



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة أبو بكر بلقايد-تلمسان

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير



قسم العلوم الاقتصادية

مشروع البحث

للأطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية

تخصص: اقتصاد تطبيقي

عنوان الأطروحة:

نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي باستخدام نماذج ARCH

اعداد الطالبة:

جيلالي امه

أعضاء لجنة المناقشة:

رئيسا	تلمسان	أستاذ التعليم العالي	جمعة زكرياء
مشرفا	تلمسان	أستاذ التعليم العالي	موسليم حسين
ممتحنا	سيدي بلعباس	أستاذ التعليم العالي	قازي أول محمد شكري
ممتحنا	عين تموشنت	أستاذ محاضر أ	مخضار سليم
ممتحنا	تلمسان	أستاذة محاضرة أ	بوجمعة فاطمة الزهراء
ممتحنا	تلمسان	أستاذ محاضر أ	بن عامر عبد الحق

السنة الجامعية : 2025-2026

شكر و عرفان

"...رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت علي وعلى والدي ..."

الآية 19 من سورة النمل

بعد الحمد والشكر للمولى عزوجل لتوفيقه لي لإتمام هذا العمل .

أتقدم بإسمي عبارات الشكر والتقدير لأستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور موسليم حسين على إشرافه على هذا العمل وما تقدم به من نصح وتوجيه وإرشاد طيلة فترة البحث

كما لا يفوتني أن أتقدم بالشكر لأعضاء لجنة المناقشة على قبولهم هذا العمل وتقديم التوصيات اللازمة .

كما أتقدم بخالص الشكر والامتنان الى عائلتي الكريمة "والدي وإخوتي " على دعمهم المعنوي ومساندتهم المستمرة ، وتشجيعهم الدائم لي طوال فترة إعداد المذكرة ، مما كان له بالغ الأثر في إنجازها .

المخلص

تهدف هذه الدراسة الى إيجاد نموذج قياسي يعكس تقلبات أسعار العقود للغاز الطبيعي المتداولة في بورصة NYMEX خلال فترات مختلفة باستخدام نماذج الانحدار الذاتي ذات التباين الشرطي غير المتجانس (GARCH) بنوعيه المتناظر والغير متناظر.

بعد التوصل الى ان النموذج المناسب لكل فترة ومع تتبع الاخطاء توزيعات مختلفة (Normal , Student,) (GED) ، تم استخدام هذه النماذج للتنبؤ بأسعار العقود الفورية والمستقبلية للغاز الطبيعي لفترات مختلفة .

الكلمات المفتاحية: الغاز الطبيعي ، نماذج GARCH ، العقود الفورية، العقود المستقبلية.

Abstract:

This study aims to develop a standard model that reflects the fluctuations in natural gas futures prices traded on the NYMEX over different periods using both symmetric and asymmetric autoregressive conditional variance (GARCH) models.

After finding the appropriate model for each period and tracking errors with different distributions (normal, Student, GED), these models were used to forecast natural gas spot and futures prices for different periods.

Keywords: Natural gas, GARCH models, spot contracts, futures contracts

فهرس المحتويات

I.....	شكر و عرفان.....
II.....	المخلص.....
III.....	فهرس المحتويات.....
IX.....	قائمة الجداول.....
XI.....	قائمة الاشكال.....
أ.....	المقدمة العامة.....
1.....	الفصل الأول: الغاز الطبيعي إنتاج صناعة واستهلاك.....
2.....	مقدمة.....
3.....	المبحث الأول : الاطار المفاهيمي للغاز الطبيعي :
3.....	المطلب الأول : أصل وتاريخ الغاز الطبيعي.....
3.....	الفرع الأول : المرحلة البيولوجية.....
3.....	الفرع الثاني :المرحلة الحرارية.....
4.....	الفرع الثالث: تشكيل غير عضوي.....
5.....	المطلب الثاني: تعريف الغاز الطبيعي وخصائصه.....
5.....	الفرع الأول : وحدات قياس الغاز الطبيعي.....
6.....	الفرع الثاني: القيمة الحرارية للغاز الطبيعي.....
6.....	الفرع الثالث : خزانات الغاز الطبيعي.....
7.....	المطلب الثالث: تصنيف الغاز الطبيعي.....
7.....	الفرع الأول: التصنيف حسب الأصل.....
10.....	الفرع الثاني: التصنيف وفقا للتركيب الكيميائي.....
12.....	المطلب الرابع : مميزات ومجالات استعمال الغاز الطبيعي.....
12.....	الفرع الأول : مميزاتة.....

13	الفرع الثاني : مجالات الاستعمال
16	المطلب الخامس : أهمية الغاز الطبيعي في التنمية الاقتصادية
16	الفرع الأول : استعمال الغاز الطبيعي كمورد للطاقة
16	الفرع الثاني : استعمال الغاز الطبيعي كمادة اولية للخلاصة الكيماوية
17	الفرع الثالث : استعمال الغاز الطبيعي كمورد موجه للتصدير
17	المبحث الثاني : الصناعة الغازية
17	المطلب الأول : مراحل الصناعة الغازية
18	الفرع الأول : مرحلة البحث والكشف والتنقيب
19	الفرع الثاني : مرحلة الاستخراج
21	الفرع الثالث : مرحلة المعالجة
25	الفرع الرابع : النقل
26	الفرع الخامس : التخزين
27	المطلب الثاني : اسالة الغاز الطبيعي
28	الفرع الأول : الغاز الطبيعي المسال (L.N.G) LIQUEFIED NATURAL GAS
30	الفرع الثاني : استخلاص السوائل من الغاز (GTL) GAS TO LIQUIDS
32	المطلب الثالث: مفهوم احتياطي الغاز الطبيعي وتطوره
32	الفرع الأول : تعريف الاحتياطي
33	الفرع الثاني : العوامل المشجعة لتطوير احتياطي الغاز الطبيعي
34	الفرع الثالث : تطور احتياطي الغاز الطبيعي
34	الفرع الرابع : احتياطيات وموارد الغاز الطبيعي
37	المبحث الثالث : إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي
37	المطلب الأول : مفاهيم عامة
37	المطلب الثاني : تطور انتاج الغاز الطبيعي
39	الفرع الأول : أوروبا
40	الفرع الثاني : آسيا والمحيط الهادئ

41	الفرع الثالث : أمريكا الشمالية
42	الفرع الرابع : أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي (LAC)
44	الفرع الخامس : أفريقيا
45	الفرع السادس : الشرق الأوسط
46	الفرع السابع : أوراسيا
47	المطلب الثالث : استهلاك الغاز الطبيعي
47	الفرع الأول : استهلاك الغاز حسب المنطقة
50	الفرع الثاني : استهلاك الغاز حسب القطاع
52	خاتمة الفصل الأول
54	الفصل الثاني السوق الدولية للغاز الطبيعي
55	مقدمة
56	المبحث الأول : التجارة الدولية للغاز الطبيعي
56	المطلب الأول : عقبات أمام تجارة الغاز الطبيعي الدولية
56	الفرع الأول : رسوم التوصيل
56	الفرع الثاني : التسعير غير التنافسي
57	الفرع الثالث : أسواق ضعيفة
58	الفرع الرابع : الخطر
58	الفرع الخامس : العقود المقيدة
58	الفرع السادس : القيود الحكومية على التجارة
61	المطلب الثاني : تجارة الغاز الطبيعي عبر الأنابيب
61	الفرع الأول : أوروبا
61	الفرع الثاني : أمريكا الشمالية
62	الفرع الثالث : آسيا والمحيط الهادئ
63	الفرع الرابع : أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي
64	المطلب الثالث : تجارة الغاز الطبيعي المسال

64	الفرع الأول : صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية
68	الفرع الثاني : عمليات إعادة شحن الغاز الطبيعي المسال العالمية
69	الفرع الثالث : الواردات العالمية للغاز الطبيعي المسال
77	الفرع الرابع : شحن الغاز الطبيعي المسال
78	الفرع الخامس : تخزين الغاز تحت الأرض
80	المبحث الثاني : أسواق الغاز الطبيعي
80	المطلب الأول : الأسواق الإقليمية للغاز الطبيعي
80	الفرع الأول : السوق الأمريكية
81	الفرع الثاني : السوق الأوروبية
82	الفرع الثالث : السوق الآسيوية
82	المطلب الثاني : السوق الفورية والسوق المستقبلية
82	الفرع الأول : أسواق الغاز الفورية
84	الفرع الثاني : أسواق الغاز المستقبلية
85	المطلب الثالث : عقود الغاز الطبيعي قصيرة ، متوسطة وطويلة الأجل
88	المبحث الثالث : أسعار الغاز الطبيعي وتطورها
88	المطلب الأول : أسعار الغاز الطبيعي
89	الفرع الأول : العوامل التي تؤثر على أسعار الغاز الطبيعي
90	الفرع الثاني : بورصات الغاز الطبيعي و تفصيلات عقودها
90	الفرع الثالث : مخاطر تداول الغاز الطبيعي
91	المطلب الثاني : تطور أسعار الغاز الطبيعي
94	الفرع الأول : أسعار الغاز الطبيعي المسال الأوروبية الفورية
97	الفرع الثاني : أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في آسيا
98	الفرع الثالث : أسعار الغاز الفوري في أمريكا الشمالية
99	الفرع الرابع : أسعار الغاز الفورية في أمريكا الجنوبية
100	المطلب الثالث : تسعير الغاز الطبيعي

100	الفرع الأول : التسعير المبني على استرجاع التكاليف Cost Recovery Pricing
100	الفرع الثاني : التسعير الترجيعي التنافسي Competitive Netback Pricing
102	الفرع الثالث : التسعير بأسلوب المعادلة
104	خاتمة الفصل الثاني
106	الفصل الثالث الدراسة القياسية
107	مقدمة
108	المبحث الأول : عائلة نماذج ARCH ومشتقاتها
108	المطلب الأول : مشكلة عدم تجانس التباين
111	الفرع الأول : الاختبارات المعلمية المستعملة للكشف عن مشكلة عدم تجانس التباين
115	الفرع الثاني : معالجة مشكلة عدم تجانس التباين
117	المطلب الثاني : فرضية السير العشوائي Random Walk Hypothesis (RWH)
117	الفرع الأول : مفهوم نموذج السير العشوائي
119	الفرع الثاني : اختبارات السير العشوائي المطبقة على صيغة المستوى الضعيف
122	المطلب الثالث : نماذج الانحدار الذاتي المعممة المشروطة بعدم ثبات التباين (ARCH/GARCH)
122	الفرع الأول : أنواع نماذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين
134	الفرع الثاني : خطوات بناء نماذج ARCH
150	المبحث الثاني : نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي الفورية
150	المطلب الأول : مرحلة التشخيص
151	الفرع الأول : اختبار استقرارية السلسلة الزمنية
154	الفرع الثاني : اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة لوغاريتم العائد
156	الفرع الثالث : اختبار BDS للاستقلالية
157	الفرع الرابع : اختبار نسبة التباين
157	المطلب الثاني : اختبار وجود أثر ARCH
157	الفرع الأول : تقدير معادلة المتوسط
162	الفرع الثاني : اختبار وجود اثر ARCH

162	المطلب الثالث : تقدير النموذج الملائم
166	المطلب الرابع : فحص ملائمة النموذج
169	المطلب الخامس : التنبؤ بتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي
172	المبحث الثالث : نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي المستقبلية
172	المطلب الأول : مرحلة التشخيص
173	الفرع الأول : اختبار استقرارية السلسلة الزمنية
176	الفرع الثاني : اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة لوغاريتم العوائد
177	الفرع الثالث : اختبار BDS للاستقلالية
178	الفرع الرابع : اختبار نسبة التباين
179	المطلب الثاني : اختبار وجود أثر ARCH
179	الفرع الأول : تقدير معادلة المتوسط
182	الفرع الثاني : اختبار وجود اثر ARCH
183	المطلب الثالث : تقدير النموذج الملائم
188	المطلب الرابع : فحص ملائمة النموذج
190	المطلب الخامس : التنبؤ بتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي
193	خاتمة الفصل الثالث
195	الخاتمة العامة
197	قائمة المراجع

قائمة الجداول

- الجدول رقم 1: مكونات الغاز الطبيعي في ثلاث مناطق مختلفة..... 11
- الجدول رقم 2: اختبار جذر الوحدة لسلسلة الاسعار الاسبوعية الفورية للغاز الطبيعي..... 152
- الجدول رقم 3: اختبار جذر الوحدة لسلسلة العوائد الاسبوعية الفورية للغاز الطبيعي (Return)..... 153
- الجدول رقم 4: مخرجات اختبار التوزيع الطبيعي 155
- الجدول رقم 5: اختبار BDS للاستقلالية..... 156
- الجدول رقم 6: نتائج اختبار نسبة التباين..... 157
- الجدول رقم 7: مقارنة نماذج ARIMA لسلسلة (Return)..... 159
- الجدول رقم 8: نتائج اختبار تقدير معادلة المتوسط لسلسلة (Return)..... 159
- الجدول رقم 9: نتائج اختبار ARCH على سلسلة لوغاريتم عائد العقود الفورية للغاز الطبيعي..... 162
- الجدول رقم 10: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)..... 163
- الجدول رقم 11: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع (Student)..... 164
- الجدول رقم 12: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع GED..... 165
- الجدول رقم 13: مخرجات نتائج تقدير معاملات النموذج (1.1) GARCH مع توزيع GED للأخطاء..... 166
- الجدول رقم 14: نتائج اختبار على سلسلة البواقي المعيارية..... 167
- الجدول رقم 15: نتائج اختبار جذر الوحدة على سلسلة أسعار الغاز الطبيعي..... 174
- الجدول رقم 16: اختبار جذر الوحدة لسلسلة العوائد الاسبوعية الآجلة للغاز الطبيعي (Return)..... 175
- الجدول رقم 17: مخرجات اختبار التوزيع الطبيعي 177
- الجدول رقم 18: اختبار BDS للاستقلالية..... 178
- الجدول رقم 19: نتائج اختبار نسبة التباين..... 178
- الجدول رقم 20: مقارنة نماذج ARIMA لسلسلة (Return)..... 180
- الجدول رقم 21: نتائج اختبار تقدير معادلة متوسط لسلسلة (Return)..... 180
- الجدول رقم 22: نتائج اختبار ARCH على سلسلة لوغاريتم عائد العقود المستقبلية للغاز الطبيعي..... 183
- الجدول رقم 23: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)..... 184

- الجدول رقم 24: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع (Student) 185
- الجدول رقم 25: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع GED 186
- الجدول رقم 26: ملخص مخرجات نتائج تقدير معاملات النموذج (1.1) GARCH مع توزيع GED للأخطاء 187
- الجدول رقم 27: نتائج اختبار على سلسلة البواقي المعيارية 189

قائمة الاشكال

- الشكل رقم 1: المكامن الطبيعية للبترول والغاز الطبيعي 7
- الشكل رقم 2: الرسم التخطيطي لتصنيف الغاز الطبيعي 7
- الشكل رقم 3: مقارنة بين حجم بئر نحيف مقابل حجم بئر تقليدية 21
- الشكل رقم 4: الرسم التخطيطي لوحدات معالجة الغاز العامة 22
- الشكل رقم 5: الاحتياطيات المؤكدة للغاز الطبيعي (Bcm) 34
- الشكل رقم 6: التوزيع الاقليمي لاحتياطيات الغاز المؤكدة 35
- الشكل رقم 7: نسبة استبدال احتياطي الغاز (RRR) 36
- الشكل رقم 8: التوزيع الاقليمي لموارد الغاز الطبيعي 36
- الشكل رقم 9: إنتاج الغاز على أساس إقليمي 38
- الشكل رقم 10: التباين السنوي في إنتاج الغاز في أمريكا اللاتينية ومنطقة بحر الكاريبي 43
- الشكل رقم 11: التباين السنوي في إنتاج الغاز في إفريقيا 45
- الشكل رقم 12: التباين السنوي في إنتاج الغاز في الشرق الاوسط 46
- الشكل رقم 13: تطور الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي خلال الفترة 2013-2023 48
- الشكل رقم 14: تقديرات حجم تجارة الغاز الطبيعي آفاق 2040 حسب المناطق الجغرافية 59
- الشكل رقم 15: صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المورد 65
- الشكل رقم 16: التغير السنوي في صادرات الغاز الطبيعي المسال و أكثر 10 دول مصدرة للغاز الطبيعي عام 2023 65
- الشكل رقم 17: صادرات الغاز الطبيعي المسال من منتدى الدول المصدرة للغاز حسب البلد (2022- 67
- الشكل رقم 18: صادرات الغاز الطبيعي المسال من الدول غير الاعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز الطبيعي حسب الدولة (2022-2023) 67
- الشكل رقم 19: إعادة تحميل الغاز الطبيعي المسال حسب البلد (2022-2023) 68

- الشكل رقم 20: واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المنطقة.....69
- الشكل رقم 21: حصص واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المنطقة (2022- 2023).....70
- الشكل رقم 22: التباين الشهري على اساس سنوي في واردات الغاز الطبيعي المسال الاقليمية.....71
- الشكل رقم 23: واردات أوروبا من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2022-2023).....72
- الشكل رقم 24: واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة آسيا والمحيط الهادي حسب البلد (2022-2023).....75
- الشكل رقم 25: واردات امريكا الشمالية من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2022-2023).....75
- الشكل رقم 26: واردات امريكا اللاتينية وبحر الكاريبي من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2022-2023).....76
- الشكل رقم 27: واردات الشرق الاوسط وشمال إفريقيا من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2022-2023).....77
- الشكل رقم 28: عدد شحنات الغاز الطبيعي المسال المصدرة.....78
- الشكل رقم 29: التغيرات السنوية في السعة التخزينية للكهوف الملحية حسب المنطقة.....79
- الشكل رقم 30: تجارة الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المدة.....87
- الشكل رقم 31: التباين في تجارة الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب الدولة المستوردة في 2023.....88
- الشكل رقم 32: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية اليومية.....93
- الشكل رقم 33: التغير اليومي في أسعار السوق الفورية.....94
- الشكل رقم 34: أسعار الغاز الفورية الشهرية في أوروبا.....95
- الشكل رقم 35: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الشهرية في آسيا.....97
- الشكل رقم 36: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الشهرية في أمريكا الشمالية.....99
- الشكل رقم 37: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الشهرية في أمريكا الجنوبية.....99
- الشكل رقم 38 : حالات عدم ثبات التباين109
- الشكل رقم 39: توزيعات Leptokurtic ;Platykurtic;Mesokurtic.....136
- الشكل رقم 40: مقارنة التوزيع الطبيعي بتوزيع Leptokurtic.....137
- الشكل رقم 41: تجمع التقلبات.....138
- الشكل رقم 42: الرسم البياني لسلسلة أسعار الفورية الاسبوعية للغاز الطبيعي.....150
- الشكل رقم 43: الرسم البياني لسلسلة العوائد الفورية الاسبوعية للغاز الطبيعي(Return).....153

- الشكل رقم 44: ملخص مخرجات النتائج المتعلقة باختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة العوائد الاسبوعية الفورية للغاز الطبيعي (Return) 154.
- الشكل رقم 45: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة عوائد أسعار الغاز الطبيعي العاجلة 158.
- الشكل رقم 46: فحص بواقي النموذج 160.
- الشكل رقم 47 : الجذور العكسية للنموذج ARMA (1.1) 161.
- الشكل رقم 48: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي المعيارية (الايسر) ومربعات البواقي المعيارية (الايمن) 167.
- الشكل رقم 49: تقلبات أسعار العاجلة للغاز الطبيعي حسب نموذج GARCH-M (1.1) 168.
- الشكل رقم 50 : التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي 170.
- الشكل رقم 51: التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي والتباين الشرطي للفترة 2021/01/01 الى 2021/04/30 171.
- الشكل رقم 52: التمثيل البياني لسلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي (Natural Gas Futures) 172.
- الشكل رقم 53: التمثيل البياني لسلسلة اللوغاريتم عوائد العقود الآجلة للغاز الطبيعي (Return) 175.
- الشكل رقم 54: نتائج اختبارات التوزيع الطبيعي على سلسلة (Return) 176.
- الشكل رقم 55: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة عوائد أسعار الغاز الطبيعي الآجلة 179.
- الشكل رقم 56: فحص بواقي النموذج 181.
- الشكل رقم 57: الجذور العكسية لنموذج ARMA(1.1) 182.
- الشكل رقم 58: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي المعيارية (الايسر) ومربعات البواقي المعيارية (الايمن) 188.
- الشكل رقم 59: تقلبات أسعار الآجلة للغاز الطبيعي حسب نموذج GARCH(1.1) 189.
- الشكل رقم 60: التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي للفترة 1997/01/10 الى 2022/08/26 191.
- الشكل رقم 61: التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي والتباين الشرطي للفترة من 2022/09/02 الى 2022/12/30 192.

المقدمة العامة

يحتل النفط والغاز الطبيعي طليعة مصادر الطاقة المستهلكة في العالم من اجل دفع عجلة الاقتصاد العالمي ، على اعتبارهما أساس الحياة الصناعية الحديثة لكونهما مواد أولية أساسية في الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية ومصدر لآلاف المشتقات أساس عديد الصناعات الأخرى في العالم.

ضمن مزيج الطاقة هذا، يظهر الغاز الطبيعي كمصدر أساسي بعد ان كان مصدرا ثانويا يحقق طلبا متزايدا في سوق الطاقة العالمي كونه الوقود الانظف والاقل تلويثا للبيئة بعد تزايد الحديث عن ظاهرة الاحتباس الحراري والتلوث الناتج الغازات الدفيئة واثرها على مناخ الكرة الأرضية .

من جهة أخرى تعود الزيادة المستمرة في معدل استهلاك الغاز بصفة أساسية الى استخدامه في الصناعة وقطاع النقل والشحن و محطات تحلية المياه ، بالإضافة الى ارتفاع حصته في انتاج الطاقة الكهربائية ، كما انه يتم حقن كميات منه في حقول النفط للحفاظ على معدلات الإنتاج .

ومع توسع التجارة العالمية للغاز الطبيعي فان الحديث عن نقل الغاز من الحقول الى الأسواق الرئيسية يتطلب وجود شبكات نقل وتوزيع ومصانع تمييع ، ذلك أيضا يتطلب تكاليف رأسمالية عالية سواءا كتكاليف للنقل بالأنابيب او من اجل التمييع او النقل البحري ضمن مشاريع متكاملة طويلة الاجل، كل هذا يجعل من تجارة الغاز الطبيعي تجارة إقليمية تتميز بوجود عدة أسواق لديها نوع من استقلالية فيما بينها، تتواجد بها طرق مختلفة لتسعير الغاز الطبيعي.

ومع ذلك فان أسعار الغاز الطبيعي متقلبة جدا بسبب عوامل مثل تقلبات العرض والطلب، تحركات أسعار النفط، الاحداث الجيوسياسية والظروف الجوية ، ولأهمية أسعار الغاز الطبيعي فان القدرة على التنبؤ بحركات الأسعار الفورية والمستقبلية توفر فوائد اقتصادية لكل من المنتجين والمستهلكين.

وعلى هذا الأساس ، فان الإشكالية الرئيسية والجوهرية التي تحاول هذه الدراسة الإجابة عليها يمكن صياغتها على النحو التالي:

كيف يمكن نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي والتنبؤ بها باستخدام نماذج الانحدار الذاتي

المشروط للتباين (ARCH)؟

انطلاقاً من التساؤل الرئيسي سنحاول الإجابة على التساؤلات الفرعية التالية :

➤ الأسئلة الفرعية :

- ما المقصود بالصناعة الغازية ؟
- ماهي عقبات تجارة الغاز الطبيعي وكيف يتم تسعيره في أسواقه المختلفة؟
- ما مدى نجاعة تطبيق نماذج الانحدار الذاتي ذات التباين الشرطي غير المتجانس المتناظرة والغير متناظرة في التنبؤ بتقلبات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي؟
- ما مدى نجاعة تطبيق نماذج الانحدار الذاتي ذات التباين الشرطي غير المتجانس المتناظرة والغير متناظرة في التنبؤ بتقلبات أسعار العقود الأجلة للغاز الطبيعي؟

➤ فرضية البحث :

من أجل الإجابة على الأسئلة المطروحة سابقاً نقوم بوضع مجموعة من الفرضيات التي يتركز عليها موضوع بحثنا كالاتي :

- تشير الصناعة الغازية الى مختلف المراحل التي يمر بها الغاز الطبيعي منذ اكتشافه في باطن الأرض إلى غاية وصوله الى المستهلك النهائي، بما يشمل الإنتاج والمعالجة والنقل والتوزيع.
- تواجه تجارة الغاز الطبيعي عدة تحديات تقنية ومالية وجيوسياسية ، في حين يختلف تسعيره من سوق الى أخرى تبعاً لدرجة التحرير الاقتصادي ، طبيعة العقود وآليات العرض والطلب السائدة ، مما ينعكس على مستوى تقلب أسعاره في الأسواق العالمية .
- تتسم نماذج ARCH بالكفاءة والدقة أكثر في التنبؤ بتقلبات أسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية مقارنة بالنماذج الخطية التقليدية.

➤ أسباب اختيار الموضوع:

- يمكن تلخيص الأسباب التي دفعتنا الى اختيار موضوع البحث في النقاط التالية:
- الأهمية الاقتصادية للغاز الطبيعي كمصدر رئيسي للطاقة ودوره المحوري في التنمية الاقتصادية والصناعية .
 - التقلبات الحادة في أسعار الغاز الطبيعي التي تتأثر بعوامل العرض والطلب وسياسات الدول المنتجة والمستهلكة وأسعار النفط.
 - اعتماد الاقتصاد الجزائري بدرجة معتبرة على عائدات تصدير الغاز الطبيعي ، الامر الذي يبرز أهمية تحليل تقلبات أسعاره ونمذجتها .

- بحكم التخصص الذي زاولت فيه دراستي " الاقتصاد التطبيقي " واعتماده على الدراسات القياسية.

➤ أهداف البحث:

نسعى من وراء هذا البحث الى الأهداف التالية :

- تحليل سلوك أسعار الغاز الطبيعي والتعرف على خصائصها وتقلباتها عبر الزمن.
- الكشف عن وجود عدم تجانس التباين في سلسلة أسعار الغاز الطبيعي (أثر ARCH).
- تطبيق نماذج ARCH في نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي وقياس فعاليتها.
- تقييم قدرة نماذج ARCH على التنبؤ بتقلبات أسعار الغاز الطبيعي.

➤ أهمية البحث :

الى وقت قريب شكل النفط المنتج الأول لشركات النفط العالمية حاليا مع الاكتشافات الكبيرة التي تحققت في أماكن كثيرة من العالم ، وضعت هذه الشركات لها أهدافا طويلة الأمد تتمثل في الاستثمار في الغاز الطبيعي وأصبحت مهتمة بإنتاج الغاز بنسب تفوق إنتاج النفط على اعتبار انه وقود المستقبل والبديل المثالي للفحم الحجري ذو الاثار السيئة على البيئة في توليد الطاقة الكهربائية ، بالرغم ذلك يبقى عالم طاقة شديد التغير يتأثر بالوضع الاقتصادي وعوامل أخرى كثيرة (التطورات التقنية ، الحوادث الجيوسياسية ، الاثار البيئية) لكن تبقى أسعار مصادر الطاقة العامل الأبرز الذي يتفوق على العوامل المؤثرة الأخرى فهي تؤثر في القرارات التي يتخذها المنتجون من جهة والمستهلكون من جهة أخرى ، وتؤثر أيضا على قرارات المستثمرين في الاستثمارات المتعلقة بالغاز الطبيعي وتخصيص المحفظة وإدارة المخاطر .

➤ منهجية البحث :

نظرا لطبيعة الموضوع فقد جرى الاعتماد على مجموعة من المناهج المستخدمة عادة في الدراسات الاقتصادية والمالية ، حيث سيتم استخدام المنهج الوصفي التحليلي اثناء تقديم مختلف المفاهيم والتعاريف المتعلقة بالموضوع والتعقيب وتعليل النتائج المتوصل اليها بالإضافة الى المنهج الاحصائي الذي يتطلبه النموذج القياسي

➤ الدراسات السابقة :

من بين الدراسات التي تناولت الموضوع أو جانب منه نذكر:

- **Modeling natural gas market volatility using GARCH with different distributions** "Xiaodong Lv , Xian Shan"- *physica A: Statistical mechanics and its applications, 2013- Elsevier*

تهدف هذه الدراسة الى تحليل ونمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي باستخدام نماذج الانحدار الذاتي غير المتجانس المشروط لتباين الأخطاء (GARCH) ، مع استخدام توزيعات احتمالية مختلفة لبواقي النموذج. اعتمدت الدراسة على بيانات زمنية لأسعار الغاز الطبيعي ، حيث يتم أولاً اختبار خصائص السلسلة الزمنية من حيث الاستقرارية ووجود تأثيرات ARCH، بعد ذلك يتم تقدير نماذج GARCH باستخدام عدة توزيعات لبواقي الأخطاء منها التوزيع الطبيعي ، توزيع (Student-t) وتوزيع الخطأ العام (GED). وتبين النتائج أن نموذج قادر على تمثيل سلوك تقلبات أسعار الغاز الطبيعي بكل جيد ، كما أن استخدام توزيعات ذات ذيول سمكية يعطي نتائج أدق من التوزيع الطبيعي، وتخلص الدراسة الى أن اختيار التوزيع الاحتمالي المناسب عامل حاسم في نمذجة تقلبات أسعار الطاقة.

- **Modeling Natural Gas Price Volatility : The Case Of The UK Gas Market**

"H Van Goor, B Scholtens- Energy, 2014- Elsevier

يهدف هذا البحث الى تحليل تقلبات أسعار الغاز الطبيعي في سوق المملكة المتحدة من خلال استخدام نماذج الانحدار الذاتي المشروط غير المتجانس (ARCH /GARCH) ، وذلك لفهم طبيعة السلوك الديناميكي للتقلبات السعرية في احد اهم الأسواق الغاز في أوروبا.

تنطلق الدراسة من أن سوق الغاز الطبيعي في المملكة المتحدة يتميز بدرجة عالية من التقلب وعدم الاستقرار، نتيجة تأثير مجموعة عوامل مثل : التغيرات الموسمية، العرض والطلب، تطورات الأسواق العالمية والعوامل التنظيمية ، بناء على ذلك تسعى الدراسة الى اختبار مدى قدرة نماذج ARCH /GARCH على تمثيل هذه التقلبات بدقة.

اعتمد الباحثان على بيانات زمنية لأسعار الغاز الطبيعي في السوق البريطانية، حيث تم إخضاع السلاسل الزمنية الى اختبارات الاستقرار والكشف عن وجود أثر ARCH ، قبل تقدير نماذج التقلب المناسبة. وقد أظهرت النتائج وجود تكتل واضح للتقلبات ما يدل على أن فترات التقلب المرتفع تميل الى الاستمرار عبر الزمن، وان الصدمات السعرية تؤثر بشكل ملحوظ ومستمر على تقلبات أسعار الغاز الطبيعي . وأكدت النتائج

أيضا أن نماذج GARCH تعد أكثر كفاءة من النماذج التقليدية في تفسير سلوك تقلبات أسعار الغاز الطبيعي في السوق البريطانية.

خلصت الدراسة الى ان نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي في المملكة المتحدة باستخدام نماذج توفر اطارا تحليليا فعالا لفهم المخاطر السعرية ، وتحسين التنبؤ بالتقلبات وهو ما يكتسي أهمية كبيرة لدى المستثمرين ، شركات الطاقة وصناع السياسات في قطاع الغاز.

▪ **Energy markets volatility modelling using GARCH “O Efimova, A Serletis” – Energy Economics, 2014- Elsevier**

يهدف هذا البحث الى دراسة سلوك تقلبات الأسعار في أسواق الطاقة من خلال توظيف نماذج الانحدار الذاتي المشروط غير المتجانس (GARCH)، باعتبارها من أكثر الأدوات القياسية استخداما في تحليل تقلبات السلاسل الزمنية المالية بحيث تم التركيز على فهم ديناميكية التقلب، استمراريته واستجابته للصدمات السعرية في أسواق الطاقة المختلفة.

تنطلق الدراسة من فرضية أن أسعار الطاقة تتسم بدرجة عالية من عدم الاستقرار والتقلب نتيجة تأثرها بعوامل اقتصادية، جيوسياسية ومالية، مما يجعل نمذجتها باستخدام التباين الثابت غير كافٍ، لذلك يتم اعتماد نماذج GARCH القادرة على التقاط التباين المشروط المتغير عبر الزمن.

اعتمد الباحثان على بيانات زمنية لأسعار الطاقة ، حيث تم أولا اختبار خصائص السلاسل من حيث الاستقرارية ووجود أثر ARCH، ثم تقدير نماذج (GARCH) القياسية ومشتقاتها . أظهرت نتائج الدراسة أن :

✓ تقلبات أسعار الطاقة تميل الى التجمع، أي أن الفترات المتقلبة تتبعها فترات متقلبة أخرى .

✓ الصدمات السعرية تؤثر على السوق لفترة طويلة ولا تزول بسرعة.

✓ نماذج GARCH تعطي نتائج جيدة ودقيقة في تفسير سلوك تقلبات أسعار الطاقة.

خلاصة البحث أن نمذجة تقلبات أسواق الطاقة باستخدام نماذج GARCH أداة فعالة لفهم المخاطر السعرية ، وذات أهمية خاصة بالنسبة لصناع السياسات، المستثمرين ومديري المخاطر نظرا لدورها في تحسين التنبؤ بالتقلب واتخاذ القرارات الاقتصادية والمالية المتعلقة بأسواق الطاقة .

- **Volatility modelling in crude oil and natural gas prices** “O Saltik, S Degirmen, M Ural”- *Procedia economics and finance*,2016 – Elsevier

تهدف هذه الدراسة الى تحليل ونمذجة تقلبات أسعار النفط الخام والغاز الطبيعي من خلال استعمال نماذج الانحدار الذاتي غير المتجانس التباين، وذلك لفهم ديناميكية المخاطر المرتبطة بأسواق الطاقة . فرضية الدراسة تقول ان أسعار الطاقة تتسم بدرجة عالية من عدم الاستقرار والتقلب نتيجة تأثرها بعوامل اقتصادية وجيوسياسية ومالية متعددة.

اعتمد الباحثون على سلاسل زمنية لأسعار النفط الخام والغاز الطبيعي ، حيث تم إخضاع البيانات لاختبارات الاستقرار، ثم اختبار وجود أثر ARCH الذي أكد وجود تقلبات متغيرة عبر الزمن، على هذا الأساس تم تقدير عدة نماذج من عائلة (GARCH) لمقارنة قدرتها على تمثيل سلوك التباين الشرطي للأسعار.

أظهرت النتائج أن تقلبات أسعار النفط والغاز تتسم بالتكتل (volatility clustering)، كما ان الصدمات السعرية لها تأثيرات مستمرة على التباين ، وهو ما يعكس درجة عالية من عدم اليقين في أسواق الطاقة. كما بينت الدراسة وجود اختلاف في طبيعة وسلوك التقلبات بين سوق النفط وسوق الغاز الطبيعي ، حيث يتميز النفط الخام بدرجة أعلى من الاستجابة للصدمات مقارنة بالغاز الطبيعي.

خلصت الدراسة الى أن نماذج تمثل أداة فعالة في قياس وتوقع تقلبات أسعار الطاقة، مما يساعد المستثمرين وصناع القرار على تحسين إدارة المخاطر واتخاذ قرارات استثمارية أكثر كفاءة، وأوصى الباحثون باعتماد نماذج تقلب متقدمة عند تحليل أسواق الطاقة في ظل التغيرات العالمية المتسارعة.

➤ **خطة وهيكل الدراسة:**

قسمت هذه الدراسة الى ثلاث فصول حيث خصص الفصل الأول و الفصل الثاني للجانب النظري وذلك للإحاطة بجوانب الموضوع ، كما خصص الفصل الثالث للدراسة التطبيقية والتوصل الى النتائج. الفصل الأول : الغاز الطبيعي إنتاج صناعة واستهلاك حيث قسم الى ثلاث مباحث ، المبحث الأول بعنوان الاطار المفاهيمي للغاز الطبيعي والذي يتفرع الى خمس مطالب المطلب الأول أصل وتاريخ الغاز الطبيعي ؛ المطلب الثاني تعريف الغاز الطبيعي وخصائصه ؛ المطلب الثالث تصنيف الغاز الطبيعي ؛ المطلب الرابع مميزات ومجالات استعمال الغاز الطبيعي ؛ المطلب الخامس أهمية الغاز الطبيعي في التنمية الاقتصادية . أما المبحث الثاني فيخص الصناعة الغازية وتم تقسيمه الى ثلاث مطالب المطلب الأول مراحل الصناعة الغازية ؛ المطلب الثاني إسالة الغاز الطبيعي ؛المطلب الثالث احتياطي الغاز الطبيعي وتطوره . والمبحث الثالث بعنوان إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي وقسم إلى

ثلاث مطالب المطلب الأول مفاهيم عامة ؛ المطلب الثاني تطور إنتاج الغاز الطبيعي ؛ المطلب الثالث استهلاك الغاز الطبيعي .

الفصل الثاني : السوق الدولية للغاز الطبيعي قسم الى ثلاث مباحث المبحث الأول التجارة الدولية للغاز الطبيعي في ثلاث مطالب المطلب الأول عقبات أمام تجارة الغاز الطبيعي الدولية ؛ المطلب الثاني تجارة الغاز الطبيعي عبر الانابيب ؛ المطلب الثالث تجارة الغاز الطبيعي المسال؛ أما المبحث الثاني أسواق الغاز الطبيعي في ثلاث مطالب المطلب الأول الأسواق الإقليمية للغاز الطبيعي ؛ المطلب الثاني السوق الفورية والسوق المستقبلية؛ المطلب الثالث عقود الغاز الطبيعي والمبحث الثالث أسعار الغاز الطبيعي وتطورها قسم الى ثلاث مطالب المطلب الأول أسعار الغاز الطبيعي ؛ المطلب الثاني تطور أسعار الغاز الطبيعي ؛ المطلب الثالث تسعير الغاز الطبيعي .

الفصل الثالث : الدراسة القياسية وقد خصص لإسقاط الجانب النظري على الجانب التطبيقي من خلال محاولة نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي باستخدام نماذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين واختيار النموذج المناسب للتنبؤ بتقلبات الأسعار وقد قسم الى ثلاث مباحث المبحث الأول عائلة نماذج ARCH و مشتقاتها في ثلاث مطالب المطلب الأول : مشكلة عدم تجانس التباين ؛ المطلب الثاني فرضية السير العشوائي؛ المطلب الثالث نماذج ARCH؛ المبحث الثاني نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي الفورية ؛ المبحث الثالث نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي المستقبلية .

الفصل الأول

الغاز الطبيعي إنتاج صناعة واستهلاك

مقدمة

ترشح دراسة قامت بها منظمة إدارة المعلومات الطاقوية (EIA) الولايات المتحدة الأمريكية أن يتجاوز الغاز الطبيعي الذي يحتل المركز الثاني كمصدر للطاقة البترول المصدر الأول للطاقة خلال القرن الحالي وذلك في النصف الثاني ، فالغاز الطبيعي يتميز عن النفط كونه وقودا نظيفا وفعالا وصديقا للبيئة كما انه اقل سعرا . لذلك سنتطرق في هذا الفصل إلى عدة متغيرات متعلقة بالغاز الطبيعي منها الاحتياطات الإنتاج والاستهلاك وتطورهما ، مجالات استخدام هذا المصدر الطاقوي بالإضافة إلى صناعة الغاز الطبيعي والتعرف على مراحلها .

المبحث الأول : الاطار المفاهيمي للغاز الطبيعي :

يعد الغز الطبيعي من الموارد الطاقوية الأساسية التي تحظى بمكانة متزايدة في الاقتصاد العالمي ، نظرا لخصائصه الفيزيائية والاقتصادية المميزة . ويتطلب فهم هذا المورد الإحاطة بجملته من المفاهيم المرتبطة به ، بدءا من التعرف على أصله الجيولوجي وتعريفه العلمي، مرورا بتصنيفه وأنواعه ومميزاته مقارنة ببقية مصادر الطاقة ، وصولا الى مجالات استعماله المختلفة وأهميته الاقتصادية الطاقوية.

المطلب الأول : أصل وتاريخ الغاز الطبيعي

ينشأ الغاز الطبيعي عن أي عملية أو أكثر من ثلاث عمليات رئيسية: العمليات الحرارية ، والبيولوجية ، والتشكيل غير العضوي¹.

الفرع الأول : المرحلة البيولوجية

أثناء المرحلة البيولوجية من تكوين البترول ، يتم إنتاج الميثان الحيوي (غالبًا ما يطلق عليه غاز المستنقع) نتيجة لتحلل المواد العضوية عن طريق عمل الميكروبات اللاهوائية. لا يمكن لهذه الكائنات الحية الدقيقة تحمل آثار الأكسجين كما تمنعها أيضًا التركيزات العالية للكبريتات الذائبة. وبالتالي يقتصر توليد الغاز الحيوي على بيئات معينة تشمل مستنقعات وخلجان سينة التصريف ، وبعض قيعان البحيرة ، وبيئات بحرية تحت منطقة الحد من الكبريتات النشطة. يُعتقد أن الغاز ذي المنشأ الحيوي في الغالب يشكل أكثر من 20 في المائة من احتياطيات الغاز في العالم.

تشمل المرحلة البيولوجية لتوليد النفط ، والتي تحدث على عمق يتراوح بين 750 و 5000 متر (2500 إلى 16000 قدم) ، المجموعة الكاملة من الهيدروكربونات التي يتم إنتاجها داخل نافذة الزيت. في كثير من الأحيان يتم توليد كميات كبيرة من غاز الميثان الحراري مع الزيت أقل من 2900 متر (9500 قدم) يتم تشكيل الغاز الرطب بشكل أساسي (الغاز الذي يحتوي على الهيدروكربونات السائلة).

الفرع الثاني: المرحلة الحرارية

1 :Speight, J.G., 2007. Natural Gas: a Basic Handbook. Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

تضمن هذه العملية التحلل البطيء نسبياً للمواد العضوية التي تحدث في الأحواض الرسوبية تحت تأثير درجة الحرارة والضغط المقترن بزيادة العمق. نتيجة لتفاعل التحلل هذا ، يُفترض أن الغاز الطبيعي (يُسمى أيضاً الميثان الحراري) والنفط يتشكلان ، أقل من حوالي 5000 متر (16000 قدم) لم يعد الزيت مستقرًا ، والمنتج الرئيسي للهيدروكربون هو غاز الميثان الحراري. الغاز الحراري هو نتاج تكسير الهيدروكربونات السائلة الحالية. هذه المواد الهيدروكربونية ذات التركيب الكيميائي الأكبر من الميثان يتم تدميرها بسرعة أكبر بكثير من تكوينها. وهكذا ، في الأحواض الرسوبية في العالم ، يوجد القليل من النفط نسبيًا أقل من 5000 متر. الأحواض العميقة ذات السلاسل السمكية من الصخور الرسوبية مع ذلك ، لديها القدرة على إنتاج الغاز العميق.

