

Consommation d'énergie, la population urbaine, les émissions de CO₂ et la croissance économique en Algérie durant la période 1971-2020 Energy consumption, urban population, the CO₂ emissions and economic growth in Algeria during the period 1971-2020

Mouhouni Malika ^{1*}

¹ Université d'Alger3, Algérie, mouhouni_m@yahoo.fr

Reçu le: 07/08/2022

Accepté le: 24/10/2022

Publié le: 30/10/2022

Résumé:

L'objectif de cette étude est d'analyser la relation de long terme entre la consommation d'énergie, la population urbaine, les émissions de dioxyde de carbone, les exportations et la croissance économique en Algérie durant la période 1971-2020, en effectuant une étude économétrique qui utilise l'approche ARDL (Autoregressive Distributed Lag). Afin de déterminer le sens de cette relation le test de causalité de Granger est également appliqué. Pour cela, nous formulons certaines hypothèses qui décrivent le lien entre ces variables.

Les résultats empiriques obtenus prouvent qu'il existe une cointégration entre toutes les variables à long terme. L'étude indique également que la consommation d'énergie électrique présente une causalité avec la croissance économique, la population urbaine, les émissions de dioxyde de carbone et le commerce international.

Mots clés: Croissance économique, Consommation d'énergie, Les émissions de CO₂, ARDL, Cointégration.

JEL Classification Codes: O4, Q43, Q50, C5.

Abstract:

The objective of this study is to analyze the long-term relationship between energy consumption, urban population, carbon dioxide emissions, exports and economic growth in Algeria during the period 1971-2020, using the Autoregressive Distributed Lag model (ARDL) approach. In order to determine the sense of this relationship, the Granger causality test is also applied. For this we make some hypotheses that describe the relationship between these variables.

The empirical results obtained show that there is cointegration between all the variables in the long run. The study also indicates that electrical energy consumption shows causality with economic growth, urban population, carbon dioxide emissions and international trade.

Keywords: Economic growth, Energy consumption, The CO₂ emissions, ARDL, Cointegration.

JEL Classification Codes : O4, Q43, Q50, C5.

* *Mouhouni Malika, Maître de conférence A, université d'Alger3, Faculté des sciences économiques, sciences commerciales et sciences de gestion*

1. Introduction:

L'énergie joue un rôle important dans le développement économique de la plupart des économies. Le lien de causalité entre la consommation d'énergie et la croissance économique est important pour la mise en œuvre de la politique de consommation d'énergie et de la politique environnementale.

Au cours des deux dernières décennies, d'importantes études ont été effectuées sur la relation entre la croissance économique et les émissions de CO₂, ainsi que sur l'utilisation de l'énergie. Il a été démontré que le développement économique nuit à l'environnement et met en péril la durabilité environnementale puisqu'il est indissociable de la consommation d'énergie. Les combustibles fossiles étant une ressource naturelle limitée, les villes et les économies du monde entier ont de plus en plus de difficultés à se développer. Alors que les pays avancés continuent de s'urbaniser, les économies en développement devraient connaître la plus forte expansion en matière d'urbanisation. Si l'urbanisation présente un impact significatif et négatif sur les émissions de CO₂, il sera plus facile d'atteindre les objectifs de développement durable. La consommation d'énergie dans les zones urbaines est susceptible d'être influencée par des activités économiques polluantes basées sur les énergies fossiles (le transport et la fabrication industrielle). L'augmentation du nombre de personnes vivant dans les villes accroît les émissions de CO₂ et la consommation d'énergie (Niu.H & al, 2018). La diversification de l'économie provoquée par l'urbanisation entraîne une augmentation de la consommation d'énergie des industries et des ménages. Elle est considérée comme un moyen de passer de l'agriculture à un secteur de production technologique et industriel fortement dépendant de l'énergie et, par conséquent, dégageant des émissions de CO₂ (Bakirtas.T & al, 2018, p. 112). Certaines études empiriques sur la relation entre l'urbanisation et la consommation d'énergie ont montré que l'urbanisation augmente la consommation d'énergie ainsi que les émissions de CO₂ (Cole.M & al, 2004, p. 10). Cependant, des analyses récentes ont montré que la relation entre l'urbanisation et les émissions de CO₂ varie en fonction de la région et du type de développement urbain (Elliott.J & al, 2014, p. 800). Dans l'ensemble, ces études suggèrent que la relation entre l'urbanisation et les émissions de CO₂ dans les pays en développement est, différente de celle des pays développés.

De plus, la relation entre l'énergie et le commerce international, l'émission de CO₂, ainsi que la croissance économique, a été renforcée dans la littérature, ce qui montre la motivation des chercheurs à évaluer ce lien. Les chercheurs ont tenté de relier ces variables en utilisant différentes approches économétriques.

Plusieurs études telles que (Farabi.A & al, 2019, p. 339), (Hong. C & al, 2019, p. 348), (Sasana. H & al, 2019, p. 119) montrent que la consommation d'énergie est nécessaire pour favoriser la croissance économique. Cependant, la croissance favorise le changement climatique et l'effet de serre avec l'émission de gaz. En conséquence, le commerce international, via la stratégie de croissance des exportations, utilise une consommation énergétique excessive, cette pratique est associée à la croissance économique, parfois sans considérer le développement durable.

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude, elle traite plus spécifiquement les différentes conséquences économiques et environnementales liées à la consommation d'énergie afin de répondre aux questions suivantes:

Existe-t-il une relation de cointégration entre la consommation d'énergie, la population urbaine, les émissions de CO₂, le revenu par habitant et les exportations ? Et quel est le sens de cette relation?

