

Note de Synthèse :

Prévoir le prix du gaz naturel avec un modèle ARX(1) réduit

Estelle Martinez
Master 1 Econométrie

A Nantes, le 02 Juin 2025

Année scolaire 2024-2025

1. Résumé

Ce travail a pour objectif de prévoir le prix du gaz naturel aux États-Unis à court terme. Pour cela, un modèle économétrique simple mais puissant l'ARX(1) réduit a été utilisé. Il combine les effets propres au passé du prix avec ceux de variables économiques et géopolitiques. Cette approche offre de très bonnes performances de prévision et permet d'identifier les déterminants clés du marché de l'énergie dans un contexte de forte instabilité.

Mots clés : gaz naturel, prévision, ARX, énergie, variables exogènes

2. Problématique et cadre de l'étude

Le prix du gaz naturel est devenu aujourd'hui une donnée essentielle à l'échelle mondiale. Depuis les années 1970, et plus encore à partir des années 2000, sa place dans la production et la consommation d'énergie ne cesse de s'améliorer. Etant devenue la troisième source d'énergie dans le monde, le gaz s'impose dans un contexte de transition énergétique et de tensions autour des ressources disponibles.

Ce qui rend le sujet encore plus sensible, c'est le rôle des chocs extérieurs, en particulier géopolitiques. La guerre en Ukraine l'a bien montré, cette crise a bouleversé les marchés de l'énergie, entraîné une explosion des prix, et forcé de nombreux pays à revoir en urgence leurs approvisionnements. Les États-Unis, on sut tirer bénéfice de cette situation en renforçant leur position sur le marché, leur permettant de devenir le premier producteur mondial de gaz naturel.

Dans ce contexte, comprendre ce qui influence le prix du gaz et surtout pouvoir l'anticiper devient un véritable enjeu, autant pour les pouvoirs publics que pour les acteurs du marché. Cela concerne l'Europe, très dépendante des importations, mais aussi les États-Unis, dont le rôle s'est renforcé sur le plan énergétique. Le choix de se concentrer sur le Henry Hub, prix de référence du gaz naturel aux États-Unis, n'est donc pas un hasard, il reflète à la fois la dynamique du marché intérieur américain et les tensions internationales.

Le gaz est une variable très volatile il est donc compliqué de prévoir son prix, mais c'est indispensable pour prendre les bonnes décisions. Cela vaut pour les politiques publiques (constitution de stocks, aide aux ménages, stratégie diplomatique), pour les entreprises du secteur (achats, contrats à terme, exportation), et aussi pour les investisseurs.

Ce mémoire s'inscrit dans cette logique. Il cherche à mesurer l'intérêt d'un modèle ARX(1) réduit, simple mais rigoureux, pour prévoir à court terme l'évolution du prix du gaz. L'objectif est de produire une prévision mensuelle, lisible et utile.

La question posée est donc la suivante : peut-on anticiper les variations du prix du gaz naturel américain à l'aide d'un modèle ARX(1), et si oui, quelles sont les variables exogènes les plus efficaces pour cela ?

3. Données utilisées

L'analyse repose sur des données mensuelles allant de janvier 2001 à décembre 2023. La variable cible est le prix spot du Henry Hub (en \$/MMBTU), mesuré par la US Energy Information Administration (EIA).

Le modèle ARX(1) réduit a été estimé avec les variables suivantes :

- Production industrielle (Différenciée) – OECD Data Explorer
- Prix du pétrole WTI (log-différenciée) – US Energy Information Administration
- Consommation de gaz américaine (différenciée et désaisonnalisée) – EIA.gov
- Indice d'incertitude de la politique climatique CPU (log-différenciée) – Economic Policy Uncertainty
- Catastrophes naturelles aux Etats-Unis – Public EM-DAT
- Température moyenne (désaisonnalisée) – source NOAA
- Indice de volatilité boursière Vix (log-différenciée) – Yahoo Finance

Les variables ont été transformées, puis testées pour la stationnarité (ADF, KPSS) afin de répondre aux hypothèses du modèles ARX.

4. Méthodologie utilisée

La méthode retenue repose sur un modèle ARX(1) réduit, combinant un terme autorégressif et un petit nombre de variables explicatives extérieures (température désaisonnalisée, prix du pétrole WTI, indice géopolitique GPR). Les données ont été transformées en log-différences pour garantir la stationnarité. Le modèle a d'abord été estimé sur un échantillon d'apprentissage allant de 2001 à 2022, puis une prévision rolling à un pas a été réalisée sur les dix dernières

années de l'échantillon. À chaque itération, le modèle est réestimé et une prévision est produite pour le mois suivant. Les performances ont été évaluées avec le RMSE, le MAE et le R² hors échantillon.

Il est spécifié ainsi :

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i Y_{t-i} + \sum_j^k \beta_j X_{j,t} + \varepsilon_t$$

Ou :

Y_t : Le prix du gaz naturel au temps t (en niveau ou log-transformé),

$X_{j,t}$: Les k variables explicatives exogènes observées à l'instant t,

α : Constante du modèle

ε_t : Terme d'erreur, supposé suivre un bruit blanc ($E[\varepsilon_t] = 0, Var(\varepsilon_t) = \sigma^2, pas d'autocorrélation$).