الفرع الثالث: تشكيل غير عضوي

في هذه العملية ، تكون المادة الأولية هي الغازات البركانية (لا المادة العضوية) يتكون الميثان عن طريق تخفيض ثاني أكسيد الكربون أثناء تبريد الصحارة ، عادة في أنظمة الحرارة المائية أثناء تفاعل الصخور المائية!¹

تم اكتشاف أول تسرب للغاز الطبيعي في إيران بين عامي 6000 و 2000 قبل الميلاد. وصف العديد من الكتاب الأوائل تسربات البترول الطبيعية في الشرق الأوسط ، وخاصة في منطقة باكو فيما يعرف الآن بأذربيجان.

ذكر استخدام الغاز الطبيعي في الصين حوالي 900 ق.م. في الصين في عام 211 قبل الميلاد ، تم حفر أول بئر معروف للغاز الطبيعي ، حتى يبلغ عمقه 150 مترًا (500 قدم). قام الصينيون بحفر آبارهم بأعمدة من الخيزران لغرض صريح يتمثل في البحث عن الغاز في الأحجار الجيرية التي يعود تاريخها إلى حوالي 229 مليون إلى 200 مليون سنة، تم حرق الغاز لتجفيف ملح الصخور الموجود في الحجر الجيري. في النهاية تم حفر الآبار إلى أعماق تقترب من 1000 متر (3300 قدم) ، وتم حفر أكثر من 1100 بئر بحلول عام 1900.

لم يكن الغاز الطبيعي معروفًا في أوروبا حتى اكتشافه في إنجلترا عام 1659 ، وحتى ذلك الحين لم يدخل حيز الاستخدام. بدلاً من ذلك ، أصبح الغاز الذي تم الحصول عليه من الفحم الكربوني (المعروف باسم غاز المدينة) هو الوقود الرئيسي لإنارة الشوارع والمنازل في معظم أنحاء أوروبا ابتداءً من عام 1790.

¹: Gold, T., Soter, S., 1982. Abiogenic methane and the origin of petroleum. Energ. explor. Exploit. pp 89-104.

في أمريكا الشمالية ، كان أول تطبيق تجاري للمنتج النفطي هو استخدام الغاز الطبيعي من بئر ضحلة في فريدونيا (نيويورك) في عام 1821. تم توزيع الغاز من خلال أنبوب صغير من الرصاص على المستهلكين للإضاءة والطهي¹.

المطلب الثاني: تعريف الغاز الطبيعي وخصائصه

يشير مصطلح الغاز الطبيعي إلى الغاز الغني بالهيدروكربون، وهو الوقود الأحفوري الغازي المتواجد في حقول النفط وحقول الغاز الطبيعي وأسرة الفحم ، الذي تم اكتشافه كنتيجة للتنقيب عن النفط الخام.

في حالته النقية ، يكون الغاز الطبيعي عديم اللون ، عديم الشكل ، عديم الرائحة. إنه غاز قابل للاحتراق ، وهو ينتج كمية كبيرة من الطاقة عند الاحتراق² (محتواه الحراري مرتفع نسبيا عند إسالته) . يعتبر وقودًا نظيفًا صديقًا للبيئة مقارنةً بالوقود الأحفوري (الفحم والنفط الخام). يؤدي احتراق الوقود الأحفوري بخلاف الغاز الطبيعي إلى انبعاث كميات هائلة من المركبات والجسيمات التي لها آثار سلبية على صحة الإنسان. ومع ذلك أثناء احتراق الغاز الطبيعي تكون انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت ضئيلة وتقل نسبة انبعاثات أكسيد النيتروز وثاني أكسيد الكربون ، مما يساعد بالتالي في تقليل المشكلات المرتبطة بالأمطار الحمضية أو طبقة الأوزون أو غازات الدفيئة فالنظافة النسبية للرواسب الناتجة عن حرقه تقلل من تلوث البيئة.

بالإضافة إلى الإمكانية العالية لإحلاله محل البترول في معظم استعمالاته ، وارتفاع قيمته كمادة خام لعديد من الصناعات كالأسمدة والحديد والصلب والألياف الصناعية واللدائن و الغازات الصناعية وانخفاض معدلات التآكل في الآلات والمحركات عند استخدامه مقارنة بأنواع الوقود الأخرى .

الفرع الأول : وحدات قياس الغاز الطبيعي

دولياً تتبنى صناعة المحروقات النظام المترى الدولي للوحدات القياسية المعروف أيضاً بالنظام المترى ، المقبول في جميع دول العالم باستثناء ليبيريا وبنغلاديش وهو نظام إلزامي في الاتحاد الأوروبي وكندا وأستراليا، وحتى بالنسبة للهيئات الفدرالية بالولايات المتحدة الأمريكية منذ 1993³ . حيث يعتبر المتر المكعب " م³ "

¹:<<https://www.britannica.com/science/natural-gas>>."Natural gas". Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica Online. Encyclopædia Britannica Inc., 2018. Web. 12 oct.. 2018.

²:Speight, J.G., 2015a. Liquid fuels from natural gas. In: Lee, S., Speight, J.G., Loyalka, S.K. (Eds.), Handbook of Alternative Fuel Technologies, second ed. Taylor and Francis Group, LLC, CRC Press, pp. 157e178.

³: جان لاهيرير " النفط كمصدر للطاقة حقائق الحاضر واحتمالات المستقبل "،المؤتمر السنوي السادس للطاقة،الامارات العربية المتحدة 2000.

(M³) وحدة قياس الحجم في هذا النظام و الطن المتري "ط" (t) بالنسبة للوزن، و الجول "ج" (J) بالنسبة للطاقة في صورة عمل وحرارة، و الواط "و" (W) للقدرة . فيستخدم K (اختصار Kilo) للدلالة على الألف و M (اختصار Mega) للدلالة على المليون و G (اختصار Giga) للدلالة على المليار و T (اختصار Tera) للدلالة على التريليون .

يتم قياس الغاز الطبيعي دولياً بالحجم الذي يشغله عند درجة الحرارة والضغط العاديين بوحدة القياس " القدم المكعب أو المتر المكعب " وهي وحدة التعامل الدولية عند الاستخراج والبيع وتقدير المخزون منه في باطن الأرض، كما أن شركات الإنتاج والتوزيع عادة ما تقيس الغاز الطبيعي بالآلاف الأقدام المكعب أو بالأمتار المكعب أو بالملايين من القدم المكعب أو بالتريليون قدم مكعب.

الفرع الثاني: القيمة الحرارية للغاز الطبيعي

يقصد بالوحدات الحرارية كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة لتر واحد من الماء درجة مئوية واحدة، وذلك باستخدام أنواع الوقود المختلفة تقاس بوحدات مختلفة هي: الجول، الكالوري أو الوحدات الحرارية البريطانية BTU (British Thermal Unit)، حيث باستخدام هذه الأخيرة فإن برميل واحد من النفط يساوي 5 مليون وحدة حرارية، أما الألف قدم مكعب من الغاز فتكون مساوية لـ 1 مليون وحدة حرارية.¹

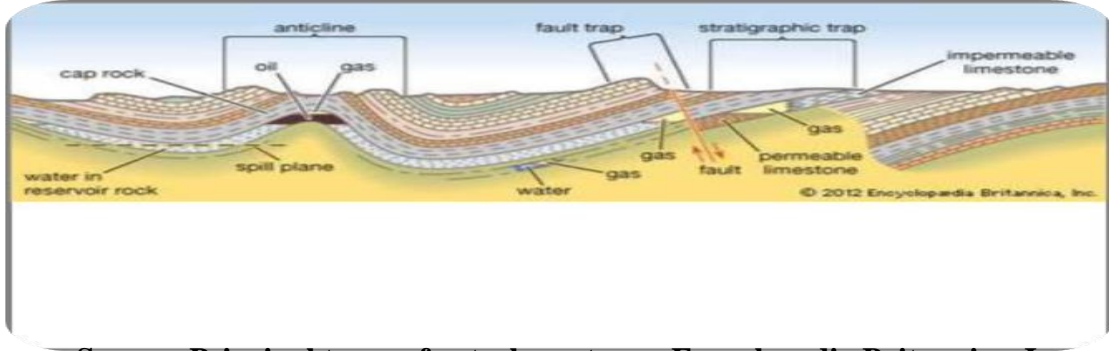
الفرع الثالث: خزانات الغاز الطبيعي

خزان الغاز هو منطقة تخزين تحدث بشكل طبيعي. يتكون من صخور قابلة للاختراق ومسامية (غالباً ما تكون من الحجر الرملي) محاطة بمواد غير منفذة. يتكون الغاز الطبيعي تحت السطح. يهاجر عبر الأعطال والشقوق تحت الأرض حتى يصل إلى الخزان². تحتوي الصخور التي يسهل اختراقها في الخزان على الغاز، ويتم منعه من الصعود إلى الأعلى أو الجانبي من خلال الصخور غير المنفذة التي تشكل سدادة فعالة، توجد خزانات الغاز الطبيعي بأشكال عديدة مثل بنية القبة .

1: ابراهيم طه عبد الوهاب، "محاسبة البترول"، المكتبة العصرية، القاهرة، 2006، ص ص 198-199

2: Wang, X., Economides, M., 2009. Advanced Natural Gas Engineering. Gulf Pub-lishing Company, Houston, Texas.

الشكل رقم 1: المكامن الطبيعية للبترول والغاز الطبيعي

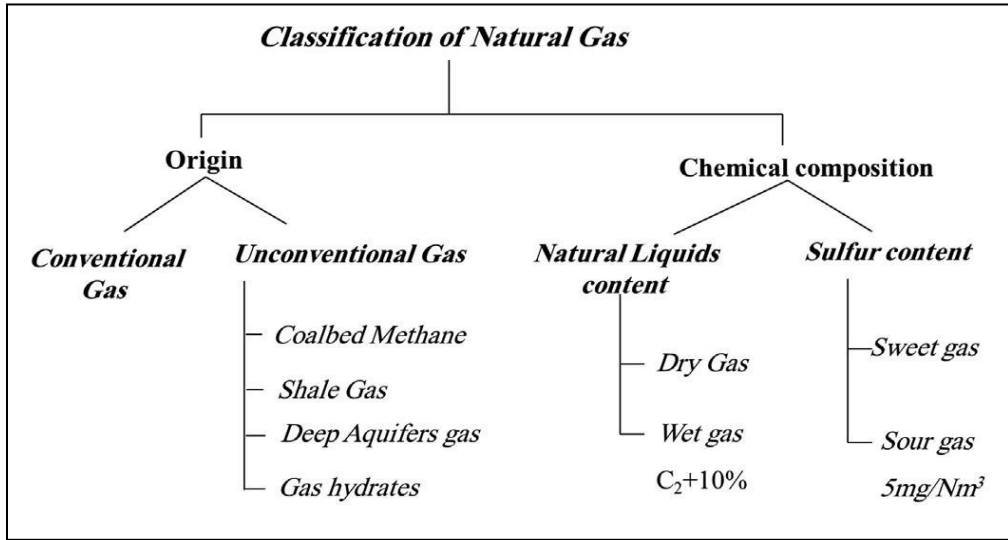


Source: Principal types of petroleum traps Encyclopedia Britannica, Inc

المطلب الثالث: تصنيف الغاز الطبيعي

يمكن تصنيف الغاز الطبيعي وفقاً لمصدره وتكوينه الكيميائي¹

الشكل رقم 2: الرسم التخطيطي لتصنيف الغاز الطبيعي



الفرع الأول: التصنيف حسب الأصل

أولاً: الغاز التقليدي

1 : Rojey et al., 1997; Kidnay et al., 2011; Speight, 2007; Tagliabue et al., 2009

يوجد الغاز التقليدي في الخزانات العميقة التي ترتبط إما بالنفط الخام (الغاز المصاحب) أو تحتوي على القليل من الزيت الخام أو لا تحتوي على النفط الخام (الغاز غير المصاحب).

- الغاز الغير مصاحب : وهو الغاز الطبيعي المتواجد في ابار منفصلة عن ابار البترول وله حقول خاص به اي انه يتواجد منفردا في حقول الغاز يعرف بالغاز الجاف ، لا يكون عرضة للهدر حرقا لإمكانية التحكم في انتاجه.
- الغاز المصاحب : غاز الغطاء اي الغاز المتواجد مع البترول ويأتي في طبقة فوقه، ولا يكون منحلا فيه ، غالبا ما يتم إهدار هذا النوع بإحراقه او اعاده حقنه في المكمن للمحافظة على الضغط داخله.
- الغاز المصاحب المنحل في البترول : في هذه الحالة فان نسبة كبيرة منه، تتحرر بمجرد انسياب البترول الى سطح الارض كنتيجة لتخلصها من الضغط المرتفع الواقع عليها في الابار حيث ينطلق 550 قدم مكعب من الغاز مقابل انتاج برميل واحد من البترول الخام ، وهكذا تتوقف كمية الغاز المصاحب المنتجة على كمية البترول المنتجة من نفس البئر على اعتبار الغاز منتجا ثانويا¹ .

ثانيا: الغاز الطبيعي الغير تقليدي

مصطلح يطلق عادة لوصف تجمعات الغاز الطبيعي الموجودة في التكوينات الصخرية القليلة الى عديمة النفاذية مثل الغاز الموجود في طبقات الرمال المتراصة او المحكمة في طبقات السجيل الغازي (shale gas) او الميثان من طبقات الفحم الحجري، كما يوجد نوع اخر وهو الغاز المائي .

- الغاز الضيق Tight Gas² : يفتقر الغاز الضيق إلى تعريف رسمي ، ويختلف استخدام المصطلح إلى حد كبير. حددت شركة (Law and Curtis 2002) الخزانات ذات النفاذية المنخفضة (الضيقة) على أنها تحتوي على نفاذية تقل عن 0.1 mD. ولهذا السبب ، تمت صياغة مصطلح " Tight Gas Reservoir" لخزانات الغاز الطبيعي مع معدل نفاذية أقل من (0.1mD (1 x 10) m²). أعلنت

1: ساري نصر الدين، استراتيجية ترقية الكفاءة الاستخدامية للثروة الغازية في اطار مبادئ واهداف التنمية المستدامة "دراسة تطبيقية على قطاع الغاز الجزائري" رسالة ماجستير في التنمية المستدامة، جامعة سطيف، 2011، ص 17-19.

2: Robei Sarra Characterisation Du Shale Gaz Reservoirs Par Logging Et Etudes Mineralogique Thèse De Magister Génie Pétrolier Université Ouargla 2014 P2.

DGMK عن تعريف جديد لخزانات الغاز الضيقة التي وضعتها صناعة البترول الألمانية ، والتي تشمل الخزانات بمتوسط نفاذية فعالة للغاز أقل من 0.6 mD (darcy unit) and millidarcy (md or mD) وهي الوحدة القياسية لنفاذية مادة إلى تدفق السوائل).

غالبًا ما يتم تعريف خزان الغاز الضيق على أنه حجر رملي أو مصفوفة كربونية تحمل الغاز (والتي قد تحتوي أو لا تحتوي على كسور طبيعية) والتي تظهر نفاذية غازية في الموقع تقل عن 0.10 mD. قد يكون لدى كثير من خزانات الغاز "شديدة الضيق" نفاذية في الموقع تصل إلى 0.001 mD التي يكون معظمها غير اقتصادي لإنتاجها بواسطة الآبار العمودية التقليدية بسبب انخفاض معدلات التدفق الطبيعي. ومع ذلك ، فقد تم تعزيز إنتاج الغاز من الأحجار الرملية الضيقة إلى حد كبير من خلال استخدام تقنيات الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي ، أو التكسير ، والتي تخلق مناطق تجميع كبيرة في تكوينات منخفضة النفاذية يمكن من خلالها تدفق الغاز إلى بئر منتج.

• ميثان الفحم (CBM):¹ يتكون الفحم وهو وقود أحفوري آخر ، تحت الأرض في ظل ظروف جيولوجية مماثلة مثل الغاز الطبيعي والنفط. توجد رواسب الفحم هذه بشكل شائع في طبقات تعمل تحت الأرض، ويتم استخراجها عن طريق الحفر في التماس وإزالة الفحم. تحتوي العديد من طبقات الفحم أيضًا على غاز طبيعي ، إما داخل التماس نفسه أو الصخور المحيطة به. يتم حبس غاز الميثان الموجود في قاع الفحم تحت الأرض ، ولا يتم إطلاقه عمومًا في الغلاف الجوي حتى تطلقه أنشطة تعدين الفحم. تاريخياً يعتبر الميثان في قاع الفحم مصدر إزعاج في صناعة تعدين الفحم. بمجرد بناء منجم واستخراج الفحم عادة ما يتسرب الميثان الموجود في التماس إلى منجم الفحم نفسه. وهذا يشكل تهديدًا للأمان حيث أن تركيز الميثان في البئر يؤدي إلى ظروف خطيرة لعمال مناجم الفحم في الماضي .

يمكن استخراج هذا الميثان وحقنه في خطوط أنابيب الغاز الطبيعي لإعادة بيعها أو استخدامها كمادة وسيطة صناعية أو استخدامها في التدفئة وتوليد الكهرباء. في يونيو 2009 قدرت PGC أن 163 تريليون قدم مكعب من الميثان الفحم موجودة في الولايات المتحدة ، والتي تشكل 7.8 في المائة من إجمالي قاعدة موارد الغاز الطبيعي.

• هيدرات الغاز Hydrate Gas : هيدرات الغاز أو الميثان هيدرات هي أحدث أشكال الغاز الطبيعي غير التقليدي الذي يتم اكتشافه وبحثه. تتكون هذه التكوينات المثيرة للاهتمام من شبكة من المياه

1:Robei Sarra Characterisation Du Shale Gaz Reservoirs Par Logging Et Etudes Mineralogique p3 .

المجمدة، والتي تشكل نوعًا من "القفص" حول جزيئات الميثان. تبدو هذه الهيدرات وكأنها ذوبان الثلوج واكتشفت لأول مرة في المناطق دائمة التجمد في القطب الشمالي. ومع ذلك فقد كشفت الأبحاث في هيدرات الميثان أنها قد تكون أكثر وفرة مما كان متوقعًا في البداية تتراوح التقديرات في أي مكان من 7000 قدم مكعب إلى أكثر من 73000 قدم مكعب.

في الواقع ، تقدر هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية أن هيدرات الميثان قد تحتوي على عدد أكبر من الكربون العضوي من الفحم والنفط والغاز الطبيعي التقليدي في العالم مجتمعة، ومع ذلك لا يزال البحث في هيدرات الميثان في مراحله الأولى وليس من المعروف نوع التأثيرات التي قد تحدثها استخلاص هيدرات الميثان على دورة الكربون الطبيعية أو البيئة.

● **الغاز الصخري Shale Gas:** يمكن أن يوجد الغاز الطبيعي أيضًا في الرواسب الصخرية التي تشكلت قبل 350 مليون عام ، الصخر الزيتي صخر رسوبي ذو حبيبات دقيقة للغاية يمكن كسره بسهولة إلى طبقات رقيقة متوازية إنها صخرة ناعمة جدًا ، لكنها لا تتفكك عندما تصبح رطبة. يمكن أن تحتوي هذه الصخور على غاز طبيعي عادةً عندما تكون الرواسب السوداء السمكية للغاية وهي منطقة أرق من الصخر الزيتي بسبب بعض خصائص هذه الصخر الزيتي ، يكون استخراج الغاز الطبيعي من التكوينات الصخرية أكثر صعوبة وربما أعلى من الغاز الطبيعي التقليدي.

الفرع الثاني: التصنيف وفقا للتركيب الكيميائي

أولاً: تركيب الغاز الطبيعي

يختلف تركيب الغاز الطبيعي وفقاً للخزان الذي يستخرج منه قد يحتوي الغاز الطبيعي على مكونات مختلفة من المواد الهيدروكربونية وغير الهيدروكربونية ، وبالتالي فإن تكوين الغاز ليس ثابتاً أبداً.

يتكون الغاز الطبيعي الذي يتم استخراجه من غاز الميثان (C1) في الغالب ، ولكنه يحتوي على هيدروكربونات أخرى ، أساساً الإيثان (C2) ، والبروبان (C3) ، والبيوتان (C4) ، والبنتانات C5 التي تشكل سوائل الغاز الطبيعي يحتوي الغاز الطبيعي الخام أيضاً على بخار الماء وكبريتيد الهيدروجين (H2S) وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والهيليوم وغيرها من الشوائب مثل الزئبق.

يعطي الجدول (1) بعض الأمثلة لتكوين الغاز الطبيعي المنتج في ثلاثة مواقع مختلفة (كندا، تكساس وكنساس) حيث يلاحظ أن :

الجدول رقم 1: مكونات الغاز الطبيعي في ثلاث مناطق مختلفة

	CANADA	KANSAS	TEXAS
Méthane CH ₄	77.1	73.0	65.8
Ethane C ₂ H ₆	6.6	6.3	3.8
Propane C ₃ H ₈	3.1	3.7	1.7
Butanes	2.0	1.4	0.8
Pentanes	3.0	0.6	0.5
H ₂ S	3.3	0.0	0.0
CO ₂	1.7	0.0	0.0
N ₂	3.2	14.7	25.6
He	0.0	0.5	1.8

Source : A. J. Kidnay and W. R. Parrish, *Fundamentals of Natural Gas Processing*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2006, p.9.

- محتوى غاز الميثان في الغاز الطبيعي يمكن أن يكون منخفضاً بنسبة 65%.
- يمكن أيضاً أن يلاحظ في الجدول أن بعض تيارات الغاز الطبيعي قد تحتوي على تركيزات عالية من H₂S و N₂.
- بعض تيارات الغاز الطبيعي يمكن أن تكون مصدراً تجارياً للهيليوم.
- أحد الأهداف المهمة لمعالجة الغاز الطبيعي هو إزالة غاز التآكل والسموم H₂S وتحويله إلى كبريت عنصري .
- ثانياً : محتوى الهيدروكربونات

يسمى الغاز الجاف (Dry Gas) إذا كان يتشكل من أكثر من 90 % من الميثان ولا يحتوي على هيدروكربونات أثقل من الإيثان (Ethane C₂H₆) ، ويسمى الغاز الرطب (Wet gas) إذا كان يحتوي كميات معتبرة من هيدروكربونات الثقيلة البروبان (Propane C₃H₈) البوتان (Butane C₄H₁₀) البنجان (Pentane C₅H₁₂)¹

1:Rojey et al. ،1997

ثالثاً : محتوى الكبريت

يمكن تصنيف الغاز الطبيعي أيضاً وفقاً لمحتوى الكبريت (H₂S) في الغاز المنتج حيث يمكن أن يكون الغاز الطبيعي حلوًا أو حامضًا. فالغاز الحلو يحتوي على كمية ضئيلة أو معدومة من H₂S ، في حين أن الغاز الحامض يحتوي على كميات غير مقبولة من H₂S (أكثر من 5mg/Nm³)¹.

المطلب الرابع : مميزات ومجالات استعمال الغاز الطبيعي

الفرع الأول : مميزاته

في الوقت الراهن يعتبر الغاز الطبيعي الوقود المثالي في الاستعمال، لما يتصف به من مميزات بيئية واقتصادية مقارنة ببقية مصادر الطاقة الأخرى ومنها ما يلي:

❖ المزايا البيئية : وتشمل عدة مميزات منها:

1. يتسم الغاز الطبيعي بسهولة استخراج واستعماله أي انه لا يسبب تلوثاً للبيئة ولا ينتج عنه رائحة كريهة عند احتراقه ولا مواد سامة أي ان الحرق يكون نظيفاً بدون دخان ، ثم ان احتمالات الغاز في الانفجار ضعيفة .
2. لا يحتوي الغاز الطبيعي على الشوائب مثل الكبريت بكميات كبيرة كالتي تتواجد في النفط، مما يجعله صالحاً للاستعمال المنزلي واستخدامه في الصناعات البتروكيمياوية وكذلك في صناعة الحديد والصلب والالمنيوم.
3. يحتاج الى اقل كمية من الهواء الزائد للحرق الكامل مما يعطي اعلى كفاءة حرارية .
4. يعد الغاز الطبيعي الوقود الاكثر نظافة من الفحم او النفط وفقاً لتقديرات الاتحاد الدولي للغاز عملية حرق الغاز الطبيعي تطلق كميات من غاز ثاني اكسيد الكربون اقل بنحو 50 % من الفحم و 20 الى 30 % اقل من النفط ، لذلك فان التلوث بالغاز الطبيعي لا يتجاوز 60 % مما يطلقه الفحم .
5. استخدام الغاز الطبيعي لا يتطلب عمليات تحويلية مثل النفط الذي يجري عليه عمليات التكرير قبل استخدامه ، وبذلك يحمي البيئة من التلوث المرتبط بعمليات مثل تكرير النفط ، فكل ما يجب عمله هو

2 :Carroll, 2010; Kidnay et al., 2011; Rojey et al., 1997; Speight, 2007, 2015b.

تنقية الغاز الطبيعي من مركبات الكبريت التي تلوث زيت الوقود كما ان نسبة اوكسيد النتروجين تقل فيه.¹

❖ المزايا الاقتصادية : تتمثل في الآتي :

- 1- يتميز الغاز الطبيعي عن باقي انواع الوقود الاحفوري بانه يحتوي على اكبر كمية من الطاقة في نفس الكتلة وينتج عن حرقه تلوث اقل .
- 2- اجهزة الغاز الطبيعي تقريبا خالية من الصيانة وهذا يعني تحقيق عائدات اضافية .
- 3- مركبات الكبريت الموجودة في الغاز يمكن ازالتها بسهولة وبتكلفة بسيطة.
- 4- يمكن قياسه بسهولة بخطوط المواسير مع انخفاض قليل في الضغط وبذلك يحتاج الى طاقة ضخ منخفضة .
- 5- تفوق الغاز الطبيعي على مصادر الطاقة الأخرى أدى إلى توسع قاعدة الاستخدام الصناعي فاعتمد عليه في العديد من المصانع منها الزجاج ،المطاط ، البلاستيك وكذلك استفادت صناعة البتروكيماويات من منتجات الغاز الطبيعي .
- 6- ذو كفاءة عالية في استعمالات عديدة منها توليد الكهرباء، إذ يستعمل الغاز كوقود في الدورة المركبة التي يمكن استخدامها في رفع كفاءة التوليد بما على ثلث الكفاءة العادية لتوليد الكهرباء وتمتاز المحطات التي تعتمد عليه بارتفاع كفاءتها إلى أكثر من 60 % مقارنة بالمحطات التقليدية التي لا تتجاوز كفاءتها 40 % لارتفاع طاقة الحرارة للغاز وانخفاض أسعاره مقارنة بالمصادر الأخرى² .
- 7- يمتاز الغاز بعدة خصائص جعلته يتفوق على النفط في مجال الطاقة ، حيث شهدت الاحتياطات المؤكدة من الغاز الحر والمصاحب تطورا ملحوظا على المستوى العالمي فقد ارتفعت من 106.86 تريليون متر مكعب سنة 1987 إلى 187.49 تريليون متر مكعب سنة 2010 ، وعلى المستوى العربي شهدت احتياطات الغاز الطبيعي في الشرق الأوسط نموا كبيرا فقد ارتفعت من 31.18 تريليون متر مكعب عام 1987 إلى 75.8 تريليون متر مكعب سنة 2010 ليصل سنة 2015 إلى ما يقدر بـ 234.67 تريليون متر مكعب³ .

الفرع الثاني : مجالات الاستعمال

تتعدد استعمالات الغاز الطبيعي في اكثر من قطاع كالآتي:

1: حسين العبد الله ، مستقبل النفط العربي ، مركز دراسات الوحدة العربية ،بيروت،2006،ص155.
1: منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترو، شبكات الغاز بين الدول العربية ، مجلة النفط والتعاون العربي، الكويت،العدد111،ص73.
3 : OPEC ANNUL STATICAL REVIE W 2007 .

1- القطاع المنزلي : الغاز الطبيعي هو انظف أنواع الوقود والطاقة ، متعدد الأغراض يستخدم في طهي الطعام وتسخين المياه، و كوقود للأفران والتدفئة بكامل الطاقة الحرارية، وله استخدامات سكنية جديدة تتمثل في المواقد ومكيفات الهواء وخلايا الوقود ، بالإضافة إلى إمكانية توفيره باستمرار عن طريق أنابيب تربط مصادر الإنتاج بمراكز الاستهلاك ، كما يمتاز بانخفاض تكلفته مقارنة بأنواع الوقود الأخرى مما يجعله ملائماً في الدول ذات الكثافة السكانية المرتفعة¹.

2- الصناعات النفطية : من استخداماته في الصناعات النفطية ما يلي :

- استخدام الغاز في الحقول من خلال إعادة حقن الغاز الطبيعي المصاحب للنفط من أجل المحافظة على ضغط المكمن.

- استخدام الغاز الطبيعي في مصافي التكرير ويستخدم كوقود لتشغيل المصافي أو في وحدات المعالجة وتسييل الغاز لانخفاض تكلفته وارتفاع طاقته الحرارية ، كما يستخدم لتحلية النفط عندما يحتوي على المركبات الكبريتية لأنها تسبب مشاكل لخطوط الأنابيب فيتم التخلص من هذه الشوائب قبل التسويق².

3- القطاع الصناعي: اتسعت قاعدة استخدام الغاز الطبيعي في عديد المصانع منها مصانع (الخزف، البلاط، الفخاريات، الزجاج، المطاط، البلاستيك) لإنتاج الطاقة الضرورية لمختلف مراحل الإنتاج نظراً لسهولة استخدامه ولكونه أقل ضرراً للبيئة بعد معالجته .

4- قطاع صناعة البتر وكيميائيات : البتر وكيميائيات هي المواد والمنتجات التي تعتمد على النفط ومشتقاته كمواد خام أولية وتعتبر من أهم الصناعات التي تعتمد على الغاز الطبيعي كوقود وكمدخل لإنتاج العديد من المواد البتر وكيمياوية الأساسية كالاوليفينات (الأثيلين مثلاً) و الكحوليات (الميثانول) وغيرها من المنتجات البتر وكيمياوية الوسيطة والنهائية التي تستخدم في كافة مجالات الحياة مثل : البلاستيك و المطاط الصناعي ، الألياف الصناعية والمنظفات الصناعية وغيرها . وتعد الصناعات البتر وكيمياوية من أكثر الصناعات نمواً وتطوراً.

5- صناعة الحديد والصلب : وهي من الصناعات الأساسية في بناء البنية التحتية والاقتصادية للدولة وتستهلك هذه الصناعة طاقة عالية ويعتبر الغاز الطبيعي الوقود المناسب لها بناءً على مزاياه والتي تؤدي إلى تخفيض التكاليف مما يسهم في تطوير صناعة الحديد والصلب .

¹ : F. William Payne, User's guide to natural gas technologies, Fairmont Press, Inc1999, Georia, U.S.A, chpter1, P17.

² : عبد العزيز مصباح، أساسيات صناعة البترول، دار الأمين للطباعة، القاهرة، 2005، ص143.

- 6- قطاع توليد الكهرباء: يستخدم الغاز الطبيعي في تشغيل محطات توليد الكهرباء باعتباره وقودا لها كما انه يستخدم بكثافة في الدول العربية وخاصة الخليج العربي ، وذلك في محطات تحلية مياه البحر والتي غالبا من النوع المزدوج أي أنها تنتج المياه العذبة والطاقة الكهربائية في ان واحد.¹
- 7- الاستخدام في عمليات تحويل الغاز الطبيعي إلى وقود سائل: في العمليات التقنية الحديثة من خلال تحويل الغاز الطبيعي إلى المشتقات البترولية السائلة مثل البنزين والمشتقات المتوسطة ، واستخدامها كوقود للسيارات بدل السوائل المشتقة من النفط.²
- 8- الأسمدة النيتروجينية: لا بد من ذكر الأسمدة النيتروجينية في هذه الحالة التي يمكن ان تنتج من الغاز الطبيعي، وتستخدم كمادة أساسية للسماد وذلك من اجل توفير النيتروجين اللازم لنمو النباتات ، كما تستخدم في إنتاج بعض المواد البتروكيمياوية المستخدمة في إنتاج الألياف الصناعية بالإضافة إلى استخدامها كمادة مثلجة في عمليات التبريد .
- 9- صناعات البلاستيك والألياف الصناعية التركيبية: تعتبر صناعة البلاستيك من اهم الصناعات التي تعتمد على البتروكيمياويات وكذلك كل مشتقات الغاز الطبيعي تدخل كمادة أولية ، فالبلاستيك يدخل في الصناعات الثقيلة وقد اثبت كفاءته ومن أمثلتها عدم تعرض الأنابيب البلاستيكية للتآكل عكس الأنواع الأخرى، هذا ويتم استخدامه في عدد من الصناعات الأخرى كتصنيع الهواتف والتليفزيونات والثلاجات وغيرها بالإضافة إلى ان الألياف الصناعية والتي تعتبر من المواد الأساسية في صناعة الغزل والنسيج تعتبر من اهم الصناعات اعتمادا على مشتقات النفط والغاز كمادة أولية لها.³
- 10- قطاع النقل: يستعمل الغاز الطبيعي كوقود للسيارات وتعتبر احد المستخدمين المتنامية للغاز الطبيعي فالغاز يتسم ببساطة كيميائية بالإضافة إلى ان الغاز يطلق كميات اقل من الملوثات الضارة بالصحة ومن الناحية الاقتصادية تكاليف استخدامه كوقود في وسائل النقل تعتبر اقل بنسبة 30 % إلى 50% من كلفة استخدام البنزين ، لذلك انتشر استخدامه في عديد الدول مثل (الولايات المتحدة الأمريكية ، المانيا ، فرنسا هولندا ، اليابان)⁴.

1 : محمد حيان حافظ، افاق استخدام الغاز الطبيعي في الحصول على الطاقة وفي مجال الصناعة ،الخفجي،ديسمبر1997، العدد7، ص14.
2 : صلاح إبراهيم الدسوقي ، الغاز الطبيعي القريب الفقير للبترول ما بين إهمال الماضي ومحاذير للمستقبل ، الجزء الرابع 2006، العدد425، ص20.
3 : الطيب ونادة ، الغاز الطبيعي ومجالات استخدامه في الدول العربية ، مجلة النفط والتعاون العربي ، مجلة النفط والتطور العربي ، العدد 96 الكويت، 2011، ص118.
4 : مأمون عيسى حليبي، حسن قبازرد، بدائل الوقود اقتصادياتها، مجلة النفط والتعاون العربي ، الكويت ، العدد 108، ص48.

كما يستخدم الغاز كوقود في النقل البحري والجوي ، فمحركات الطائرات تستهلك كميات كبيرة من الكيروسين واستخدام الغاز الطبيعي سوف يخفض التكاليف الى 30% ومن امثلة الدول التي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود للطائرات دولة قطر، كما لجأت دول أخرى الى استخدام الغاز في المركبات التي تعمل داخل المدن مثل سيارات الأجرة والنقل العام وسيارات توزيع البريد منها مصر . وكننتيجة لوعي الدول بالمرود البيئي والاقتصادي لاستخدام الغاز الطبيعي في مجال النقل أدى الى قيام البعض بالاهتمام وتطويره مثل : الإمارات العربية المتحدة وذلك عندما استخدمته في النقل البحري بتشغيل 3 سفن لتعمل بالغاز الطبيعي بدلا من الديزل وذلك بين صفتي خور دبي .

المطلب الخامس : أهمية الغاز الطبيعي في التنمية الاقتصادية

الفرع الأول : استعمال الغاز الطبيعي كمورد للطاقة

تعتبر الطاقة احدى المقومات الأساسية للحضارة الإنسانية ، فهي عامل وعنصر أساسي في عملية التطور الاقتصادي والاجتماعي كما تعتبر احدى عناصر العملية الإنتاجية فبدونها لا يمكن ان يتم الانتاج . وواقع الحال يشير الى ان الغاز الطبيعي من انسب واشهر الموارد الطاقوية استعمالا في مجالات عديدة لخصائصه الفيزيائية كونه من المحروقات النظيفة التي لا تترك أي راسب كبريتية او راسب اخرى ضارة بالصحة والبيئة . بالإضافة الى مميزات اقتصادية وتكنولوجية فقد لعب ولايزال يلعب دورا حاسما في شتى المجالات الطاقة اقتصاديا واجتماعيا حيث تتجلى هذه الاستعمالات في عديد المركبات الصناعية والاستعمالات الميكانيكية والمنزلية ونتاج الطاقة الكهربائية¹ .

الفرع الثاني : استعمال الغاز الطبيعي كمادة اولية للخلاصة الكيماوية

باعتماده فيما يسمى بالصناعات البتروكيماوية بشكل عام الذي حدد الاتجاهات الطويلة المدى للتنمية ، واعطى للغاز الطبيعي المكانة المرموقة لإنشاء اقطاب جديدة للتنمية والصناعات القاعدية الكبيرة ، مما ادى بالدول والحكومات الى وضع حيز الوجود عدة مشاريع واقطاب صناعية اصبحت عمادا من اعمدة الاقتصاد والنمو الصناعي ، وحدى القطاعات الرئيسية في مد الوحدات الاقتصادية الاخرى² .

1: Claude Chesny - Le gaz naturel en Algérie p82

2:C .Mercier - " L'industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement " - publication de l'IFP - édition Technip 1966 - p.176

الفرع الثالث : استعمال الغاز الطبيعي كمورد موجه للتصدير

للغاز الطبيعي دور مهم في هذا المجال من حيث مردودية التجهيزات وسعر الغز في الصناعات المحلية وكذا في الميزان التجاري . يمثل تصدير الغاز الطبيعي عنصر قوة الدول المصدرة وورقة طاقوية رابحة عن طريق اعطاء الغاز الطبيعي مكانته الهامة في التعامل مع البلدان المتقدمة المستوردة للغاز وخاصة الدول الاوربية و ايضا مقايضة الغاز الطبيعي بالتكنولوجيا النووية¹ .

المبحث الثاني : الصناعة الغازية

تعد الصناعة الغازية من القطاعات الاستراتيجية في مجال الطاقة، نظرا للأهمية المتزايدة للغاز الطبيعي كمصدر طاقة فعال وأقل تلويثا مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية . وقد شهدت هذه الصناعة تطورا ملحوظا نتيجة ارتفاع الطلب العالمي على الغاز وتقدم التقنيات المرتبطة بعمليات الاستكشاف ، الإنتاج ، المعالجة ، النقل والتوزيع.

تكتسي الصناعة الغازية أهمية خاصة بالنسبة للدول المنتجة ، لما لها من دور في دعم النمو الاقتصادي وتعزيز الأمن الطاقوي ، حيث تقوم في هذا المبحث بالتعريف بالصناعة الغازية وإبراز مراحلها والتعرف على مفهوم احتياطي الغاز الطبيعي .

المطلب الأول : مراحل الصناعة الغازية

تقوم صناعة المحروقات على سلسلة عمليات ونشاطات متتالية تهدف إلى تحضير وإعداد المنتجات البترولية في شكلها النهائي للمستهلك والتي تتمثل في : الاستطلاع و الاستكشاف ، التنقيب والحفر ، الإنتاج الضخ والنقل، التكرير . فالشركات العاملة في حقول البترول والغاز تختلف من حيث قيامها بكل الأنشطة السابقة أو بعضها، فهناك شركات مستقلة في مجال النقل أو التوزيع تقوم مثلا: باقتناء وتأجير ناقلات للمنتجات البترولية .

تجدر الإشارة إلى أن أولى مراحل إنتاج المحروقات هي عملية الاستكشاف كون عدم معرفة محتوى الحقول المستكشفة اذا كانت بترولية أو غازية أو مختلطة ، وبالتالي ليس هنالك شركات خاصة لإنتاج الغاز الطبيعي بل هي شركات البترول نفسها .

يمر الغاز الطبيعي بعدة مراحل متعاقبة هي :

3 :Claude Chesny « Le gaz naturel en Algérie » sus-cité – pp. 112 -117

الفرع الأول : مرحلة البحث والكشف والتنقيب

تتشابه طرق اكتشاف الغاز الطبيعي مع الطرق المتبعة في اكتشاف البترول ، هذه الطرق أسهمت في إعاقة تطور صناعة الغاز الطبيعي كونها بدائية لحد ما إلا انه مع بداية القرن العشرين تطورت هذه الطرق وأسهمت في اكتشاف مكامن عديدة للغاز الطبيعي وتتمثل هذه الطرق في الآتي¹ :

● **المسح الجوي** : يعتبر من أقدم الطرق وأبسطها بالإضافة الى انها الاقل تكلفة اقتصاديا تستخدم في المناطق الواسعة التي لم تستكشف بعد ونتيجة التطور التكنولوجي فالتصوير اصبح يتم بواسطة الاقمار الصناعية ، حيث يقوم الجيولوجيون بدراسة هذه الصور ووضع خرائط جيولوجية تبين ملامح السطح وتساعد في القيام بعملية المسح السطحي .

● **المسح الجيولوجي** : يقوم الجيولوجيون بدراسة للمنطقة التي يريدون البحث والتنقيب بها لاحتمال وجود نفط او غاز في باطنها من خلال عمل خرائط جيولوجية توضح خواص الصخور بها وفي احيان اخرى يضطر الجيولوجي الى حفر بئر قليلة العمق في حالة تعذر تحديد الشواهد الظاهرة ليتحقق من العمق والخواص ويقوم بأخذ عينة منها تسمى تسجيلات العينة ثم توضع خرائط جوفية تشرح وضع الطبقات الصخرية تحت سطح الارض لتحديد احتمالية وجود النفط او الغاز بداخلها.

● **المسح الجيوفيزيائي** : تستخدم هذه الطريقة في المناطق التي لا يدل ظاهرها على باطنها كالصحاري والمناطق المغمورة بالمياه وتشمل هذه الطريقة على ثلاث طرق² :

أ. طريقة الجاذبية : تقوم على قياس الجاذبية الارضية حيث ان الجاذبية الارضية تختلف من مكان لآخر باختلاف كثافة الصخور ، فالجاذبية الشديدة دليل على صخور عالية الكثافة قريبة من الارض ما يدل على وجود النفط او الغاز بها وعند التحديد يمكن البدء بالحفر للتأكد .

ب. الطريقة المغناطيسية : تقيس هذه الطريقة التغير الحاصل في المجال المغناطيسي للأرض، فالمجال المغناطيسي يتغير بتغير عمق الصخور القاعدية (النارية) فتزداد في الاماكن التي تقل فيها المسافة بين السطح و الصخور، وعند تحديد المواقع التي تبرز فيها الصخور النارية

1:حسين عبد الله، النفط العربي، دار النهضة العربية، 2003، ص18.
2 : عبد العزيز مصباح، اساسيات صناعة البترول، دار الامين، القاهرة، 2005، ص35-36.

الى اعلى فانه يمكن تحديد مواقع النفط والغاز حيث ان الصخور النارية القريبة من سطح الارض دليل وجود النفط او الغاز

ت. الطريقة السيزمية : تعتبر من اهم الطرق وأكثرها انتشارا وقد ساهمت في الكشف عن عدد كبير من حقول النفط والغاز وتعتمد هذه الطريقة على قياس سرعة الصوت خلال طبقات الأرض لأن سرعة الصوت تختلف من طبقة الى أخرى نتيجة اختلاف الكثافة الصخرية. تساهم سرعة الضوء في تحديد عمق كل طبقة وسمكها مما يساعد في رسم خرائط الطبقات الأرضية وتتم عن طريق حفر بئر والقاء مادة متفجرة به ووضع عدد من السماعات الأرضية حول البئر وبتفجير المادة المتفجرة تنتشر الموجات الصوتية لتتعد الى سطح الأرض مرة أخرى.