Pour répondre à ces deux questions et sur la base de la revue de la littérature nous formulons les hypothèses suivantes:

Hypothèse 1: Relation positive et significative entre le changement climatique et la consommation d'énergie.

Dans cette étude, le changement climatique est mesuré par les émissions de CO₂.

Hypothèse 2: Il existe une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie et la croissance économique.

Hypothèse 3: Relation positive entre la population urbaine et la consommation d'énergie.

Hypothèse 4: Le commerce international est corrélé à la consommation d'énergie.

Cet article présente des contributions significatives à la politique économique, en montrant qu'il existe une corrélation entre la consommation d'énergie et la croissance économique.

Notre étude vise d'abord à estimer la relation à long terme entre la consommation d'énergie (électricité), l'urbanisation (part de la population urbain dans la population totale) , les émissions de dioxyde de Carbone (CO₂), le revenu par habitant et les exportations totales en Algérie sur la période 1971-2020, en utilisant l'approche ARDL (Autoregressive distributed lag model) introduite par (Pesaran. H & al, 1999) puis développée par (Pesaran.H & al, 2001, p. 289), ensuite de déterminer le sens de sens de cette relation en appliquant le test de causalité de Granger.

Pour ce faire, nous commençons par présenter notre stratégie économétrique utilisée, ensuite nous passons à la description des différentes variables, et à la fin nous analysons les différents résultats fournis.

2. Spécification économétriques et méthodologie d'estimation

2.1 Les données

Avant de commencer l'étude empirique, nous présentons les séries des variables utilisées. Il s'agit de cinq variables à savoir la consommation d'énergie, la population urbaine, les émissions de dioxyde de carbone, les exportations et la croissance économique. Toutes les variables se rapport au période de 1971 à 2020.

La variable énergie représente la consommation d'électricité (CE) par habitant, provient de la base de données de la banque mondial (World Development Indicators , 2022), la mesure est exprimée en KW/h par habitant.

Comme approximation de la pollution de l'environnement, les émissions de dioxyde de carbone(CO₂) ont été utilisées, la mesure est exprimée en tonnes métriques par habitant proviennent de la base de données de la Banque mondiale.

La croissance économique est mesurée par le Produit Intérieur Brute, en désigne par la variable PIB le produit par habitant en dollars constants de 2010 obtenue de la Banque mondiale.

Variable population urbaine (Purb), c'est-à-dire la population vivant dans les zones urbaines obtenue sur le site (Perspective Monde, 2022). Cette variable vise à mesurer les effets de l'urbanisation sur la consommation d'énergie.

Variable Exportations (Exp) représente les exportations de biens et services exprimés en dollar constant de 2010 qui proviennent de la base de données de la Banque Mondiale.

Toutes les variables sont exprimées sous forme logarithmique pour réduire le problème de l'hétéroscédasticité (corriger la non stationnarité en variance), de sorte que l'élasticité peut être interprétée.

2.2 Spécification économétrique

Afin de tester la relation de long entre la consommation d'énergie, la population urbaine, les émissions de dioxyde de carbone, les exportations et la croissance économique en Algérie durant la période 1971-2020 la forme logarithmique linéaire suivante est proposée :

$$\ln CE_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Purb_t + \beta_2 \ln PIB_t + \beta_3 \ln CO2_t + \beta_4 \ln Exp_t + \varepsilon_t \dots (1)$$

Où :

lnCE : la consommation d'électricité par habitant, **lnPurb** : population urbaine, **lnPIB**: le produit réel par habitant, **lnCO2**: les émissions de CO2 par habitant, **lnExp** : les exportations de biens et services et ε_t : le terme d'erreur. Les paramètres $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ représentent les élasticités de long terme de consommation d'énergie par rapport à $\ln Purb_t, \ln PIB_t, \ln CO2_t, \ln Exp_t$ respectivement.

Pour analyser la relation à long et court terme entre la consommation d'énergie (CE), les émissions de CO2, le PIB, la Purb, les Exp, la technique de cointégration ARDL (Autoregressive Distributed Lag) développée par (Pesaran.H & al, 2001, p. 289), a été opté. Ce choix se justifie par deux raisons. Tout d'abord, la technique ARDL permet d'obtenir des estimateurs non biaisés du modèle à long terme (Harris.R & al, 2003, p. 48), et l'endogénéité ne pose pas problème avec cette méthode (Harris.R & al, 2003, p. 49).

Le modèle ARDL suppose l'expression suivante:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CE_t = & \beta_0 + \lambda_1 \ln CE_{t-1} + \lambda_2 \ln Purb_{t-1} + \lambda_3 \ln PIB_{t-1} + \lambda_4 \ln CO2_{t-1} + \lambda_5 \ln Exp_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^p \beta_1 \Delta \ln CE_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_2 \Delta \ln Purb_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_3 \Delta \ln PIB_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_4 \Delta \ln CO2_{t-i} + \\ & \sum_{i=0}^p \beta_5 \Delta \ln Exp_{t-i} - \tau ecm_{t-1} + \varepsilon_t \dots (2) \end{aligned}$$

Où :