5. Résultats obtenus

Table 1 : Tableaux comparatif des modèles

Modèle	AIC	BIC	RMSE	MAE	MAPE	Pseudo-R ²	Nb var. expl.	Observations
Naïf	0.2134	0.1463	Inf	...	0	Référence
SARIMA (5,0,5)(1,1,1)[12] ₁₂	-203.54	-158.24	0.13787	0.10141	Inf	-0.004	0	Univarié
SARIMA(1,0,1)(1,1,1)[12] ₁₂	-202.25	-184.82	0.1444	0.1047	Inf	-0.066	0	Univarié
ARX réduit	-306.91	-271.58	0.12682	0.09902	Inf	0.203	7	Parcimonieux
SARIMAX réduit	-254.412	-205.63	0.1261	0.09228	Inf	0.156	9	+ complexe
ARX-GARCH réduit	-1.21576	-1.00007	0.1352	0.09927	Inf	0.122	4	Volatilité

Source: source propre à l'aide du logiciel RStudio et Overleaf

Figure 1. : Prévision Rolling à 1 pas sur le modèle ARX(1)

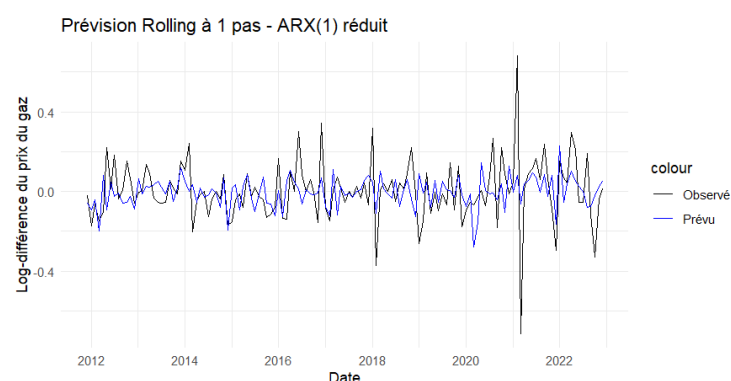
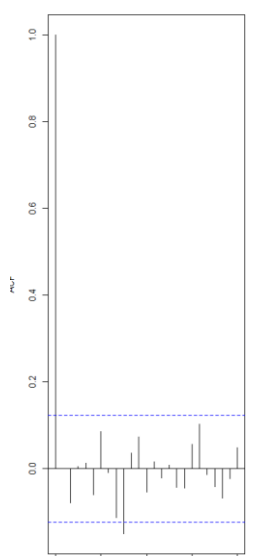


Figure 2 : ACF des résidus du modèle ARX(1)



Source: source propre à l'aide du logiciel RStudio

Les principaux résultats obtenus montrent que le modèle ARX(1) réduit est le meilleur modèle comparativement aux autres testés. Le tableau le confirme, montrant que le modèle ARX dispose du meilleur AIC (-306,91) et BIC (-271,58), ainsi que du meilleur pseudo R^2 qui est de 0,203. Ainsi, le modèle explique 20 % des variations du prix du gaz. C'est un résultat tout à fait convenable au vu de la variable macroéconomique qu'elle est et du fait de la volatilité très importante du prix du gaz. Par ailleurs, même si ce modèle ne dispose pas du meilleur RMSE et MAE, ils sont très proches de ceux du modèle SARIMAX qui les détient. De plus, on peut noter que dans ce modèle, sept des quatorze variables sont utilisées et six sont significatives au seuil de 5 %, ce qui montre que les variables explicatives ont bien été sélectionnées.

Par ailleurs, l'analyse des résidus ne montre aucune autocorrélation significative ($ACF < 0,1$), ce qui valide la spécification. Enfin, le graphique de la prévision rolling commence en 2010, date à laquelle débute la comparaison entre les valeurs observées et les prévisions générées par le modèle ARX(1). Celui-ci parvient globalement à suivre la dynamique du prix du gaz, avec des prévisions proches de la réalité sur une grande partie de la période. On note une bonne réactivité lors des variations progressives, bien que certaines hausses ou baisses restent difficilement anticipées par le modèle, notamment en 2021 où il n'a pas réussi à prévoir le choc des données. Cette bonne prévision était déjà observable lors de la prévision in-sample, où le

modèle arrivait déjà à produire de bonnes prévisions malgré le fait qu'elles étaient légèrement en dessous des valeurs réelles.

6. Conclusion

Ce mémoire a permis de montrer qu'un modèle ARX(1) réduit, simple mais rigoureux, peut offrir des performances de prévision satisfaisantes pour le prix du gaz naturel aux États-Unis. En combinant un effet autorégressif avec des variables économiques et géopolitiques pertinentes, le modèle parvient à capter une partie significative de la dynamique du marché. Malgré les limites inhérentes à toute modélisation linéaire (notamment face aux chocs brutaux), ses résultats sont robustes et opérationnels.

Dans un contexte d'instabilité énergétique, ce type de modèle constitue un outil d'aide à la décision pour les acteurs publics comme privés. Une piste d'amélioration serait d'explorer des modèles non linéaires ou à changement de régime, ainsi que l'intégration de données haute fréquence ou climatiques plus précises.

7. Bibliographie

Apergis N. (2022). Forecasting energy prices: Quantile-based risk models.