تقوم السماعات بعد تسجيل زمن وصول كل موجة صوتية عائدة الى سطح بعمليات حسابية معقدة تحدد عمق الطبقات الصخرية ، ثم توضع خريطة توضح التكوينات الصخرية تحت سطح الأرض لاستخدامها في تحديد أماكن تواجد الغاز والنفط. لقد شهدت السنوات الأخيرة تطوير أساليب جديدة لترجمة المعلومات السيزمية كاستخدام الحساسات والبرامج الالكترونية ، بحيث تحسنت نسبة نجاح الابار المحفورة حول العالم باعتماد هذه الطريقة كما انها بلغت نسبة 100٪ في مناطق مثل غرب إفريقيا .

الفرع الثاني : مرحلة الاستخراج

بعد التنقيب ومحاولة الكشف عن الغاز والنفط بالطرق السابقة ، يبقى الحفر الطريقة الوحيدة التي تؤكد وجود الغاز الطبيعي والنفط من عدمه عن طريق حفر بئر سواء في اليابسة أو في البحر، فالأجهزة والمعدات المستخدمة في عملية الحفر تختلف حسب اختلاف موقع الحفر وخصائصه الجيولوجية ، وفي حالة مسافات أعماق يتم بناء قواعد حفر و ليس مجرد استخدام آلات حفر، وعند الوصول إلى الغاز يجب استخدام أجهزة حفر مناسبة (plate-forme) لاستخراجه بطريقة فعالة للحصول على اكبر معدل تغطية (الكمية القصوى من الغاز المستخرجة في وحدة زمنية) وفي اغلب الأحيان ونتيجة للضغط الموجود في أحواض الغاز يندفع إلى الأعلى بمجرد الوصول إليه وقليلًا ما يتم الاستعانة بمضخات خاصة لسحبه.

• طرق الحفر : هنالك نوعان من الحفر :¹

- أ- حفر بري : ويكون عبارة عن ثلاثة أنواع من الحفارات التي تستخدم في الآبار البرية منها:
- الحفر بالدق : من اقدم وسائل الحفر يتم الحفر بهذه آلة بخارية عن طريق الدق العمودي في الحفرة نفسها الا انها اختفت نتيجة البطء وعدم القدرة على حفر الابار العميقة .
 - الحفر الدوراني : بدا استخدامها بداية القرن العشرين وتتكون الة الحفر من ثلاثة أجزاء عمود الحفر ، برج الحفر والقاعدة الدائرية .
 - الحفر التوربيني : يشبه الحفر الدوراني في فكرته إلا انه يمتاز بالسرعة المذهلة ويعتبر من افضل الآلات لحفر الآبار المائلة والأفقية والمغمورة .
- ب- حفر البحري : يتطلب هذا النوع من الحفر اجهزة خاصة تعمل على ارضفة بحرية ثابتة واجهزة حفر اخرى متنقلة ، وتشمل الاجهزة المتنقلة على اجهزة قابلة للرفع والخفض واخرى تشبه غاطسة حيث تكون الارجل والقوائم مملوءة بالهواء مما يجعلها قادرة على الطفو فوق المياه .
- تستعمل أجهزة الحفر المتنقلة في المياه التي يتراوح عمقها ما بين 200 و 350 قدم اما جهاز الحفر (شبه الغاطس) يستعمل في العمق المتوسط الذي يصل الى 400 قدم بينما تستعمل السفن في المياه العميقة التي تصل الى 800 قدم .
- هذا وقد طال التطور التكنولوجي طرق الحفر بهدف التحسين من أدائها والحد من الآثار السلبية على البيئة بالإضافة الى زيادة الإنتاج .من اهم هذه التطورات :
- ت- الحفر الافقي : قبل التسعينيات من القرن الماضي ، كان الأسلوب المتبع في الوصول الى المكمن هو حفر بئر راسية ، في سنة 1989 بلغ عدد الابار الافقية على مستوى العالم 200 بئر افقية وفي عام 1990 ازداد عدد الابار الافقية الى 1200 بئرا ، حيث يرجع الحافز الأساسي في زيادة الابار الافقية الى تشكل المكمن بصورة اكثر فعالية من الابار الراسية . حيث استطاعت الولايات المتحدة الامريكية النجاح في تجربتها في حفر الافقي ، اذ أدى حفر 50 بئرا افقيا الى زيادة معدل انتاج الحقل من 400000 متر مكعب في اليوم من الغاز الطبيعي الى 24 مليون متر مكعب من الغاز في اليوم أي بنسبة زيادة بلغت 300 %

1: عبد العزيز مصباح، مرجع سابق، ص55-66

ث- الحفر النحيف : تم تعريف البئر النحيف بعدة طرق مختلفة وكلها تشير إلى حفر بئر عادة أقل من 7 بوصة في القطر.

الشكل رقم 3: مقارنة بين حجم بئر نحيف مقابل حجم بئر تقليدية

Typical 10,000' TD - Normal Pressure					
Conventional Land			Slim Hole		
Hole Size	Casing Size	Depth	Hole Size	Casing Size	
17 1/2"	13 3/8"	150'	8 1/2"	7"	
12 1/4"	9 5/8"	2500'	5 1/2"	5"	
8 1/2"	7"	10,000'	4 1/16"	3 1/2"	
Contingency			Contingency		
6"	5"		3"	2 3/4"	

الفرع الثالث : مرحلة المعالجة

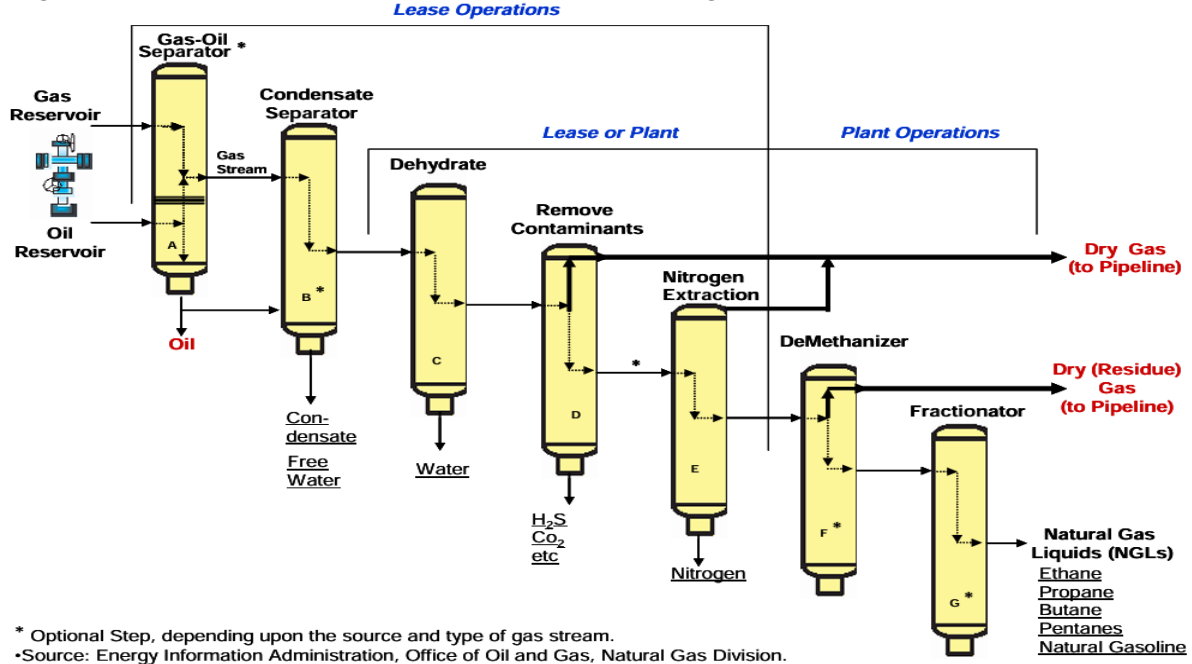
يتم تجميع الغاز الطبيعي الخام في محطات خاصة أين تتم معالجته و ذلك بالاستعانة بأنابيب يتم تركيبها خصيصا ، وبعض المركبات الكيميائية الأخرى ليتم تسويقه على شكله الغازي لنقله. من الضروري إجراء عمليات مختلفة لتنظيف الغاز الطبيعي الخام لتلبية مواصفات خط الأنابيب (الغاز الطبيعي عالي الجودة) واحتراق نظيف بيئيًا.

يتم تطبيق معالجة الغاز على الغاز الطبيعي الخام لتحقيق ما يلي¹:

- تنقية الغاز الخام من المواد التي تمنع استخدام الغاز كوقود (سكني أو صناعي).
- فصل المكونات القيمة عن الغاز الخام الذي يمكن استخدامه كمواد وسيطة للبتر وكيمويات أو الوقود (مثل البروبان) أو الغازات الصناعية (مثل الإيثان والهليوم).
- تسهيل الغاز الطبيعي المراد نقله أو تخزينه.

1: Kidnay, A.J., Parrish, W.R., McCartney, D.G., 2011. Fundamentals of Natural Gas Processing, second ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC.

الشكل رقم 4: الرسم التخطيطي لوحدات معالجة الغاز العامة



إن المعالجة في الحقل تتكون من أربع مراحل رئيسية¹:

١. عزل الغاز عن السوائل مثل : النفط - الماء - المواد الصلبة - المكثفات الهيدروكربونية (Condensates Hydrocarbon) إن وجدت .

٢. معالجة الغاز لإزالة السوائل الهيدروكربونية المتكثفة القابلة للاستخلاص.

٣. معالجة الغاز لإزالة بخار الماء المتكثف.

٤. معالجة الغاز لإزالة المركبات الأخرى غير المرغوبة مثل كبريتيد الهيدروجين ، وثاني أكسيد الكربون

❖ عمليات العزل (Liquids & Separation of Gas)

أن عملية العزل هي اول واهم عملية في عمليات المعالجة في الحقل ، فتركيب ومكونات الغاز تحدد نوع وحجم العازلة التي سيتم اختيارها ، بالإضافة الى ان الضغط مفتاح رئيسي في اختيار العازلة . كما تستخدم العازلات في مواقع أخرى مثل : محطات الكبس Stations Compressor ووحدات التجفيف Units Dehydration ووحدات تحلية الغاز الطبيعي Units Sweetening Gas ، وتكون لها عدة اسماء مثل : Drum Knockout - Scrubber – Separator تستخدم كلها لنفس الغرض وهو فصل السوائل عن الغاز .

¹ : <https://www.arab-oil-naturalgas.com>

Separator : لعزل السوائل المنتجة عن الغاز ، وتكون مصممة لمعالجة الكميات الكبيرة .
Drum KO : فيدل على وعاء لاصطياد الماء ، او السوائل من الغاز و احيانا عزل كل السوائل (الماء ، النفط...) من اسفل الوعاء وخروج الغاز من اعلاه .

Scrubber Gas : يدل على الوعاء الذي يتعامل مع كميات قليلة من السوائل ، حيث يعمل على استخلاص السوائل من الغاز وتكون أجزائها الداخلية مشابهة للعازلات .

ولكن بشكل عام فإن كل الأوعية المذكورة يجب أن تراعي الشروط التالية:

1. أن تحتوي على: قسم الفصل الأساسي Section Separation Primary .

قسم الفصل الجاذبي Section Settling Gravity .

مستخلص الرذاذ Extractor Mist .

مخرج الغاز Outlet Gas .

منطقة تجمع السوائل Section Settling Liquid .

مخرج النفط Outlet Oil .

مخرج الماء Outlet Water .

2. أن تكون ذات سعة مناسبة لاحتواء كميات السوائل.

3. أن تكون ذات قطر وارتفاع مناسبين للسماح بفصل كامل للسوائل من الغاز .

4. وجود وسائل سيطرة على مستوى السائل Controller Level ، أما بالنسبة للعازلات

ثلاثية الأطوار فيجب أن تحتوي على سيطرة لمستوى الحد الفاصل بين الماء/النفط

oil/water liquid interface level controller .

5. صمام السيطرة على الضغط valve backpressure على خط خروج الغاز outlet

gas للحفاظ على ضغط العازلة.

6. صمامات الأمان Pressure relief valves¹ .

أن العازلات تصمم لأداء الوظائف الأساسية التالية:

- إحداث عزل الأطوار الأساسي لأغلب السوائل الهيدروكربونية من الغاز.

¹ :https://Opcit

- الفصل الإضافي للسوائل العالقة في الطور الغازي من خلال مستخلص الرذاذ Extractor Mist.
- عزل قطرات الغاز المذاب العالقة بالطور السائل.
- خروج الغاز والسائل على شكل طورين منفصلين وعدم حدوث تداخل في الأطوار.

❖ مبادئ العزل Principles of Separation

أن عمل أغلب العازلات مبني على العزل الجذبي أو العزل بالقوة الطاردة المركزية، ان العازلة يتم أنشاءها بطريقة تضمن الخصائص التالية:

- أن تحتوي على أداة طرد مركزية Device Inlet Centrifugal ، حيث يحصل العزل الأولي للغاز والسوائل . تقوم بجعل السائل الداخل يتحرك بشكل دو ارنى اعتمادا على معدل التدفق مما يؤدي الى تجمع قطرات السائل الى اسفل الوعاء (قسم التجميع section Settling) .
- أن تقوم بتجهيز مقطع عزل كبير بارتفاع وعرض مناسبين للسماح لقطرات السائل بالخروج من الطور الغازي مع مقطع مناسب لتجميع السوائل . وهذا الأمر يسمح للسوائل بالنزول الى مقطع تجميع السوائل كما أن استخدام بعض التراكيب الميكانيكية الداخلية التي تعزز عملية العزل . ويحصل في بعض الأحيان حالة من عدم الاستقرار بسبب ورود كميات كبيرة من السوائل الخفيفة الى داخل العازلة لذا فأن وجود مساحة كبيرة سيمنع حدوث حالة الحمل الإضافي Over Carry مع الغاز الخارج.
- أن يتم تجهيزها بمستخلص الرذاذ قرب مخرج الغاز outlet gas لتجميع القطرات الصغيرة للسوائل التي لم تستقر بفعل الجاذبية حيث أن هذه القطرات سيتم اصطياها فتتجمع ويصبح حجمها كبيرا مما يؤدي الى سقوطها في مقطع تصريف السوائل .
- أن يتم تجهيزها بمسيطر مستوى وصمام سيطرة للمستوى Valve Control & Control Level Liquid مع صمام أمان Valve Safety ومقياس ضغط Gauge Pressure ، زجاجة رؤية Glass Sight حيث أن صمام السيطرة على السوائل سيمنع ظاهرة الحمل الإضافي .

❖ العوامل المؤثرة على العزل

- ◆ **الضغط التشغيلي للعازلة** : حيث يتم تحديد الضغط المثالي للعازلة الذي يضمن أعلى إنتاجية من السوائل الهيدروكاربونية ويتم تحديده من خلال الفحوصات الإنتاجية.

◆ الحرارة التشغيلية للعازلة.

◆ مكونات المانع الداخلى.

ان التغيير في أي من هذه العوامل سيؤدي الى تغيير كمية النفط أو الغاز الخارجة من العازلة ، حيث أن زيادة الضغط التشغيلي أو تقليل الحرارة سيؤدي الى زيادة السائل الموجود في العازلة ، حيث أن هناك نقاط مثلى Points Optimum لكلا الحالتين وقد تم مؤخرا الاستعانة ببرامج الحاسوب لإيجاد الضغط المثالي والحرارة المثلى للعازلة لكي تحقق اعظم استخلاص للسوائل Recovery Liquid Maximum في بعض الاحيان لا يكون التشغيل في الظروف المثالية ما يسبب خسائر في الغاز .

ان الخواص الكيميائية والفيزيائية للنفط والظروف التشغيلية من ضغط وحرارة تحدد كمية الغاز المذاب في النفط وبالتالي كمية الغاز المتحرر من النفط كدالة لتغير الضغط والحرارة . ان حجم الغاز الذي يتم ازالته من النفط في العازلة يعتمد على :

- الخواص الفيزيائية والكيميائية للنفط الخام.
- الضغط التشغيلي.
- الحرارة التشغيلية.
- معدل التدفق.
- حجم العازلة.

أن حجم التدفق في العازلة يحدد زمن المكوث Time Retention للنفط ، ويكون الزمن المثالي للمكوث هو (1-3) دقيقة للحصول على عزل مثالي وعدم حصول الرغوة ، أما في حال حصول الرغوة فأن زمن المكوث قد يصبح (5-20) دقيقة اعتمادا على ثبات الرغوة وتصميم العازلة وتتضمن التصاميم الحديثة العديد من التراكيب الداخلية التي تضمن عدم حدوث الرغوة وعدم الإبقاء على غاز غير مذاب وكسر الفقاعات .

الفرع الرابع : النقل

هنالك طريقتين لنقل الغاز الطبيعي من مناطق انتاجه الى مناطق استهلاكه اما عن طريق الانابيب او عن طريق الناقلات :

● عبر خطوط الانابيب :

يتم نقل الغاز الطبيعي من محطات المعالجة والتي تكون غالبا في الحقول عبر أنابيب مصنوعة من الحديد الصلب ذات أقطار مختلفة ، ويتم دفع الغاز عبرها بواسطة مضخات ضغط مركبة في عدة نقاط . مقارنة مع

البتترول والفحم، فان كمية الغاز الضائعة أثناء عملية نقله قليلة جدا، وتعتبر الأنابيب أكثر وسائل النقل أمانا و فاعلية، لأنها مثبتة تحت الأرض وبعيدة عن كل أنواع أخطار .

• عبر الناقلات :

يمكن أيضا نقله عبر البحار بعد تحويله إلى غاز مميع، وذلك داخل سفن عملاقة مجهزة بأجهزة تبريد للحفاظ عليه في حالته السائلة (METHANIER) ، يتم بناء محطات تمييع الغاز عند موانئ التصدير ويطلق عليها اسم نهائي التصدير (TERMINAL D'EXPORTATION) وهذا مقابل ما يدعى نهائي الاستقبال (TERMINAL DE RECEPTION) أين يتم إعادة الغاز الى حالته الغازية ليتم توزيعه بعد ذلك عبر الأنابيب ¹.

الفرع الخامس : التخزين

قبل تسليمه الى المستهلك النهائي، يمر الغاز الطبيعي بمرحلة التخزين، لمواجهة التغيرات المحتملة في عمليات التموين أو تقلبات الأسعار، إلا أن عملية تخزينه في حالته الطبيعية تتطلب خزانات ذات أحجام هائلة، وعملية بنائها شبه مستحيلة، لذلك بحث الخبراء ووجدوا خزانات جيولوجية موجودة في الطبيعة داخل أعماق الأرض تتوفر على خصائص الضرورية التي تسمح باستيعاب أحجام هائلة من الغاز الذي يتم حقنه وإمكانية استعادته بسهولة فيما بعد، وتوجد ثلاثة أنواع من هذه الخزانات :

- ◆ حوض غازي أو بترولي مستنفذ : وهي أفضل أنواع الخزانات على الإطلاق لأنها تتوفر على الخصائص المثالية لذلك بالإضافة إلى إمكانية استخدام التجهيزات الموجودة من قبل في عملية حقن الغاز أو استخراجها وهي منخفضة التكاليف مقارنة مع النوعين الآخرين.
- ◆ المستودعات الأرضية (Terrains Aquiferes): وهي عبارة عن خزانات جيولوجية موجودة تحت الأرض، والتي يجب أن تتوفر على طبقة من الطبقات الرسوبية المسامية مغطاة بطبقة (la Couche sédimentaire poreuse) أخرى غير نفاذة Impermeable يحبس الغاز داخلها .
- ◆ خزانات ملحية (Cavite Salines): وهي عبارة عن فراغات موجودة في الطبيعة تحت الأرض مغطاة بطبقة غنية بالأملاح حجمها أقل من النوعين السابقين ، وهي الأخرى تتوفر على الخصائص المناسبة للتخزين.

1: سيد فتحي احمد الخولي .اقتصاد النفط مكتبة دار حافظ ، 1988، ص24.

المطلب الثاني : اسالة الغاز الطبيعي

تعد الحاجة الى نقل الغاز الطبيعي مسافات طويلة عبر البحار والمحيطات من مناطق انتاجه الى مناطق استهلاكه من اهم العوامل التي ادت الى تطور تجارة الغاز الطبيعي المسال، فالغاز الطبيعي المستخرج من حقول النفط او الغاز الطبيعي ينقل عبر انابيب خاصة الى معامل المعالجة لتتم اسالته بالتبريد وبعمليات معالجة اضافية، لتسهيل عملية تخزينه ونقله بواسطة ناقلات خاصة الى اماكن تواجد اسواقه.

بدأت فكرة اسالة الغاز الطبيعي سنة 1914 بالولايات المتحدة الامريكية الا انها فشلت بسبب عدم القدرة على خلق الطلب والاسواق الملائمة له ، لتشهد في عام 1940 مشروعاً ناجحاً لإسالة الغاز الطبيعي في "كليفلاند" وتلاه مشروع اخر في "اوهايو".

اما في الوطن العربي فان اول مشروع لإسالة الغاز الطبيعي كان عام 1964 في "أرزيو" بالجزائر ، تلتها عدة مشاريع خاصة بإسالة الغاز الطبيعي في الوطن العربي منها¹:

- ◆ الجزائر: يتواجد بها 4 مصانع لتسييل الغاز الطبيعي جميعها عاملة حيث تبلغ طاقتها الاسمية 24 مليون طن متري .
- ◆ ليبيا: يتواجد بها مصنع واحد شيد سنة 1970 في "البريقة" طاقتة 3.2 مليون طن في السنة يصدر إلى "إسبانيا"
- ◆ قطر : صمم مشروع قطر غاز بطاقة تبلغ 6.2 مليون طن /سنة ووصلت الى 9.2 مليون /سنة ، ومشروع راس غاز فقد بدا تشغيله سنة 1999 بطاقة 6.2 مليون طن /سنة ووصلت عام 2004 الى 10.9 مليون / سنة .
- ◆ سلطنة عمان : مصنع واحد بطاقة انتاج 6.6 مليون طن /سنة .
- ◆ الامارات العربية المتحدة : لديها مصنع واحد بدا تشغيله عام 1977 طاقتة الانتاجية 5.6 مليون طن /سنة .

هذا وتسعى بعض الدول العربية الى وضع استراتيجيات لزيادة طاقتها الانتاجية من خلال انشاء مصانع جديدة لإسالة الغاز الطبيعي مثل (مصر ، اليمن ، عمان ، قطر و الجزائر).

¹ : مختار اللبابيدي، "صناعة الغاز الطبيعي محليا وعالميا، النفط والتعاون العربي"، الكويت، 2006، المجلد 32 العدد 117، ص ص 94-96 .

يجب التفرقة بين الغاز الطبيعي المسال (L.N.G) وتحويل الغاز الى سوائل (G.T.L)

الفرع الأول : الغاز الطبيعي المسال (L.N.G) LIQUEFIED NATURAL GAS

إن المشكلة الأساسية التي تواجه نقل واستخدام الغاز الطبيعي هي الحيز الضخم الذي تشغله كمية منه ، فالمترا مكعب واحد من البترول يعادل حوالي 957 مترا مكعبا من الغاز الطبيعي من حيث المحتوى من الطاقة . هذه المشكلة يكمن تجاوزها من خلال عملية إسالة الغاز الطبيعي، حيث ينخفض حجمه بعدها إلى 1/600 من حجمه وهو غاز، وبالتالي يكافئ المتر المكعب من البترول تقريبا واحدا ونصف مترا مكعبا من الغاز الطبيعي المسال (GNL) .

هذه العمليات تتم في مجمعات الإسالة والتي تتكون من قسمين أساسيين هما :

- قسم معالجة الغاز الطبيعي .
- قسم تسييل الغاز الطبيعي .

بحيث تتم إسالة الغاز الطبيعي تحت الضغط الجوي العادي للتبريد إلى درجة 160 درجة مئوية تحت الصفر ويجب المحافظة على درجة الحرارة هذه عند النقل والتخزين وهو ما يمثل تحديا كبيرا في بناء خطوط الأنابيب وحاويات الغاز في الناقلات البحرية.

أقيمت أول وحدة لإسالة الغاز الطبيعي في الجزائر عام 1964 ، وبدأت بتزويد كل من إنجلترا وفرنسا بكميات لا تتجاوز 1,5 مليار متر مكعب سنويا، ثم توالى إقامة معامل الإسالة، وبناء الناقلات المتخصصة في نقله مسالا عبر خطوط، مثل ألاسكا-اليابان عام 1969 ، وليبيا-إسبانيا وإيطاليا عام 1971، وبروناي-اليابان عام 1975، وإندونيسيا-اليابان 1977 ، وأبو ظبي-اليابان عام 1977¹.

❖ أنواع الغازات المسالة

- الغاز الطبيعي المسال : يتكون بشكل رئيسي من الإيثان والميثان يحول إلى سائل بالضغط مع التبريد بخفض درجة حرارته إلى 160 درجة مئوية تحت الصفر ، بغرض تقليل حجمه ليتسنى نقل كميات كبيرة منه بعد تعبئته في خزانات وأسطوانات² .

1 : حسين عبد الله، الغاز الطبيعي: وقود الغد في انتظار سياسة منسقة عربيا، مجلة التنمية والسياسات الاقتصادية، المجلد 1 العدد2، يونيو 1999 ، المعهد العربي للتخطيط، الكويت ، ص 10.

2 : عبد العزيز مصباح ، مرجع سابق ، ص 239.

- غازات النفط المسالة : هي اساسا خليط من البروبين والبيوتين تحضر من الغاز الطبيعي الرطب وغازات التكرير تتميز بقيمة حرارية مرتفعة وجاذبية نوعية عالية ، لها متطلبات هواء عالية وسرعات لهب منخفضة .
- سوائل الغاز الطبيعي : هي السوائل الهيدروكربونية المستخلصة من الغاز الطبيعي التي يتم فصلها للاستفادة منها.

❖ تقنيات إسالة الغاز الطبيعي

- تعدد طرق إسالة الغاز الطبيعي باستخدام التقنيات الحديثة والتي تقوم على فكرتين أساسيتين هما:
- * في المرحلة الأولى من عمليات التسييل امتصاص الحرارة من الغاز الطبيعي من خلال تمريره في مبردات تخفض حرارته تدريجياً .
 - * على أساس الدورة المتتابعة تستخدم عدة مواد مبردة في دورات متتابعة حيث تستخدم آلات تسمح بتمدد الغاز كالتوربينات.
 - * تقنيات إسالة الغاز الطبيعي¹ : تتعدد تقنيات اسالة الغاز الطبيعي وتخضع لتعديلات من فترة لأخرى ، حيث يصحب هذه التقنيات عادة استهلاك الطاقة بدرجات متفاوتة كما أنها تسبب التلوث من خلال انبعاثات ثاني أكسيد الكربون . لهذا يتوجب على متخذ القرار مراعاة ظروف البلد وحجم الاستهلاك اللازم من الطاقة لكل عملية بغية اختيار الملائم من التقنيات التالية:

- نظام دورة المبرد الخليط
- تقنية CASCADE PHILLIPS
- تقنية (SHELL) DMR
- تقنية 3MR PROCESS (LIND)
- تقنية (APCI) C3/ MR

لقد كان للتطور التكنولوجي أثره البالغ في خفض التكاليف الاستثمارية والتشغيلية في حلقات تسييل الغاز، وهو ما جعل اقتصاديات مشاريع الغاز المسال أكثر تنافسية مع غاز الأنابيب، فقد نتج عن تطوير تقنيات تبريد وتسييل الغاز خفض كبير في التكاليف الرأسمالية لمراحل تسييل ونقل الغاز، وهي الحلقة التي تشكل عادة الجزء الأكبر من إجمالي تكاليف سلسلة الغاز².

¹ :إدارة الشؤون الفنية لمنظمة أوبك ،تطبيق التقنيات الحديثة في صناعة النفط واثره في الحفاظ على البيئة من التلوث ، مجلة النفط والتعاون العربي ، العدد 115، الكويت، 2005، ص 138.
² : عبد الستار محمد، الطاقة وصناعة النفط والغاز في أقطار الخليج العربي، مركز دراسات الخليج العربي بجامعة البصرة، العراق، 1985 ، ص 52.

ولعل أهم ما جاء به التطور التكنولوجي هو القدرة على بناء ناقلات عملاقة مكنت من تقليل النفقات عبر زيادة الحجم. حيث وصل عدد ناقلات الغاز الطبيعي المسال عام 1998 إلى 100 ناقلة، وفي أبريل 2006 تعدى عددها 200 ناقلة و 400 ناقلة بنهاية عام 2011 والملاحظ أن معظم الناقلات تتراوح سعتها بين 100 و 200 ألف متر مكعب، أي بحدود 60 إلى 100 ألف طن من الغاز الطبيعي المسال، لكن حتى حجم الناقلات ازداد ليصبح بعضها ذو سعة تصل بين 250 و 300 ألف متر مكعب أي بحدود 130 إلى 160 ألف طن من الغاز الطبيعي المسال، وتقوم هذه الناقلات بتوصيل الغاز المسال من الجزائر، قطر، ماليزيا، مصر، وأستراليا، بروناي، إندونيسيا، نيجيريا، ليبيا، عمان، وترينداد، إلى أوروبا وشرق آسيا والولايات المتحدة، وتراوح قيمة ناقلات الغاز المسال ما بين 200 و 300 مليون دولار اعتمادا على سعتها¹.
والأكيد أن تكلفة نقل الغاز الطبيعي، والجغرافيا، والحدود السياسية بين الدول، تعتبر من العوامل الرئيسية في تحديد نوع الوسيلة التي سيتم فيها النقل، فكلما زادت حمولة الناقله قلت تكلفة نقل الغاز المسال، ومن أجل ذلك يوجد توجه عام بزيادة سعة الناقلات فزادت من 145 ألف متر مكعب إلى 250 ألف متر مكعب وعموما فإن ناقلات الغاز المسال أسرع من الناقلات الأخرى كناقلات النفط بنحو أربع إلى خمس عقدات بحرية .

وقد مكن التطور التكنولوجي في السنوات القليلة الماضية من الشروع في تطوير وحدات تسييل للغاز على شكل منصة بحرية عائمة لتزويد المناطق النائية، وتوسع الأبحاث الجارية إلى تطوير عملية التغير لتصبح العملية قابلة للتنفيذ على متن الناقله نفسها في أماكن بعيدة في عرض البحر للتخلص من الاعتراضات التي تواجهها تلك المشاريع لأسباب تتعلق بالسلامة والتخوف مما قد يسببه ذلك من تلوث بيئي .

الفرع الثاني : استخلاص السوائل من الغاز (GTL) GAS TO LIQUIDS

تستخدم هذه الطريقة عندما تكون الكمية المستخرجة من الغاز الطبيعي قليلة فلا يتم نقلها عبر الانابيب ، وانما استخدامها كمنتجات سائلة بديلة لسوائل النفط . وذلك تحت شرط ان لا تكون أماكن الاستهلاك بعيدة عن حقول الغاز وان تكون مراكز الاستهلاك بحاجة الى سوائل نفطية غير متوفرة بأسعار النفط .

تقوم هذه المشروعات عادة في الدول التي لا تتوفر على مرافق نفطية لتداول المواد النفطية (موانئ النفطية ، معامل التكرير ، خطوط أنابيب) ، ومع تواجد كميات من الغاز الطبيعي ولو قليلة يشجعها على إقامة معامل لتحويل الغاز لسوائل مما يغنيها عن تكاليف باهظة للتعامل مع النفط العادي . الأمر الذي يختلف في الدول التي

¹ : علي رجب، أساسيات تسعير الغاز في الأسواق العالمية، مجلة النفط و التعاون العربي، العدد 120 (شتاء 2007) ، ص 45.

تقوم بتصدير الغاز المسال فبغرض الاستفادة من البنية القاعدية للمشروع الأساسي تقوم بإقامة مشروع تحويل الغاز الى سوائل .

❖ تقنيات تحويل الغاز الى سائل

- تقنية التحويل الحراري الذاتي .
- تقنية فيشر تروبش (Fischer-Tropsch)
- تقنية تحويل الغاز بواسطة البخار
- تقنية الاكسدة الحرارية الجزئية
- تقنية التحويل المركب
- تقنية استخدام غشاء الخزف
- تقنية الأكسدة الجزئية

❖ الهدف من تحويل الغاز الى سوائل¹

تتضمن عملية تحويل الغاز الى سوائل على مميزات عديدة منها:

- الغاز الطبيعي موجود في باطن الأرض، لكن في مواقع نائية أو داخل المياه في أعماق البحار والمحيطات.
- الطلب على السوائل المنتجة بتكنولوجيا GTL موجودة، ويزداد خاصة في وقود معدات النقل .
- الاستثمارات المالية متوافرة، وتسعى إلى الاستفادة من هذا المصدر الهام (الغاز الطبيعي).
- تكاليف الإنشاء والتشغيل بتكنولوجيا GTL انخفضت خلال السنوات الأخيرة على نحو ملحوظ .
- اصبح GTL منافسا اقتصاديا مع زيادة أسعار الخام البترولي .
- وجود ثبات اقتصادي وسياسي، يشجع غالبا لإقامة مشاريع GTL .
- المواصفات البيئية المتشددة تزيد من الاحتياج إلى الوقود النظيف الذي تتميز به السوائل المنتجة بتكنولوجيا GTL.

¹ : حمدي البني، البترول بين النظرية والتطبيق، دار المعارف، الطبعة الثانية، القاهرة، 1997، ص46

- ضرورة الاستفادة من الغاز الطبيعي المصاحب لإنتاج النفط الخام، بدلا من حرقه أو إهداره أو إعادة حرقه.
- اتجاه مصافي التكرير إلى تعظيم الاستفادة من المتبقي الثقيل في أبراج التنظير.
- إمكانية الدمج مع وحدات مصافي التكرير، وكذلك الاستفادة من البنية الفوقية القائمة.

المطلب الثالث: مفهوم احتياطي الغاز الطبيعي وتطوره

إن الاحتياطيات تدل على إمكانية الإنتاج المستقبلي، فلا يمكننا القيام بصناعة أو وضع استراتيجية إلا إذا كانت كمية الاحتياطي مهمة فالعملية الإنتاجية مرتبطة ارتباطا وثيقا بحجم الاحتياطي تواجد الاحتياطيات وتقديراتها تؤكد عمليات البحث والاستكشاف، فتكثيف نشاطات الاستكشاف وإعادة تقييم الحقول المكتشفة قد ترفع من تقديرات الاحتياطي .

الفرع الأول : تعريف الاحتياطي

يعرف الاحتياطي بأنه الموارد المتواجدة في باطن الأرض والتي كانت موضوع بعض الدراسات التقييمية، الممكن استخراجها بطرق ووسائل ومعدات الإنتاج المتوفرة بصورة اقتصادية . تستند تقديرات الاحتياطي في حقل محتمل إلى معلومات إقليمية تتعلق بخصائص المخزون وبيانات المسح الزلزالي، ويتم باستمرار تحسين التقديرات ببيانات من بئر الحفر الأولية (البئر الاستكشافية)، بحيث يتم قياس مختلف القيم بمزيد من الدقة . وتعطى التقديرات على شكل نطاق من القيم تتراوح من الحد الأدنى إلى الحد الأعلى، مع القيم الواقعة بينهما بالنسبة إلى أكثر التقديرات احتمالا ومتوسط التقديرات (المتوسط المرجح) . هذا وتبقى عملية تقدير الاحتياطيات المحروقات من النفط والغاز محل دراسة وبحث مستمر، فلا يوجد تصنيف للاحتياطيات متفق عليه ولكن عموما يستخدم الخبراء أربعة أصناف :

أ. الاحتياطيات المؤكدة : هي الكميات الكامنة في باطن الأرض والمقدرة بطريقة علمية دقيقة على أساس معطيات هندسية جيولوجية في تاريخ معين حيث يمكن استخراجها مستقبلا من مكامن معروفة وفي ظروف الاقتصادية السائدة حينها. يرمز لها بعض الصناعيين بالرمز P90 أو بالرمز IP دلالة على انه يمكن أن تنتج بنسبة 90% .

ب. الاحتياطيات المحتملة : وهي الكميات المحتمل وجودها في المكامن المعروفة، تتوفر على احتمال قوي لإنتاجها ولكن حقولها غير مجهزة للإنتاج ، يرمز لها بالرمز P50 أو 2P دلالة على إمكانية 50% لإنتاجها .

ت. الاحتياطات الممكنة : هي الكميات المكتشفة وغير المقدرة كمياتها بصورة دقيقة ونهائية، وفي هذا النوع من الاحتياطي مؤكد وجوده من الناحية الفنية والجيولوجية، ولكن غير معروف من حيث كمياته وتكاليف إنتاجه، وهذا بسبب الشكوك حول إمكانيات الاستخلاص مستقبلا . يرمز لها بالرمز 3P أو بالرمز P10 دلالة على نسبة 10٪ لإنتاجها.¹

ث. الاحتياطات النهائية : تتشكل من مجموع الاحتياطات المؤكدة، الاحتياطات المحتملة والاحتياطات الممكنة .

هذا ويوجد نوع اخر من الاحتياطات وهي الاحتياطات غير المحققة (غير المتفق عليها) والتي تشير إلى الصخور الإسفلتية والنفط الثقيل جدا (Heavy Oils) والاحتمال النظري لهذا النوع من الاحتياطات اكبر من الاحتياطات السابقة، ففي مؤتمر العالمي بيونس آيرس Buenos Aires عام 1991 قدر هذا النوع من الاحتياطات بحوالي 176 مليار طن مقسمة بين كندا والدول المستقلة CEI وفنزويلا .

عموما فانه يتم اعتماد الاحتياطات المؤكدة غالبا أي تلك التي تم تقديرها بصفة نهائية وتمت جميع الشروط التقنية والاقتصادية لإنتاجها وتسويقها.²

الفرع الثاني : العوامل المشجعة لتطوير احتياطي الغاز الطبيعي

لقد شهد احتياطي الغاز الطبيعي تطورا ملحوظا وهذا لعدة عوامل ابرزها:

- ✓ الاهتمام المتزايد بهذه المادة من طرف الشركات البترولية بعد التغلب على مشاكل صناعة الغاز الطبيعي في مختلف مراحلها (اكتشاف ،إنتاج ،نقل وتخزين) إضافة إلى استعماله في مختلف مجالات القطاعات الصناعية بفضل التطور التكنولوجي .
- ✓ التوسع في نشاطات البحث والتنقيب لضمان امن إمدادات الطاقة لاستمرار التنمية .
- ✓ التطور العلمي والتقني في مجال البحث والتنقيب الذي أعطى قفزة نوعية خلال الربع الأخير من هذا القرن ،فقد ظهرت طرق جديدة في المسح السيزمي المعروفة بالمسح الثلاثي والرابعي الأبعاد 3D، 4D الذي أعطى مفهوما أدق لمكامن الغاز الطبيعي .

¹ : ابراهيم بورنان، الغاز الطبيعي ودوره في تأمين الطلب على الطاقة في المستقبل حالة الجزائر، جامعة الجزائر، رسالة دكتوراه في علوم التسيير، 2003/2004 ، ص 99.

² "Pétrole" Microsoft Encarta 2006 CD .

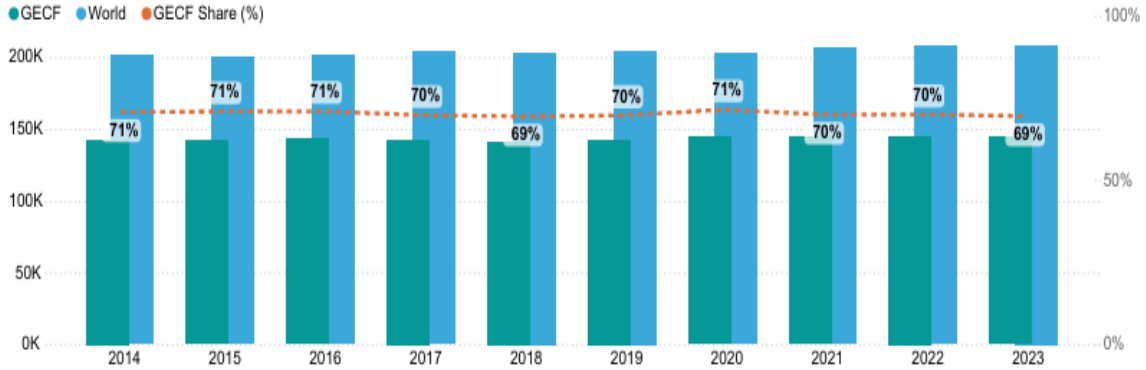
منتدى الدول المصدرة للغاز GECF*Forum

✓ تنامي الوعي البيئي مما جعل حكومات الدول تتبع سياسات وتشريعات تحد من الآثار السلبية، هذه التشريعات شجعت التوجه إلى الغاز الطبيعي .

الفرع الثالث : تطور احتياطي الغاز الطبيعي

قدرت الاحتياطات العالمية المؤكدة للغاز الطبيعي سنة 2014 بـ (Bcm) 201.132 ، ليرتفع هذا الرقم إلى (Bcm) 204.087 سنة 2017 بنسبة 70% لدول GECF (أي 142.679 Bcm) وواصل الارتفاع وقد بـ (Bcm) 206.472 سنة 2021 ليصل سنة 2022 إلى (Bcm) 207.230 في حين وصل سنة 2023 إلى (Bcm) 208.117 بنسبة 69% وحوالي (Bcm) 144.557 لصالح دول GECF.

الشكل رقم 5: الاحتياطات المؤكدة للغاز الطبيعي (Bcm)



المصدر : GECF Annual Statistical Bulletin 2024

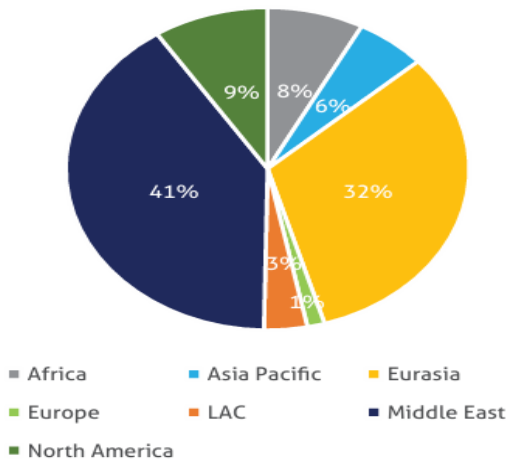
الفرع الرابع : احتياطات وموارد الغاز الطبيعي

أظهر انخفاض أحجام الاكتشافات الجديدة أهمية تخصيص استثمارات استكشافية كافية، حيث قُدرت احتياطات الغاز الطبيعي العالمية المؤكدة بنحو 206 تريليون متر مكعب في عام 2023، وفقاً لشركة سيديغاز، حيث تُمثل احتياطات الغاز غير التقليدي 6% منها، ويُعدّ الغاز الصخري والغاز المصاحب له من حقول النفط الصخري المصدر الأكبر لاحتياطات الغاز غير التقليدي في جميع المناطق والأحواض بنسبة 75%.

وقد دعمت احتياطات الغاز الصخري إنتاج الغاز في منطقتي أمريكا الشمالية وآسيا والمحيط الهادئ بفضل وفرة الموارد في الولايات المتحدة والصين، بينما دعم غاز الميثان المُستخرج من طبقات الفحم إنتاج الغاز لمحطات الغاز الطبيعي المُسال في أستراليا.