β_0 désigne le terme constant, $\beta_i (i = 1, 2 \dots 5)$ représentent les coefficients à court terme, τ désigne le coefficient de terme de correction d'erreur (ecm_{t-1}), ε_t un bruit blanc, p le nombre de retard choisi sur la base de critère d'information d'Akaike (AIC), i désigne l'ordre de décalage, $\lambda_i (i = 1, 2 \dots 5)$ indiquent les coefficients à long terme utilisées pour tester la cointégration. (Pesaran.H & al, 2001) ont introduit deux types de F-statistiques. Ils ont

développé des tables statistiques pour prendre en compte seulement deux types de niveaux d'intégration I(0) et I(1). La valeur de la F-statistique calculée est comparée à la valeur critique de la F-statistique des deux bornes pour déterminer la décision de cointégration. plus précisément, si la valeur F-statistique calculée est supérieure à la valeur critique F-statistique de la borne supérieure I(1)], la décision est de rejeter $H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$, donc l'existante d'une relation de cointégration entre les variables. Si la valeur F-statistique calculée se situe entre les deux bornes I(0) et I(1), la décision d'accepter ou de rejeter n'est pas concluante.

2.3 Analyse descriptive des données utilisées

Les statistiques descriptives et la corrélation entre les variables utilisées dans cette recherche sont présentées dans les tableaux N°1 et 2. Les variables: population urbaine (LnPurb), des exportations(LnExp) et du revenu par habitant (lnPIB) présentent des valeurs plus élevées lorsqu'on les compare à la consommation d'énergie (LnCE) et aux émissions de dioxyde de carbone (lnCO2).

Les statistiques de Skewness et Kurtosis sont essentielles pour évaluer la distribution des fréquences des variables par rapport à la distribution normale (Gaussienne). Les variables utilisées dans cette étude présentent des valeurs négatives pour Skewness, démontrant que la distribution est asymétrique. Ce type de distribution est désigné dans la littérature par asymétrie négative ou à gauche. En ce qui concerne la statistique du Kurtosis, elle mesure le degré d'aplatissement ou de rétrécissement de la courbe en considérant la distribution gaussienne. Selon le tableau N°1 il est possible d'observer que les valeurs sont toutes positives, ce qui est dénommé par Kurtosis de type leptokurtique (Bourbonnais.R & al, 2008, p. 296).

Le tableau N°2 montre les coefficients de corrélation entre les variables inclus dans l'étude. D'après ces résultats en remarque que toutes les variables explicatives montrent une corrélation positive avec la variable dépendante (consommation d'électricité).

Table N°1. Statistiques descriptives

	lnCE	lnCO2	lnExp	lnPIB	lnPurb
Mean	6,37	1,02	24,20	25,22	16,52
Median	6,34	0,97	24,22	25,14	16,61
Maximum	7,44	1,33	24,67	25,90	17,29
Minimum	4,90	0,23	23,43	24,14	15,59
Std. Dev.	0,68	0,22	0,30	0,45	0,52
Skewness	-0,37	-0,91	-0,37	-0,28	-0,31
Kurtosis	2,55	4,51	2,22	2,39	1,88
Jarque-Bera	1,54	11,72	2,43	1,41	3,42
Probability	0,46	0,003	0,30	0,49	0,18
Sum	318,43	50,78	1209,98	1261,11	826,1
Sum Sq. Dev.	22,33	2,40	4,54	9,92	13,00
Observations	50	50	50	50	50

Source: Etablie par l'auteur.

Table N°2. Corrélation entre les variables

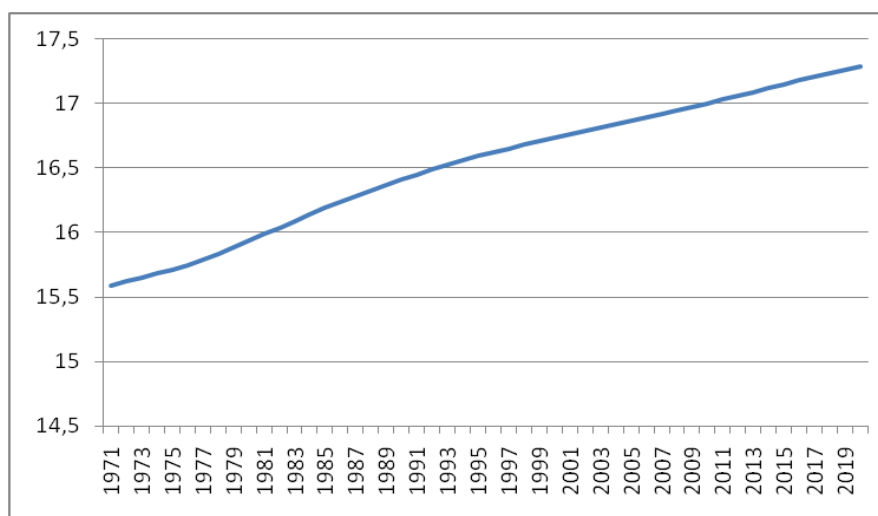
	lnCE	lnCO2	lnExp	lnPIB	lnPurb
lnCE	1,00				
lnCO2	0,71	1,00			
lnExp	0,82	0,44	1,00		
lnPIB	0,99	0,72	0,84	1,00	
lnPurb	0,98	0,62	0,87	0,98	1,00

Source: Etablie par l'auteur.

Le phénomène urbain a pris en Algérie une ampleur considérable. Le taux d'urbanisation qui été de l'ordre de 39,6% en 1971 est passé à 73,73% en 2020.

