen, G., Huntington, T., & Cappell, R. (2009). *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear* (No. 523). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Makhoukh M. (2012) Pollution par les déchets solides en Algérie. Stratégie de gestion Intégrée des zones cotières en Agérie? Bilan et diagnostic. /MATE-PAP RAC/ 2012, 42 pages
- Morritt D., Stefanoudis P., Pearce D., Crimmen O., P.Clark (2014) Plastic in the Thames: A river runs through it. *Marine Pollution Bulletin*, 78, 196–200.
- Naser, H. A. (2014). Marine Ecosystem Diversity in the Arabian Gulf: Threats and Conservation. Available online at: <https://www.intechopen.com/books/biodiversity-the-dynamic-balance-of-the-planet/marine-ecosystemdiversity-in-the-arabian-gulf-threats-and-conservation> (accessed January 25, 2020).
- Nualphan, (2013), « Types et sources de débris marins à BangSaen Beach. Province de Chonburi, Mémoire de maîtrise, Université Chulalongkorn, Thaïlande (2013)
- Øhlenschläger, JP, Newman, S and Farmer, A. (2013). Reducing ship generated marine litter - Recommendations to improve the EU Port Reception Facilities Directive. Report produced for Seas At Risk. Institute for European Environmental Policy, London.
- PNUE, 2009, « Les déchets marins : un défi mondial », Nairobi (2009), p. 232
- Reddy et al., (2018), « Classification, caractérisation et comparaison des écosystèmes aquatiques dans le paysage du district d'adilabad, Telangana, DeccanRegion, Inde OALib J., 5 (2018), p. e4459
- Richmond, (2015), « Récifs coralliens: problèmes actuels et préoccupations futures résultant de perturbations anthropiques » *Integr. Comp. Biol.*, 33 (6) (2015), p. 524-536
- Rosevelt et coll., (2013), « Débris marins dans le centre de la Californie: quantification du type et de l'abondance des déchets de plage dans la baie de Monterey, en Californie », *Mar. Polluer. Bull.*, 71 (2013), p. 299-306

- Thompson et al., (2005), « Nouvelles directions dans les débris plastiques », *Science*, 310 (2005), p. 1117
- Thushari et al., (2017b), « Analyse des débris côtiers sur les plages de la province de Chonburi, à l'est de la Thaïlande, comme implications pour la conservation côtière », *Mar. Polluer. Bull.*, 116 (2017), p. 121-129.
- Tweehuysen G. (2015) Sampling River litter: Preliminary results. Micro-2015. Seminar of the Defishgear project, Abstract book, Piran 4-6 may 2015, p 29.
- UNEP. (2014). Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry. Programme des Nations Unies pour l'environnement
- Vianello A., Aciri F., Aubry F., Boldrin A., Camati E., Da Ros L., Merceta T., V. Moschind (2015) Occurrence of floating microplastics in the North Adriatic Sea: preliminary results. Micro 2015. Seminar of the Defishgear project, Abstract book, Piran 4-6 may 2015, p 43.
- Wang et al., 2018, « Un examen critique des sources et des instruments des microplastiques marins et des perspectives sur la gestion pertinente en Chine », *Gestion des déchets. Rés.*, 36 (10) (2018), p. 898 à 911

Annexe :

ARDL Error Correction Regression
 Dependent Variable: D(PTOTALEDEPOISONT)
 Selected Model: ARDL(2, 0, 3, 4)
 Case 2: Restricted Constant and No Trend
 Date: 01/13/23 Time: 22:50
 Sample: 1982 2020
 Included observations: 33

ECM Regression				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PTOTALEDEPOISON...	0.342892	0.152404	2.249882	0.0359
D(EMISSIONSDEMETH...	1.398902	12.48402	0.112055	0.9119
D(EMISSIONSDEMETH...	-26.07769	15.23861	-1.711291	0.1025
D(EMISSIONSDEMETH...	-35.81014	14.85603	-2.410478	0.0257
D(TEMPMER)	4462.669	8771.110	0.508792	0.6165
D(TEMPMER(-1))	4767.677	10886.05	0.437962	0.6661
D(TEMPMER(-2))	22615.56	9572.659	2.362516	0.0284
D(TEMPMER(-3))	15973.15	8285.407	1.927866	0.0682
CointEq(-1)*	-0.972641	0.174551	-5.572245	0.0000
R-squared	0.687708	Mean dependent var		7266.788
Adjusted R-squared	0.583611	S.D. dependent var		34544.44
S.E. of regression	22290.92	Akaike info criterion		23.08875
Sum squared resid	1.19E+10	Schwarz criterion		23.49689
Log likelihood	-371.9643	Hannan-Quinn criter.		23.22607
Durbin-Watson stat	2.102442			

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.