واصل الشرق الأوسط هيمنته على احتياطات الغاز بنسبة 41% من الاحتياطات العالمية، حيث تُمثل قطر وإيران والمملكة العربية السعودية أبرز المساهمين تلتها أوراسيا في المرتبة الثانية بنسبة 32%، ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى احتياطات الغاز الكبيرة في روسيا وتركمانستان. استحوذت أمريكا الشمالية على 9% من الاحتياطات العالمية بفضل الكميات الهائلة من احتياطات الغاز الصخري. أما المناطق الأخرى، وتحديداً أفريقيا وآسيا والمحيط الهادئ وأمريكا اللاتينية والكاريبية وأوروبا، فقد استحوذت على 8% و6% و3% و1% من الاحتياطات العالمية على التوالي¹.

الشكل رقم 6: التوزيع الاقليمي لاحتياطات الغاز المؤكدة

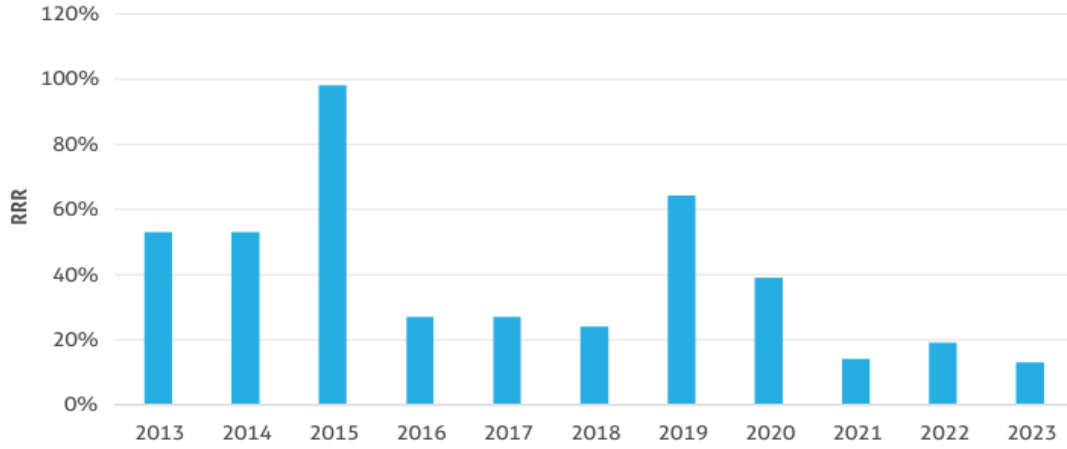


المصدر : GECF Secretariat based on Cedigaz and Enerdata

شهدت نسبة استبدال الاحتياطي (RRR) للغاز الطبيعي، وفقاً لشركة Rystad، انخفاضاً إلى 13% في عام 2023، بعد أن كانت 19% في عام 2022. ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى النتائج المخيبة للآمال في عمليات الاستكشاف. وجاء ذلك بعد ارتفاع نسبة استبدال الاحتياطي للغاز الطبيعي بنسبة 5% في عام 2022، ويُظهر هذا أهمية توفير مستويات كافية من الاستثمارات الأولية لكل من الاستكشاف والتطوير للحفاظ على أمن الإمدادات على المدى المتوسط والطويل.

¹ : GECF Annual gas market report 2024,p77

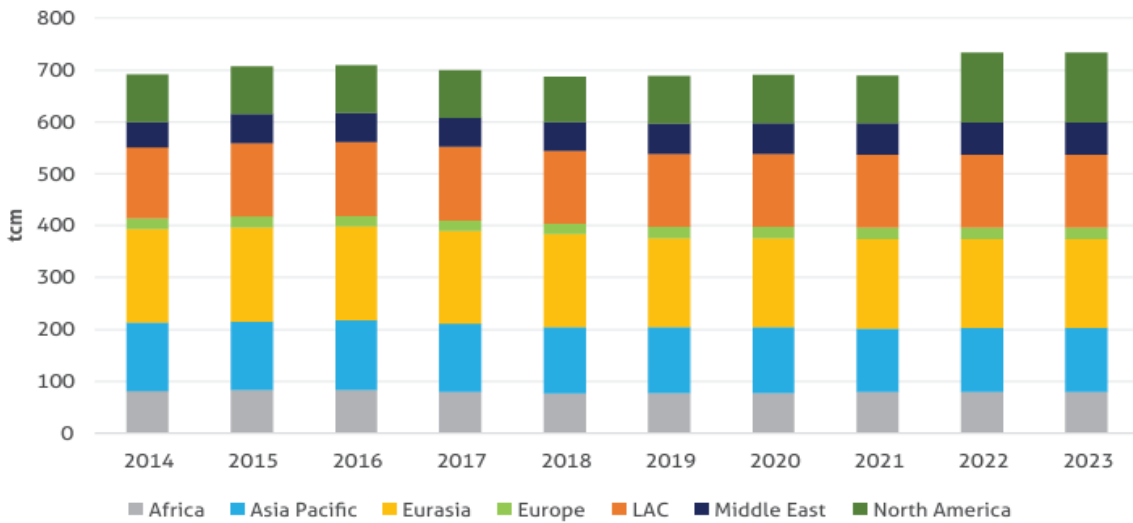
الشكل رقم 7: نسبة استبدال احتياطي الغاز (RRR)



المصدر: GECF Secretariat based on Rystad Energy

قُدِّرت موارد الغاز الطبيعي العالمية بنحو 733 تريليون متر مكعب في عام 2023، وفقًا لشركة Enerdata، حيث استحوذت أوراسيا وأمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي وأمريكا الشمالية على الحصة الأكبر بنسبة 23% و19% و18% على التوالي. بينما جاءت آسيا والمحيط الهادئ وأفريقيا والشرق الأوسط وأوروبا في المراتب الأخيرة بنسبة 16% و11% و8% و4% على التوالي، وبلغت حصة موارد الغاز التقليدية 491 تريليون متر مكعب، بينما بلغت حصة موارد الغاز غير التقليدية 242 تريليون متر مكعب، مع هيمنة الغاز الصخري.

الشكل رقم 8: التوزيع الاقليمي لموارد الغاز الطبيعي



المصدر: GECF Secretariat based on Enerdata

المبحث الثالث : إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي

يشمل إنتاج الغاز الطبيعي عمليات استخراجة ومعالجته ونقله من المكامن الى مناطق الاستهلاك، ويتحدد مستواه بعوامل مثل حجم الاحتياطي والطلب . اما استهلاكه فيتوزع على قطاعات متعددة ، خاصة إنتاج الكهرباء والصناعة.

المطلب الأول : مفاهيم عامة

توجد عدة مفاهيم لإنتاج الغاز الطبيعي وتختلف حسب طبيعة الاستغلال لهذا المنتج¹.

- أ. الإنتاج الخام: ويتمثل هذا الإنتاج في حجم الإنتاج الأولي لفوهة البئر.
 - ب. الإنتاج المعاد حقنه : يعتبر هذا الإنتاج جزء من الإنتاج الخام حيث تحقق كميات معينة منه في حقول الغاز الطبيعي أو حقول النفط لرفع من معدلات الاستخلاص.
 - ت. الإنتاج المحروق : أثناء عملية إنتاج الغاز الطبيعي تحرق كميات منه لعدم توفر تكنولوجيا استرجاعه، وقد تمكنت التكنولوجيات الحديثة من تخفيض نسبة الغاز المحروق مقارنة بالسنوات الماضية.
 - ث. الإنتاج المفقود: يمثل الخسائر في حجم الغاز الناجمة عن المعالجة قبل التميع.
 - ج. الإنتاج المسوق: يمثل الإنتاج الكميات المتبقية من الإنتاج الخام بعد طرح العناصر السابقة (الإنتاج المعاد حقنه، الإنتاج المحروق، الإنتاج المفقود) .
- أيضا يمكن أن يحتوي الفرق بين الإنتاج الخام والإنتاج المسوق على الاستهلاك الذاتي المتعلقة بعمليات المعالجة السابقة ، إذن الإنتاج المسوق هو المصطلح الذي يطلق دوليا على الغاز لتقييم حصته في ميزانية الطاقة الدولية.

المطلب الثاني : تطور إنتاج الغاز الطبيعي

ارتفع إنتاج الغاز العالمي ارتفاعًا طفيفًا، مدفوعًا بتزايد الطلب عليه، حيث تصدرت أمريكا الشمالية هذا النمو. في عام 2023 أشارت البيانات الأولية إلى ارتفاع بنسبة 0.8% في إنتاج الغاز الطبيعي العالمي، ليصل إجماليه إلى 4.08 تريليون متر مكعب ، وقد تركزت هذه الزيادة بشكل رئيسي في أمريكا الشمالية والشرق الأوسط وآسيا والمحيط الهادئ، بينما شهدت مناطق أوراسيا وأوروبا وأمريكا اللاتينية والكاريبية

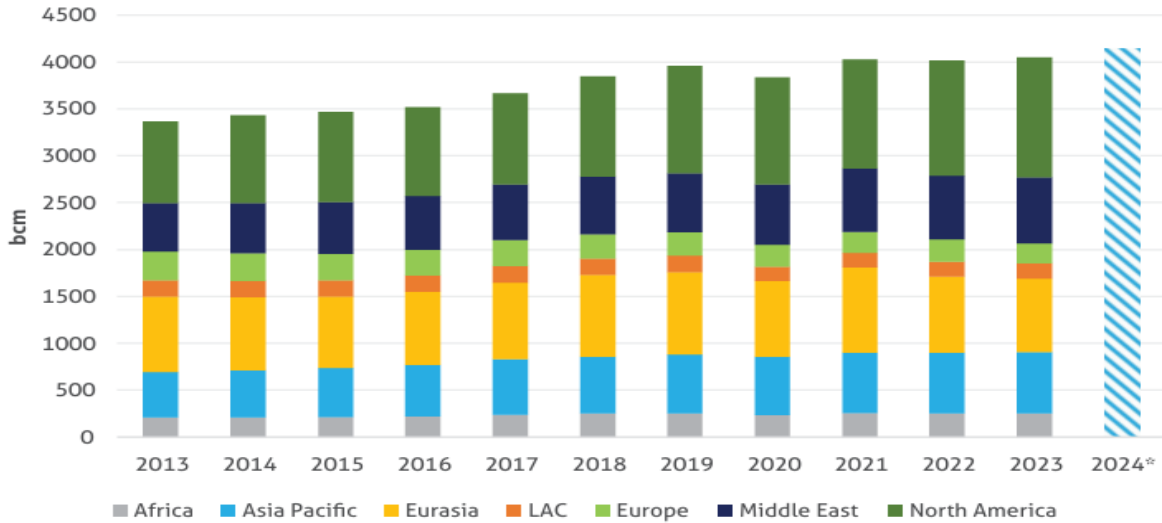
¹ :Maric Françoise Chabrelie, Guy Maisonier « Le gaz naturel dans le monde 1998 ». Centre international d'information sur le gaz naturel et tous hydrocarbure gazeux, France 1999. Page 36.

انخفاضًا، بينما ظل إنتاج أفريقيا مستقرًا مقارنة بالعام السابق. علاوة على ذلك، تشير التقديرات إلى أن الدول غير الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز قد زادت إنتاجها من الغاز بنسبة 2.3%، ليصل إلى 2,390 مليار متر مكعب.

من بين المناطق، سجلت أمريكا الشمالية والشرق الأوسط أكبر نمو في إنتاج الغاز، بزيادة قدرها 4.1% و2.8% على التوالي. في المقابل، شهدت أوراسيا وأوروبا انخفاضًا في إنتاجهما من الغاز، بانخفاض قدره 28 مليار متر مكعب و19 مليار متر مكعب على التوالي، على مستوى الدول سُجِّلت أكبر الزيادات في إنتاج الغاز في الولايات المتحدة والصين وكندا، بزيادات بلغت 42 و9 و8 مليارات متر مكعب على التوالي.

في عام 2024، ومع استمرار انتعاش الطلب على الغاز، من المتوقع أن يشهد إنتاج الغاز العالمي زيادةً بنحو 2%. ومن المتوقع أن يُعزى هذا النمو إلى زيادات كبيرة في الإنتاج في أوراسيا والشرق الأوسط وأمريكا الشمالية، بإضافاتٍ قدرها 33 و23 و27 مليار متر مكعب على التوالي. وسيدعم هذا الاتجاه التصاعدي إطلاق مشاريع غاز جديدة. وعلى المدى المتوسط، من المتوقع أن تُساهم أمريكا الشمالية والشرق الأوسط بشكل رئيسي في الزيادة العالمية في إنتاج الغاز، مع احتمال أن تلعب أفريقيا دورًا هامًا أيضًا. ومن المتوقع أن يرجع التوسع في إنتاج الغاز بشكل رئيسي إلى تطوير مصادر الغاز غير التقليدية¹.

الشكل رقم 9: إنتاج الغاز على أساس إقليمي



المصدر : GECF Secretariat based on data from Rystad and Cedigaz

¹ : GECF Annual gas market report 2024,p59

الفرع الأول : أوروبا

شهد المنتجون الرئيسيون الثلاثة في المنطقة انخفاضًا كبيرًا في الإنتاج، مدفوعًا بتمديد فترة الصيانة وإغلاق بعض حقول الغاز. في عام 2023، شهدت أوروبا انخفاضًا ملحوظًا في إنتاجها من الغاز الطبيعي بمقدار 19 مليار متر مكعب ليصل إلى 214 مليار متر مكعب. ويعزى هذا الانخفاض إلى انخفاضات في إنتاج النرويج وهولندا والمملكة المتحدة، بانخفاضات بلغت 7 مليارات متر مكعب و5.5 مليار متر مكعب و4.6 مليار متر مكعب على التوالي.

أ. النرويج: بلغ إنتاج الغاز في النرويج مستوى 126 مليار متر مكعب، بانخفاض قدره 5.3%. ويرجع الانخفاض في إنتاج الغاز النرويجي بشكل رئيسي إلى تمديد فترة الصيانة في حقل ترول (Troll field) وهو الحقل الرئيسي المنتج ومنشأة (Kollsnes) لمعالجة الغاز في بحر الشمال. والجدير بالذكر أن حقل ترول للغاز سجل انخفاضًا بنسبة 15.5% في إنتاجه، وبلغت مساهمته 33.6 مليار متر مكعب من إنتاج الغاز المحلي

ب. المملكة المتحدة: انخفض إنتاج المملكة المتحدة من الغاز بنسبة 15% ليصل إلى 30.9 مليار متر مكعب.

ت. هولندا: بلغ إنتاج هولندا من الغاز 12.4 مليار متر مكعب مواصلاً تراجعها، مع دخول مناطق الإنتاج الرئيسية مرحلة النضج توقف حقل غرونينغن (Groningen) للغاز، الذي كان في السابق أكبر حقل للغاز الطبيعي في أوروبا عن العمل رسميًا في عام 2023، شكّل هذا الإغلاق علامة فارقة في سياسة الطاقة في البلاد مُختتمًا فصلاً بدأ عام 1959.

أحرزت تركيا تقدمًا ملحوظًا في تعزيز إمداداتها المحلية من الغاز مع بدء إنتاج الغاز من حقل ساكاريا (Sakarya) في البحر الأسود، مما يُمثل خطوةً جوهريّةً نحو تقليل الاعتماد على الواردات وتعزيز أمن الطاقة. وعلاوة على ذلك تسلط العديد من التطورات الأخرى في مختلف أنحاء أوروبا، بما في ذلك بدء الإنتاج من حقل فينجا (Fenja) في البحر النرويجي وحقل الغاز سيجنوس (Cygnus) في المملكة المتحدة، فضلاً عن الخطط الاستراتيجية لرومانيا لتطوير حقول الغاز الرئيسية في البحر الأسود، الضوء على الجهود الجارية لتأمين وتوسيع قدرات إنتاج الغاز في أوروبا.¹

¹: GECF , Op.cit, pp 60-62.

الفرع الثاني: آسيا والمحيط الهادئ

شهدت المنطقة نموًا مستدامًا في الإنتاج، مدفوعًا بالزيادة الكبيرة في إنتاج الصين. في عام 2023، ارتفع إنتاج الغاز في منطقة آسيا والمحيط الهادئ بمقدار 9 مليارات متر مكعب ليصل إلى 657 مليار متر مكعب، ما يمثل 16٪ من إنتاج الغاز العالمي. وقادت الصين (8.7 مليار متر مكعب) والهند (3.6 مليار متر مكعب) هذه الزيادة في الإنتاج.

أ. الصين: ارتفع إنتاج الصين من الغاز بنسبة 4% ليصل إلى 209 مليارات متر مكعب في عام 2023 ، وقد شهد إنتاج الغاز في البلاد زيادة مطردة في السنوات الأخيرة ولديه القدرة على مواصلة هذا التوجه التصاعدي. وارتفع إجمالي إنتاج الغاز غير التقليدي في الصين من 40 مليار متر مكعب في عام 2015 إلى 86 مليار متر مكعب في عام 2023 ما يمثل 41% من إجمالي إنتاج الغاز. وقد أصبح إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية في الصين أمرًا بالغ الأهمية لتلبية احتياجات البلاد من الطاقة وعلى مر السنين، أطلقت العديد من مشاريع الاستكشاف والتطوير لتعزيز قدرات إنتاج الغاز غير التقليدي. في مايو 2023 بدأت شركة بتروتشاينا (PetroChina) استخراج الغاز من حقل تيشانبو (Tieshanpo) للغاز الحامض في حوض سيتشوان (Sichuan) ويجري حاليًا تطوير الحقل المعروف بارتفاع نسبة الكبريت فيه وتركيبته الجيولوجية المعقدة لاستغلال احتياطياتها بالكامل.

ب. الهند: شهدت الهند ارتفاعًا بنسبة 12% في إنتاجها السنوي من الغاز ليصل إلى 35.1 مليار متر مكعب في عام 2023 ، ويرجع هذا الارتفاع بشكل رئيسي إلى السياسات الحكومية المشجعة التي اعتمدها لتعزيز الإنتاج المحلي من الحقول القائمة والحقول الجديدة. ونشأ معظم الإنتاج الهندي من حقول الغاز التقليدية (93% من إجمالي الإنتاج)، مع 4% من تطوير حقل CBM ، مسجلًا نموًا سنويًا في الإنتاج بنسبة 9% ومنحت المديرية العامة للهيدروكربونات الهندية حقوق استكشاف وتطوير 10 مناطق نفط وغاز بموجب الجولة الثامنة من سياسة تراخيص المناطق المفتوحة (OALP) في عام 2023.

ت. أستراليا: شهد إنتاج الغاز في أستراليا ارتفاعًا طفيفًا بمقدار 0.2 مليار متر مكعب في عام 2023 ليصل إلى 148.2 مليار متر مكعب هيمن إنتاج الغاز التقليدي على إنتاج الغاز، بواقع 105 مليارات متر مكعب يليه إنتاج الغاز غير التقليدي، الذي وصل إلى 43.2 مليار متر مكعب. وقد شهد هذا الأخير زيادة كبيرة في السنوات الأخيرة نتيجة تشغيل مشاريع تسهيل

جديدة تعتمد على إنتاج الغاز من حقل CBM، مسجلاً معدل نمو سنوي مركب بلغ 19% خلال العقد الماضي.

ومن الجدير بالذكر أنه في يونيو 2023، تم إنتاج أول غاز من المرحلة الثانية من مشروع تطوير حقل جورجون (Gorgon) قبالة سواحل غرب أستراليا. وتضمنت هذه المرحلة تركيب 11 بئرًا إضافيًا في حقل جورجون (Gorgon) و يانز-آيو (Jansz-Io)، بالإضافة إلى خطوط أنابيب الإنتاج البحرية والمنشآت تحت سطح البحر. يُستخدم جزء من الغاز المُنتج لتصدير الغاز الطبيعي المُسال إلى المستهلكين في المنطقة الآسيوية بينما يُستهلك الباقي محليًا. وفي محاولة لجذب المزيد من الاستثمارات، تعمل الحكومة الأسترالية على تخفيف القيود التنظيمية للاستفادة الكاملة من احتياجات الغاز غير التقليدي الغنية في البلاد. ومع ذلك فإن الشاغل الرئيسي للحكومة، في ظل تزايد قدرات تصدير الغاز الطبيعي المُسال هو ضمان توفير إمدادات كافية من الغاز للمستهلكين المحليين¹.

الفرع الثالث : أمريكا الشمالية

كانت المنطقة في طليعة نمو إنتاج الغاز العالمي، مدفوعةً بالزيادة الكبيرة في إنتاج الولايات المتحدة وكندا.

في عام 2023، ارتفع إنتاج الغاز في أمريكا الشمالية بمقدار 51 مليار متر مكعب ليصل إلى 1,279 مليار متر مكعب، ما يمثل حصة 32% من إنتاج الغاز العالمي. ويُعزى هذا الارتفاع في إنتاج أمريكا الشمالية بشكل رئيسي إلى الولايات المتحدة.

أ- الولايات المتحدة الأمريكية: زاد إنتاج الغاز في الولايات المتحدة بنسبة 4% ليصل إلى 1,064 مليار متر مكعب ولتتزايد في العرض الطلب المتزايد على غاز التغذية من قبل محطات التسييل. ويرجع ارتفاع إنتاج الغاز في الولايات المتحدة إلى زيادة عمليات الحفر في مناطق الغاز/النفط الصخري الرئيسية، بما في ذلك Anadarko, Marcellus, Utica Bakken, Eagle Ford, Haynesville, Niobrara and Permian. شهد إنتاج الغاز غير التقليدي في الولايات المتحدة ارتفاعًا بنسبة 5% ليصل إلى 953 مليار متر مكعب، ما يُشكل 73% من الإنتاج العالمي للغاز غير التقليدي. كان المساهمون الرئيسيون في إنتاج الغاز الصخري هم منطقة Appalachian، التي تتكون من خزانات Marcellus و Utica ، ومنطقة Permian (الغاز

¹ : GECF , Op.cit, pp 63-64.

المصاحب)، والتي شكلت 24% و36% على التوالي من إجمالي الإنتاج من المناطق السبع الرئيسية.

في نهاية عام 2023، بلغ عدد الآبار المحفورة وغير المكتملة (DUC) في المناطق السبع الرئيسية لإنتاج النفط والغاز الصخري في الولايات المتحدة 4,373 بئرًا، بانخفاض قدره 969 بئرًا عن ديسمبر 2022. وقد حفّز ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي في النصف الأول من عام 2023، والتكاليف المتزايدة المرتبطة بحفر آبار جديدة، المشغّلين على استكمال وتشغيل الآبار التي سبق حفرها.

في عام 2024، من المتوقع أن يزداد إنتاج الغاز في الولايات المتحدة بمقدار 9 مليارات متر مكعب، مع نشوء جزء كبير من هذا التوسع من الغاز المصاحب.

ب- كندا: بنمو قدره 4% وصل إنتاج كندا من الغاز إلى 188.5 مليار متر مكعب في عام 2023. وشهد إنتاج الغاز الصخري نموًا مستمرًا منذ عام 2010 ليصل إلى أكثر من 125 مليار متر مكعب في عام 2023، وهو ما يمثل ثلثي إجمالي إنتاج كندا

كانت كندا من الدول التي استفادت من ثورة الغاز الصخري في الولايات المتحدة، وعملت على تكرار نفس النتيجة. في المقابل سجل إنتاج الغاز التقليدي انخفاضًا حادًا ليصل إلى 35 مليار متر مكعب في عام 2023. وعلى الصعيد الإقليمي، ارتفع إنتاج الغاز في مقاطعة ألبرتا بنسبة 2% ليصل إلى 113 مليار متر مكعب، وهو ما يمثل 61% من إجمالي إنتاج الغاز في كندا.¹

الفرع الرابع: أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي (LAC)

شهد إنتاج الغاز الإقليمي استقرارًا نسبيًا، مع اكتساب تطوير الغاز الصخري في الأرجنتين زخمًا كبيرًا.

في عام 2023 شهدت أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي انخفاضًا طفيفًا في إنتاج الغاز الطبيعي بنسبة 0.3%، ليصل إلى مستوى 161 مليار متر مكعب يتناقض هذا الانخفاض مع الزيادات المحلية في الإنتاج داخل المنطقة، كما هو الحال في ترينيداد وتوباغو التي سجلت ارتفاعًا بنسبة 2% ليصل إلى 28 مليار متر مكعب والبيرو حيث نما الإنتاج إلى 14.6 مليار متر مكعب من 13.7 مليار متر مكعب في عام 2022.

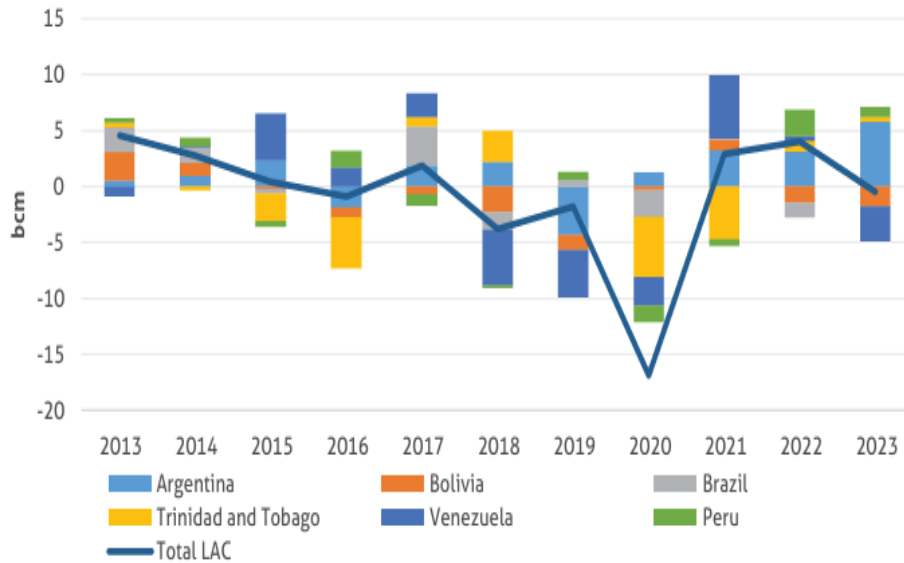
¹ : GECF , Op.cit, pp 65-66.

بصفة عامة وبينما شهد عام 2023 انخفاضًا طفيفًا في إنتاج الغاز في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، تشير التطورات والاكتشافات الاستراتيجية في جميع أنحاء المنطقة إلى إمكانات للتعافي والنمو في السنوات القادمة. ومن المرجح أن تلعب الاستثمارات في مشاريع الغاز الصخري والمياه العميقة إلى جانب الجهود التعاونية دورًا حاسمًا في تشكيل مستقبل صناعة الغاز الطبيعي في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي. كان من التطورات البارزة في عام 2023 الاتفاق بين فنزويلا وترينيداد وتوباغو لتطوير حقل دراغون (Dragon) للغاز، والذي من المتوقع أن يعزز قدرة إنتاج الغاز في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي بشكل كبير.

أ- البرازيل : بلغ إنتاج البرازيل من الغاز المُسَوَّق 20.2 مليار متر مكعب، مُطابِقًا مستوى العام الماضي في غضون ذلك، حققت رقمًا قياسيًّا في إجمالي إنتاج الغاز بلغ 55 مليار متر مكعب (بزيادة قدرها 9٪).

ب- الأرجنتين: ارتفع إنتاج الأرجنتين من الغاز بنسبة 5٪ ليتجاوز 50 مليار متر مكعب، مدفوعًا بشكل رئيسي بتطوير حوض فاكا مويرتا (Vaca Muerta) للصخر الزيتي، وشكّل إنتاج الغاز غير التقليدي 59٪ من إجمالي إنتاج البلاد.¹

الشكل رقم 10: التباين السنوي في إنتاج الغاز في أمريكا اللاتينية ومنطقة بحر الكاريبي



المصدر : GECF Secretariat based on data from Rystad Energy

¹ : GECF , Op.cit, pp 67-68.

الفرع الخامس: أفريقيا

واصلت المنطقة مسيرتها نحو استغلال مواردها الغازية الهائلة، مع دخول جهات إقليمية جديدة إلى سوق الغاز العالمية.

في عام 2023 استقر إنتاج أفريقيا من الغاز الطبيعي عند 252 مليار متر مكعب مُمثلاً 6% من الإنتاج العالمي. ورغم ثبات مستوى الإنتاج الإجمالي، سجلت الجزائر وليبيا زيادات قدرها 5 مليارات متر مكعب ومليار متر مكعب واحد على التوالي مُوازنةً بذلك الانخفاضات الطفيفة التي شهدتها دول أفريقية رئيسية أخرى .

أ- الجزائر: حققت الجزائر رقماً قياسياً شهرياً في إنتاج الغاز في مارس، مما رفع صادراتها من الغاز الطبيعي المسال إلى مستويات غير مسبوقه. ويُعزى هذا الارتفاع إلى التوسع الناجح في حقول رئيسية مثل حاسي مسعود، وحاسي الرمل.

ب- أنغولا: شهدت أنغولا نمواً بنسبة 5% في إنتاج الغاز ليصل إلى 6.5 مليار متر مكعب. وتُعدّ أنغولا من الدول الرائدة في مجال استخلاص الغاز المصاحب وتسييله من خلال مصنعها للغاز الطبيعي المسال في سويو (Soyo)، بطاقة معالجة تبلغ 11.4 مليار متر مكعب سنوياً والذي يُعدّ من أوائل المنشآت المُزودة بالغاز المصاحب في العالم. شهدت أنغولا نمواً بنسبة 5% في إنتاج الغاز ليصل إلى 6.5 مليار متر مكعب، وتُعدّ البلاد من بين الدول الناجحة في مجال استخلاص الغاز المصاحب وتسييله من خلال مصنعها للغاز الطبيعي المسال في سويو (Soyo)، بطاقة معالجة تبلغ 11.4 مليار متر مكعب والذي يُعدّ من أوائل المنشآت في العالم المُزودة بالغاز المصاحب.

ت- الموزمبيق : ضاعفت موزمبيق إنتاجها من الغاز تقريباً ليصل إلى 8.7 مليار متر مكعب. جاء هذا التطور بعد أن صدرت البلاد أول شحنة من الغاز الطبيعي المسال في نوفمبر 2022، بموجب عقد شراء وبيع طويل الأجل مع شركة BP's ، مما أتاح هامشاً كبيراً لمزيد من النمو في إنتاج الغاز.

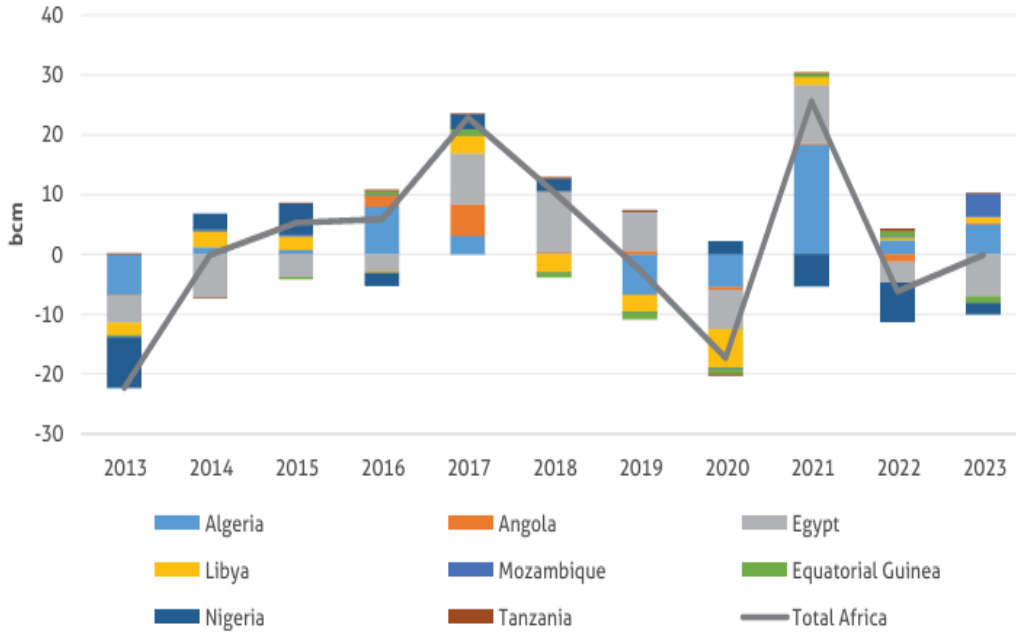
ث- تنزانيا: وهي دولة ناشئة أخرى في القارة، فقد عملت على الاستغلال الاقتصادي لاحتياطياتها الكبيرة من الغاز، حيث ارتفع الإنتاج بنسبة 6% ليصل إلى 2.4 مليار متر مكعب.¹

¹ : GEFCF , Op.cit, pp 69-70

تم تأجيل بدء تشغيل مشروع غاز "the Greater Tortue Ahmeyim" (GTA) على الحدود السنغالية الموريتانية إلى الربع الأخير من عام 2024. يُمثل هذا المشروع الذي من المتوقع أن يستغل حوالي 425 مليار متر مكعب من الغاز القابل للاستخراج، خطوةً هامةً نحو استغلال موارد المياه العميقة في أفريقيا جنوب الصحراء.

بشكل عام وبينما ظل إنتاج أفريقيا من الغاز مستقرًا في عام 2023، فقد تميز العام بتطورات واستثمارات استراتيجية تهدف إلى تسخير موارد الغاز الهائلة في القارة. وتبشر هذه الجهود لا سيما في أفريقيا جنوب الصحراء بتعزيز دور القارة في سوق الغاز العالمي في السنوات القادمة، رهنا بحشد الاستثمارات اللازمة والتنفيذ الناجح للمشاريع المخطط لها.

الشكل رقم 11: التباين السنوي في إنتاج الغاز في إفريقيا



المصدر : GECF Secretariat based on data from Rystad Energy

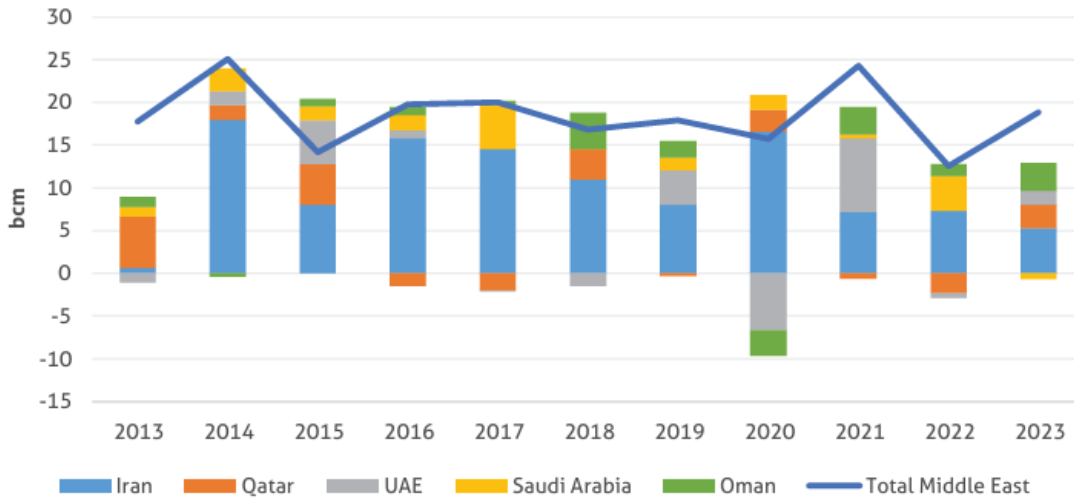
الفرع السادس : الشرق الأوسط

مع بدء مشاريع تطوير الغاز الجديدة، أصبحت المنطقة أحد محركات نمو إنتاج الغاز العالمي. في عام 2023 ارتفع إنتاج الغاز في الشرق الأوسط بنسبة 2.8% ليصل إلى 700 مليار متر مكعب، مع توسع حصة المنطقة من إنتاج الغاز العالمي إلى 17%. وجاء هذا النمو نتيجةً لمساهمات كبيرة من

إيران وعمان وقطر والإمارات العربية المتحدة، والتي أضافت مجتمعاً 13 مليار متر مكعب من الغاز والجدير بالذكر أن قطر والإمارات العربية المتحدة تُركزان على الاستفادة من احتياطيهما من الغاز لتوسيع قدرتهما التصديرية للغاز الطبيعي المسال من خلال العديد من المشاريع ذات التكلفة التنافسية. أ- العراق: يُعزز العراق التعاون ويُتيح فرصاً لاستكشاف وتطوير الغاز وقد أبرزت الاتفاقية الأولية مع أرامكو السعودية لتطوير حقل عكاس (Akkas) للغاز، وإطلاق جولة التراخيص السادسة لـ 11 منطقة استكشاف، التزام العراق بتلبية احتياجاته المحلية من الغاز وتعزيز صناعاته البتروكيمياوية.

ب- السعودية: تسعى المملكة العربية السعودية وفي مقدمتها أرامكو، جاهدةً لزيادة إنتاج الغاز بحلول عام 2030 مع التركيز على المصادر التقليدية وغير التقليدية، بما في ذلك مشروع الجافورة (Jafurah) وجنوب الغوار (Ghawar) الرائدان. وتُعدّ هذه الجهود جزءاً من استراتيجية أوسع نطاقاً لتلبية الطلب الصناعي المحلي ودعم التنويع الاقتصادي.

الشكل رقم 12: التباين السنوي في إنتاج الغاز في الشرق الاوسط



المصدر: GECF Secretariat based on data from Rystad Energy Ucub

الفرع السابع : أوراسيا

سجلت المنطقة انخفاضًا في مستوى الإنتاج، في ظل التطورات الجيوسياسية. في عام 2023 قُدِّر إنتاج أوراسيا من الغاز بنحو 784 مليار متر مكعب، بانخفاض قدره 3.5% مقارنة بالعام السابق¹. وشكّلت المنطقة 19% من إنتاج الغاز العالمي، حيث تُهيمن روسيا على إنتاج أوراسيا، تليها تركمانستان، وأوزبكستان، وأذربيجان، وكازاخستان. وارتفع إنتاج الغاز في أذربيجان بنسبة 4% ليصل إلى 36 مليار متر مكعب وأطلقت البلاد رسميًا حقل أبشرون (the Absheron) للغاز، وهو مشروع مشترك بين (SOCAR وTotal Energies) ، ويُنتج حاليًا 1.5 مليار متر مكعب في مرحلته الأولى. وهناك خطط لزيادة هذا الإنتاج إلى 5.5 مليار متر مكعب عند اكتمال تطويره متعدد المراحل. في غضون ذلك انخفض إنتاج تركمانستان من الغاز بنسبة 2% ليصل إلى 76.8 مليار متر مكعب.

المطلب الثالث : استهلاك الغاز الطبيعي

الفرع الأول : استهلاك الغاز حسب المنطقة

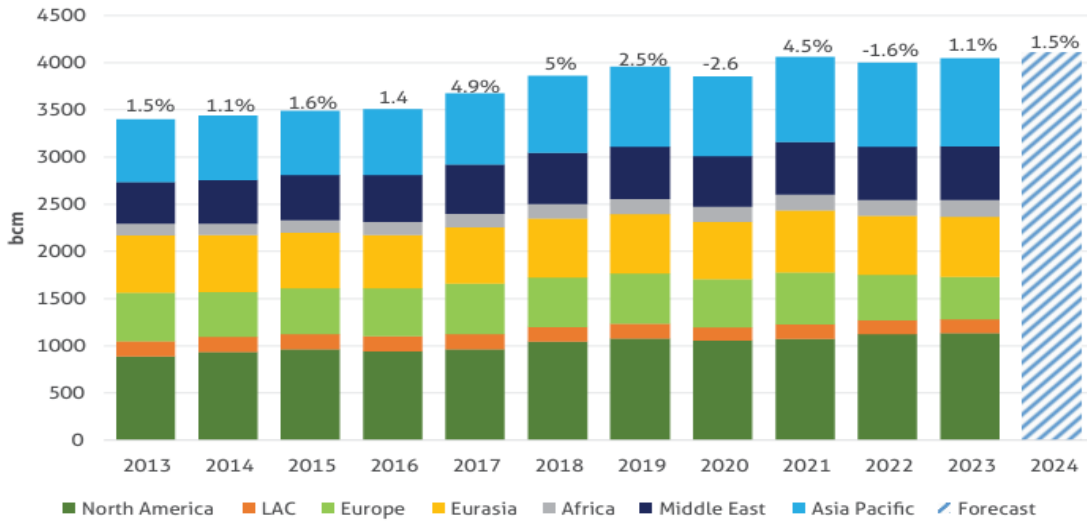
شهد استهلاك الغاز العالمي انتعاشًا ملحوظًا، مدفوعًا بالتنمية الاقتصادية وانخفاض أسعاره، مع تصدر منطقة آسيا والمحيط الهادئ قائمة الدول الأكثر نموًا. في عام 2023 من المتوقع أن ينمو استهلاك الغاز العالمي بنسبة 1.1% على أساس سنوي ليصل إلى 4.09 تريليون متر مكعب، مع انتعاش استهلاك الغاز في العديد من المناطق. يأتي ذلك عقب انخفاض بنسبة 1.6% في عام 2022. وقد أدى انخفاض أسعار الغاز والانتعاش الاقتصادي في العديد من الدول إلى تعزيز الاستهلاك في القطاعين الصناعي وتوليد الطاقة. علاوة على ذلك، عززت درجات الحرارة المرتفعة القياسية في العديد من المناطق خلال أشهر الصيف الطلب على الغاز لأغراض التبريد. ومع ذلك فرض طقس الشتاء الأكثر دفئًا من المعتاد ضغطًا تنازليًا على الطلب على الغاز، مما أثر بشكل خاص على القطاع السكني.

كانت منطقة آسيا والمحيط الهادئ المحرك الإقليمي الرئيسي لنمو استهلاك الغاز. وارتفع استهلاك الصين بنسبة 7% نتيجةً للانتعاش الاقتصادي عقب تخفيف إجراءات الإغلاق الصارمة بسبب جائحة كوفيد-19. ارتفع استهلاك الهند بنسبة 13% في ظل التحول من الفحم إلى الغاز في توليد الطاقة. وبالمثل، ارتفع استهلاك الغاز في الولايات المتحدة بنسبة 0.9% مدفوعًا بزيادة استخدام الغاز في توليد الطاقة في ظل التخلص التدريجي من العديد من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم، في المقابل انخفض استهلاك الغاز في

¹ : GECF , Op.cit, pp 70-71

الاتحاد الأوروبي بنسبة 7%، متأثرًا بطقس الشتاء المعتدل في المنطقة، وتجديد لوائح الاتحاد الأوروبي بشأن خفض طوعي للطلب على الغاز بنسبة 15%، وزيادة إنتاج طاقة الرياح والطاقة الشمسية¹. في عام 2024، من المتوقع أن ينمو الطلب العالمي على الغاز بنسبة 1.5-2%، مدفوعًا باستقرار أسعار الغاز عند مستويات منخفضة نسبيًا حتى عام 2022، بالإضافة إلى تسارع التحول من الفحم إلى الغاز. ومع ذلك، قد تختلف هذه التوقعات تبعًا لظروف الطقس، وخاصة خلال فصل الشتاء. وستكون منطقة آسيا والمحيط الهادئ المحرك الرئيسي لارتفاع الطلب.