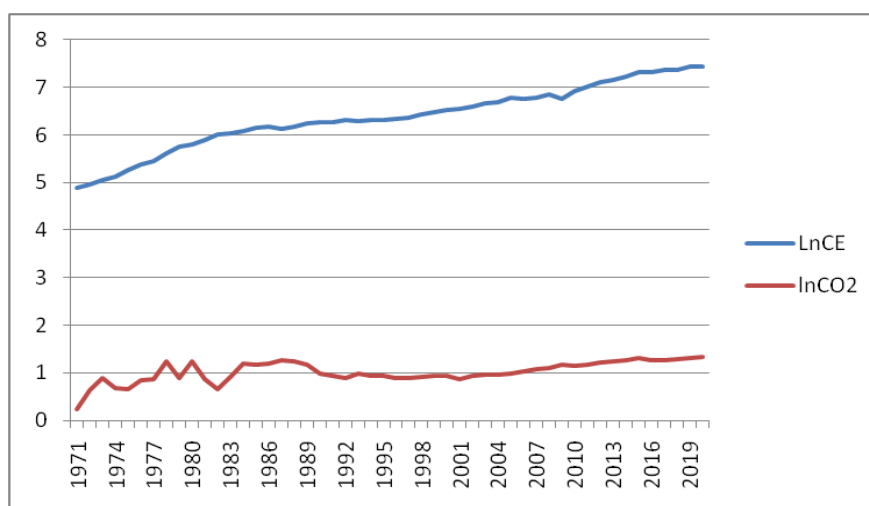
Selon ONS (Office National des Statistiques, 2022), la population urbaine a toujours cru à des taux supérieurs à ceux de l'accroissement naturel sous l'effet de l'exode rural et du phénomène de reclassement des agglomérations. Le graphique 1 montre bien cette évolution durant la période d'étude.

Figure N° 1. Evolution de la population urbaine



Source: Etablie par l'auteur.

Figure N°2. Evolution des émissions de CO2 et de la consommation d'électricité

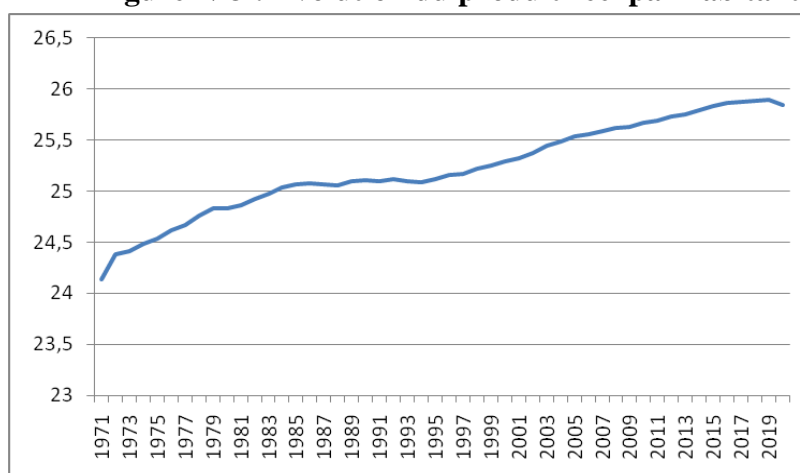


Source: Etablie par l'auteur.

Au cours des dernières décennies, la consommation d'énergie en Algérie a connu une augmentation importante, ce qui a entraîné une augmentation des émissions de CO₂. Le graphique N°2 montre que l'évolution des émissions de CO₂ par habitant a connu une forte croissance durant la période de 1971 à 1980, avec un taux de croissance annuel non négligeable, ce qui peut être lié aux plans de développement adoptés par le gouvernement algérien.

Selon (Sahnoune.F & al, 2013, p. 1289), l'Algérie est l'un des principaux émetteurs parmi les pays en développement. L'émission globale annuelle moyenne de CO₂ est de 4,7 T/habitant, ce qui est inférieur au Qatar avec 55,4 T/habitant, et aux EAU avec 31,1 T/habitant, mais supérieur à la Tunisie (2,4 T/habitant) et à l'Inde (1,4 T/habitant). Par activité, le secteur de l'énergie (production et consommation) est la source des émissions les plus élevées, environ 75% du total.

Figure N°3 : Evolution du produit réel par habitant



Source: Etablie par l'auteur.

La figure N°3 montre l'évolution du PIB réel par habitant au cours de la période 1971-2020. Une tendance à la hausse est observée jusqu'en 1985, suivie d'une période de diminution jusqu'en 1995 et d'une tendance à la hausse depuis cette date.

Selon (Chemingui.M, 2003), de 1962 à 1985, l'Algérie a connu sa plus forte croissance économique, menée essentiellement par la croissance du secteur des industries de transformation qui a bénéficié d'investissements publics importants.

Au cours de la période 1985-1995, l'Algérie a d'abord connu une période d'instabilité macroéconomique, résultant de la baisse du prix du baril de pétrole sur le marché international, de difficultés d'ajustement et d'une faible croissance économique et d'autre part, par la période de mise en œuvre du premier programme d'ajustement, durant laquelle la croissance économique est restée en baisse.

Enfin, depuis 1995, l'Algérie a recommencé à améliorer sa croissance, ce qui peut être associé à l'adoption de la deuxième réforme économique soutenue par la Banque mondiale et le FMI, et aux niveaux élevés des prix du pétrole atteints tout au long de la période à partir de 2000.

3. Résultats empiriques

3.1. Test de racine unitaire (test de stationnarité)

L'application de la méthode ARDL nécessite la certitude que toutes les variables ne sont pas intégrées d'ordre deux $I(2)$ ou plus. Par conséquent, un test de l'état stationnaire des séries chronologiques sélectionnées pour déterminer leur ordre d'intégration doit être effectué.