الشكل رقم 13: تطور الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي خلال الفترة 2013-2023



المصدر : GECF Secretariat based on data from Cedigaz; GECF's estimate for 2023 and forecast for 2024

- أوروبا : بسبب الإجراءات التنظيمية، وارتفاع درجات الحرارة في الشتاء، والتحول الملحوظ نحو الطاقة المتجددة سجلت المنطقة انخفاضًا في استهلاك الغاز، شهد الاتحاد الأوروبي انخفاضًا ملحوظًا بنسبة 6% في استهلاك الغاز الطبيعي، من 354 مليار متر مكعب في عام 2022 إلى 333 مليار متر مكعب في عام 2023 وسط درجات حرارة شتوية أعلى من المتوسط وجهود تنظيمية لخفض الطلب على الغاز، وتحول متزايد نحو الطاقة المتجددة². يعود هذا الانخفاض بشكل رئيسي إلى قطاع توليد الطاقة، مع انخفاض قياسي في توليد الطاقة من الوقود الأحفوري. وعلى وجه الخصوص، انخفض إنتاج الكهرباء من الغاز والفحم بنسبة 16%

¹ : GECF , Op.cit, pp 23-24

² : GECF , Op.cit, pp 24-34

و27% على التوالي. في المقابل شهد توليد الكهرباء من طاقة الرياح ارتفاعاً بنسبة 13%، متجاوزاً توليد الطاقة من الغاز لأول مرة. وضمن مزيج الطاقة استحوذت مصادر الطاقة المتجددة على الحصة الأكبر بنسبة 33%، تليها الطاقة النووية بنسبة 24%، والغاز بنسبة 17%، والطاقة الكهرومائية بنسبة 13%، والفحم بنسبة 13% وشهد القطاع السكني أيضاً تراجعاً في الطلب، بسبب اعتدال الطقس الشتوي في حين أظهر القطاع الصناعي بوادر انتعاش، مدفوعاً بانخفاض أسعار الغاز.

• **آسيا والمحيط الهادئ** : شهد استهلاك الغاز في المنطقة ارتفاعاً حاداً، حيث قادت الصين والهند النمو في ظل انخفاض الاستهلاك في اليابان وكوريا الجنوبية. في عام 2023 ارتفع استهلاك الغاز في المنطقة بنسبة 3.7% ليصل إلى 920 مليار متر مكعب وتصدرت الصين النمو بزيادة قدرها 28 مليار متر مكعب، تلتها الهند بزيادة قدرها 8 مليارات متر مكعب. في المقابل، سجلت اليابان وكوريا الجنوبية انخفاضاً قدره 8 مليارات متر مكعب و5 مليارات متر مكعب على التوالي.

في عام 2024 من المتوقع أن يشهد الطلب الإقليمي على الغاز زيادة، مدفوعاً بانتعاش القطاع الصناعي في ظل انخفاض أسعار الغاز الطبيعي. ومن المتوقع أن تقود الصين نمو الطلب في المنطقة، مدفوعاً بشكل رئيسي بالتحول من الفحم إلى الغاز في قطاع توليد الطاقة، حيث يجعل انخفاض الأسعار الغاز مصدر طاقة أكثر تنافسية مقارنةً بأنواع الوقود الأخرى، بالإضافة إلى ذلك من المتوقع أن يؤدي افتتاح محطات استقبال جديدة للغاز الطبيعي المسال إلى تعزيز استهلاك الغاز في الدول الناشئة مثل إندونيسيا وتايلاند والفلبين وبنغلاديش.

• **أمريكا الشمالية** : شهد استهلاك الغاز في المنطقة ارتفاعاً طفيفاً، مدفوعاً بتحول قطاع الطاقة الأمريكي نحو الغاز الطبيعي. في عام 2023 ارتفع استهلاك الغاز في أمريكا الشمالية بنسبة 0.8% ليصل إلى 1,136 مليار متر مكعب، حيث تصدر الولايات المتحدة النمو بزيادة قدرها 5.4 مليار متر مكعب. في عام 2024 من المتوقع أن يظل الطلب على الغاز عند نفس المستوى، مدفوعاً بشكل رئيسي باستخدام الغاز في قطاع توليد الطاقة.

• **أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي**: شهدت المنطقة انخفاضاً في الطلب على الغاز، يرجع بشكل رئيسي إلى تحول البرازيل من الغاز إلى توليد الطاقة الكهرومائية.

في عام 2023 من المتوقع أن ينخفض استهلاك الغاز في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي بنسبة 3% ليصل إلى 141 مليار متر مكعب، وستكون البرازيل في طليعة هذا الانخفاض. وبالنظر إلى عام

2024 من المتوقع أن ينخفض الطلب الإقليمي على الغاز بنسبة 1% أخرى، ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى زيادة إنتاج الطاقة الكهرومائية والمتجددة.¹

- **أفريقيا:** شهدت المنطقة ارتفاعاً ملحوظاً في استهلاك الغاز، مدفوعاً باحتياجات قطاع الكهرباء من الطاقة. في عام 2023 من المتوقع أن يسجل استهلاك الغاز في أفريقيا نمواً بنسبة 4.5% مقارنةً بعام 2022 (8 مليارات متر مكعب) ليصل إلى 175 مليار متر مكعب وتتصدر الجزائر ونيجيريا ومصر نمو استهلاك الغاز الإقليمي، مدفوعاً بشكل رئيسي بقطاع الكهرباء. وفي عام 2024، من المتوقع أن يستمر ارتفاع الطلب على الغاز في أفريقيا، مدفوعاً بشكل رئيسي بقطاع توليد الطاقة.²

الفرع الثاني: استهلاك الغاز حسب القطاع

- **توليد الطاقة:** ارتفع الطلب العالمي على الكهرباء، مدفوعاً بالانتعاش الاقتصادي والتحول المستمر من الفحم إلى الغاز، إلى جانب زيادة ملحوظة في توليد الطاقة المتجددة. في عام 2023 شهد قطاع توليد الطاقة العالمي زيادة سنوية في استهلاك الكهرباء بنسبة 1.4%، ليصل إجمالي الاستهلاك إلى 28,329 تيراوات/ساعة. ويرجع هذا الارتفاع إلى الانتعاش الاقتصادي وتوسع شبكات الكهرباء في مختلف البلدان. بلغ استهلاك الغاز في هذا القطاع 6,259 تيراوات/ساعة، مسجلاً زيادة طفيفة عن العام السابق ويرجع هذا النمو المتواضع في المقام الأول إلى التحول من الفحم إلى الغاز في مختلف المناطق، مدفوعاً بانخفاض أسعار الغاز الذي جعله خياراً أكثر تنافسية من أنواع الوقود الأخرى. ولا يزال القطاع أكبر مستهلك للغاز، حيث استحوذ على 44% من استخدام الغاز عالمياً في عام 2023. وفي الوقت نفسه، شهد توليد الطاقة المتجددة العالمي زيادة بنسبة 13% في عام 2023 مقارنة بعام 2022، مضيفاً 510 تيراوات/ساعة. على مدى السنوات الخمس الماضية، تضاعف إنتاج مصادر الطاقة المتجددة بأكثر من الضعف، مدفوعاً بتعزيز الدعم السياسي. وشهد توليد الطاقة من الفحم نمواً هامشياً بنسبة 0.2% على أساس سنوي، مع إضافة 22 تيراواط/ساعة. شهد إنتاج الطاقة الكهرومائية انخفاضاً بنسبة 2.5% على أساس سنوي، ليصل إلى 4,411 تيراواط/ساعة. ولا يزال الفحم يستحوذ على الحصة الأكبر في مزيج توليد الطاقة بنسبة 35% في عام

¹ :: GECF , Op.cit, pp 35-47

² : GECF , Op.cit, pp 48-49

2023، يليه الغاز الطبيعي (22%)، ثم مصادر الطاقة المتجددة (16%)، ثم الطاقة الكهرومائية (15%)، ثم النووية (9%).

- **القطاع الصناعي** : شهد الاستخدام العالمي للغاز في القطاع الصناعي ارتفاعًا طفيفًا، مدفوعًا بالنمو الاقتصادي في المناطق الرئيسية، واستفادة صناعة الأسمدة من انخفاض تكاليف الغاز. في عام 2023 قُدِّر أن الاستهلاك العالمي للغاز في القطاع الصناعي قد زاد بشكل طفيف ليصل إلى حوالي 710 مليارات متر مكعب وتجدر الإشارة إلى أن استهلاك الغاز في القطاع الصناعي كان أعلى من مستويات ما قبل الجائحة. تتمثل العوامل الرئيسية للنمو في الانتعاش الاقتصادي في الصين والهند وصناعة الأسمدة، مع انخفاض أسعار الغاز، مما زاد من جاذبية استخدامه كمادة خام. على المستوى الإقليمي، سجلت أفريقيا وآسيا والمحيط الهادئ والشرق الأوسط نموًا بنسبة 6% و1% و0.5% على أساس سنوي على التوالي. في المقابل سجلت أوروبا وأمريكا الشمالية وأمريكا اللاتينية انخفاضًا سنويًا بنسبة 0.4% و1.4% و4.4%، على التوالي.
- **القطاع السكني والتجاري** : شهد الاستهلاك العالمي للغاز في القطاعين السكني والتجاري زيادة طفيفة، تُعزى إلى اعتدال مناخ الشتاء، في عام 2023 ارتفع الاستهلاك العالمي للغاز في القطاعين السكني والتجاري بشكل طفيف إلى 826 مليار متر مكعب، وهو أعلى من مستويات ما قبل الجائحة كان فصل الشتاء معتدلًا كما كان في العام السابق، مما أدى إلى استقرار نسبي في استهلاك الغاز الطبيعي في هذين القطاعين. إقليمياً شهدت أوروبا وأمريكا الشمالية انخفاضاً بنسبة 4.3% و0.1% على التوالي، أي ما يعادل 8 مليارات متر مكعب و0.5 مليار متر مكعب على التوالي مقارنةً بعام 2022. في المقابل شهدت أفريقيا والشرق الأوسط وآسيا والمحيط الهادئ زيادات بنسبة 13% و4% و1.6% على التوالي.
- **قطاع النقل** : في حين أن قطاع النقل لا يزال سوقًا متخصصةً في مجال الغاز، إلا أن آفاقه متباينة ضمن كل وسيلة نقل. على الصعيد العالمي، ظل استخدام الغاز الطبيعي كوقود لقطاع النقل منخفضًا نسبيًا، مقارنةً بقطاعات الطلب الأخرى. في السنوات الأخيرة، شكّل قطاع النقل البري حوالي 1.5% من الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي، على الرغم من أن هذه النسبة المئوية تشهد نموًا سنويًا¹.

¹ : GEFCF , Op.cit, pp 50-57.

خاتمة الفصل الأول

الغاز الطبيعي هو وقود أحفوري تشكل بسبب تعرض طبقات من النباتات والغازات والحيوانات إلى الحرارة الشديدة يرتفع الغاز الطبيعي عبر القشرة الأرضية والصخور الزيتية وبعض المواد الأخرى لان كثافته منخفضة، كما يرتفع بعض من غاز الميثان لقشرة الكرة الأرضية وبعضها الآخر يطير في الهواء، لكن أكثر هذا الغاز سيرتفع إلى التكوينات الجيولوجية للأرض.

يصنف الغاز الطبيعي وفقا لمصدره إلى غاز تقليدي مستخرج من حقول البترول وهو الغاز المصاحب أو المستخرج من الحقول الغازية وهو الغاز الغير مصاحب أما الغاز الغير تقليدي فيتمثل في الغاز الضيق ، ميثان الفحم ، هيدرات الغاز والغاز الصخري . وفي تصنيف اخر وفقا للتركيب الكيميائي للغاز الطبيعي نجد الغاز الجاف وهو ما تحتوي تركيبته على اكثر من 90 ٪ من الميثان ، والغاز الرطب وهو ما يحوي على كميات معتبرة من هيدروكربونات الثقيلة (البروبان ، البوتان) كما يمكننا تصنيف الغاز الطبيعي إلى حلو وحامض وفقا لمحتوى الكبريت .

إن مميزات الغاز الطبيعي البيئية و الاقتصادية جعلت منه في الوقت الراهن المصدر المثالي للطاقة حيث اصبح اليوم يدعم عددا من القطاعات الأساسية مثل البتروكيماويات ، صناعة الصلب والإسمنت ، توليد الطاقة وتحلية المياه الخ مما جعله عاملا مهما في التنمية الاقتصادية سواء كمورد للطاقة أو كمادة أولية لعدد الصناعات أو كمورد موجه للتصدير.

تمر الصناعة الغازية بمراحل متعاقبة تتضمن سلسلة عمليات ونشاطات أولها البحث والكشف والتنقيب باستخدام طرق المسح المختلفة والتي تحدها عوامل متعددة مثل طبيعة الجيولوجية للمنطقة واحتمال تواجد الغاز بها ، تليها مرحلة استخراج الغاز باستخدام طرق الحفر المختلفة ثم تأتي مرحلة معالجة الغاز في محطات خاصة باستخدام عازلات تحدد بناءا على تركيب ومكونات الغاز وحجم العازلة إضافة إلى عامل الضغط ، ليتم بعدها تخزين ونقل الغاز الطبيعي من مناطق الإنتاج إلى مناطق الاستهلاك عن طريق خطوط الأنابيب أو عن طريق الناقلات بعد القيام بعملية الإسالة أي خفض حجمه إلى 1/600 من الحجم الأصلي .

شهد احتياطي الغاز الطبيعي نموا مضطربا من سنة إلى أخرى وصل سنة 2023 إلى 208.117 (Bcm) بنسبة 69% وحوالي 144.557 (Bcm) لصالح دول GECF ، تمتلك دول الشرق الأوسط أكبر احتياطي بنسبة 41% من الاحتياطي العالمي تليها أوراسيا وأمريكا الشمالية بنسبة 32 و9 على التوالي، كما شهدت نسبة استبدال الاحتياطي (RRR) انخفاضا إلى 13% مقارنة بـ 19% سنة 2022.

حقق إنتاج الغاز الطبيعي لسنة 2023 ارتفاعا بنسبة 0.8 ليصل إلى 4.08 تريليون متر مكعب وحققت منطقة أمريكا الشمالية المرتبة الأولى في إنتاج الغاز الطبيعي بنسبة 4.1% من الإنتاج العالمي وعلى مستوى الدول سجلت الو.م.أ أكبر انتاج بنسبة 42 مليار متر مكعب تليها الصين وكندا بـ 9 مليار متر مكعب و8 مليار متر مكعب على التوالي.

كما شهد استهلاك الغاز العالمي انتعاشًا ملحوظًا، مدفوعًا بالتنمية الاقتصادية وانخفاض أسعاره مع تصدر منطقة آسيا والمحيط الهادئ قائمة الدول الأكثر نموًا.

الفصل الثاني

السوق الدولية للغاز الطبيعي

مقدمة

يتم تداول الغاز الطبيعي دولياً ، لكن هذه التجارة مقيدة بالعديد من العقبات. حيث يتطلب نقل الغاز الطبيعي إنشاء خطوط أنابيب متخصصة أو منشآت موانئ تكلف مليارات الدولارات. بالإضافة إلى تكاليف النقل هذه تواجه تجارة الغاز الطبيعي عقبات كبيرة في شكل أسعار غير تنافسية وأسواق ضعيفة وخطر واحد وعقود تقييدية وسياسات تجارية حكومية¹. ونتيجة لذلك ، تم تجزئة سوق الغاز الطبيعي العالمي على المستوى الإقليمي وبسبب هذا التجزئة ، توجد اختلافات كبيرة في أسعار الغاز عبر المناطق مثل المناطق التي تستورد غازها تدفع التكاليف التي تفرضها العقبات.

على سبيل المثال: في عام 2014 بلغ متوسط سعر الغاز الطبيعي 16 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية في اليابان و 9 دولارات في أوروبا (المناطق التي تستورد كل أو معظم غازها) ، ولكن فقط 4 دولارات في الولايات المتحدة (التي لديها إنتاج محلي كبير جدًا)².

ومع ذلك ، قد تضعف بعض هذه العقبات أمام التجارة الدولية. أصبحت الممارسات التنافسية في أسواق الغاز الطبيعي أكثر انتشارًا: ففي عام 2005 ، تم تحديد سعر 31 % من الغاز الطبيعي المستهلك في جميع أنحاء العالم في أسواق الجملة التنافسية ، لكن هذا زاد إلى 43 % في 2014³. بالإضافة إلى ذلك فإن أسواق الغاز الطبيعي تتزايد كثافة ، مما قلص تكاليف المعاملات.

يمكن للمناطق البعيدة تبادل الغاز الطبيعي عن طريق تحويله إلى غاز طبيعي مسال (LNG) ، وزاد حجم تجارة الغاز الطبيعي المسال بأكثر من 50 في المائة بين عامي 2006 و 2014⁴. بين عامي 2000 و 2014 ، زاد عدد البلدان المصدرة للغاز الطبيعي المسال من 6 إلى 26 ، في حين زادت العقود الفورية والقصيرة الأجل من 5% من إجمالي تجارة الغاز الطبيعي المسال إلى 27%⁵. وعلاوة على ذلك ، فإن زيادة إنتاج الغاز الطبيعي من أسواق أمريكا الشمالية التنافسية من المرجح أن يعزز كلا الاتجاهين.

¹:International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey - 2015, 14–15.

²:BP, BP Statistical Review of World Energy 2015, 27.

³:International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey - 2015, 26.

⁴:BP, BP Statistical Review of World Energy 2007; BP, BP Statistical Review of World Energy 2015.

⁵:International Gas Union, World LNG Report 2015 Edition, 15.

المبحث الأول : التجارة الدولية للغاز الطبيعي

تعد التجارة الدولية للغاز الطبيعي من المكونات الأساسية للسوق الطاقوية العالمية ، إذ تمكن الدول المنتجة من تسويق فائض إنتاجها وتلبية احتياجات الدول المستوردة . وقد ساهم تطور وسائل النقل خاصة أنابيب الغاز والغاز الطبيعي المسال في توسيع نطاق المبادلات الدولية وتعزيز ترابط الأسواق الغازية .

المطلب الأول : عقبات أمام تجارة الغاز الطبيعي الدولية

لم تتقارب أسعار الغاز الطبيعي بسبب وجود عوائق كبيرة أمام التجارة في كل مرحلة من مراحل سلسلة الإمداد: من الحصول على الغاز الطبيعي ، إلى نقله إلى بلد المقصد ، إلى بيعه في بلد المقصد. من هذه العقبات تكاليف النقل ، والتسعير غير التنافسي ، والأسواق الضعيفة ، والمخاطر ، والعقود المقيدة ، والقيود الحكومية.

الفرع الأول : رسوم التوصيل

ربما تكون تكاليف النقل أكبر عقبة أمام تجارة الغاز الطبيعي. التجارة الدولية في الغاز الطبيعي مكلفة على حد سواء (التكاليف الحديدية) والهوامش الواسعة (التكاليف الثابتة) ، تمنع التكاليف الثابتة الكبيرة الشركات من دخول السوق وبالتالي يمكن أن تخلق قوة سوقية. التكاليف الهامشية للغاز الطبيعي المسال مرتفعة أيضاً مما يحد من قدرة التحكيم على القضاء على فروق الأسعار. يتطلب الغاز الطبيعي بنية تحتية متخصصة للنقل: إما خطوط أنابيب للنقل البري أو محطات الاستيراد والتصدير لنقل الغاز الطبيعي المسال في الخارج. على وجه الخصوص التكاليف الثابتة لبناء محطات للغاز الطبيعي المسال وخطوط أنابيب الغاز مرتفعة: محطة لاستيراد الغاز الطبيعي المسال التي شيدها شركة شينير في لوزيانا في عام 2008 كلفت ملياري دولار¹. وتشير تقديرات Medlock إلى أن صادرات الغاز الطبيعي المسال الافتراضية من الولايات المتحدة منخفضة السعر إلى السعر المرتفع في اليابان خلال 2011-2020²، ستشكل تكاليف النقل 56 ٪ من تكلفة التفرغ .

الفرع الثاني : التسعير غير التنافسي

يتم تحديد أسعار الغاز الطبيعي بطرق مختلفة في الأسواق المختلفة ، ومع ذلك يمكن تصنيف آليات التسعير هذه على نطاق واسع إلى آليات تنافسية أو غير تنافسية ، اعتماداً على ما إذا كانت الأسعار تحددها أسواق تنافسية أو اتفاقات ثنائية مع أسواق تنافسية أو باتفاقات ثنائية مع عدد قليل من المشترين والبائعين أو الاحتكارات أو الحكومة يمكن للتسعير غير التنافسي أن يقيد التجارة من خلال تحديد أسعار الغاز الطبيعي مرتفعة أو

¹ : Helman, "How Cheniere Energy Got First In Line To Export America's Natural Gas."

² : Medlock, U.S. LNG Exports: Truth and Consequence, 30.

منخفضة بشكل غير فعال. تُرى آليات التسعير التنافسي وغير التنافسي في مختلف أسواق إنتاج واستيراد وتجارة الجملة للغاز الطبيعي ، اعتماداً على منطقتهم الجغرافية وأيضاً مرحلة سلسلة التوريد (الإنتاج والاستيراد أو الجملة) التي تحدث فيها المعاملة.

في عام 2014 ، حددت الأسعار التنافسية سعر 42.5 ٪ من الغاز الطبيعي المستهلك في جميع أنحاء العالم وكان التسعير التنافسي هو أكثر أنواع أسعار الجملة شيوعاً للغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية (99 ٪) وأوروبا (61 ٪) في عام 2014 ، لكنه أمر نادر الحدوث في بقية العالم ، حيث يعتبر تسعير مؤشر النفط أو التسعير الخاضع للتنظيم الحكومي هو المعيار، الوضع مشابه بغض النظر عن مصدر التوريد ، حيث أنه في جميع أنحاء العالم لا يستخدم التسعير التنافسي إلا بنسبة 42 ٪ من كل من الواردات والإنتاج يستهلك محلياً¹.

الفرع الثالث : أسواق ضعيفة

العديد من أسواق الغاز الطبيعي الرئيسية ضعيفة ، مما يحول دون التجارة عن طريق زيادة تكاليف المعاملات. على وجه الخصوص ، قد يكون من الصعب مطابقة المشترين والبائعين لقدرة تسهيل الغاز الطبيعي المسال وقدرة خطوط الأنابيب ، وهذه المشاكل حادة بشكل خاص في بعض المناطق.

بالنسبة للغاز الطبيعي المسال ، فإن المشكلة هي أن بناء محطة تصدير للغاز الطبيعي المسال لا يبدأ إلا بعد توقيع عقد مع عميل يلتزم بشراء الغاز². ونتيجة لذلك هناك قدر ضئيل من سعة التميع الزائدة على الرغم من أن معدل استخدام القدرة على التميع العالمي بلغ فقط 83٪ من عام 2010 حتى عام 2014³، كانت القدرة غير المستخدمة عادةً بسبب نزاع عسكري ، أو مشاكل تقنية ، أو عدم وجود غاز طبيعي للتسييل. هذا يعني أنه من الصعب للغاية على أي شخص أن يستخدم هذه السعة "الزائدة" بالفعل.

الوضع مشابه لخطوط الأنابيب يتم بناؤها فقط استجابة لعقد طويل الأجل مع عميل على الرغم من أن خطوط الأنابيب لديها عادة طاقة فائضة أكبر من الغاز الطبيعي المسال هذا يعني أنه إذا أراد أحد التصدير إلى سوق معين مرتفع السعر ، فهو يقتصر على الصادرات من البلدان التي لديها خطوط أنابيب موجودة إلى السوق. قد تكون الأسواق ضعيفة إلى حد عدم وجودها في بعض المناطق. لا يمكن الوصول إلى العديد من الدول الآسيوية التي ترتفع فيها أسعار الغاز الطبيعي عبر خطوط الأنابيب على الإطلاق ولا يمكن توفيرها إلا عبر الغاز الطبيعي المسال. لا يوجد في مناطق أخرى ، مثل دول البلطيق ، مرافق استيراد للغاز الطبيعي المسال ووصلات خطوط الأنابيب لمورد واحد فقط .

¹ : International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey - 2015, 14 -26.

² : Leidos, Global Natural Gas Markets Overview : A Report Prepared by Leidos , Inc ., Under Contract to EIA, 49–50.

³ : International Gas Union, World LNG Report 2015 Edition, 20.

الفرع الرابع : الخطر

في حين أن صعوبة الحصول على الإمدادات من شأنها أن تعوق التحكيم في أي سوق ، إلا أن هذا الموقف يمثل مشكلة خاصة بالنسبة للغاز الطبيعي بسبب خطورة المراجعة. عند نقل الغاز إلى بلد المقصد ، يكون الحد الأدنى لحجم معاملة المراجعة للغاز الطبيعي المسال كبيرًا جدًا (حمولة من الغاز الطبيعي المسال) وقد يستغرق الأمر أسابيع حتى تصل إلى وجهتها. ونظرًا لتقلب أسعار الغاز ، فمن الممكن حدوث تحول كبير في الأسعار النسبية أثناء انتقال الغاز ، وما ينتج عنه يتم تضخيم الخسارة بحجم الشحنة. هذا يعني أن التحكيم في الغاز الطبيعي المسال ينطوي على مخاطرة كبيرة ، وأسواق إدارة المخاطر المتخلفة تجعل من الصعب التأمين ضد هذه المخاطر¹. وهذا يزيد من فرق السعر الضروري لمعدل العائد المعدل للمخاطر لتوفير حافز كافٍ للشروع في التحكيم. المشكلة أكبر بالنسبة لأنابيب الغاز الطبيعي الجديدة ، فبدلاً من أسابيع ، قد يستغرق اعتمادها وبناءها سنوات.

الفرع الخامس : العقود المقيدة

العائق الرئيسي الخامس هو الطبيعة المقيدة للعديد من عقود الغاز الطبيعي المسال. تتم تجارة الغاز الطبيعي المسال في المقام الأول من خلال عقود طويلة الأجل ، وتحتوي على شروط أخذ أو دفع وتحظر إعادة البيع في حين أن بعض هذه الشروط هي استجابة لمخاطر الأسعار والحجم ، أو مشكلة التعطل ، أو الاحتياجات الأمنية ، يمكنهم أيضاً إعاقة المنافسة.

الفرع السادس : القيود الحكومية على التجارة

تفرض الحكومات عدداً من القيود التجارية على جانب الاستيراد والتصدير لأسواق الغاز الطبيعي. وقد تشمل هذه القيود المباشرة مثل رسوم الاستيراد أو التصدير ، أو القيود غير المباشرة التي تقيد وصول الأطراف الثالثة إلى البنية التحتية الضرورية (على سبيل المثال ، محطات الاستيراد والتصدير أو خطوط الأنابيب) علاوة على ذلك ، فإن العديد من أسواق البيع بالجملة تهيمن عليها الشركات المملوكة للدولة. التي يمكن أن تحد من الوصول إلى البنية التحتية².

في حين أن القيود المفروضة على التجارة الدولية في الغاز الطبيعي كبيرة للغاية في الوقت الحالي ، إلا أنها أقل حدة مما كانت عليه من قبل. على وجه الخصوص ، تزداد المنافسة في أسواق الغاز الطبيعي مع توسع الأسعار التنافسية للغاز على الغاز وتصبح أسواق الغاز الطبيعي المسال أكثر كثافة ، وسيؤدي ظهور الإمداد الأمريكي إلى أسواق الغاز الطبيعي المسال العالمية إلى تعزيز هذا الاتجاه. تم تطوير نماذج أعمال جديدة

¹ :Ritz, "Price Discrimination and Limits to Arbitrage: An Analysis of Global LNG Markets," 330.

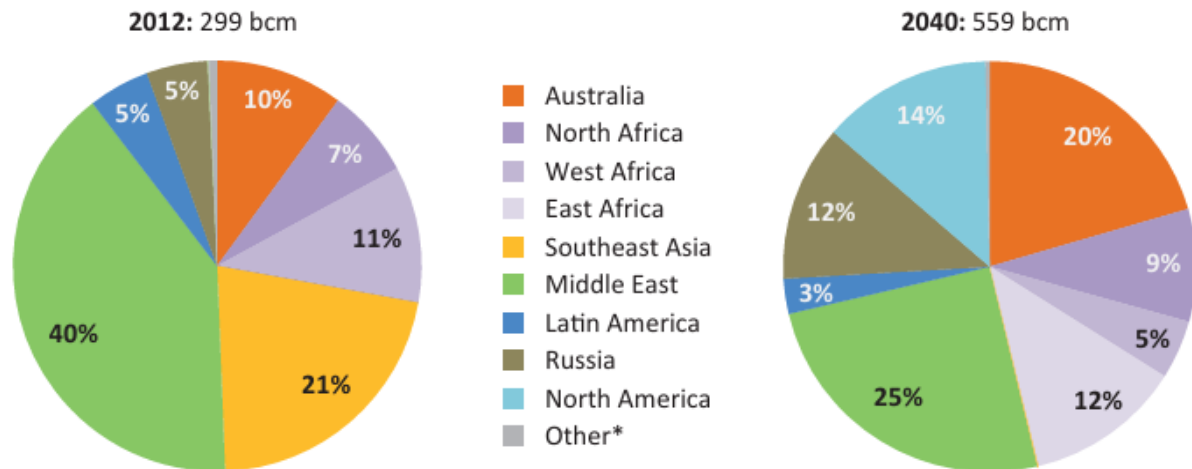
² :International Energy Agency, "Developing a Natural Gas Trading Hub in Asia: Obstacles and Opportunities," 29.

للمساعدة في إدارة المخاطر ، كما أن ممارسات تقييد المنافسة تتناقص بسبب زيادة استخدام العقود قصيرة الأجل والعقود الطويلة الأجل الأكثر مرونة. يتزايد استخدام آليات التسعير التنافسي في أسواق الغاز العالمية. في عام 2005 ، تم تحديد سعر 31 ٪ من الغاز الطبيعي المستهلك في جميع أنحاء العالم بسبب المنافسة على الغاز في أسواق الجملة ، لكن هذا ارتفع إلى 43 ٪ في 2014¹.

كما زاد سمك أسواق الغاز الطبيعي المسال زيادة كبيرة خلال العقد الماضي. زاد حجم تجارة الغاز الطبيعي المسال بأكثر من 50 ٪ من عام 2006 إلى عام 2014². وقد حدثت هذه الزيادة على الرغم من الزيادة في التكاليف ارتفع متوسط تكاليف الوحدة لمصانع تسييل الغاز الطبيعي المسال من 321 دولارًا للطن المتري الواحد في الفترة 2000-2006 إلى 851 دولارًا في الفترة 2007-2014³.

زادت عدد الدول المشاركة في تجارة الغاز الطبيعي المسال كذلك في عام 2000 ، كان للأسواق الفورية للغاز الطبيعي المسال 6 مصدريين و 8 مستوردين ، ولكن زاد ذلك إلى 26 مصدرًا و 28 مستوردًا في 2014. تتوقع الوكالة الدولية للطاقة أن تزداد إمدادات الغاز الطبيعي المسال تنوعًا مع بدء المزيد من الدول في تصدير الغاز الطبيعي المسال خارج منطقتهم وحجم ذلك يتضاعف حجم التجارة في الفترة بين عامي 2012 و 2040⁴.

الشكل رقم 14: تقديرات حجم تجارة الغاز الطبيعي آفاق 2040 حسب المناطق الجغرافية



Source: International Energy Agency, "World Energy Outlook 2014," 163.

¹ : International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey - 2015, 26.

² :BP, BP Statistical Review of World Energy 2007; BP, BP Statistical Review of World Energy 2015.

³ : International Gas Union, World LNG Report 2015 Edition.

⁴ : International Gas Union, World LNG Report 2015 Edition, 15.

سيزيد توسيع إنتاج الغاز الطبيعي وصادراته من القدرة التنافسية لأسواق الغاز الطبيعي عن طريق زيادة سمك السوق وتشجيع المنافسة. ارتفع إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة بنسبة 28 ٪ في الفترة من 2008 إلى 2014 ، وكان 20 ٪ من الإنتاج العالمي للغاز في 2013¹. من المتوقع أن تبدأ الولايات المتحدة صادرات الغاز الصافية في عام 2017 ، مما سيقبل من حصة السوق من المصدرين الآخرين. من المتوقع أن تنخفض حصة روسيا في السوق من الغاز الطبيعي لأوروبا الغربية (أوروبا باستثناء دول الاتحاد السوفيتي السابق) من 27 في المائة في عام 2009 إلى 13 ٪ بحلول عام 2040 .

زيادة صادرات أمريكا الشمالية سيزيد من حجم وحصة الغاز الذي يتم تسعيره بشكل تنافسي. وهذا بدوره يقلل من قدرة المصدرين الحاليين على تحديد الأسعار على التكاليف وفرض شروط العقد التي تشكل حواجز أمام المنافسة.

يتم التعامل مع المخاطر ومشاكل التمويل بشكل أفضل من خلال نماذج أعمال جديدة. على سبيل المثال ، على عكس العقود طويلة الأجل ، يحتفظ موردو الغاز الطبيعي المسال الآن بجزء من إنتاجهم للبيع حيث يختارون أو يبيعه لمجمعات التجميع التابعة لأطراف ثالثة الذين لديهم مجموعة من المصادر والوجهات المختلفة. كالتاليين تسمح بإعادة بيع الغاز الطبيعي المسال بموجب عقود قصيرة أو متوسطة الأجل². وفي الولايات المتحدة ، لا تخطط محطات تصدير الغاز الطبيعي المسال قيد الإنشاء لبيع الغاز الطبيعي المسال الذي تنتجه مباشرة ، بل بيع خيار استخدام قدرتها على تسهيلها³ هذا يقلل من التكاليف الرأسمالية عن طريق تفكيك تمويل مشروع تسهيل من الوجهة أو ترتيبات التسويق للغاز الطبيعي المسال.

التغييرات في التعاقد للغاز الطبيعي المسال تعمل أيضاً على تقليل جوانب تقييد المنافسة وزيادة سمك السوق. زادت العقود الفورية والقصيرة الأجل من 5 ٪ من إجمالي تجارة الغاز الطبيعي المسال في عام 2000 إلى 27 ٪ في 2014⁴ ، هناك وفرة من الناقلات ومن المتوقع أن يستمر بناء السفن حتى عام 2017 على الأقل ، عندما من المتوقع أن ترتفع الصادرات الأسترالية والولايات المتحدة. كلا هذين الموقفين يؤديان إلى زيادة حجم سوق الغاز الطبيعي المسال والذي عندما يقترن بطلب المستورد لفترات أقصر من العقود ، يزيد من العوائق التي تحول دون دخول متداولي الغاز الطبيعي المسال⁵.

¹ : Energy Information Administration, “Dry Natural Gas Production”; Energy Information Administration, “International Energy Statistics.”

² : Leidos, Global Natural Gas Markets Overview : A Report Prepared by Leidos , Inc ., Under Contract to EIA, 12.

³ : International Energy Agency, “World Energy Investment Outlook,” 73.

⁴ : International Gas Union, World LNG Report 2015 Edition, 15.

⁵ : International Gas Union, World LNG Report 2015 Edition, 42.

بالإضافة إلى زيادة انتشار العقود قصيرة الأجل ، أصبحت العقود طويلة الأجل أكثر مرونة من حيث وجهتها، والكميات المشتراة ، والتسعير ، وأحكام مراجعة الأسعار وقد أتاحت هذه المرونة لغاز الشرق الأوسط المتجه إلى أوروبا بدلاً من ذلك ، يتم تحويلها إلى دول آسيا والمحيط الهادئ ذات الأسعار المرتفعة حاليًا. في حين أن هذه الاتجاهات تؤدي إلى التقارب في أسعار الغاز الطبيعي ، إلا أنه قد لا يزال هناك سنوات عديدة قبل أن يظل قانون السعر الواحد في الغاز الطبيعي ، يعد تحرير السوق (والذي يعد جزءًا فقط من إزالة العقبات التجارية) عملية بطيئة في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة ، الانتقال من التسعير التنظيمي وفترة طويلة استغرقت العقود طويلة الأجل للتسعير المستند إلى السوق سنوات عديدة .

المطلب الثاني : تجارة الغاز الطبيعي عبر الأنابيب

الفرع الأول : أوروبا

تُمثل أوروبا السوق الرئيسية لتجارة الغاز عبر الأنابيب على المستوى العالمي. وتستحوذ هذه المنطقة وحدها على أكثر من نصف الواردات العالمية عبر الأنابيب. ويُورّد الغاز عبر الأنابيب إلى المنطقة بشكل رئيسي من خمس دول: الجزائر، وأذربيجان، وليبيا، والنرويج، وروسيا. بالإضافة إلى ذلك، يربط خط أنابيب مترابطان البر الرئيسي الأوروبي بالمملكة المتحدة. وتتمتع هذه الأنابيب بالقدرة على نقل الغاز في اتجاهين، ويمكنها تعزيز واردات الغاز عبر الأنابيب إلى المنطقة، وفقًا لديناميكيات السوق السائدة.

في عام 2023، استمر مستوى واردات الغاز عبر الأنابيب إلى الاتحاد الأوروبي في اتجاهه النزولي الذي سُجل في العام السابق. وفي المجموع، استوردت دول الاتحاد الأوروبي 155 مليار متر مكعب من الغاز عبر الأنابيب في عام 2023، وهو ما يمثل انخفاضًا قدره 48 مليار متر مكعب عن مستويات الواردات في عام 2022 ويرجع هذا الانخفاض بنسبة 24% في المقام الأول إلى انخفاض الواردات من روسيا والنرويج.

في عام 2023، ظلت النرويج المورد الرئيسي لغاز الأنابيب إلى الاتحاد الأوروبي، حيث شكلت 54% من إجمالي إمدادات غاز الأنابيب، بينما مثلت الجزائر 19%، وروسيا 17%. وكانت هناك زيادات طفيفة في حصة الإمدادات من الموردين المتبقين، حيث زادت أذربيجان من 6% في عام 2022 إلى 7% في عام 2023، وليبيا من 1% إلى 2%¹.

الفرع الثاني : أمريكا الشمالية

شهدت صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب من الولايات المتحدة إلى المكسيك طلبًا متزايدًا. تتميز سوق الغاز في أمريكا الشمالية باكتفاء ذاتي بين كندا والمكسيك والولايات المتحدة، وبالتحديد تنخرط الولايات المتحدة

¹ : GECF , Op.cit, pp 89-90

وكندا، بصفتها منتجتين للغاز الطبيعي في تجارة الغاز عبر خطوط الأنابيب عبر الحدود، حيث تتمتع كل دولة بإمكانية الوصول إلى أسواق أخرى. في المقابل تُعد المكسيك مستوردًا صافيًا لغاز خطوط الأنابيب، حيث تتلقى الإمدادات من الولايات المتحدة.

في عام 2023، بلغت إمدادات الغاز عبر خطوط الأنابيب من كندا إلى الولايات المتحدة 81 مليار متر مكعب، مسجلةً انخفاضًا بنسبة 4%. وقد قابل ذلك زيادة بنسبة 4% في صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب من الولايات المتحدة إلى كندا خلال هذه الفترة، ليصل إجماليها إلى 28 مليار متر مكعب. تُعدّ المكسيك السوق الأكبر لصادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب من الولايات المتحدة، حيث تلقت 64 مليار متر مكعب في عام 2023. وقد مثلت هذه الكمية زيادة بنسبة 8% على أساس سنوي، تماشيًا مع زيادة الطلب على الغاز في البلاد. في عام 2024، قد يكون هناك زيادة في مستوى تجارة الغاز عبر خطوط الأنابيب في أمريكا الشمالية السبب الرئيسي لهذا التوسع هو البدء الوشيك لمشاريع تصدير الغاز الطبيعي المسال في المكسيك، مما سيعزز وارداتها من الغاز عبر خطوط الأنابيب من الولايات المتحدة. وعلى العكس من ذلك قد يؤدي تشغيل مشاريع تصدير الغاز الطبيعي المسال في كندا إلى تقليل كمية الغاز المتاحة لصادرات خطوط الأنابيب إلى الولايات المتحدة.

الفرع الثالث : آسيا والمحيط الهادئ

استمرت حصة غاز الأنابيب الروسي في واردات الصين من الطاقة في النمو ، في منطقة آسيا والمحيط الهادئ تُعدّ الصين أكبر مستورد لغاز الأنابيب، في عام 2023 بلغ إجمالي الواردات إلى البلاد 66 مليار متر مكعب بزيادة قدرها 6% مقارنةً بالكمية المستوردة في عام 2022 وبالمقارنة كان هذا أبطأ معدل زيادة خلال السنوات الثلاث الماضية وهو أقل من النمو البالغ 9% في عام 2022، والقفزة البالغة 21% في عام 2021. مع الرفع الكامل لقيود كوفيد-19 في الصين شهد النشاط الاقتصادي انتعاشًا مدفوعًا بالقطاع الصناعي، ما أدى إلى ارتفاع كبير في الطلب على الغاز

تم توريد غالبية كميات الواردات من دول آسيا الوسطى، وتحديدًا تركمانستان وكازاخستان وأوزبكستان، والتي شكلت معًا 60% من واردات الصين من الغاز عبر خطوط الأنابيب في عام 2023. تاريخيًا كانت تركمانستان أكبر مورد لغاز خطوط الأنابيب، حيث سجلت أكثر من 55% من واردات الصين من الغاز عبر خطوط الأنابيب. شهد عام 2023 انخفاضًا في الإمدادات من جميع منتجي آسيا الوسطى الثلاثة، حيث أعلنت كازاخستان وأوزبكستان عن إعطاء الأولوية للطلب المحلي على صادرات الغاز.

في المقابل، شهدت إمدادات الغاز عبر خطوط الأنابيب من روسيا إلى الصين نموًا سنويًا، وتحديدًا عبر خط أنابيب "قوة سيبيريا 1" (PoS1) في عام 2023، زادت التدفقات بنسبة 46% على أساس سنوي لتصل إلى

22.7 مليار متر مكعب. وجاءت هذه الزيادة تماشيًا مع التوسع المخطط له في استخدام خط الأنابيب هذا منذ تشغيله في عام 2019 ويأتي باقي واردات الصين من الغاز عبر خطوط الأنابيب من ميانمار. سنغافورة هي ثاني أكبر سوق لتجارة الغاز عبر الأنابيب في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، حيث تستورد من إندونيسيا وماليزيا. على مدار السنوات الثلاث الماضية، سُجِّلت انخفاضات سنوية في كمية واردات الغاز عبر الأنابيب إلى البلاد في عام 2023، تم استيراد 6.4 مليار متر مكعب من الغاز عبر الأنابيب، بانخفاض سنوي قدره 22%.

كما تُصدّر ميانمار غاز الأنابيب شرقًا إلى تايلاند. وهذه سوق أخرى صغيرة نسبيًا، حيث بلغ مستوى واردات الغاز عبر الأنابيب في عام 2023 ما يُقدَّر بنحو 5.8 مليار متر مكعب وكان هذا الحجم هو أدنى إجمالي سنوي في السنوات الخمس الماضية.¹

الفرع الرابع : أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي

انخفضت تجارة الغاز عبر خطوط الأنابيب الإقليمية، ولكن هناك إمكانات للنمو في السنوات القادمة. يتركز سوق تجارة خطوط الأنابيب في منطقة أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي على تدفقات الغاز في قارة أمريكا الجنوبية. وتُعد بوليفيا، على وجه التحديد، أكبر مورد في المنطقة، حيث تُوصل الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى الأرجنتين والبرازيل. كما تُصدّر الأرجنتين حاليًا الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى تشيلي. في عام 2023، صدرت بوليفيا ما يُقدَّر بنحو 8.2 مليار متر مكعب من غاز خطوط الأنابيب، وهو ما يُمثّل انخفاضًا بنسبة 20% عن مستوى عام 2022 ويرجع هذا الانخفاض بشكل رئيسي إلى انخفاض واردات الأرجنتين، في ظلّ تزايد إنتاج الغاز المحلي داخل البلاد. في عام 2023 سجّلت إمدادات الغاز البوليفي عبر خطوط الأنابيب إلى الأرجنتين انخفاضًا بنسبة 34% على أساس سنوي، مقارنةً بانخفاض مُقارن بنسبة 9% في الكمية المُسلّمة إلى البرازيل. نتيجةً لذلك، استحوذت السوق البرازيلية على 69% من إجمالي صادرات الغاز البوليفي عبر الأنابيب في عام 2023.

تلعب الأرجنتين أيضًا دورًا كمصدر للغاز، حيث تربطها خطوط أنابيب بتشيلي في السنوات الأخيرة، أدى ارتفاع إنتاج الغاز المحلي في الأرجنتين إلى توسيع قدرتها على تصدير الغاز عبر الأنابيب. ومع ذلك لا يزال مستوى التجارة بين البلدين ضئيلًا نسبيًا. وُردت الأرجنتين ما يُقدَّر بنحو 2.2 مليار متر مكعب من إمدادات الغاز عبر الأنابيب إلى تشيلي خلال عام 2023. وتمثّل هذه الكمية زيادة بنسبة 23% عن مستويات عام 2022، وكانت أعلى كمية إجمالية في السنوات الخمس الماضية.

¹ : GECF , Op.cit, pp 94-98

بشكل عام، قد تكون التوقعات على المدى القصير والمتوسط لتجارة الغاز عبر الأنابيب في المنطقة إيجابية في المرحلة الأولى، تخطط الأرجنتين لإنشاء بنية تحتية جديدة لخطوط أنابيب الغاز بهدف زيادة الاستهلاك المحلي، وتسهيل تصدير الغاز إلى دول أمريكا الجنوبية الأخرى.

علاوة على ذلك، من المتوقع أن تصبح فنزويلا مصدرًا لغاز الأنابيب من خلال مشروعين في مراحل مختلفة من التطوير. في ديسمبر 2023، وقّعت حكومتا فنزويلا وترينيداد وتوباغو اتفاقية مدتها 30 عامًا لإنتاج وتصدير الغاز الطبيعي. ومن المتوقع أن ينقل المشروع 1.8 مليار متر مكعب سنويًا من غاز الأنابيب من حقل دراغون للغاز في فنزويلا إلى الصناعات البتروكيمياوية ومصنع تصدير الغاز الطبيعي المسال في ترينيداد وتوباغو. أما المشروع الثاني المثير للاهتمام فيتعلق بإمكانية إحياء العمليات عبر خط أنابيب الغاز أنطونيو ريكورتي، ولكن هذه المرة في الاتجاه المعاكس لتصدير الغاز الفنزويلي إلى كولومبيا.¹

المطلب الثالث : تجارة الغاز الطبيعي المسال

الفرع الأول : صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية

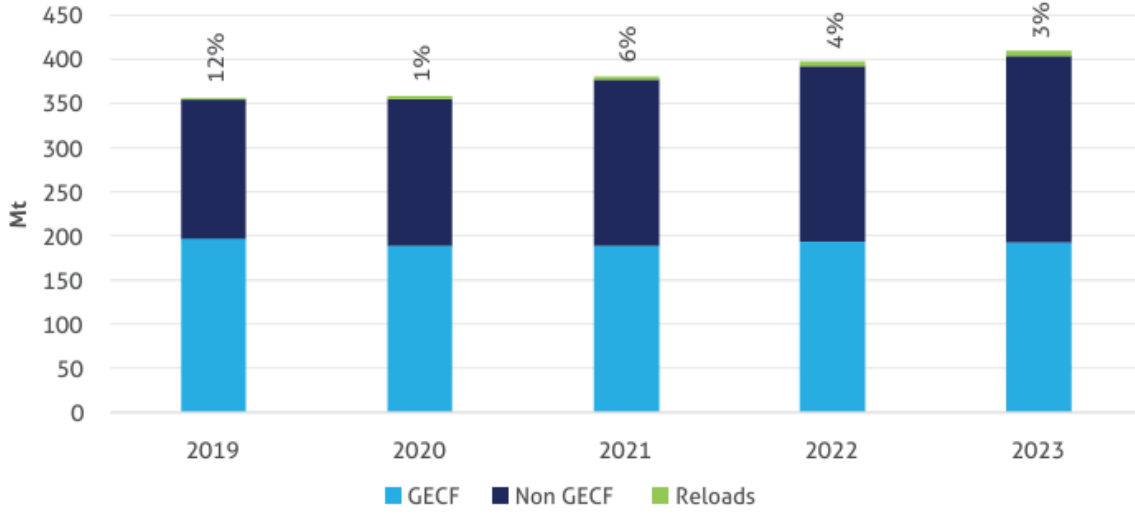
قادت الولايات المتحدة نمو صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية، وأصبحت أكبر مُصدّر له، في عام 2023 بلغت صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية ذروة جديدة بلغت 410 ملايين طن، مُسجّلةً زيادةً قدرها 2.8% (11 مليون طن). ومع ذلك، تباطأ معدل نمو صادرات الغاز الطبيعي المسال مقارنةً بعام 2022، الذي شهد نموًا في صادرات الغاز الطبيعي المسال بنسبة 4.4% (17 مليون طن). ويُرجع معظم الزيادة التدريجية في صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية إلى الدول غير الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز الطبيعي، وزيادة نشاط إعادة التحميل.

وقد عززت عوامل مختلفة هذا الارتفاع في صادرات الغاز الطبيعي المسال، بما في ذلك تشغيل وتنشيط مشاريع جديدة للغاز الطبيعي المسال، وانخفاض أعمال الصيانة غير المخطط لها في بعض مرافق التسييل، وزيادة توافر غاز التغذية في بعض الدول.

ومن حيث الحصة السوقية، برزت الدول غير الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز الطبيعي المسال كأكبر مُصدّر للغاز الطبيعي المسال في عام 2023، حيث شكلت 52% من صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية. وشكلت الدول الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز، وعمليات إعادة التحميل 47% و1% من حصة السوق على التوالي.

¹ : GECF , Op.cit, pp 99-100

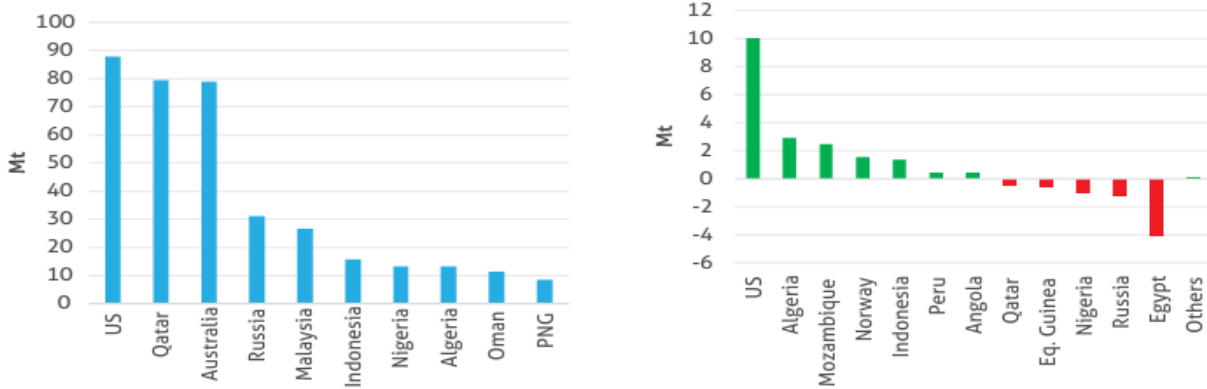
الشكل رقم 15: صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المورد



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

وعند النظر إلى الدول كل على حدة، تجاوزت الولايات المتحدة قطر لتصبح أكبر مُصدّر عالمي للغاز الطبيعي المسال في عام 2023، حيث بلغ إجمالي صادراتها من الغاز الطبيعي المسال 88 مليون طن وتراجعت قطر إلى المركز الثاني بـ 79 مليون طن، تليها أستراليا (79 مليون طن)، وروسيا (31 مليون طن)، وماليزيا (27 مليون طن). وقد ساهم في الزيادة الكبيرة في صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية بشكل رئيسي الولايات المتحدة، مع مساهمات ملحوظة من الجزائر وموزمبيق والنرويج وإندونيسيا في المقابل، شهدت مصر ونيجيريا وروسيا انخفاضاً في صادراتها من الغاز الطبيعي المسال.

الشكل رقم 16: التغير السنوي في صادرات الغاز الطبيعي المسال و أكثر 10 دول مصدرة للغاز الطبيعي عام 2023



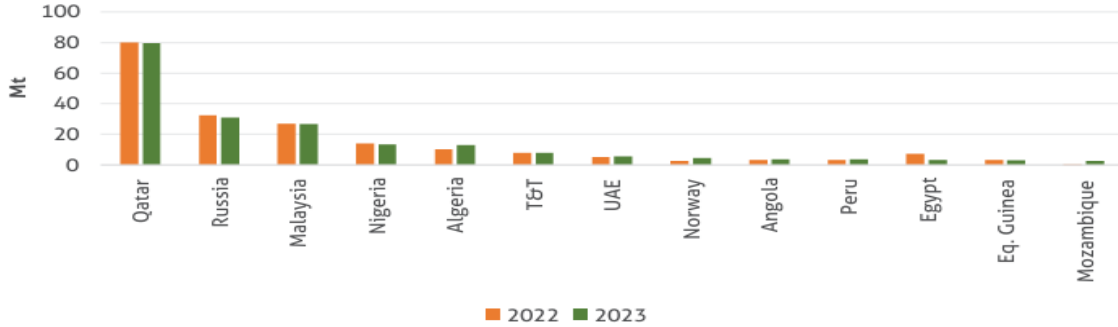
Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

في عام 2024، من المتوقع أن تزيد صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية بما في ذلك عمليات إعادة تحميل الغاز الطبيعي المسال، بنسبة 2-2.5% (8-10 ملايين طن) إذا حافظت عمليات إعادة تحميل الغاز الطبيعي المسال على نفس مستويات عام 2023 يشير هذا إلى معدل نمو أبطأ قليلاً مقارنةً بعام 2023. ومن المتوقع أن تقود كلٌّ من الدول الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز الطبيعي المسال والدول غير الأعضاء فيه الزيادة في صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية، بزيادة قدرها 3-4 ملايين طن و5-6 ملايين طن على التوالي. في عام 2023 انخفضت صادرات الغاز الطبيعي المسال من الدول الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز الطبيعي المسال بنسبة 0.6% (1.2 مليون طن) لتصل إلى 193 مليون طن، مدفوعةً بانخفاض توافر غاز التغذية وزيادة أنشطة الصيانة المخطط لها في بعض الدول. تأثر انخفاض صادرات الغاز الطبيعي المسال من مصر وغينيا الاستوائية ونيجيريا بانخفاض توافر غاز التغذية. في قطر يرجع انخفاض الصادرات إلى انخفاض طفيف في استغلال الطاقة الاستيعابية لمنشآتها للغاز الطبيعي المسال. بينما انخفضت صادرات الغاز الطبيعي المسال الروسية بشكل رئيسي إلى زيادة أنشطة الصيانة المخطط لها في كل من منشآتي Sakhalin 2 و Yamal للغاز الطبيعي المسال. في غضون ذلك، عوّضت زيادة الإنتاج في منشأة Portovaya للغاز الطبيعي المسال جزئيًا انخفاض الصادرات من منشآتي Sakhalin 2 و Yamal للغاز الطبيعي المسال¹.

في المقابل، شهدت صادرات الجزائر من الغاز الطبيعي المسال ارتفاعًا ملحوظًا نتيجة لزيادة توافر غاز التغذية وانخفاض أعمال الصيانة غير المخطط لها في منشأة أرزيو للغاز الطبيعي المسال. في أنغولا، لعب ارتفاع توافر غاز التغذية دورًا رئيسيًا في زيادة الصادرات. سجلت موزمبيق ارتفاعًا في صادرات الغاز الطبيعي المسال، نتيجة لزيادة الإنتاج من محطة كورال ساوث العائمة للغاز الطبيعي المسال. وبالمثل، أدى انخفاض أعمال الصيانة غير المخطط لها في منشأة بيرو للغاز الطبيعي المسال إلى زيادة صادرات بيرو.

¹: GECF Annual Gas Market Report 2024

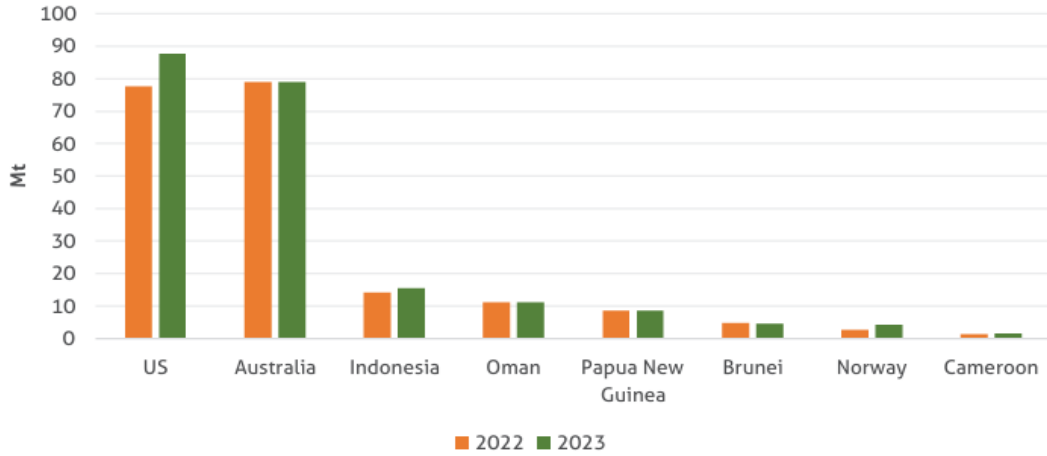
الشكل رقم 17: صادرات الغاز الطبيعي المسال من منتدى الدول المصدرة للغاز حسب البلد (2022-2023)



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

في عام 2023 شهدت صادرات الغاز الطبيعي المسال من الدول غير الأعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز زيادة ملحوظة بنسبة 5.7% (11 مليون طن) على أساس سنوي، لتصل إلى مستوى تاريخي بلغ 211 مليون طن. ويُعزى هذا الارتفاع في صادرات الغاز الطبيعي المسال من الدول غير الأعضاء في المنتدى إلى تشغيل وتكثيف منشآت الغاز الطبيعي المسال الجديدة، إلى جانب انخفاض أنشطة الصيانة المخطط لها وغير المخطط لها. وظلت الولايات المتحدة مساهمًا رئيسيًا في ارتفاع صادرات الغاز الطبيعي المسال من الدول غير الأعضاء في المنتدى، بينما كانت مساهمات الكاميرون وإندونيسيا والنرويج أقل في المقابل شهدت بروناني انخفاضًا كبيرًا، بينما ظلت صادرات الدول الأخرى غير الأعضاء في المنتدى مستقرة نسبيًا.

الشكل رقم 18: صادرات الغاز الطبيعي المسال من الدول غير الاعضاء في منتدى الدول المصدرة للغاز الطبيعي حسب الدولة (2023-2022)



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

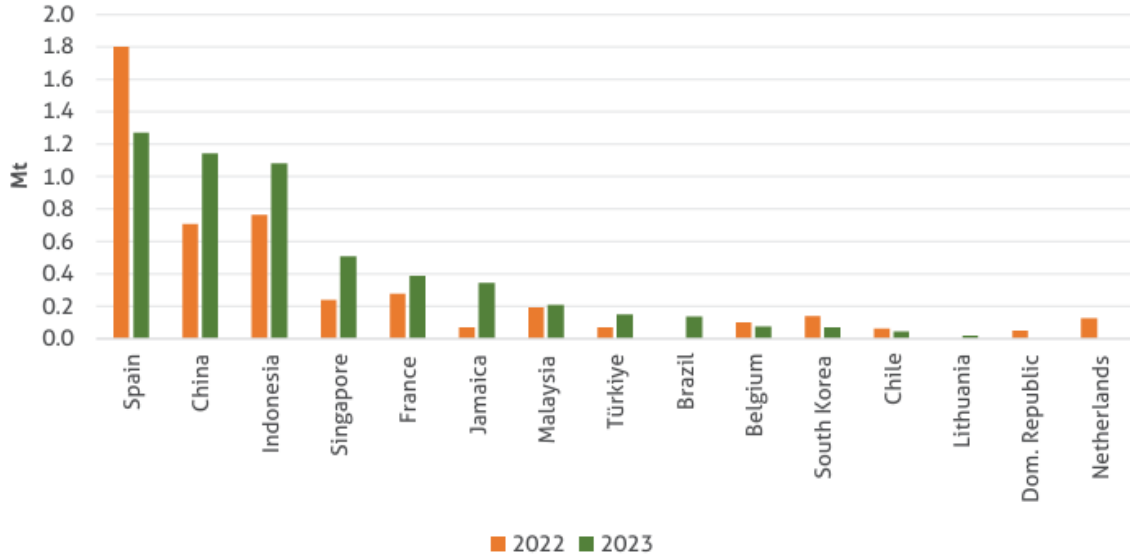
الفرع الثاني: عمليات إعادة شحن الغاز الطبيعي المسال العالمية

حافظت إسبانيا على مكانتها كأكبر مُصدّر للغاز الطبيعي المسال، على الرغم من انخفاض عمليات إعادة شحنها، بينما سجلت الصين وإندونيسيا زيادات ملحوظة في عمليات إعادة شحنها.

في عام 2023، شهدت عمليات إعادة شحن الغاز الطبيعي المسال العالمية نموًا حادًا بنسبة 18% (0.8 مليون طن) على أساس سنوي لتصل إلى 5.4 مليون طن، وهي أعلى نسبة إعادة شحن منذ عام 2014. وجاء هذا النمو الملحوظ في عمليات شحن الغاز الطبيعي المسال بشكل رئيسي من البرازيل والصين وإندونيسيا وجامايكا وسنغافورة، مما عوّض عن ضعف عمليات الشحن من إسبانيا. وعلى الرغم من انخفاض عمليات إعادة شحن الغاز الطبيعي المسال في إسبانيا العام الماضي، إلا أنها حافظت على مكانتها كأكبر مُصدّر للغاز الطبيعي المسال عالميًا، تليها الصين وإندونيسيا وسنغافورة وفرنسا¹.

الشكل رقم 19: إعادة تحميل الغاز الطبيعي المسال حسب البلد (2023-2022)

¹ :GECF , Op.cit, pp 110



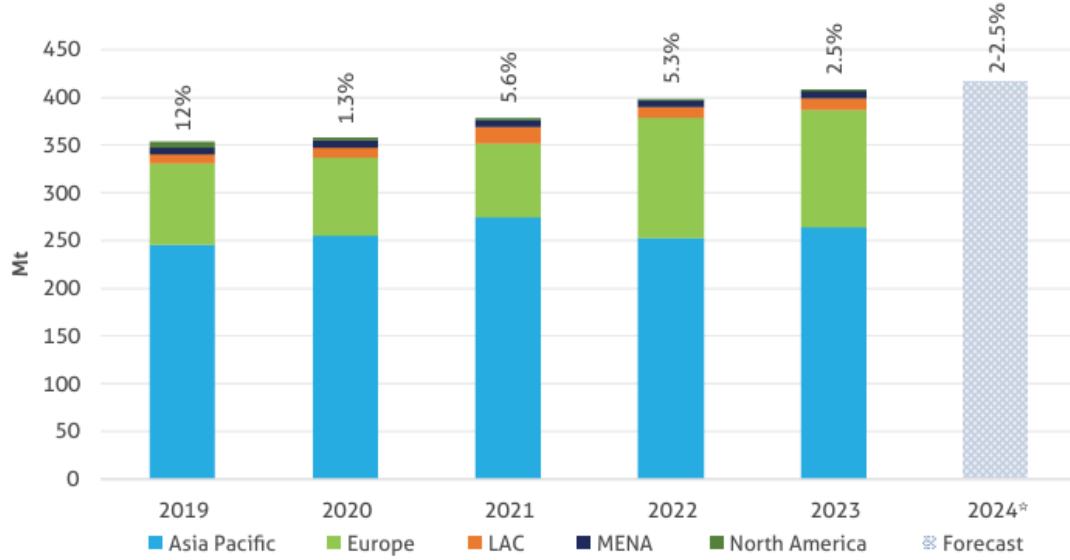
Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

الفرع الثالث : الواردات العالمية للغاز الطبيعي المسال

توقف التحول في تدفقات تجارة الغاز الطبيعي المسال الذي لوحظ في عام 2022، حيث برزت منطقة آسيا والمحيط الهادئ مرة أخرى كسوق رئيسية للغاز الطبيعي المسال، مما أدى إلى زيادة واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية. في عام 2023 ارتفعت واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية بنسبة 2.5% (10 ملايين طن)، متجاوزةً بذلك هدف 400 مليون طن لتصل إلى 408 ملايين طن. ومع ذلك، يُمثل معدل النمو هذا تباطؤًا ملحوظًا مقارنةً بعام 2022. وقد ساهم ارتفاع واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، إلى جانب زيادة واردات منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي، في تعزيز الارتفاع العالمي، ووازن الانخفاض الطفيف في أوروبا. في الوقت نفسه، ظلت واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وأمريكا الشمالية مستقرة نسبيًا مقارنةً بالعام السابق.

من المتوقع أن ترتفع واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية في عام 2024 بنسبة 2-2.5% (8-10 ملايين طن)، مدفوعةً بزيادة الطلب على الغاز في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، ولا سيما في الصين وجنوب/جنوب شرق آسيا بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن يؤدي انخفاض إضافي في أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية إلى تعزيز الطلب على الغاز الطبيعي المسال الفوري في المنطقة.

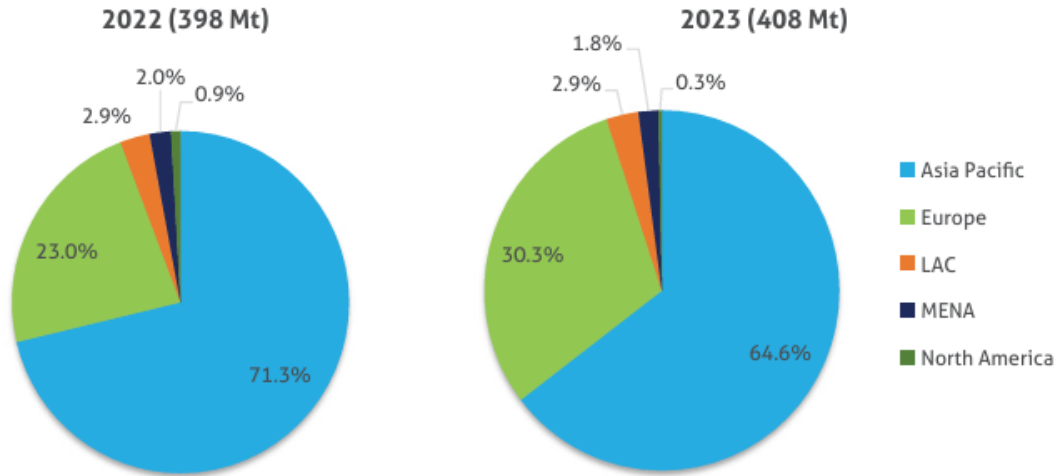
الشكل رقم 20: واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المنطقة



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

وفيما يتعلق بالتوزيع الإقليمي لواردات الغاز الطبيعي المسال العالمية، احتفظت منطقة آسيا والمحيط الهادئ بمكانتها كأكبر سوق إقليمية بحصة استيراد بلغت 64.7%، تليها أوروبا (30.3%)، ثم أمريكا اللاتينية والكاربيبي (2.9%)، ثم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (1.8%)، ثم أمريكا الشمالية (0.3%). وبالمقارنة مع عام 2022، شهدت منطقتا آسيا والمحيط الهادئ وأمريكا اللاتينية والكاربيبي زيادة في حصتهما السوقية من واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية، حيث ارتفعتا من 63.5% و 2.7% على التوالي، بينما انخفضت حصة أوروبا من 31.7% وفي الوقت نفسه، ظلت حصة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وأمريكا الشمالية في السوق دون تغيير عن عام 2022. ويرجع نمو حصة سوق آسيا والمحيط الهادئ وأمريكا اللاتينية والكاربيبي إلى زيادة واردات الغاز الطبيعي المسال في كلتا المنطقتين، في حين أدى انخفاض واردات أوروبا من الغاز الطبيعي المسال إلى انخفاض حصتها السوقية.

الشكل رقم 21: حصص واردات الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المنطقة (2022-2023)



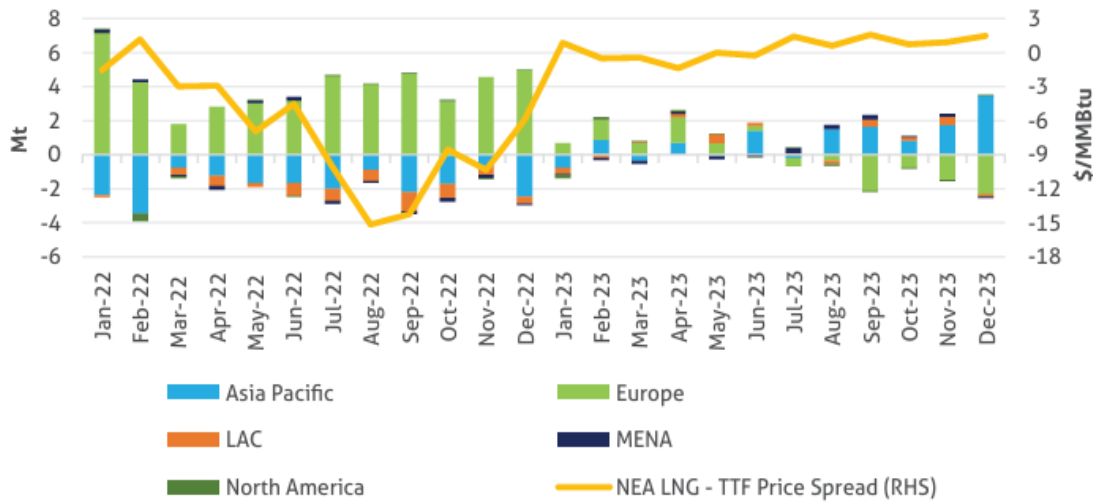
Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

خلال النصف الأول من عام 2023، شهدت كلتا المنطقتين زيادات في واردات الغاز الطبيعي المسال، حيث شهدت أوروبا زيادة أكبر بشكل ملحوظ مقارنة بآسيا والمحيط الهادئ. ومع ذلك في النصف الثاني من عام 2023، حدثت زيادة كبيرة في واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، مما عوض ضعف الواردات في أوروبا، وقد مثل هذا انعكاساً في تحول التدفق من منطقة آسيا والمحيط الهادئ إلى أوروبا، مدفوعاً بارتفاع علاوة أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في شمال شرق آسيا على أسعار TTF، إلى جانب انخفاض الطلب على الغاز الطبيعي المسال في أوروبا.

أدى اتساع فجوة الأسعار بين السوقين إلى استعادة منطقة آسيا والمحيط الهادئ لقبها كوجهة رئيسية للغاز الطبيعي المسال، وخاصة من الشرق الأوسط وبدرجة أقل من الولايات المتحدة. نتيجةً لذلك، حدث تحول جزئي في تدفقات تجارة الغاز الطبيعي المسال القطرية من أوروبا إلى منطقة آسيا والمحيط الهادئ، والذي تأثر أيضاً بزيادة إمدادات الغاز الطبيعي المسال التعاقدية طويلة الأجل من قطر إلى الصين. وفيما يتعلق بتدفقات تجارة الغاز الطبيعي المسال الأمريكية، شهدت الصادرات إلى سوق آسيا والمحيط الهادئ ارتفاعاً ملحوظاً خلال النصف الثاني من عام 2023 مقارنةً بالصادرات إلى السوق الأوروبية¹.

الشكل رقم 22: التباين الشهري على أساس سنوي في واردات الغاز الطبيعي المسال الإقليمية

¹ : GECF , Op.cit, pp 112-113



Source: GECF Secretariat based on data from Argus and ICIS LNG Edge

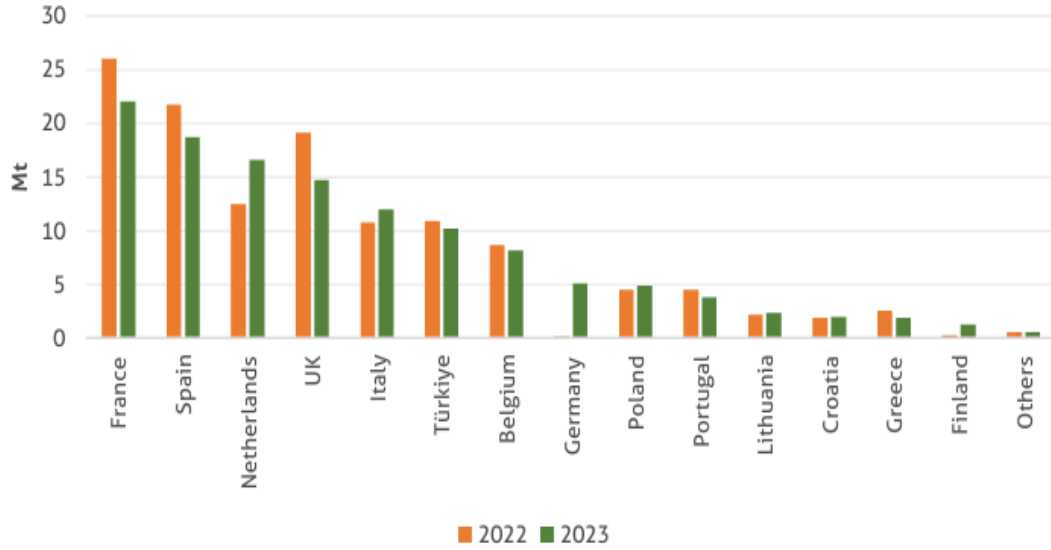
- أوروبا: على الرغم من انخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب، شهدت واردات أوروبا من الغاز الطبيعي المسال انخفاضًا طفيفًا نتيجة ضعف استهلاك الغاز وارتفاع مستويات تخزينه.

في عام 2023 انخفضت واردات أوروبا من الغاز الطبيعي المسال بنسبة 1.9% (2.4 مليون طن) عن أعلى مستوى قياسي لها في عام 2022 لتصل إلى 124 مليون طن، وهو ثاني أعلى مستوى سنوي في المنطقة. وعلى الرغم من انخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب، فقد انخفضت واردات الغاز الطبيعي المسال أيضًا نتيجة ضعف الطلب على الغاز وارتفاع مستويات التخزين. وتصدرت المملكة المتحدة وفرنسا وإسبانيا والبرتغال وتركيا وبلجيكا قائمة الدول التي شهدت انخفاضًا في واردات الغاز الطبيعي المسال، والذي قابله جزئيًا ارتفاع في الواردات من ألمانيا وهولندا وإيطاليا وفنلندا.

في المملكة المتحدة، يرجع انخفاض واردات الغاز الطبيعي المسال إلى ضعف استهلاك الغاز وانخفاض صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى أوروبا القارية. ويرجع ضعف واردات الغاز الطبيعي المسال في فرنسا إلى انخفاض استهلاك الغاز، وزيادة واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب من إسبانيا، وانخفاض صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى بلجيكا وسويسرا. انخفضت واردات إسبانيا من الغاز الطبيعي المسال العام الماضي نتيجةً لانخفاض استهلاك الغاز وانخفاض إعادة تصديره لا سيما إلى إيطاليا.¹

الشكل رقم 23: واردات أوروبا من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2022-2023)

¹: GECF , Op.cit, pp 113-114



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

في الوقت نفسه، يرجع انخفاض واردات البرتغال من الغاز الطبيعي المسال إلى ضعف استهلاك الغاز. في تركيا يرجع انخفاض واردات الغاز الطبيعي المسال إلى ارتفاع إنتاج الغاز وضعف استهلاكه. علاوةً على ذلك، يرجع انخفاض واردات بلجيكا من الغاز الطبيعي المسال إلى انخفاض استهلاك الغاز وانخفاض صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى ألمانيا وهولندا.

في المقابل، يرجع ارتفاع واردات ألمانيا من الغاز الطبيعي المسال إلى انخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب من روسيا. وقد سهّل التشغيل الأخير لثلاث محطات لاستيراد الغاز الطبيعي المسال في البلاد زيادة واردات الغاز الطبيعي المسال. أما في هولندا، فقد أدى ضعف إنتاج الغاز المحلي وارتفاع صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى ألمانيا إلى تعزيز وارداتها من الغاز الطبيعي المسال. كما سهّل التشغيل الأخير لمحطتين لاستيراد الغاز الطبيعي المسال في البلاد زيادة وارداتها. وبالمثل، أدى انخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب من روسيا، مقترناً بزيادة صادرات الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى سلوفينيا، إلى تعزيز واردات إيطاليا من الغاز الطبيعي المسال. علاوةً على ذلك سهّل تشغيل مشروع مشترك مع إستونيا، زيادة واردات الغاز الطبيعي المسال إلى فنلندا.

● **آسيا والمحيط الهادئ** : استعادت الصين مكانتها كأكبر مستورد للغاز الطبيعي المسال في العالم، وساهمت في معظم الزيادة التدريجية في واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة آسيا والمحيط الهادئ.

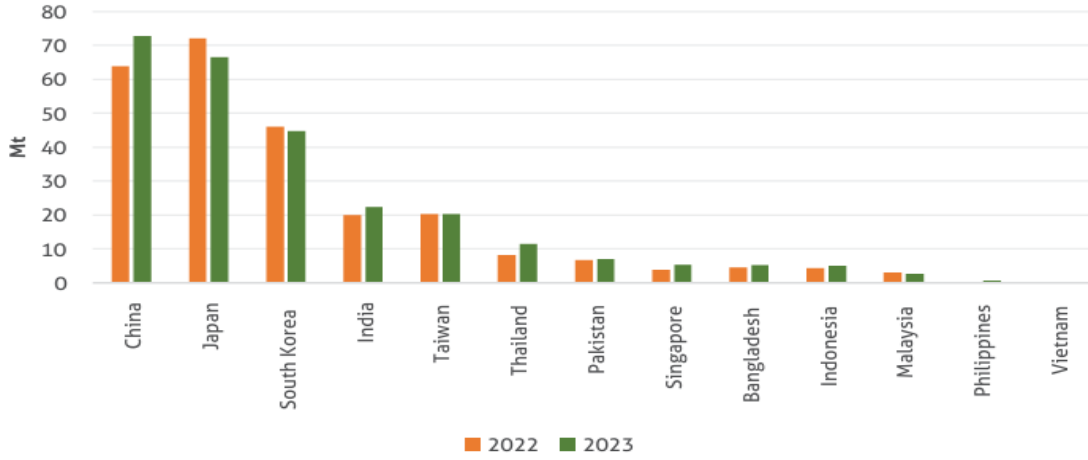
في عام 2023، ارتفعت واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة آسيا والمحيط الهادئ بنسبة 4.3% (11 مليون طن) على أساس سنوي لتصل إلى 264 مليون طن، مسجلةً بذلك تراجعًا عن الانخفاض الذي شهدته عام 2022. ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أن واردات المنطقة ظلت أقل من مستوى عام 2021 البالغ 274 مليون طن. ويرجع هذا الارتفاع في واردات الغاز الطبيعي المسال إلى انتعاش الطلب الصيني على الغاز وانخفاض أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية، مما حفز الطلب الفوري على الغاز الطبيعي المسال في الدول الحساسة للأسعار، وخاصة في جنوب وجنوب شرق آسيا. وتصدرت الصين وتايلاند والهند وسنغافورة وبنغلاديش والفلبين النمو في واردات الغاز الطبيعي المسال في المنطقة، حيث عوّضت ضعف الواردات من اليابان وكوريا الجنوبية. ومن الجدير بالذكر أن الفلبين وفيتنام انضمتا إلى صفوف مستوردي الغاز الطبيعي المسال في عام 2023.

في الصين، عزز انتعاش استهلاك الغاز بعد جائحة كوفيد-19، إلى جانب انخفاض أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية، وارداتها من الغاز الطبيعي المسال. ورغم انتعاش واردات الصين من الغاز الطبيعي المسال، إلا أنها ظلت دون مستوى 2021 البالغ 80 مليون طن. كما استعادت الصين مكانتها كأكبر مستورد للغاز الطبيعي المسال، متجاوزةً اليابان. ويرجع ارتفاع واردات تايلاند من الغاز الطبيعي المسال إلى انخفاض إنتاج الغاز المحلي وانخفاض أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية. وفي الوقت نفسه، ساهم انخفاض أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في دعم زيادة واردات بنغلاديش والهند من الغاز الطبيعي المسال. وفي سنغافورة، يرجع التوسع في واردات الغاز الطبيعي المسال بشكل رئيسي إلى بدء إمدادات الغاز الطبيعي المسال طويلة الأجل بموجب اتفاقية البيع والشراء بين QatarEnergy و Pavilion Energy ، وانخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب.

في المقابل، انخفاض واردات اليابان من الغاز الطبيعي المسال بشكل رئيسي نتيجة ضعف استهلاك الغاز في قطاع الطاقة، بسبب زيادة توافر الطاقة النووية. وفي كوريا الجنوبية أدى انخفاض استهلاك الغاز في قطاعي الغاز والطاقة في المدن إلى انخفاض واردات الغاز الطبيعي المسال.¹

¹ :GECF , Op.cit, pp 115

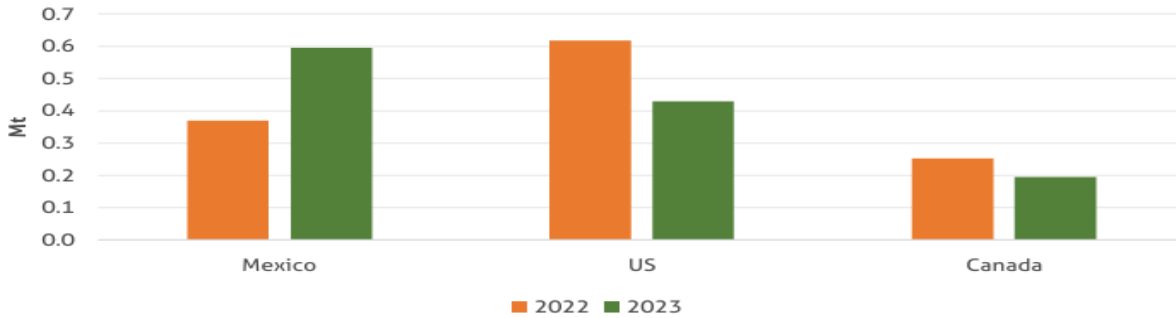
الشكل رقم 24: واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة آسيا والمحيط الهادي حسب البلد (2023-2022)



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

- **أمريكا الشمالية:** في عام 2023، سجلت واردات أمريكا الشمالية من الغاز الطبيعي المسال انخفاضًا بنسبة 1.7% (0.02 مليون طن) على أساس سنوي لتصل إلى أدنى مستوى لها عند 1.2 مليون طن. ويرجع هذا الانخفاض إلى ضعف الواردات من كندا والولايات المتحدة، مما عوّض زيادة واردات المكسيك. ويرجع انخفاض واردات الغاز الطبيعي المسال من كندا والولايات المتحدة إلى زيادة إنتاج الغاز في كلا البلدين. في المقابل يرجع ارتفاع واردات المكسيك من الغاز الطبيعي المسال إلى انخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب من الولايات المتحدة.¹

الشكل رقم 25: واردات أمريكا الشمالية من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2023-2022)

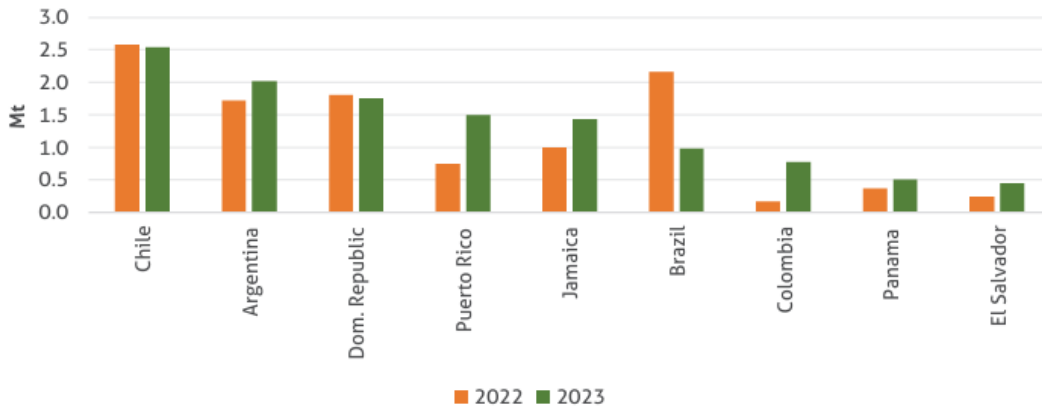


Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

¹ :GECF , Op.cit, p116

- **أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي :** في عام 2023، نمت واردات الغاز الطبيعي المسال في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي بنسبة 11% (1.15 مليون طن) لتصل إلى 12 مليون طن، مسجلةً بذلك ثاني أعلى حجم واردات سنوية في السنوات الخمس الماضية ، وقد ساهم ارتفاع عدد محطات الاستيراد التي شُغلت مؤخرًا في زيادة الواردات في بورتوريكو والسلفادور. وفي كولومبيا عزز الطلب المتزايد على الغاز في قطاع الكهرباء، مدفوعًا بانخفاض إنتاج الطاقة الكهرومائية واردات الغاز الطبيعي المسال. وشهدت الأرجنتين ارتفاعًا في واردات الغاز الطبيعي المسال نتيجةً لانخفاض واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب. في المقابل، شهدت البرازيل انخفاضًا ملحوظًا في واردات الغاز الطبيعي المسال يعود إلى انخفاض الطلب على الغاز في قطاع الكهرباء.