Les tests Augmented Dickey-Fuller (ADF) et Phillips-Perron (PP) ont été utilisés. Le tableau N°3 montre les résultats obtenus par l'application des deux tests.

Selon ces résultats on remarque aucune des variable n'est intégré d'ordre deux $I(2)$, et que toutes les séries sont non stationnaires en niveau mais stationnaires en 1^{ère} différence sauf la variable $\ln Purb$ qui est stationnaire en niveau. Par conséquent, la technique ARDL est appropriée pour estimer la relation de cointégration possible entre les variables incluses dans le modèle économétrique.

Les critères d'AIC, SC, LR et HQ sont ensuite utilisés pour sélectionner le nombre de retard optimal du Vecteur Auto Régressif (VAR) (tableau N°3). Quatre modèles VAR ($P = 0, 1, 2, 3$) ont été estimés pour la période 1971-2020. Les critères impliquent un retard de 4.

Table N°3. Résultats du test de racine unitaire sur les niveaux logarithmiques et la première différence des variables

Test de racine unitaire	Test ADF	Test PP	Resultants
	t-Stat	t-Stat	
Variables au niveau			
$\ln CE$	-2,69	-2,65	Non stationnaire
$\ln CO_2$	0,56	0,64	Non stationnaire
$\ln Exp$	-0,62	-0,79	Non stationnaire
$\ln PIB$	4,12	4,32	Non stationnaire
$\ln Purb$	-3,05*	-2,94*	$I(0)$

Variables en difference premiere

lnCE	-6,68**	-6,86**	I(1)
lnCO2	-6,92**	-10,18**	I(1)
lnExp	-5,81**	-5,53**	I(1)
lnPIB	-6,68**	-6,68**	I(1)

Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

I(0) indique que la variable est stationnaire au niveau, tandis que I(1) indique que la variable est stationnaire après la première différence. * et ** indiquent respectivement une signification statistique aux niveaux de 5% et 1%.

Table N°4. Critères de sélection des retards VAR

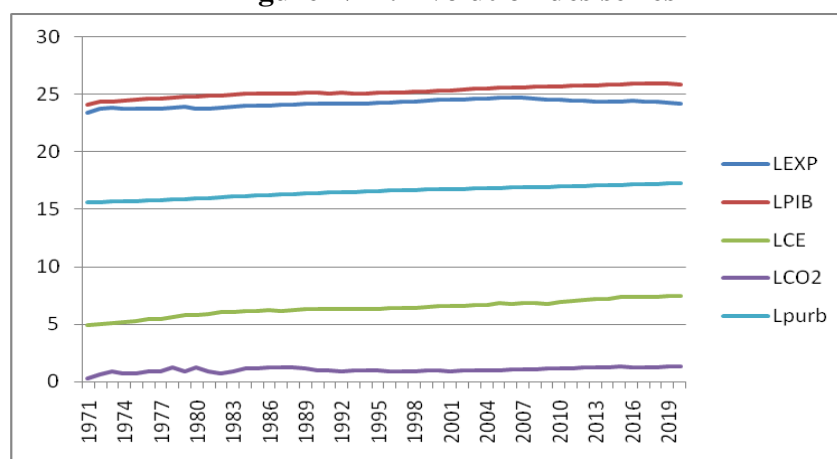
Lag	LogL	LR	AIC	SC	HQ
0	149,28	NA	-6,27	-6,07	-6.20
1	546,47	690,76	-22,45	-21,26*	-22.01
2	590,17	66,50	-23,27	-21,08	-22.45
3	610,20	26,13	-23,05	-19,87	-21.86
4	663,05	57,44*	-24,26*	-20,09	-22.70*

Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

3.2. Test de cointégration

D'après la représentation graphique ci-dessous (Figure N°4) qui décrit l'évolution de lnCE, lnCO2, lnExp, lnPIB, lnPurb de 1971 à 2020, on peut constater que ces variables suivent des évolutions parallèles à long terme, ceci semble traduire qu'elles sont liées par une relation d'équilibre de long terme.

Figure N°4 : Evolution des séries



Source: Etablie par l'auteur.

Le tableau N°5 montre les résultats de l'ARDL bounds test pour la relation de cointégration basé sur l'équation (2). La valeur de F-Stat est calculée en tenant compte de l'hypothèse nulle où les paramètres estimés par rapport aux variables au niveau égal à zéro ($H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$).

La F-Stat est égal à 7,82 qu'on compare aux valeurs critiques inférieures et supérieures au seuil de signification de 5% et 10%. F-Stat est supérieure à la borne supérieure (3,87 et 5,17 respectivement), par conséquent, on rejette l'hypothèse d'absence de cointégration et on conclut l'existence d'une relation de long terme entre les variables du modèle.

Table N°5. Résultats de test de cointégration (bounds test)

F-Stat	Bouds test au niveau de 5%		Bouds test au niveau de 1%	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
7,82	2,82	3,82	3,89	5,17

Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

3.3. Test de causalité de Granger

Le test de causalité de Granger est effectué sur les variables pour déterminer le sens de cette relation. D'après les résultats de ce test (Table N°6) on remarque l'existence d'une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie (lnCE) et le revenu par habitant (lnPIB). Ce résultat confirme que la demande d'énergie est essentielle pour obtenir la croissance économique. Nous observons également qu'il y a une causalité bidirectionnelle entre la consommation d'énergie (lnCE) et la variable population urbaine (lnPurb), la variable des émissions de CO₂ (lnCO₂) et la variable population urbaine (lnPurb), le revenu par habitant (lnPIB) et la variable population urbaine (lnPurb).