الشكل رقم 26: واردات أمريكا اللاتينية وبحر الكاريبي من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2023-2022)

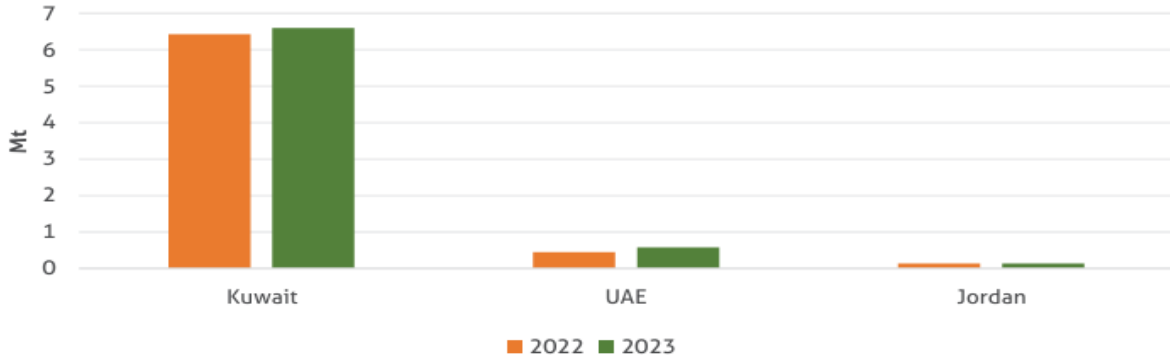


Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

- **الشرق الأوسط وشمال أفريقيا :** في عام 2023، ارتفعت واردات الغاز الطبيعي المسال في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة 4.9% (0.4 مليون طن) لتصل إلى 7.4 مليون طن ويمثل هذا انتعاشًا طفيفًا في واردات المنطقة من الغاز الطبيعي المسال، بعد انخفاضها في عام 2022. وقد عزز ارتفاع الطلب على الغاز من الكويت و واردات الغاز الطبيعي المسال، بينما عززت زيادة صادرات الغاز الطبيعي المسال من قطر و واردات الغاز الطبيعي المسال في الإمارات العربية المتحدة ولم تتغير واردات الأردن من الغاز الطبيعي المسال عن العام السابق.¹

¹ : GECF , Op.cit, pp116 -117

الشكل رقم 27: واردات الشرق الاوسط وشمال إفريقيا من الغاز الطبيعي المسال حسب الدولة (2022-2023)



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

الفرع الرابع : شحن الغاز الطبيعي المسال

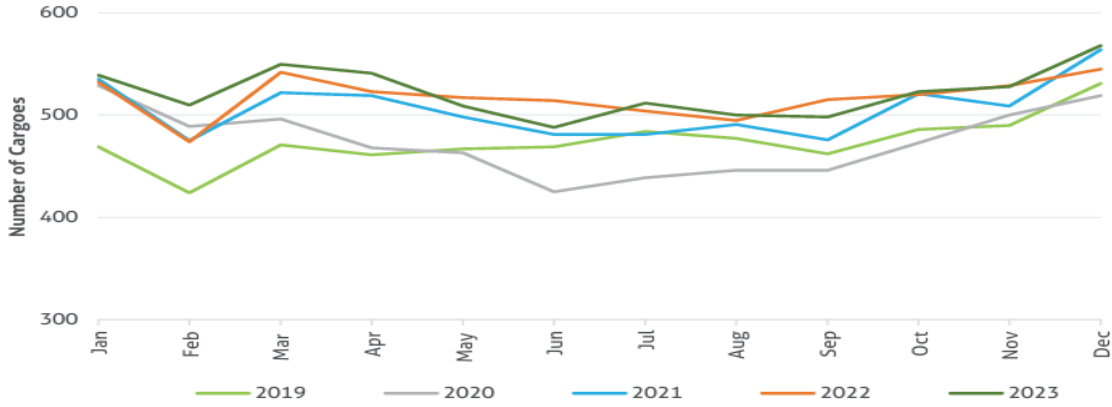
استمر سوق شحن الغاز الطبيعي المسال في التوسع لمواكبة الطلب المتزايد. في عام 2023، بلغ عدد شحنات الغاز الطبيعي المسال المُصدّرة عالمياً 6,266 شحنة وكان هذا الرقم أعلى بنسبة 1% فقط (أي ما يعادل 56 شحنة) من مستويات عام 2022، واستمر في الاتجاه العام لتزايد عدد شحنات الغاز الطبيعي المسال المُصدّرة سنوياً خلال السنوات الثلاث الماضية. وارتفع متوسط عدد شحنات الغاز الطبيعي المسال المُصدّرة شهرياً من 518 شحنة في عام 2022 إلى 522 شحنة في عام 2023.

على مستوى الدول، تصدرت الولايات المتحدة قائمة الدول المُصدّرة في عام 2023 من حيث عدد شحنات الغاز الطبيعي المسال المُسلّمة، مُزيحة أستراليا التي احتلت المركز الأول على مدار السنوات الأربع السابقة وتحتل ست دول من منتدى الدول المُصدّرة للغاز الطبيعي المسال مراكز متقدمة ضمن المراكز العشرة الأولى لعام 2023، وهي: قطر، وروسيا، وماليزيا، والجزائر، ونيجيريا، وترينيداد وتوباغو.

في عام 2023، سلّمت الولايات المتحدة 123 شحنة إضافية من الغاز الطبيعي المسال مقارنةً بالعام السابق، بزيادة قدرها 10%. وسُجّلت أعلى الزيادات التالية من قبل الجزائر بـ 54 شحنة، وموزمبيق بـ 38 شحنة، والنرويج بـ 29 شحنة. وباستثناء موزمبيق التي بدأت عملياتها في أواخر عام 2022، فقد شهدت النرويج أعلى نسبة زيادة في شحنات الغاز الطبيعي المسال في عام 2023، حيث صدّرت شحنات إضافية بنسبة 59% من مشروع Hammerfest، مقارنةً بعام 2022. وتلتها دول منتدى الدول المصدرة للغاز، الجزائر وبيرو وأنغولا، مسجلةً زيادات بنسبة 25% و20% و12% على التوالي.¹

¹: GECF , Op.cit, pp 120-121

الشكل رقم 28: عدد شحنات الغاز الطبيعي المسال المصدرة



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

الفرع الخامس : تخزين الغاز تحت الأرض

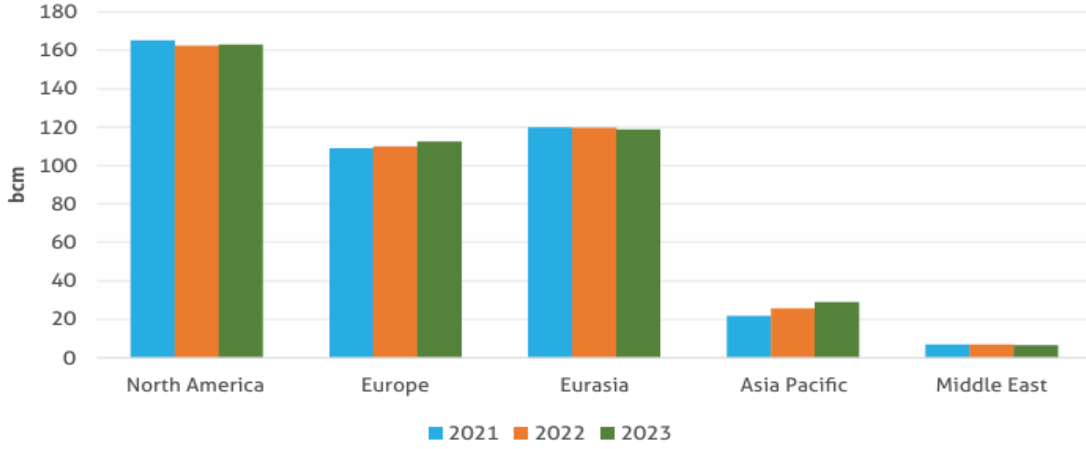
ارتفعت السعة الإجمالية لتخزين الغاز تحت الأرض مدفوعةً بالصين. في عام 2023 بلغت السعة التشغيلية الإجمالية لمواقع تخزين الغاز تحت الأرض حول العالم 430 مليار متر مكعب، بزيادة قدرها 1.3% مقارنةً بعام 2022، مما يؤكد أهمية تخزين الغاز كاحتياطي استراتيجي للطاقة، بالإضافة إلى كونه وسيلةً فعّالة لمواجهة تقلبات الأسعار.

تستحوذ أمريكا الشمالية على 38% من السعة التشغيلية العالمية لتخزين الغاز تحت الأرض، تليها أوروبا بنسبة 26%، ثم أوراسيا بنسبة 28% على مستوى الدول، تمتلك الولايات المتحدة أعلى سعة تخزينية بواقع 134 مليار متر مكعب. تليها روسيا بسعة 75 مليار متر مكعب، ثم أوكرانيا بسعة 31 مليار متر مكعب، ثم كندا بسعة 29 مليار متر مكعب، ثم ألمانيا بسعة 23 مليار متر مكعب.

تواصل الصين توسيع بنيتها التحتية لتخزين الغاز تحت الأرض، التي تبلغ سعتها الآن 21 مليار متر مكعب. وبناءً على ذلك، كانت منطقة آسيا والمحيط الهادئ المحرك الرئيسي لنمو قطاع تخزين الغاز تحت الأرض في السنوات الأخيرة .

تمت إضافة ثلاثة مليارات متر مكعب من السعة التخزينية في عام 2023، ليصل إجمالي السعة التخزينية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ إلى 29 مليار متر مكعب. وفي أوروبا، زادت السعة التخزينية بمقدار ملياري متر مكعب في عام 2023، بينما ظلت سعة أمريكا الشمالية دون تغيير.

الشكل رقم 29: التغيرات السنوية في السعة التخزينية للكهوف الملحية حسب المنطقة



Source: GECF Secretariat based on data from Cedigaz

هناك ثلاثة تكوينات رئيسية تُستخدم في مواقع تخزين الغاز تحت الأرض: حقول النفط أو الغاز المستنفدة، طبقات المياه الجوفية والكهوف الملحية. وتُعد إعادة حقن الغاز في الحقول المستنفدة الأكثر شيوعًا لسببين رئيسيين أولاً تتمتع هذه الحقول المستنفدة بالنفاذية والمسامية اللازمين لتخزين الغاز، ثانياً البنية التحتية اللازمة موجودة بالفعل مثل خطوط الأنابيب والآبار.

على المستوى العالمي يُمثل استغلال الحقول المستنفدة 81% من إجمالي سعة الغاز العاملة يوجد أكثر من 570 موقعاً من هذا النوع حول العالم منها 360 في أمريكا الشمالية و109 في أوروبا.

يمثل استخدام طبقات المياه الجوفية لتخزين الغاز تحت الأرض 11% من إجمالي السعة العالمية، تخزن طبقات المياه الجوفية المياه بنفس الطريقة التي تخزن بها الصخور المسامية الهيدروكربونات، ومن ثم أثبتت طبقات المياه الجوفية المستنفدة أنها مثالية لتخزين الغاز تحت الأرض حيث يوجد أكثر من 80 موقعاً يقع أكثر من نصفها في أمريكا الشمالية.

يتضمن النوع الأخير من تخزين الغاز تحت الأرض استخدام كهوف الملح الصخري تحت الأرض. تحظى هذه الطريقة بشعبية خاصة في أوروبا وأمريكا الشمالية، وتمثل 8% من السعة العالمية للغاز العامل. يوجد ما يقرب من 120 موقعاً لتخزين كهوف الملح حول العالم، يقع نصفها تقريباً في أوروبا.¹

¹ : GECF , Op.cit, pp 131-132

المبحث الثاني :أسواق الغاز الطبيعي

تعد أسواق الغاز الطبيعي من الركائز الأساسية لمنظومة الطاقة العالمية ، نظرا للدور المتزايد الذي يلعبه الغاز الطبيعي في تلبية الطلب على الطاقة . وقد شهدت هذه الأسواق تطورا ملحوظا بفعل تحرير التجارة الطاقوية، تقدم تقنيات النقل والتسييل، مما اسهم في توسيع نطاق التبادل الدولي . ويهدف هذا المبحث الى ابراز مفهوم أسواق الغاز الطبيعي وانواعها وطبيعة العقود المتداولة في هذه الأسواق .

المطلب الأول : الأسواق الإقليمية للغاز الطبيعي

تشمل التدفقات الدولية الرئيسية للغاز الطبيعي صادرات خطوط الأنابيب من روسيا إلى أوروبا والصادرات من الشرق الأوسط إلى أوروبا وآسيا وتجارة الغاز الطبيعي المسال بين الدول الآسيوية. كل من هذه الأسواق الإقليمية فريدة من نوعها تتميز بوجود ممولين تقليديين واستقلالية نسبية حيث لا تعتبر مغلقة على نفسها فالواحدة منها تتأثر بالتغيرات التي تطرأ في الاسواق الأخرى. في بقية العالم أسواق الغاز الطبيعي مجزأة للغاية وهناك عقبات كبيرة أمام تجارة الغاز الطبيعي بين البلدان . ومع ذلك معظم أنحاء العالم مزودة بالغاز الطبيعي من قبل عدة بلدان مختلفة المصدر.

الفرع الأول : السوق الامريكية

تتميز السوق الامريكية بانها اقدم الاسواق واكثرها خبرة وتنوع مما يجعل الاسواق الناشئة تقتدي بخطاها فأمریکا الشمالية هي منطقة متكاملة ومنافسة للغاية ، حيث يتم بيع 99 % من الغاز المستهلكة هناك في أسواق الجملة التنافسية¹ . ومع ذلك ، فإن أمريكا الشمالية لا تتاجر كثيرًا مع مناطق أخرى: على الرغم من أنها تستهلك 949 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي ، استوردت أمريكا الشمالية 11.6 مليار متر مكعب فقط من الغاز الطبيعي من مناطق أخرى وصدرت فقط 0.4 مليار متر مكعب².

كانت شركات نقل الغاز الطبيعي بالأنابيب تحتكر أي صناعة للغاز الطبيعي اذ تقوم تلك الشركات خطوطها الى حيث توجد حقول آلاف صغار المنتجين وبذلك فشركات الانابيب تقوم بمهمة النقل والتسويق اذ تشتري الغاز الطبيعي من منتجه ثم تنقله وتبيعه لشركات التوزيع المحلي في المدن وللكبار المستهلكين بأسعار تتضمن قيمة الغاز وخدمة النقل معا . غير ان الحكومة قامت بإخضاعها لرقابة الاجهزة الفدرالية بتحديد عائداتها. قامت

¹ : International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey - 2015, 17.

² : BP, BP Statistical Review of World Energy 2015, 23, 28.

هذه الشركات بمعارضة هذه الرقابة بدعوى ان العائد على الاستثمار الذي يؤثر سلبا على النشاط الاستكشافي فأصدرت الحكومة قانون 1978 بهدف تحرير تجارة الغاز بين الولايات من قيود التسعير عند راس البئر على مراحل، ادت حرية التسعير الى ارتفاع اسعار الغاز مع ما اصاب الاقتصاد الأمريكي من ركود خلال السنوات الاولى للثمانينيات التي لم تلبت ان انعكست بالانكماش على استهلاكه، وظهر فائض متزايد في اسواق الغاز الطبيعي ادى الى انخفاض اسعاره في الحقول انخفاضا شديدا .

وموازة مع ذلك فرضت سياسة تحرير اسعار الغاز الطبيعي على شركات النقل بالأنابيب عبر حدود الولايات توفير القدر الزائد من احتياجاتها من طاقة الانابيب لنقل الغاز المملوك للآخرين وقد اطلق على هذا النظام النقل لحساب طرف ثالث .وبذلك تم الفصل بين مهمة النقل والمهمة التجارية التي كانت تنفرد بها شركات نقل الغاز عبر الانابيب ، وصارت الفرصة متاحة امام شركات التوزيع المحلي وغيرها من كبار المستهلكين والوسطاء للقيام بالشراء مباشرة من المنتجين ثم التعاقد على خدمة نقله لحسابهم مع شركات النقل بالأنابيب عبر حدود الولايات. وقد تم استكمال إجراءات النقل لحساب طرف ثالث بقرارات من الوكالة الفدرالية لرقابة الطاقة خلال السنوات 1984 و 1985 و 1987 وهذا ما أضفى على صناعة الغاز مزيدا من المنافسة .

وترتب على تحرير الاسعار توفر فائض في العرض للغاز الطبيعي منذ اوائل الثمانينيات ما ساعد على التوسع في السوق الفورية للغاز الطبيعي ، ففي عام 1984 لم تكن مبيعات الغاز التعاقدية التي تقل مدتها عن ثلاثون يوما تتجاوز 14 % من الغاز المحمول بالأنابيب ، لترتفع هذه النسبة الى حوالي 50-60 % عام 1990¹

الفرع الثاني : السوق الاوروبية

معظم السوق الأوروبية متكاملة لكن خارج المملكة المتحدة ، فإن أسواق الغاز الطبيعي لديها أقل تنافسية. في الاتحاد الأوروبي في عام 2013 كان أكبر مستورد للغاز في كل بلد في المتوسط 65.6 % من السوق المحلية². اعتمد مجلس وزراء الطاقة بالاتحاد الأوروبي في 8 ديسمبر 1997 قرارا يقضي بتحرير الغاز على مدى 10 سنوات وعلى مراحل تبدأ الأولى عام 2000 ويمثل التحرير أساسا فيما يشبه النظام الأمريكي الذي يلزم شركات الأنابيب بالنقل لطرف ثالث وهو ما يترك شركات توزيع الغاز مباشرة مع منتجي الغاز ، وبذلك لا يرغم المشترون الكبار على شراء الغاز من الشركات التي تملك أنابيب النقل وصهاريج التخزين والتي كانت تتمتع بمركز احتكاري فالتعاقد على نقل الغاز وتخزينه مع الشركات المالكة للأنابيب يأتي بعد تعاقد المشتريين مع منتجي الغاز الطبيعي هذه السياسة مكنت من تعميق المنافسة بين الشركات ما يؤدي في النهاية الى انخفاض في أسعار الغاز الطبيعي .

¹ : منظمة الاقطار العربية المصدرة للبتروول ، النفط والتعاون العربي ، 2016 ، ص 20 ، 22.

² : Eurostat, "Natural Gas Market Indicators."

الفرع الثالث : السوق الاسيوية

في شرق آسيا أسواق استيراد الغاز تهيمن عليها عدد قليل من المؤسسات ، وتمتلك الشركات المملوكة للدولة 79 % من محطات الغاز الطبيعي المسال العاملة أو قيد الإنشاء أو المخطط لها حتى عام 2017.¹ شهدت هذه المنطقة نموا متزايدا في إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي وذلك نتيجة لتوفر احتياطي كبير منه ساعد على نمو الإنتاج في المنطقة كما شجع على هذا النمو وجود طلب قوي في المنطقة نتيجة افتقار اليابان وغيرها إلى مصادر الطاقة إضافة إلى حاجتها إلى تنويع مصادرها . يستمد الطلب على الغاز قوته في المنطقة من انتشار استعماله في مجال توليد الكهرباء، نتيجة التوسع السريع الذي شهدته المنطقة في استخدام الكهرباء نتيجة لنمو الصناعي المتزايد خلال السنوات العشرين الماضية. وقد ارتبط نمو استهلاك الغاز الطبيعي في هذه المنطقة بنمو تجارته الدولية وعلى الخصوص الغاز المسال .

المطلب الثاني : السوق الفورية والسوق المستقبلية

لأسباب عديدة، أهمها تغطية تكاليف الاستثمار ، ظلت صناعة الغاز تعتمد في تجارتها أساسا على العقود طويلة الأجل، غير أنه ونتيجة تطور التجارة الغازية الدولية من جهة، وسعي الدول المستهلكة لخلق سوق غازي تنافسي من جهة أخرى، برزت طرق جديدة في التعامل بكميات الغاز بيعا وشراء، منها على وجه الخصوص أسواق الغاز الفورية والأسواق المستقبلية.

الفرع الأول : أسواق الغاز الفورية

يقصد بالسوق الفوري تلك العقود التي تغطي عادة شحنة واحدة وبسعر ثابت ويقضي بالتسليم المباشر أو الفوري، وتكون فترة العقد قصيرة، تمتد عادة ما بين يوم إلى 30 يوما، كما يمكن أن يغطي العقد الفوري عدة شحنات فورية يتم الاتفاق على تسليمها خلال فترة معينة، وقد يسمى العقد الفوري عقدا قصير الأجل وتمتد فترته إلى سنة فأقل، وبالتالي يمكن القول بأن جميع العقود الطويلة الأجل إنما تنتمي للسوق قصيرة الأجل.²

وتهتم السوق الفورية بالجانب الحقيقي الملموس في تجارة الغاز على المدى القصير، حيث ينتهي مفعول تلك العقود بالتسليم الفعلي للغاز، كما أن التعامل في السوق الفورية يتم بصورة مباشرة بين البائع والمشتري أو من يمثلهما من وسطاء وسماسرة، ومن دون تدخل من أسواق البورصة.

¹ : International Energy Agency, "Developing a Natural Gas Trading Hub in Asia: Obstacles and Opportunities," 29 - 31.

² : Charles Augustin, understanding natural gas market, publications of API, USA, 2006. P27.

ومع الاتجاه الذي ساد في الولايات المتحدة الأمريكية نحو تحرير الأسعار من الرقابة الحكومية، وكذا ظهور فائض في العرض في قطاع الغاز ترتب على ذلك ظهور واتساع السوق الفورية في الغاز والتي أدت دورا رئيسيا في تجارة الغاز، وبخاصة بعد أن دخل الغاز معتمدا عليها إلى الأسواق المستقبلية في بورصة نيويورك NYMEX عام 1990، حيث بلغت خلالها مبيعات الغاز بعقود تقل مدتها عن 30 يوما نحو 60% من مبيعات الغاز عبر الأنابيب ونظر لمرونة هذا النوع من العقود مقارنة مع طويلة الأجل فقد ظهرت مجموعة الوسطاء لتسيير عملية التسويق في ظل المنافسة المتزايدة وتواجد العديد من المنتجين و المستهلكين ومن جهةها، ظهرت السوق الفورية Spot لمغاز الطبيعي المميع لأول مرة سنة 1992، واعتبرت نشاطا جديدا ي طرح المبادلات الغازية العالمية بمرونة أكثر، حيث يسمح لمنتجين من استغلال موارد الغازية بشكل افضل، ويخلق قيمة مضافة دون الحاجة إلى استثمارات جديدة.

فالعقود الغازية هي عقود طويلة الأجل، غالبا ما تتجاوز ربع القرن وباستثناء الشحنات الغازية المتفق عليها في العقد الأصلي بين المصدر والمستورد، سيجد المنتجون أنفسهم في حالة عدم التشغيل، والريع الغازي المحصل عليه من الكميات المتعاقد عليها لن يكون مرضيا بالمقارنة مع حجم الاستثمارات المسخرة لتجهيز مصانع وقوافل النقل البحري (الميثانيات)، لهذا كان لابد من ظهور السوق الفورية (الحررة) لتسويق الفائض الغازي بالنسبة لمنتجين. أو لإلحاق شحنات إضافية بتلك المتفق عليها في العقد الأصلي وذلك في المدى القصير وقد سجلت السوق الفوري للغاز الطبيعي المميع توسعا واضحا حيث كانت تمثل ما يقارب 1% من مجموع المبيعات عام 1992، وارتفعت هذه النسبة إلى 10% عام 2004. ويمكن تلخيص الأسباب الرئيسية التي أدت إلى نشاط السوق الفوري للغاز الطبيعي المميع فيما يلي²:

- ** التكنولوجيا العالية التي تمتاز بها وحدات التميع الجديدة. والتي تسمح بإنتاج فائض يتراوح ما بين 10% و 20% من كميات الغاز المميع المتعاقد عليها.
- ** الطلب على الغاز عرف نموا أسرع من المتوقع في التسعينات لم تستوعبه العقود المبرمة على أنها عقود طويلة الأجل.
- ** انخفاض عرض بمنطقة البحر الأبيض المتوسط لعدة سنوات بسبب أشغال إعادة تهيئة وحدات التميع الجزائرية في الفترة 1991/ 1998.
- ** وفرة الميثانيات مما سهل من نقل هذه الشحنات في المدى القصير.

¹ : حسين العبد الله ، مرجع سابق ، ص 162 .

² : Terzian Pierre – le gaz Naturel perspectives pour (2010/2020) – Paris economic1998 ,p153 .

- ** تخدم الشروط التجارية لعقود Spot كلا من المومنين والزبائن .
- ** عدم قدرة بعض البلدان على تحمل تكاليف التخزين المرتفعة .بالتالي تفضل شراء شحنات في المدى القصير واستهلاكها مباشرة دون الحاجة الى تخزينها مدة طويلة .
- ** بسبب حداثة السوق الفورية للغاز، فإنها لم تعرف بعد انتشار واسعا لكنها تسير نحو التطور.

الفرع الثاني : أسواق الغاز المستقبلية

السوق المستقبلية هي السوق التي تهتم بالجانب الورقي من تجارة الغاز، وتستخدم المشتقات المالية كأدوات، وبالتالي فهي ذات طابع مالي، ففي الوقت الذي ينتهي فيه التعاقد في السوق الفورية بالتسليم الفوري للبضاعة، يتم التعاقد بالدرجة الأولى في السوق المستقبلية بغرض تحويل مخاطر التغيير في سعر البضاعة المتاجر بها وليس لتحويل الملكية الحقيقية. وكان نجاح السوق الفورية للغاز بادرة لتطور أسواق الغاز المستقبلية خلال عقد التسعينات، وذلك كنتيجة مباشرة لإجراءات تحرير أسواق الغاز في بعض البلدان .وقد افتتح أول سوق مستقبلي للغاز في أمريكا في أبريل 1990 في سوق نايمكس في نيويورك .وتلاه بعد ذلك فتح سوق للغاز في بريطانيا في سوق (IPE) في لندن في جانفي 1997 .

وتختلف السوق المستقبلية عن السوق الفورية بأن أسعارها أكثر شفافية، وتنتشر بصورة مباشرة، وتكون متوفرة للجميع، كما يتم نشر أرقام الكميات التي تباع وتشتري من خلال السوق بصورة دقيقة .وبسبب طبيعة الأسواق المستقبلية، وبالأخص درجة الضمان العالي لتنفيذ العقود، وتوفير السوق لإمكانات أوسع تشمل البيع والشراء والتحوط والاستثمار، فإنها تجذب عددا أكبر وأكثر تنوعا من المتعاملين مقارنة بالأسواق الفورية¹.

وبرزت السوقين الفوري والمستقبلي نتيجة تهافت المستهلكين على طلب الغاز المسال، ففي آسيا، ونتيجة تخليها التدريجي على الطاقة النووية، استعانت اليابان بحصص معتبرة من الغاز المسال القطري لسد حاجاتها، ومن المتوقع أن تلتحق كل من الهند والصين وكوريا الجنوبية باليابان لزيادة اعتمادهم على الغاز المسال .

أما في الاتحاد الأوروبي، فقد زادت واردات الغاز المسال نتيجة عاملان أساسيان هما :

العامل الأول :انكماش الإنتاج النرويجي من الغاز الطبيعي .فوفقا للخبير النرويجي رون ليكفيرن، فمن المتوقع تراجع قدرة تصدير الغاز النرويجي بنسبة % 40 بحلول عام 2025 ومع الأخذ في الاعتبار أن النرويج هي

¹ :<http://www.qnb.com/cs>.

ثاني أكبر مصدر للغاز إلى الاتحاد بعد روسيا، فإن إمدادات الغاز المسال ستسهم في سد هذا الفراغ شريطة توسع دول الاتحاد في بناء منشآت لاستقبال الغاز.

العامل الثاني: مع إلغاء مشروع خط غاز السيل التركي، على خلفية التوترات الجيوسياسية بين أنقرة وموسكو، أصبحت دول البلقان ووسط أوروبا في حاجة إلى بدائل للغاز الروسي) إلى جانب مشروع خط غاز تاب - تاناب الأذري. (وتنشط حاليا شركات الغاز الأميركية- مثل شنيبر للطاقة -في جنوب شرق أوروبا للبحث عن فرص لتصدير الغاز الأميركي المسال. ومن ناحية أخرى يدفع استمرار تعطيل مشروع خط السيل الشمالي الثاني لتصدير الغاز الروسي إلى ألمانيا (لعدم توافقه مع قواعد الحزمة الثالثة الأوروبية للطاقة) إلى تعزيز فرص مصدري الغاز المسال¹.

المطلب الثالث : عقود الغاز الطبيعي قصيرة ، متوسطة وطويلة الأجل

نما سوق الغاز الطبيعي المسال بشكل متزايد خلال العقد الماضي ، حيث يستخدم عدد أكبر من المشاركين مجموعة واسعة من استراتيجيات التداول. في حين تم تسليم الشحنات بشكل أساسي بموجب عقود المقصد الثابت طويلة الأجل ، فإن جزءًا متزايدًا من الغاز الطبيعي المسال يتم بيعه بموجب عقود أقصر أو في السوق الفورية.

أصبحت تجارة الغاز الطبيعي المسال "غير طويلة الأجل" هذه ممكنة بفضل ظهور متداولين بالإضافة إلى مرونة أكبر في العقود. ارتفعت التجارة غير طويلة الأجل في عام 2011 ، بسبب الصدمات كتلك التي نتجت عن كارثة فوكوشيما والنمو في إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة ، ولكن بعد ذلك تباطأت خلال عام 2016 بسبب الإمداد بالغاز الطبيعي المسال الجديد بشكل كبير من المشاريع التعاقدية طويلة الأجل . منذ ذلك الحين زاد حجم الغاز الطبيعي المسال المتداول دون عقد طويل الأجل زيادة كبيرة ، حيث نما بنسبة 19 ٪ على أساس سنوي في عام 2017 وبنسبة 18 ٪ على أساس سنوي في عام 2018. ويرجع هذا النمو الأخير جزئياً إلى تكثيف التسييل المرن المتعاقد عليه، مشاريع في المحيط الأطلسي مثل تلك الموجودة في الولايات المتحدة وروسيا.

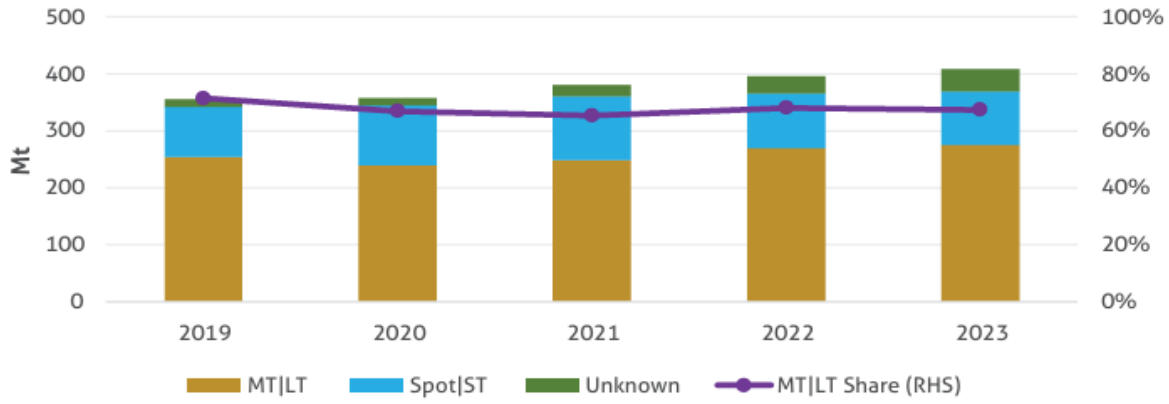
¹ : تامر بدوي، تحولات أسواق الغاز المسال في عام 2016 ، مركز الجزيرة للدراسات، 05 جانفي 2016 ، ص 03.

تطورت هذه الشريحة من السوق نتيجة لعدة عوامل رئيسية:

- النمو في عقود الغاز الطبيعي المسال مع مرونة الوجهة ، مما سهل التحويلات إلى الأسواق ذات الأسعار المرتفعة.
 - ازدياد عدد المصدرين والمستوردين ، مما زاد من تعقيد الصناعة وأدخل تباينات وروابط جديدة بين المشترين والبائعين. في عام 2018 ، قام 30 سوقًا (بما في ذلك شركات إعادة التصدير) بتصدير أحجام التداول الفورية إلى 35 سوقًا نهائية. هذا بالمقارنة مع 6 من المصدرين الفوريين و 8 مستوردين فوريين في عام 2000.
 - نمو الشركات ذات المحافظ التسويقية المتنوعة التي تلعب دور التجميع ، مما يسمح بعقود take off طويلة الأجل لتلبية مجموعة متنوعة من التزامات المشتري على المدى القصير والطويل.
 - التغييرات المفاجئة في ديناميكيات العرض أو الطلب مثل كارثة فوكوشيما في اليابان أو استبدال خط أنابيب العرض في الأردن.
 - انخفاض القدرة التنافسية للغاز الطبيعي المسال في منافسة Interuel مثل الفحم في قطاع الطاقة (بشكل رئيسي في أوروبا) والغاز الصخري (الشمال أمريكا) التي حررت مجلدات لإعادة توجيهها إلى مكان آخر.
 - فترات التباين الكبير بين الأسعار في أحواض مختلفة مثل تلك الموجودة في الفترة من 2010 إلى 2014 ، مما جعل المراجعة استراتيجية هامة ومربحة لتحقيق الدخل.
 - الجدول الزمني للتطوير الأسرع والتكاليف الرأسمالية الأولية المنخفضة لوحدة FSRU مقارنةً بإعادة التحويل إلى الشاطئ ، مما يتيح للأسواق الجديدة دخول سوق استيراد الغاز الطبيعي المسال.
 - النمو الكبير في أسطول الغاز الطبيعي المسال ، لا سيما السفن التي يتم طلبها دون ميثاق طويل الأجل، والذي سمح في بعض الأحيان بتوصيلات بين الأحواض منخفضة التكلفة.
- استمرت تجارة الغاز الطبيعي المسال متوسطة وطويلة الأجل في الهيمنة على سوق الغاز الطبيعي المسال العالمي، بينما شهدت تجارة الغاز الطبيعي المسال الفورية وقصيرة الأجل انكماشًا طفيفًا.
- تشمل تجارة الغاز الطبيعي المسال الفورية وقصيرة الأجل شحنات الغاز الطبيعي المسال المتداولة بموجب عقود مدتها سنتان أو أقل. صُنفت شحنات الغاز الطبيعي المسال المتداولة إلى تجارة فورية وقصيرة الأجل (spot|ST) ومتوسطة وطويلة الأجل (MT|LT) .

في عام 2023، انخفضت تجارة الغاز الطبيعي المسال الفورية بنسبة 2.4% (2.3 مليون طن) لتصل إلى 94 مليون طن وبالمثل، انخفضت حصة تجارة الغاز الطبيعي المسال الفورية وقصيرة الأجل من تجارة الغاز الطبيعي المسال العالمية بمقدار نقطة مئوية واحدة لتصل إلى 23%، وهو أدنى مستوى لها في السنوات الخمس الماضية. قد يرجع هذا الانخفاض إلى ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية مقارنةً بأسعار النفط، مما يجعل العرض طويل الأجل المرتبط بالنفط أكثر جاذبية من إمدادات الغاز الطبيعي المسال الفورية. في المقابل، حافظت تجارة الغاز الطبيعي المسال MT|LT على هيمنتها على تجارة الغاز الطبيعي المسال العالمية بحصة 70%.

الشكل رقم 30: تجارة الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب المدة



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

يعود الانخفاض في واردات الغاز الطبيعي المسال الفورية|ST بشكل رئيسي إلى منطقتي آسيا والمحيط الهادئ وأوروبا. على مستوى الدول، لوحظ ضعف واردات الغاز الطبيعي المسال الفورية|ST في اليابان وإسبانيا وكوريا الجنوبية وتركيا وتايوان وبولندا وسبب هذا الانخفاض هو ضعف الطلب على الغاز في جميع هذه الدول باستثناء تايوان. في المقابل، سُجلت زيادات كبيرة في واردات الغاز الطبيعي المسال الفورية|ST في الصين وألمانيا وتايوان وهولندا وفنلندا وبنغلاديش والهند وإيطاليا. في الصين وتايوان وبنغلاديش والهند، حفّز الانخفاض الحاد في أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الطلب على الغاز الطبيعي المسال الفوري في هذه الأسواق الحساسة للأسعار. وفي الوقت نفسه، ساهم الطلب القوي على الغاز الطبيعي المسال الفوري في هولندا وفنلندا وإيطاليا في زيادة واردات الغاز الطبيعي المسال الفورية|ST.¹

¹: GECF , Op.cit, pp 119

الشكل رقم 31: التباين في تجارة الغاز الطبيعي المسال العالمية حسب الدولة المستوردة في 2023



Source: GECF Secretariat based on data from ICIS LNG Edge

على صعيد الصادرات، شهدت الولايات المتحدة والجزائر وموزمبيق وبروناي نموًا ملحوظًا في صادرات الغاز الطبيعي المسال الفوري في المقابل، انخفضت صادرات الغاز الطبيعي المسال الفوري من مصر وإندونيسيا وماليزيا وقطر انخفاضًا كبيرًا.

المبحث الثالث : أسعار الغاز الطبيعي وتطورها

تعد أسعار الغاز الطبيعي من أبرز المؤشرات الاقتصادية في أسواق الطاقة ، لما لها من تأثير مباشر على القرارات الإنتاجية والاستهلاكية وعلى التوازنات الاقتصادية للدول ، وقد شهدت أسعار الغاز الطبيعي تطورات ملحوظة عبر الزمن نتيجة تغيرات العرض والطلب ، تحرير الأسواق وتنوع آليات التسعير ، إضافة الى عوامل جيوسياسية والتقلبات الاقتصادية العالمية . ويهدف هذا المبحث الى دراسة أسعار الغاز الطبيعي وتطورها ، مع إبراز آليات تسعير الغاز الطبيعي.

المطلب الأول : أسعار الغاز الطبيعي

ان سعر الغاز الطبيعي هو المتغير الأهم في تحقيق التوازن بين المصدرين والمستوردين ، كما ان الأسعار من العناصر المؤثرة في العلاقة بين البائعين والمشتريين ، فقد حاولت الدول المستوردة دائما التحكم بالأسعار بصفة مباشرة وغير مباشرة اما الدول المصدرة فتسعى الى تحقيق سعر يغطي التكاليف الباهظة لصناعة الغاز وتحقيق ربح غازي يغطي جزء من أعباء التنمية الاقتصادية والاجتماعية وربح يؤدي الى تجديد وسائل صناعة الغاز والتوسع فيها .

عرفت أسعار الغاز الطبيعي أنواع عديدة يمكن تحديدها بشكل عام على النحو التالي :

أ- سعر الاتفاق : تطلق تسمية سعر الاتفاق على سعر الغاز الطبيعي التي يتم الاتفاق عليه بين البائع والمشتري وفق عقد معين يتم تحديده غالباً بالدولار الأمريكي لكل وحدة حرارية بريطانية او المتر المكعب (م³) او القدم المكعب .

ب – السعر الحقيقي (السعر النهائي): قد يختلف عن السعر التعاقدى الذي يأخذ بعين الاعتبار تأثير البنود التعاقدية الأخرى في محصلة السعر النهائي .

الفرع الأول : العوامل التي تؤثر على أسعار الغاز الطبيعي

إن أساسيات أسعار تداول الغاز الطبيعي تتأثر بالتقلبات الحقيقية في ميزان العرض والطلب والتقلبات الوشيكّة المتوقعة في هذا التوازن على حد سواء، حيث إن نقص الإمدادات يحرك الأسعار نحو الأعلى، وزيادة العرض يخفضها، وذلك بسبب أن بدائل الغاز الطبيعي المستخدمة على المدى القصير كوقود للتدفئة وتوليد الكهرباء محدودة نوعاً ما. ونتيجة لذلك تشهد أسعار الغاز الطبيعي تغييرات كبيرة في الأسعار. فيما يلي أهم العوامل المؤثرة على أسعار الغاز الطبيعي:

- **الطقس السوء يمكن أن يعرقل عملية الإنتاج**: إن الأعاصير وغيرها من الظروف المناخية القاسية يمكن أن تؤثر على إمدادات الغاز الطبيعي. على سبيل المثال، في صيف عام 2005 أدت الأعاصير التي ضربت ساحل الخليج الأمريكي إلى إغلاق حوالي 4 ٪ من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة في الفترة من أغسطس 2005 ويونيو 2006 .
- **الطقس البارد يؤثر على قوة الطلب على الوحدات السكنية والتجارية**: حيث يزداد الطلب على استخدام الغاز الطبيعي كوقود للتدفئة خلال الأشهر الباردة، مما يزيد من الضغط على الأسعار.
- **يؤثر النمو الاقتصادي على حجم طلب الغاز الطبيعي**: فخلال فترات النمو الاقتصادي، وزيادة الطلب على السلع والخدمات من القطاعات التجارية والصناعية؛ يزداد الطلب على الغاز الطبيعي، وفي حين تراجع أو ضعف النمو الاقتصادي يكون له تأثير عكسي.
- **الطقس الحار في فصل الصيف يمكن أن يزيد من طلب محطات توليد الكهرباء على الغاز الطبيعي**: يمكن أن تؤثر درجات الحرارة أيضاً على الأسعار خلال موسم التبريد، تم توليد حوالي 27 ٪ من كهرباء الولايات المتحدة من الغاز الطبيعي في عام 2014 . حيث تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى زيادة الطلب على تكييف الهواء، مما يزيد الطلب على الغاز الطبيعي ويمكن أن يؤدي إلى زيادة الأسعار.

- المنافسة مع أنواع الوقود الأخرى يمكن أن تؤثر على أسعار الغاز الطبيعي: قد يقوم المستهلكون في التبديل بين الغاز الطبيعي والفحم، والنفط، وهذا يتوقف على تكلفة كل وقود. عندما تنخفض تكلفة أحدهم، فإن الطلب على الغاز الطبيعي قد يقل، مما قد يؤدي إلى انخفاض أسعار الغاز الطبيعي¹

الفرع الثاني : بورصات الغاز الطبيعي و تفصيلات عقوده

سنتحدث فيما يلي عن أكثر الخيارات المعروفة للتداول على الغاز الطبيعي في العالم:

- بورصة نيويورك التجارية: عندما يتعلق الأمر التعرض للمخاطرة، سوف يكون من الصعب العثور على نقطة انطلاق أفضل من بورصة نايمكس الولايات المتحدة ، حيث توفر البورصة عدد من العقود بالإضافة الى عدة خيارات على عقود هنري هب المستقبلية يستطيع المتداولون التداول على هذه العقود لمدة 12 شهر في السنة، ويمثل كل منهم 10000 مليون وحدة حرارية بريطانية. يمكنك التداول على هذه العقود من يوم الأحد الى يوم الجمعة من الساعة 6:00 مساء الى الساعة 5:15 مساء، والذي يعني ان المتداولون يستطيعون التداول لما يقارب 23 ساعة يومياً (يوجد 45 دقيقة فترة راحة بين كل يوم)
- بورصة انتركونتيننتال: والتي تعرف باختصار (ICE) ، توفر هذه البورصة كل من عقود الغاز الطبيعي البريطاني وعقود (TTF) المستقبلية، الموجودة في هولندا هذين الخيارين تسمح لوجود منظور عالمي أوسع على هذه السلع بالوقت الذي لا تزال تنمو فيه بشعبية.
- بورصة السلع المتعددة: للأشخاص الذين يريدون التداول في مناطق خارجية، توفر بورصة (MCX) عقود على المكشوف في اماكن خارج الهند، كما تتوفر العقود لمدة 12 شهر ويمثل كل منهم 1.250 مليون وحدة حرارية، من الممكن ان تكون العقود الاصغر انسب للمتداولين الذين لديهم رؤوس اموال قليلة.

ويجب الاخذ بعين الاعتبار ان العقود متوفرة من يوم الاثنين للسبت، مع عدم وجود تداول يوم الأحد .