D'après ces résultats, on peut déduire qu'il existe une corrélation positive entre la consommation d'énergie (lnCE) et la population urbaine, c.a.d que la demande d'énergie augmente dans les agglomérations urbaines. Les résultats indiquent également que les grandes zones urbaines sont plus polluantes, car il existe une relation positive entre les émissions de dioxyde de carbone (lnCO₂) et la population urbaines. D'autre part, la population a tendance à être concentrée dans les zones urbaines, car le revenu y est mieux reparti.

On remarque aussi l'existence d'une causalité unidirectionnelle entre les émissions de CO₂ (lnCO₂) et la consommation d'énergie (lnCE), cette relation va dans le sens de l'émission de CO₂ vers la consommation d'énergie. Ce résultat est également valable pour les variables lnCO₂ et lnPIB, Donc l'évolution des émissions de CO₂ dépend de celle du PIB, ce qui implique qu'une politique énergétique peut être développée en faveur de l'environnement sans avoir d'impact négatif sur la croissance économique.

Il existe une causalité entre la consommation d'énergie (lnCE) et les exportations (lnExp), donc d'après ces résultats le commerce international est associé à une utilisation excessive de l'énergie, ce qui démontre que l'Algérie devrait utiliser des énergies renouvelables pour réduire les gaz polluants. D'autre part, les résultats expliquent également qu'il existe une corrélation entre les émissions de dioxyde de carbone (lnCO₂) et la croissance économique. Une fois encore, la croissance économique semble simuler le changement climatique.

Table N°6. Résultats de test de causalité de Granger

Hypothèse nulle	F-Statistic Prob.
-----------------	-------------------

lnCO2 ne cause pas lnCE au sens de Granger	2.26	0.046**
lnCE ne cause pas lnCO2 au sens de Granger	1.84	0.170
lnEXP ne cause pas lnCE au sens de Granger	0.98	0.384
lnCE ne cause pas lnEXP au sens de Granger	2.78	0.064*
lnPIB ne cause pas lnCE au sens de Granger	5.69	0.006***
lnCE ne cause pas lnPIB au sens de Granger	2.89	0.066*
lnPURB ne cause pas lnCE au sens de Granger	4.60	0.012**
lnCE ne cause pas lnPURB au sens de Granger	5.94	0.005***
lnEXP ne cause pas lnCO2 au sens de Granger	1.24	0.299
lnCO2 ne cause pas lnEXP au sens de Granger	0.79	0.459
lnPIB ne cause pas lnCO2 au sens de Granger	1.92	0.159
lnCO2 ne cause pas lnPIB au sens de Granger	4.38	0.019**
lnPURB ne cause pas lnCO2 au sens de Granger	2.65	0.054*
lnCO2 ne cause pas lnPURB au sens de Granger	2.81	0.053*
lnPIB ne cause pas lnEXP au sens de Granger	1.24	0.298
lnEXP ne cause pas lnPIB au sens de Granger	1.34	0.149
lnPURB ne cause pas lnEXP au sens de Granger	0.59	0.558
lnEXP ne cause pas lnPURB au sens de Granger	1.66	0.203
lnPURB ne cause pas lnPIB au sens de Granger	3.24	0.049*
lnPIB ne cause pas lnPURB au sens de Granger	9.86	0.000***

Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

*, **, *** indiquent respectivement une signification statistique aux niveaux de 10%, 5 % et 1%.

3.4. Estimation des coefficients à long terme et à court terme

Sur la base de l'équation (2), la méthode des Moindres Carrés Ordinaires(MCO) a été appliquée pour obtenir les paramètres estimés de la relation à long terme et à court terme.

Les résultats de l'estimation du modèle sont présentés dans la Table N°7. L'estimation de la relation à court terme montre que le coefficient d'ajustement ou coefficient de correction d'erreur (CointEq(-1)) est négatif et significatif à 1% , ce qui démontre qu'il existe une relation à long terme entre les variables. Sa valeur égal à 0,60, ce qui signifie que lorsque la consommation d'énergie par habitant soit au dessus ou au dessous de la valeur d'équilibre, elle s'ajusterait par 60% par an.

A court terme, la consommation d'énergie (D(lnCE) est de signe positif, ce qui signifie qu'à court terme, cette énergie est essentielle à la croissance économique, par contre les coefficient des variables retardées (D(lnExp), D(lnExp(-1)), D(lnPIB(-1)), D(lnPIB(-2)), D(lnPIB(-3)), D(lnPurb(-3)) sont significatif avec des signes négatives, donc une hausse dans ces variables impliquerait une baisse de consommation d'énergie à court terme.

A long terme, les coefficients du produit intérieur brute (lnPIB) et la population urbaine (lnPurb) présentent un effet positif sur la consommation d'énergie, ces variables sont significatives au seuil de 1% et 10% respectivement. Ces résultats sont conformes aux études empiriques de (Alshehry.A& al, 2015, p. 240), (Bakirtas. T & al, 2018, p. 119) et (Shahbaz.M & al, 2020, p. 140) .Il est également possible de déduire une relation entre la croissance économique et la consommation d'énergie, ce qui montre que la demande d'énergie est essentielle au développement de l'activité économique. En outre, les zones

urbaines consomment plus d'énergie que les petits groupes de population comme les petites villes. Nous constatons donc qu'il existe une corrélation positive.

Les résultats d'estimation montrent également que les émissions de CO2 ont un impact positif sur la consommation d'énergie, ce qui signifie qu'il existe une relation entre la consommation d'énergie (CE) et le changement climatique, le coefficient est significatif au seuil de 5%. Le signe positif de ce coefficient est cohérent avec les travaux de (Ang.J, (2007), p. 4474), (Ang.J, 2008, p. 276).

Le coefficient de la variable exportation (lnExp) est statistiquement significatif au seuil de 5%, il présente un impact positif sur la consommation d'énergie. Les mêmes résultats sont obtenus dans les travaux de (Leitão, N. C, 2015, p. 145) et (Shahbaz. M & al, 2013, p. 118).

Table N°7. Analyses des relations d'équilibre pour le modèle lnCE

49 observations utilisées pour estimer les relations à long et court terme dans le modèle lnCE			
Relation à long terme(ARDL(4,2,4,4,3))			
Variable	Coefficients	t-Statistic	Prob.
lnCO2	0.54	2.67	0.018**
lnExp	0.29	5.23	0.000***
lnPIB	0.89	4.04	0.001***
lnPurb	0.36	2.52	0.070**
C	-15.17	-6.46	0.000***
Relation à court terme			
Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
D(lnCE(-1))	0.37	2.50	0.024**
D(lnCE(-2))	0.44	1.23	0.232
D(lnCE(-3))	0.24	1.28	0.215
D(lnCO2)	-0.13	-1.27	0.215
D(lnExp)	-0.36	-2.64	0.019**
D(lnExp(-1))	-0.66	-3.77	0.002***
D(lnExp(-2))	-0.17	-1.03	0.313
D(lnPIB)	-0.88	-1.20	0.248
D(lnPIB(-1))	-0.88	-2.35	0.033**
D(lnPIB(-2))	-0.96	-2.32	0.037**
D(lnPIB(-3))	-0.94	-3.13	0.007***
D(lnPurb)	-29.87	-1.22	0.220
D(lnPurb(-1))	14.05	1.37	0.192
D(lnPurb(-2))	1.32	0.11	0.916
D(lnPurb(-3))	5.76	2.77	0.014***
CointEq(-1)	-0.60	-7.33	0.000***
R ²	0.89	R ² ajusté	0.77

Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

*, **, *** indiquent respectivement la signification statistique aux niveaux : 10%, 5 % et 1%.

Afin de valider le modèle estimé, des tests de diagnostic sur les résidus ont été effectués (Table N°8). Le test de Breusch-Godfrey (LM-Test) indique que l'hypothèse nulle de présence de corrélation entre les résidus du modèle estimé est rejetée. Le test de Breusch-

Pagan-Godfrey confirme l'absence d'hétéroscédasticité des variances des résidus. Le test de Jarque –Berra montre que ces derniers suivent une distribution normale.

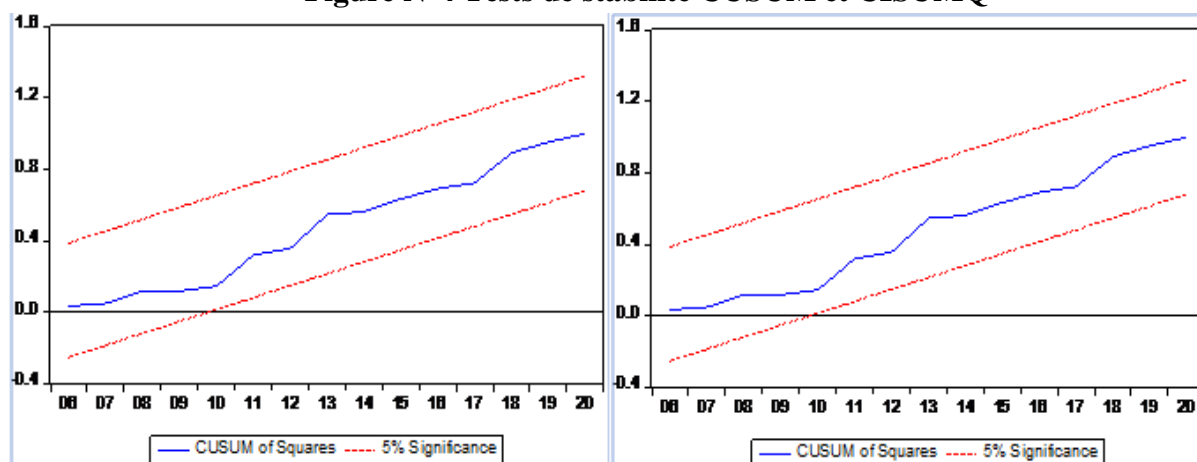
En outre, la Figure N°4 montre les graphiques des tests de la somme cumulée des résidus récurrents (CUSUM) et de la somme cumulée des carrés des résidus récurrents (CUSUMSQ), les résultats montrent que les coefficients du modèle de correction des erreurs sont stables au cours de la période étudiée car ils se situent dans les bornes critiques de 5%.

Table N°8. Résultats des tests de diagnostic sur les résidus

Test de normalité	LM Test		Test d'hétéroscédasticité			
	Test de Breusch-Godfrey	Test de Breusch-Pagan-Godfrey	Test de Breusch-Godfrey	Test de Breusch-Pagan-Godfrey	Test de Breusch-Pagan-Godfrey	
Jarque Berra	Prob	F-Statistic	Prob	F-Statistic	Prob	
	1,139	0,566	0.298	0.744	0,369	0.914

Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

Figure N°4 Tests de stabilité CUSUM et CISUMQ



Source: Etablie par l'auteur à partir des résultats d'Eviews10.

4. Conclusion :

Cette étude évalue la relation de long terme entre la consommation d'énergie, la population urbaine, les émissions de dioxyde de carbone et la croissance économique en Algérie, en comparant les résultats économétriques obtenus par l'approche ARDL et par la causalité de Granger durant la période 1971-2020.

Les résultats obtenues par l'approche ARDL, indiquent une cointégration à long terme entre les variables utilisées dans cette étude. Les estimations de la population urbaines (lnPurb), de la croissance économique (lnPIB), des exportations (lnExp) et des émissions de co2 ont un impact positif sur la consommation d'énergie. La relation entre la croissance

économique et la consommation d'énergie est positive puisque l'activité économique nécessite une forte consommation d'énergie. En ce qui concerne la relation entre les émissions de dioxyde de carbone (lnCO₂) et la consommation d'énergie, la relation positive montre que l'utilisation excessive d'énergie, en particulier la consommation d'électricité est à l'origine du changement climatique et du réchauffement de la planète.

En considérant les résultats obtenus par la causalité de Granger, on peut affirmer qu'il y a une causalité bidirectionnelle entre l'énergie et la croissance économique et la population.

En ce qui concerne les recommandations de la politique économique, nous pensons que les décideurs économiques devraient envisager une stratégie pour promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables. L'Etat Algérien doit donc encourager le financement des secteurs d'activités économiques qui utilisent les énergies renouvelables, car à long terme elles deviennent plus efficaces.

Par ailleurs, nos résultats empiriques montrent un effet positif et significatif du commerce international (lnExp) sur la consommation d'énergie (lnCE). Donc une stratégie visant à favoriser la croissance des exportations est liée à la demande d'énergie. Dans ce contexte, l'État Algérien doit financer les secteurs stratégiques de l'économie basés sur l'utilisation des énergies renouvelables, en se basant sur la différenciation des produits et les facteurs d'innovation et de compétitivité, développant ainsi des secteurs compétitifs à moyen et long terme.

6. Liste Bibliographique :

- **Livres :**
- Bourbonnais.R & al. (2008). Analyse des séries temporelles (éd. 2e édition). (Dunod, Éd.) France.
- Harris. R., Sollis. R. (2003). Applied Time Series Modelling and Forecasting. England,UK.: Chichester.
- Pesaran.H & al. (2001). Bounds testing approach to the analysis of level relationships. Journal of Applied Econometrics (16(3)), pp. 289-326.
- **Article du Journal**
- Alshehry.A& al. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. Renewable and Sustainable Energy Reviews (41), pp. 237–247.
- Ang.J. ((2007)). CO₂ emissions, energy consumption and output in France. Energy Policy (35), pp. 4772 –4778.
- Ang.J. (2008). Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. Journal of Policy Modeling (30), pp. 271 – 278.
- Bakirtas. T & al. (2018). The relationship between energy consumption, urbanization, and economic growth in new emerging-market countries. Energy (147), pp. 110–121.

- Chemingui.M. (2003). What Macroeconomics Factors Explain Algeria's Poor Economic Growth Performance. Kuwait Institute for Scientific Research .
- Cole.M & al. (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population & environment* (26(1)), pp. 5–21.
- Elliott.J & al. (2014). Urbanization and carbon emissions: a nationwide study of local countervailing effects in the United States. (95(3)), pp. 795–816.
- Farabi.A & al. (2019). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Indonesia and Malaysia. *Energy consumption, carbon emissions and .International Journal of Energy Economics and Policy* (9(3)), pp. 338–345.
- Hong. C & al. (2019). Sources of economic growth and changes in energyconsumption: Empirical evidence for Taiwan (2004–2016). *International Journal of Energy Economics and Policy* (9(3)), pp. 346–352.
- Leitão, N. C. (2015). Energy consumption and foreign direct investment: A panel data analysis for Portugal. *International Journal of Energy Economics and Policy* (5(1)), pp. 138–147.
- Pesaran. H & al. (1999). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis . Dans *Econometrics and economic theory in the 20th century: The Ragnar Frisch Centennial symposium*. Ch. 11. (éd. In S. Strom, p. ch11). Cambridge, Cambridge University Press.
- Sahnoune.F & al. (2013). Climate change in Algeria: vulnerability and strategy of mitigation and adaptation*EnergyProcedia*. *Energy Procedia* (36), pp. 1286–1294.
- Sasana. H & al. (2019). Energy subsidy, energy consumption, economic growth, and carbon dioxide emission: Indonesian case studies. *International Journal of Energy Economics and Policy* (9(2)), pp. 117–122.
- Shahbaz. M & al. (2013). Economic growth,energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (25), pp. 109–121.
- Shahbaz.M & al. (2020). *Econometrics of Green Energy Handbook Economic and Technological Development*. Lorente.

Sites web :

- Niu.H & al. (2018). Carbon emission effect of urbanization at regional level: Empirical evidence from China. *Economics*. Consulté le 2019, sur <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2018-44>.
- Office National des Statistiques. (2022). ONS. Récupéré sur <https://www.ons.dz>
- Perspective Monde. (2022). *Perspective Monde*. (U. d. Sherbrooke, Éditeur) Consulté le 2022, sur www.perspective.usherbrooke.ca/bilan
- World Development Indicators . (2022). World Bank.*World Development Indicators Database*. Récupéré sur

<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=World-Development-Indicators>.