الفرع الثالث : مخاطر تداول الغاز الطبيعي

من الصعب التنبؤ في تحركات الأسعار في سوق العقود الآجلة للغاز الطبيعي في بعض الأحيان، مما أكسبه سمعة سيئة في أسواق السلع العالمية. حيث يمكن لبعض المتداولين تكبد خسائر فادحة بسبب تحركات الأسعار غير المنتظمة، ولكن من الممكن أيضاً تحقيق أرباح في العقود الآجلة؛ من خلال وضع استراتيجيات ذكية والتحوط بعناية من المخاطر. يصاحب تداول العقود الآجلة للغاز الطبيعي العديد من المخاطر التي تؤثر على

¹ : <http://www.eia.gov/naturalgas/annual/>

السلع الأساسية. عادةً ما يقتصر الغاز الطبيعي في نطاق العرض، لذلك نرى أن سوق الولايات المتحدة معزول إلى حد ما عن الأحداث العالمية، وخاصة من منطقة الشرق الأوسط، التي تؤثر على العديد من السلع الأخرى مثل النفط الخام. لكن أسعار الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة تتأثر بحالة الاقتصاد الأمريكي، ومستويات المخزون، وتهديدات مصادر الطاقة النظيفة، والتغيرات المناخية غير المتوقعة (قد يتأثر الطلب على الغاز الطبيعي المستخدم في السيارات ومكيفات الهواء)، إلى جانب المشاكل البيئية والاكتشافات الجديدة من احتياطات ضخمة.

لذا لا يوجد هناك خطر واحد محدد يمكن أن يتجنبه المتداولون. تُصدر إدارة معلومات الطاقة الأمريكية كل يوم خميس تقريراً في الساعة 10:30 مساءً بالتوقيت الشرقي، يظهر هذا التقرير بيانات عن مخزونات الغاز الطبيعي الحالية. تتفاعل الأسواق بشكل كبير مع هذه البيانات؛ مما يتيح الفرصة أمام المتداولين للاستفادة من تقلبات الأسعار كلما يتم تحديث بيانات المخزون الجديدة.

هناك أيضاً مخاطر حتمية للتداول المالي. فمثلاً تتداول مؤشرات العقود الآجلة برافعة مالية مرتفعة؛ مما يسمح للمستثمرين في السيطرة على كمية كبيرة من السلع مقابل حجم ضئيل من الاستثمار. ومع ذلك، قد يؤثر أي تغيير طفيف في أسعار الغاز الطبيعي بشكل كبير على المستثمر.

وعلى الرغم من هذه المخاطر، لا يزال الطلب على العقود الآجلة للغاز الطبيعي مرتفعاً حيث يتمتع الغاز الطبيعي المسال بميزات كثيرة ومنها العلاقة الإيجابية بين أسعار الغاز الطبيعي والاقتصاد الأمريكي.

المطلب الثاني : تطور أسعار الغاز الطبيعي

شهدت أسعار الغاز والغاز الطبيعي المسال الفورية انخفاضاً ملحوظاً، لكنها ظلت أعلى بكثير من معدلاتها التاريخية. في عام 2023 شهدت أسعار الغاز والغاز الطبيعي المسال الفورية انخفاضاً ملحوظاً وتقلبات أقل على عكس المستويات القياسية والتقلبات الشديدة التي شهدتها العامين السابقين على الرغم من هذا التراجع، ظلت أسعار الغاز الفورية أعلى بكثير من معدلاتها التاريخية. في حين شهدت جنوب وشرق آسيا نشاط شراء متقطع مما أدى إلى زيادات مؤقتة في الأسعار، إلا أن الاتجاه العام في سوق الغاز كان هبوطياً، ويرجع هذا الاتجاه إلى عدة عوامل منها ضعف الطلب بسبب اعتدال الطقس والتباطؤ الاقتصادي العالمي، وإمدادات قوية من الغاز الطبيعي المسال، وارتفاع مستويات التخزين في أوروبا وآسيا.

في الربع الأول من عام 2023 شهدت أسعار الغاز الفورية في أوروبا وآسيا انخفاضًا حادًا، بعد اتجاه صعودي في الربع الأخير من عام 2022 وقد ضغطت أساسيات السوق الضعيفة، بما في ذلك ضعف الطلب الناجم عن اعتدال الطقس ومستويات التخزين الجيدة، وإمدادات قوية من الغاز الطبيعي المسال في كلتا المنطقتين، على أسعار الغاز الفورية نحو الانخفاض ونتيجةً لذلك، بلغ متوسط أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في كلٍّ من TTF و NEA 16.85 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية و16.69 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية على التوالي في الربع الأول من العام.

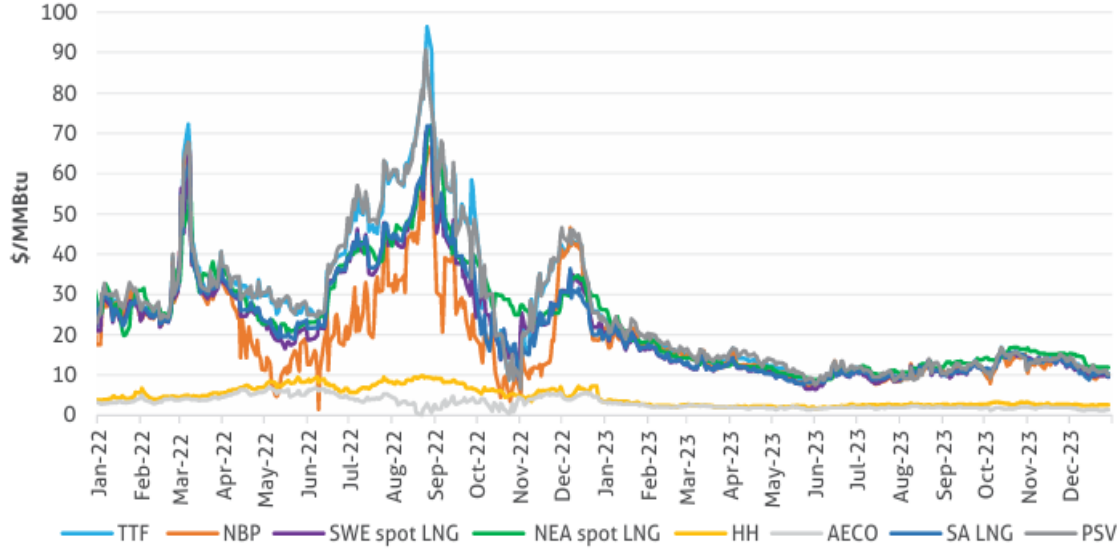
في الربع الثاني من عام 2023، استمر هذا الاتجاه الهبوطي حيث شهد سوق الغاز انخفاضًا في الطلب نتيجةً لارتفاع مستويات التخزين، وقوة إمدادات الغاز الطبيعي المسال، وانخفاض الطلب مع بداية موسم الذروة. ومع ذلك في يونيو 2023، ارتفعت الأسعار الفورية بشكل طفيف كاسرةً مسارًا هبوطيًا مستمرًا استمر خمسة أشهر، وبلغ متوسط أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في كلٍّ من TTF و NEA 11.35 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية و10.73 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية على التوالي في الربع الثاني من العام.

في الربع الثالث من عام 2023، تعافت الأسعار الفورية جزئيًا من بعض انخفاضات الأشهر السابقة، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى المخاوف بشأن إمدادات الغاز الطبيعي المسال العالمية، والتي أشعلتها الإضرابات في منشآت الغاز الطبيعي المسال التابعة لشركة Chevron's Gorgon في Wheatstone في أستراليا في سبتمبر بلغ متوسط أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في كلٍّ من TTF و NEA 11.85 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية و13.36 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية على التوالي في الربع الثالث من العام.

في الربع الرابع من عام 2023، شهدت الأسعار الفورية في أوروبا وآسيا ارتفاعات، مدفوعةً بشكل رئيسي بالمخاوف المتزايدة بشأن احتمال انقطاع إمدادات الغاز في ظل التطورات الجيوسياسية في الشرق الأوسط والأضرار التي لحقت بخط أنابيب الغاز Balticconnector، بالإضافة إلى زيادة الطلب الأوروبي على الغاز لأغراض التدفئة مع انخفاض درجات الحرارة. ومع ذلك في ديسمبر 2023 انعكس مسار أسعار الغاز والغاز الطبيعي المسال الفوري في أوروبا وآسيا، مسجلةً انخفاضًا ملحوظًا بعد أربعة أشهر من الزيادات المستمرة. ويرجع هذا الاتجاه الهبوطي إلى حد كبير إلى أساسيات السوق المتدهورة فقد أدى اعتدال درجات الحرارة الشتوية إلى انخفاض الطلب، وتفاقم الوضع بسبب وفرة إمدادات الغاز الطبيعي المسال، وارتفاع إمدادات غاز

خطوط الأنابيب النرويجية ومستويات التخزين الكبيرة في كلتا المنطقتين. ونتيجةً لذلك بلغ متوسط أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في كلٍّ من TTF و NEA 12.81 دولارًا أمريكيًا/مليون وحدة حرارية بريطانية و14.57 دولارًا أمريكيًا/مليون وحدة حرارية بريطانية على التوالي في الربع الرابع من العام.¹

الشكل رقم 32: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية اليومية



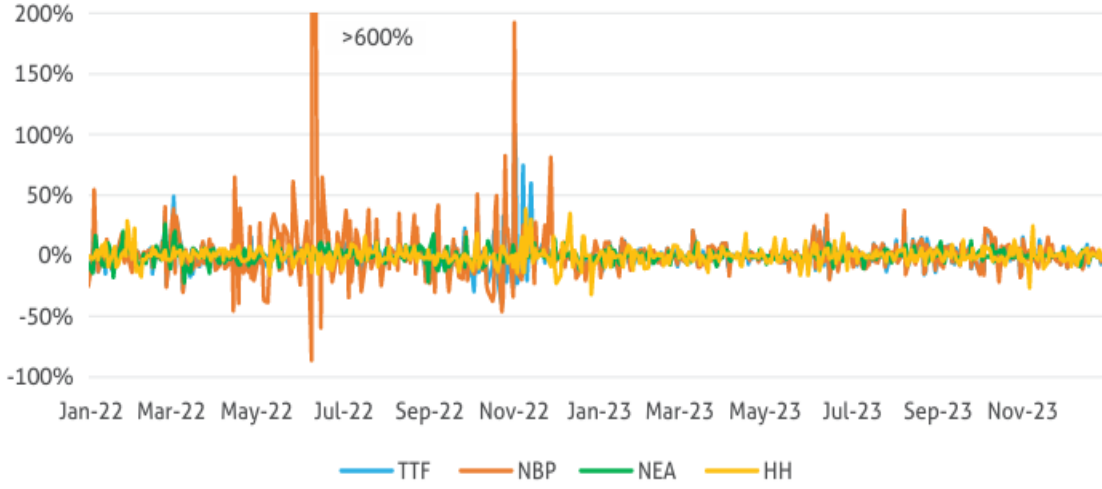
Source: GECF Secretariat based on data from Argus and Refinitiv Eikon

أظهرت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري تقلباتٍ أقل بكثير في عام 2023 مقارنةً بعام 2022 ، ومع ذلك شهدت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في NBP أوسع تقلبات حيث تراوحت التقلبات اليومية بين -21% و37%. في المقابل كانت تقلبات أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في NEA أكثر اعتدالاً حيث تراوحت بين -10% و12%. بالإضافة إلى ذلك تراوحت التقلبات اليومية في أسعار الغاز الطبيعي المسال الفوري في Henry Hub بين -26% و24%.

يوفر التقلب السنوي التراكمي للأسعار، الذي يمثل إجمالي التغيرات اليومية المطلقة في الأسعار على مدار العام مقياساً واضحاً لتقلب الأسعار. في عام 2023، بلغ التباين السنوي لأسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية (TTF) و(NBP) 169 و186 على التوالي، بانخفاض حاد عن 701 و864 في عام 2022 وفي آسيا بلغ التباين السنوي لسعر الغاز الطبيعي المسال الفوري (NEA) 80 ، بانخفاض عن 389 في عام 2022. ونتيجةً لذلك انخفض تقلب الأسعار الفورية في عام 2023 في كل من أوروبا وآسيا بنسبة 80% مقارنةً بعام 2022.

¹: GECF , Op.cit, pp 147-148

الشكل رقم 33: التغيير اليومي في أسعار السوق الفورية



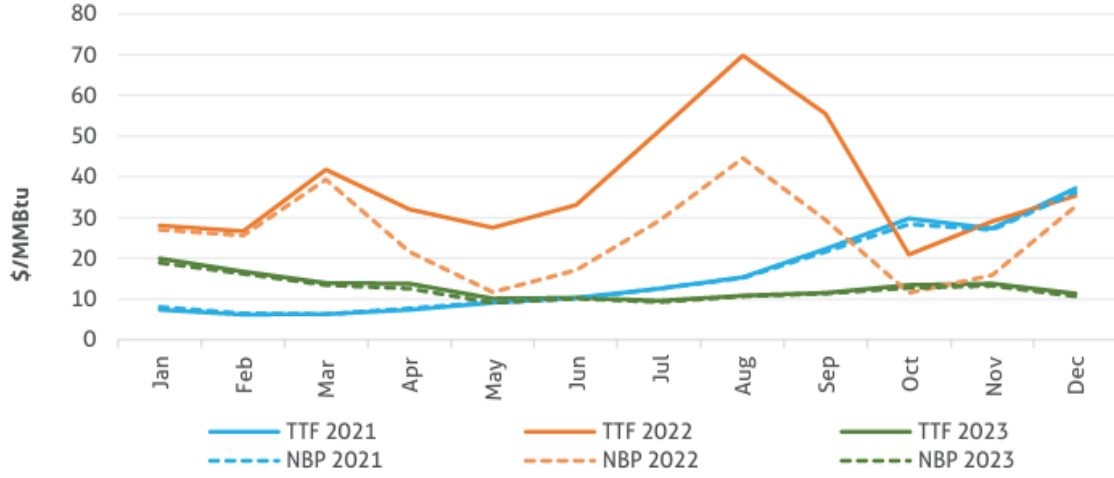
Source: GECF Secretariat based on data from Argus and Refinitiv Eikon

الفرع الأول : أسعار الغاز الطبيعي المسال الأوروبية الفورية

انخفضت أسعار الغاز والغاز الطبيعي المسال في أوروبا بشكل ملحوظ، بعد أن سجلت ارتفاعاً قياسيًّا في العام السابق في عام 2023، بلغ متوسط سعر الغاز الفوري TTF 12.90 دولارًا أمريكيًّا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية مسجلًا انخفاضًا بنسبة 66% عن متوسط عام 2022 البالغ 37.57 دولارًا أمريكيًّا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية. كما شهد سعر الغاز الفوري NBP انخفاضًا كبيرًا، حيث بلغ متوسطه 12.33 دولارًا أمريكيًّا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، بانخفاض بنسبة 52% عن متوسط عام 2022 البالغ 25.47 دولارًا أمريكيًّا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية. بالإضافة إلى ذلك لوحظت اتجاهات هبوطية مماثلة في مؤشرات أسعار أوروبية أخرى على سبيل المثال بلغ متوسط سعر الغاز الفوري PSV 13.58 دولارًا أمريكيًّا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، في عام 2023 مسجلًا انخفاضًا بنسبة 64% على أساس سنوي. علاوة على ذلك، انخفضت أسعار الغاز الطبيعي المسال الأوروبية الفورية بشكل ملحوظ مقارنة بالعام السابق. ورغم ذلك، استمرت أسعار الغاز الطبيعي المسال في الانخفاض مقارنة بأسعار المحور، حيث بلغ متوسط أسعار الغاز الطبيعي المسال في شمال غرب أوروبا وسويسرا 12.09 دولار و12.00 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية على التوالي في عام 2023.¹

¹ : GECF , Op.cit, pp 149

الشكل رقم 34: أسعار الغاز الفورية الشهرية في أوروبا



Source: GECF Secretariat based on data from Refinitiv Eikon

في يناير 2023 شهدت أسعار المركز الأوروبي انخفاضاً نتيجةً لمجموعة من العوامل، منها اعتدال الأحوال الجوية، قوة شحنات الغاز الطبيعي المسال، زيادة توليد طاقة الرياح ومستويات التخزين الجيدة داخل الاتحاد الأوروبي. وقد تم تعويض انخفاض العرض من النرويج الناتج عن أعمال الصيانة من خلال عمليات سحب من المخزون مما ضمن إمدادات كافية للمنطقة.

ثم في فبراير 2023 ساهم ارتفاع شحنات الغاز الطبيعي المسال والجهود المتضافرة لتقليل استهلاك الغاز في مسار الأسعار الهبوطي. على الرغم من انخفاض شحنات الغاز الطبيعي المسال من فرنسا في مارس 2023، نتيجةً للإضراب الذي استمر من 6 مارس إلى 19 أبريل والذي أثر على ثلاث من محطات استيراد الغاز الطبيعي المسال الأربع (Fos Cavaou, Fos Tonkin, and Montoir) وأدى إلى تحويل مسار أكثر من عشرين شحنة من الغاز الطبيعي المسال، استمرت الأسعار في الانخفاض.

ظلت السوق متراجعة في الربع الثاني من عام 2023، حيث طغت عليها أساسيات السوق المتراجعة التي كبحت أي زيادات محتملة في الأسعار. على الرغم من انخفاض الإنتاج من النرويج والصيانة غير المخطط لها في منشأة Hammerfest للغاز الطبيعي المسال، بسبب عطل في الضاغط من 4 إلى 27 مايو، ظلت الأسعار منخفضة. انخفضت أسعار TTF الفورية اليومية إلى أقل من 7.50 دولار أمريكي/مليون وحدة حرارية بريطانية بنهاية مايو، مسجلةً أدنى مستوى لها منذ أبريل 2021.¹

¹: GECF , Op.cit, pp 150

ومع ذلك، شهد يونيو 2023 ارتفاعاً في أسعار الغاز الفوري الأوروبية، مدفوعاً بأعمال الصيانة في كل من منشآت المنبع ومنشآت الغاز الطبيعي المسال. في النرويج، مُدّدت أعمال الصيانة في محطة معالجة الغاز "Nyhamna"، التي بدأت في 19 مايو، حتى 15 يوليو بسبب مشاكل في نظام التبريد. كما مُدّدت أعمال الصيانة في العديد من حقول الغاز النرويجية، ومُددت توقف محطة Hammerfest للغاز الطبيعي المسال حتى 14 يونيو. كما ساهم انخفاض صادرات الغاز الطبيعي المسال من فرنسا، إلى جانب أعمال الصيانة الجزئية في محطة سابين باس في الولايات المتحدة، في دعم الأسعار.

في يوليو 2023، انخفضت الأسعار مجدداً نتيجة زيادة إمدادات الغاز عبر خطوط الأنابيب من النرويج، حيث انتهت أعمال الصيانة في مختلف منشآت الغاز والغاز الطبيعي المسال، بما في ذلك محطة معالجة الغاز "Nyhamna"، واستؤنفت العمليات في 15 يوليو 2023. بالإضافة إلى ذلك أدى فائض في ميزان السوق في المملكة المتحدة إلى زيادة التدفقات عبر وصلات IUK وBBL. في أغسطس 2023، شهدت الأسعار الفورية ارتفاعاً طفيفاً، ويرجع ذلك أساساً إلى حالة عدم اليقين الناجمة عن الإضرابات العمالية في أستراليا، وضعف توازن الغاز في شمال غرب أوروبا، نتيجة أعمال الصيانة المكثفة في النرويج. أدت المخاوف بشأن العرض الناجمة عن الإضراب في أستراليا والصيانة المطولة في العديد من حقول الغاز النرويجية إلى ارتفاع الأسعار في سبتمبر 2023.

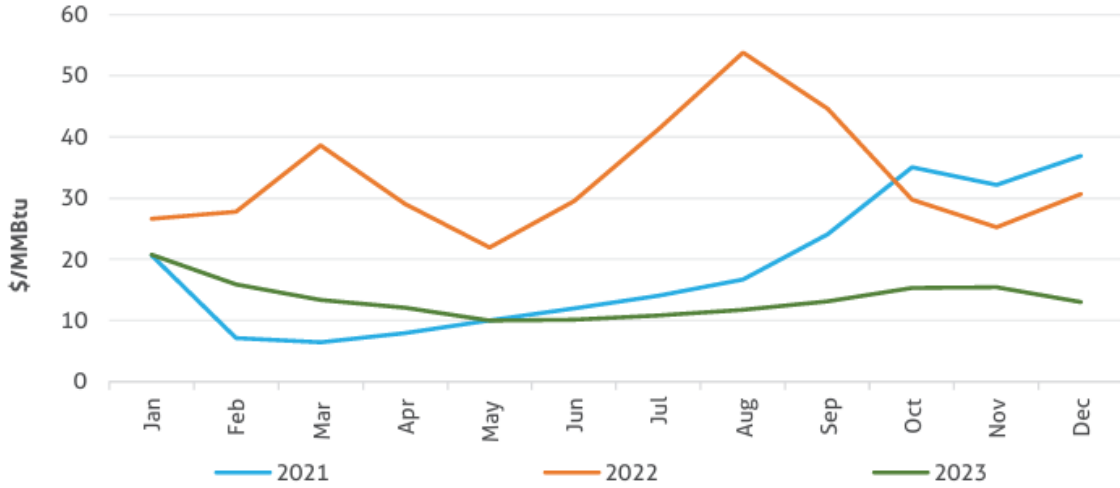
في أكتوبر 2023، ارتفعت الأسعار بشدة مع تصاعد التوترات الجيوسياسية في الشرق الأوسط مما أثار مخاوف بشأن انقطاع إمدادات الغاز. كما ساهم احتمال تجدد الإضراب في أستراليا، بالإضافة إلى الأضرار التي لحقت بخط الربط الكهربائي بين فنلندا وإستونيا، في ارتفاع الأسعار. وبحلول منتصف أكتوبر، وصلت أسعار الغاز الفورية اليومية (TTF) إلى أعلى مستوى لها في 8 أشهر، متجاوزةً 16 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية. ومع ذلك فقد حدّ تدفق واردات الغاز عبر خطوط الأنابيب النرويجية بعد الانتهاء من الصيانة السنوية في العديد من المرافق من احتمالية حدوث المزيد من الزيادات في الأسعار. ويعود ارتفاع أسعار الغاز والغاز الطبيعي المسال الأوروبية الفورية في نوفمبر 2023 بشكل كبير إلى زيادة الطلب من القطاع السكني. وفي الوقت نفسه، قُيّدت تدفقات الغاز من المملكة المتحدة إلى شمال غرب أوروبا (NWE) بسبب أعمال الصيانة في خط الربط الكهربائي بين المملكة المتحدة وبريطانيا. بالإضافة إلى ذلك، انخفضت أسعار الغاز الفورية نتيجةً لارتفاع مستويات التخزين في الاتحاد الأوروبي (بسعة 95%)، ووفرة تدفقات الغاز عبر خطوط الأنابيب النرويجية، وقوة إمدادات الغاز الطبيعي المسال.

في ديسمبر 2023، أدت درجات الحرارة الأعلى من المتوسط وسرعات الرياح العالية إلى انخفاض الطلب على الغاز. كما ساهم العرض القوي للغاز الطبيعي المسال، والإنتاج القوي للغاز النرويجي، ومستويات التخزين العالية في الاتحاد الأوروبي في موازنة السوق في المنطقة.

الفرع الثاني : أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في آسيا

انخفضت أسعار الغاز الطبيعي المسال في آسيا بشكل ملحوظ نتيجةً لضعف الطلب ووفرة المعروض. في عام 2023، انخفض متوسط سعر الغاز الطبيعي المسال الفوري في شمال شرق آسيا بنسبة 59% ليصل إلى 13.47 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، مقارنةً بـ 33.24 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2022 وعلى مدار العام، اتبعت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في آسيا اتجاهات أسعار المراكز الأوروبية عن كثب.

الشكل رقم 35: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الشهرية في آسيا



Source: GECF Secretariat based on data from Argus and Refinitiv Eikon

في الربع الأول من عام 2023، انخفضت أسعار الغاز الطبيعي المسال في آسيا بشكل مطرد، حيث تزامنت درجات الحرارة الموسمية فوق المعدلات الطبيعية مع مخزونات جيدة من الغاز الطبيعي المسال. علاوة على ذلك ظل الإقبال على الشراء ضعيفًا نسبيًا واستمرت أساسيات السوق الضعيفة التي اتسمت بوفرة العرض وضعف الطلب في الضغط على الأسعار في المنطقة.

في الربع الثاني من عام 2023، فرضت زيادة توافر الطاقة النووية في اليابان وكوريا الجنوبية ضغطاً إضافياً على الأسعار. مع ذلك في أوائل مايو، شهد نشاط الشراء ارتفاعاً ملحوظاً تحسباً للطلب الصيفي القادم مما خفف من حدة الانخفاضات. وطوال الربع الثاني، استمرت أساسيات السوق الضعيفة، حيث انخفضت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في شمال شرق آسيا إلى ما دون 9 دولارات لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، لتصل إلى أدنى مستوياتها منذ مايو 2021.

في الربع الثالث من عام 2023، شهدت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في آسيا ارتفاعاً، مدفوعةً بتزايد نشاط الشراء من مستوردي الغاز الطبيعي المسال في جنوب وشرق آسيا. وقد دُفع هذا الاتجاه الصعودي في أسعار الغاز الطبيعي المسال في آسيا بعوامل مختلفة، بما في ذلك الاضطرابات المحتملة في صادرات الغاز الطبيعي المسال الأسترالية وزيادة الطلب على الغاز للتبريد مع تعرض اليابان وكوريا الجنوبية لموجات حر في أغسطس 2023. وفي سبتمبر 2023 ارتفعت أسعار الغاز الطبيعي المسال في آسيا بشكل ملحوظ بسبب الإضرابات في أستراليا.

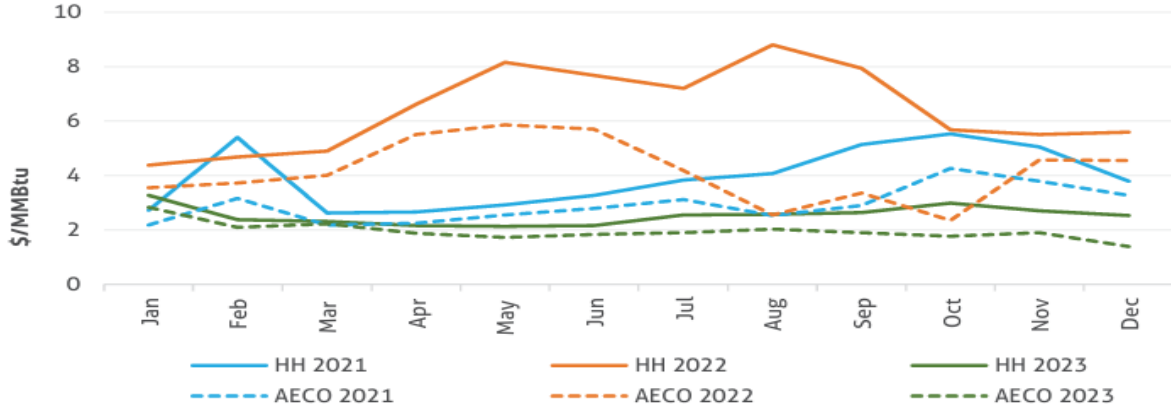
في الربع الرابع من عام 2023، ارتفعت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية اليومية في شمال شرق آسيا إلى ما يزيد عن 16 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية. وشهدت أسعار الغاز الطبيعي المسال الآسيوية ارتفاعاً طفيفاً مع استمرار ضعف أساسيات السوق، مع ظهور حالات معزولة فقط من الطلب الفوري في المنطقة. زاد ضعف الطلب في شمال شرق آسيا ومستويات التخزين الكبيرة من الضغط على الأسعار. في ديسمبر 2023، يرجع الانخفاض الكبير في أسعار الغاز الطبيعي المسال في آسيا بشكل رئيسي إلى استمرار انخفاض الطلب في المنطقة، إلى جانب وفرة المعروض وارتفاع مستويات المخزون.¹

الفرع الثالث : أسعار الغاز الفوري في أمريكا الشمالية

بلغ متوسط سعر الغاز الفوري في هنري هب (Henry Hub) 2.53 دولار أمريكي/مليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2023، مسجلاً انخفاضاً بنسبة 64% عن متوسط عام 2022 البالغ 6.43 دولار أمريكي/مليون وحدة حرارية بريطانية. في كندا بلغ متوسط سعر الغاز الفوري لشركة ألبرتا للطاقة (AECO) 1.96 دولار أمريكي/مليون وحدة حرارية بريطانية، مسجلاً انخفاضاً بنسبة 53% عن متوسط عام 2022 البالغ 4.16 دولار أمريكي/مليون وحدة حرارية بريطانية. وظلت أسعار Henry Hub و(AECO) الفورية الشهرية أقل من مستويات عام 2021 باستمرار، باستثناء شهر يناير .

¹ : GECF , Op.cit, pp 151-152

الشكل رقم 36: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الشهرية في أمريكا الشمالية

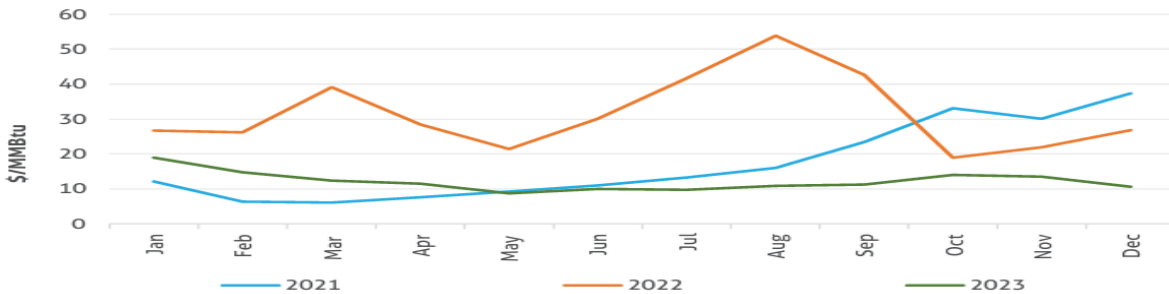


Source: GECF Secretariat based on data from Argus and Refinitiv Eikon

الفرع الرابع : أسعار الغاز الفورية في أمريكا الجنوبية

بلغ متوسط سعر الغاز الطبيعي المسال في أمريكا الجنوبية 12.16 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2023، بانخفاض قدره 61% عن متوسط السعر المسجل في عام 2022 والبالغ 31.46 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، وظلت أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية في أمريكا الجنوبية متوافقة مع اتجاهات الأسعار الفورية في أوروبا وآسيا. وبلغ متوسط أسعار الغاز الطبيعي المسال المُسلم في الأرجنتين والبرازيل وتشيلي 12.30 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، و11.81 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، و12.38 دولارًا أمريكيًا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، على التوالي.¹

الشكل رقم 37: أسعار الغاز الطبيعي المسال الفورية الشهرية في أمريكا الجنوبية



Source: GECF Secretariat based on data from Argus

¹ : GECF , Op.cit, pp 153

المطلب الثالث : تسعير الغاز الطبيعي

هناك عدة طرق يمكن اعتمادها لتسعير الغاز الطبيعي بنوعيه غاز الأنابيب و الغاز المسال ، و يتأثر اختيار الطريقة بعوامل عديدة منها طبيعة الاستخدام النهائي ، السوق المستهدفة للغاز ، عدد و طبيعة الجهات الموردة للغاز و عوامل أخرى إدارية أو سياسية أو فنية... الخ ، و من أهمها :

الفرع الأول : التسعير المبني على استرجاع التكاليف Cost Recovery Pricing:

طبقا لهذه الطريقة يتم التوصل إلى سعر الغاز الواصل (CIF) إلى المستهلك النهائي بعد إضافة عناصر التكاليف في جميع حلقات سلسلة الغاز و منها الضرائب و مردود استثماري معقول ، إلا أن من مساوئ هذه الطريقة أنها تستند فقط إلى التكاليف و لا تأخذ بعين الاعتبار ظروف السوق، أي ان الغاز يسعر بمعزل عن المصادر البديلة ، وبالتالي لا تعطي الطريقة إشارات اقتصادية واضحة تشجع الاستثمار ، كما قد يصعب تقدير التكاليف ذات الصلة بها ، وسبق أن اتبعت هذه الطريقة من قبل الهيئات الحكومية في بعض البلدان منها أمريكا لتحديد أسعار الغاز إلا أنها فشلت وتم التخلي عنها¹.

الفرع الثاني : التسعير الترجيعي التنافسي Competitive Netback Pricing :

طبقا لهذه الطريقة تتمثل نقطة البداية بتحديد السعر الذي يمكن أن يدفع للغاز من قبل المستهلك النهائي و الذي يحدد بأعلى سعر يقبل به المستهلك لاستخدام الغاز بدلا عن أي وقود آخر و يعادل سعر أرخص وقود بديل متوفر للمستهلك ، أي أن الطريقة المذكورة مبنية على أساس مفهوم المنافسة بين بدائل مصادر الطاقة.

ويعدل السعر بعد اخذ بعض العوامل بعين الاعتبار مثل: ضرائب السوق والفروقات في كفاءة الاستخدام بين مصادر الطاقة المختلفة ، او في الإيفاء بالمعايير البيئية المطلوبة .

وبغرض التوصل الى السعر عند أي نقطة في مراحل السلسلة الغازية ، يتم طرح تكاليف ذات الصلة بالنسبة للغاز المسال تطرح تكاليف اعادة التحويل (اعادة الغاز المسال لحالته الغازية) بالإضافة الى تكاليف التخزين في بلد المستورد لغرض التوصل الى السعر الواصل (CIF) بلد المستورد ثم طرح تكاليف النقل والتأمين بغرض التوصل الى سعر فوب ميناء التصدير في البلد المصدر .

¹ : علي رجب ، أساسيات تسعير الغاز في الأسواق العالمية ، مرجع سبق ذكره ، ص 48.

اما بالنسبة لغاز الأنابيب فانه يباع عادة على اساس واصل الحدود لدولة المستورد او دولة اخرى في الطريق، ولحساب سعر الحدود تطرح اجور النقل بالأنابيب من الحدود الى مكان الاستهلاك النهائي . وتطبق عادة في الاسواق التي تخضع فيها اسعار الغاز لمراقبة السلطات الحكومية كما في معظم الدول الأوروبية¹.

استخدمت الطريقة الترجيعية كأساس لتسعير الغاز الطبيعي لجميع مراحل السلسلة الغازية في اوروبا المعتمدة على الاستيراد ، بهدف تمكين الشركات العاملة في مجال الاستيراد وتوزيع الغاز من استرداد تكاليفها الرأسمالية الباهظة الناتجة عن مد شبكات الانابيب ، ويفترض ان تقضي التسعيرة المذكورة التي لها علاقة بمصادر الوقود البديلة من وجهة نظر تلك الشركات الى تعظيم مبيعات الغاز علما ان الخطورة السعرية الناجمة عن حركة اسعار مصادر الطاقة البديلة لا تتحملها الشركات بل يتحملها المنتج (البائع)²

عموما تم استخدام طريقة التسعير الترجيعية المبنية على قيمة الاستبدال في العقود طويلة الاجل للغاز في كل من السوق الاوربية والسوق الاسيوية لفترة حوالي 40 سنة حيث كان هذا المفهوم يتيح منافسة مصادر الوقود البديلة في السوق من جهة ويغطي تكاليف الايصال الى تلك السوق من جهة اخرى³.

التسعير بالمزج بين الطريقتين (طريقة التكاليف و الطريقة الترجيعية) : لتفادي مساوئ كلا من الطريقتين وفيما يلي بعض الامثلة عن طرق التسعير المتنوعة والتي طبقتها بعض الدول المصدرة :

- قامت شركة غاز يوني (Gas Unie) الهولندية بتعديل نظام التسعير لصادراتها من الغاز كرد فعل لرغبة المشترين ومنحهم حرية اكبر في الاختيار في مجال معادلات التسعير لتمكين المشترين بالتعاقد على طريقة التسعير الاقرب الى حاجاتهم، واصبح بإمكان المشترين الاختيار بين عدة خيارات من طرق التسعير المختلفة بالشكل التالي :

***	سعر ثابت لمدة سنة
***	الربط بسعر النفط الخام لفترة 1-5 سنوات
***	الربط بأسعار النفط والفحم بنسبة 50-50 لكل منهما لفترة 3-5 سنوات
***	الربط بزيت الوقود مع وجود حد ادنى للسعر لفترة 1-3 سنوات ⁴ .

¹ :Corazon Morales Siddayao. Is the netback value of gas Economically Efficient OPEC Review. September. 1997.

² :IEA, South American Gas, daring total the Bounty, 2003.

³ : IEA World Energy outlook 2004 .

⁴ :George Verbege, the gas market on its way to competition, 8th annual handelsblatt, annual energy conference, berlin, January 16, 2001 .

- عقد غاز ما بين قطر وشركة انديسا (Endesa) الاسبانية بكمية 800 الف / طن سنة بدا في عام 2005 لمدة 20 سنة وبمعادلة سعرية تأخذ بالاعتبار عدة مؤشرات لتمكين الشركة المشتري من الحفاظ على موقفها التنافسي¹ .

- تسعير الغاز القطري الى الاسواق المختلفة :

** الربط بأسعار النفط الخام في السوق اليابانية

** الربط بأسعار الغاز الفورية في مركز هنري في السوق الامريكية

** الربط بأسعار الغاز الفورية في منطقة NBP National Balance of Point في السوق البريطانية .

** الربط بأسعار الغاز الفورية في مركز زيبروج Zeebrugge في السوق البلجيكية

** الربط بأسعار زيت الوقود بالنسبة لمعظم الدول الأوروبية

** سعر ثابت لفترة السنوات الخمس الأولى من العقد في السوق الهندية

الفرع الثالث : التسعير بأسلوب المعادلة

تتكون المعادلة السعرية من عاملين أساسيين السعر القاعدي و الذي يتم الاتفاق عليه بين البائع و المشتري في يوم توقيع العقد و يمكن تغييره لاحقا طبقا لشروط العقد و الربط السعري و هو مؤشر متفق عليه بين طرفي العقد و طبقا لميكانيكية معينة لتعديل السعر النهائي للغاز ، و قد يكون هذا الربط 100 % (أي يجري التغيير الكلي للسعر الاولي) او يكون الربط جزئيا (أي يتم تغيير جزء من السعر) و قد يكون الربط بمؤشر منفرد او بأكثر من مؤشر واحد .

¹ : Peter Ross, pricing and indexing Gas for Europe and the Levant – Egypt and its competitions, 9th .annual middle east summit .Cairo October 20/23 , 2003 .

يذكر ان مفهوم التسعير او ما يعرف بصفقة التسعير¹ (Pricing package) اكثر شمولية من السعر حيث انها تشمل إضافة الى السعر فقرات أخرى مثل :

- الحد الأدنى والحد الأعلى للسعر
 - إعادة النظر بالسعر التي تتيح لأي من طرفي العقد طلب إعادة التفاوض حول السعر وفقا لشروط معينة مثبتة في تلك الفقرة .
 - نوع العملة المستخدمة للتسعير وللدفع .
 - تبدل الظروف التي تتيح لأي طرفي العقد طلب إعادة التفاوض حول أي من الفقرات وفقا لشروط العقد في حال حصول تغيير جوهري في الظروف .
- يكتسي الربط السعري أهمية خاصة حيث انه عامل توازن لتقليل ظاهرة تذبذب الأسعار ويهدف الى خلق موازنة بين المصالح المختلفة على المدى البعيد لكل من البائع والمشتري ، وتقاسم المخاطر بينهما حيث يعمل على حماية عوائد واستثمارات البائع وفي نفس الوقت يعكس تطورات السوق بالنسبة لمصادر الوقود البديلة وعموما ليس من السهل الاتفاق على طبيعة وميكانيكية الربط السعري ، فهذا الأخير لوحده غير مرضي لطرفي العقد على المدى البعيد حيث يمكن حدوث تغييرات في المنافسة ما بين الغاز وأنواع الوقود البديلة ، وبالتالي فان إضافة فقرة "تبدل الظروف" تتيح لطرفي العقد إعادة النظر في عملية الربط مستقبلا في حال حدوث تغييرات جوهريّة في الظروف المحيطة بالعقد .

¹ Peter Ross, long term gas contracts risk management : A commercial view, 1st international conference, development of gas markets in the gulf, Abu Dhabi, march 18-19 . 2002

خاتمة الفصل الثاني

حققت التجارة العالمية للغاز الطبيعي تراجعاً ملحوظاً في عام 2023 بلغت نسبته 2.5%، حيث بلغ إجمالي صادرات الغاز الطبيعي عالمياً نحو 1226.2 مليار متر مكعب، مقارنة بحوالي 1257.8 مليار متر مكعب عام 2022. وتشمل التجارة العالمية كل من إجمالي الكميات التي تم تصديرها بواسطة خطوط الانابيب، وعلى شكل غاز طبيعي مسال عبر الناقلات.

كما شكل حجم تجارة الغاز الطبيعي سواء عبر خطوط الانابيب أو مسالاً نحو 30.6% من إجمالي استهلاك الغاز الطبيعي على الصعيد العالمي، أما الباقي فيستهلك محلياً في مناطق إنتاجه.

أما عن توزيع صادرات الغاز الطبيعي في مناطق العالم عام 2023، فتأتي أمريكا الشمالية في المرتبة الأولى بنسبة 23.05% من إجمالي الصادرات، تليها أوروبا بقيادة النرويج بنسبة 19.5%، ثم تليها منطقة الاتحاد السوفيتي سابقاً بقيادة روسيا في المرتبة الثالثة بنسبة 17% من إجمالي الصادرات، ثم منطقة آسيا/المحيط الهادي بنسبة 15.95%، ومنطقة الشرق الأوسط بنسبة 14.4% بينما ساهمت أفريقيا بنسبة 8% من إجمالي العالمي، وتأتي في المرتبة الأخيرة أمريكا الجنوبية بنسبة 2.1% من إجمالي صادرات الغاز الطبيعي عالمياً خلال عام 2023.

أما على مستوى الدول المصدرة للغاز، فقد جاءت الـو.م.أ في المرتبة الأولى عالمياً عام 2023، حيث بلغت حصتها نحو 16.6% من إجمالي الصادرات العالمية بفضل تنامي صادراتها من الغاز الطبيعي المسال، تلتها روسيا حلت في المرتبة الثانية بحصة 11.3% نتيجة تراجع صادراتها من الغاز الطبيعي عبر خطوط الانابيب إلى الأسواق الأوروبية بسبب استمرار توقف خطي Yamal-Europe و Nordstream-1، بينما جاءت دولة قطر في المرتبة الثالثة بنسبة 10.4%.

بلغ إجمالي الكميات المصدرة من الغاز الطبيعي عبر الخطوط الانابيب خلال عام 2023 نحو 677 مليار متر مكعب، مقارنة بنحو 718.5 مليار متر مكعب عام 2022، بنسبة تراجع 5.8% نتيجة تراجع الصادرات من روسيا إلى أوروبا.

أما في مجال تجارة الغاز الطبيعي المسال، فقد استمرت في النمو في عام 2023، لتعوض جزئياً تراجع تجارة الغاز عبر خطوط الانابيب محققة نموا سنويا بلغت نسبته 1.8%، حيث بلغ إجمالي الصادرات نحو 549.2 مليار متر مكعب، مقارنة بنحو 539.3 مليار متر مكعب عام 2022 أي بزيادة قدرها 10 مليار متر مكعب، وقد ساهمت زيادة صادرات الو.م.أ بالنصيب الأكبر في تلك الزيادة العالمية، والتي باتت تحتل المرتبة الأولى في صادرات الغاز الطبيعي المسال عالمياً متجاوزة كل من أستراليا ودولة قطر.

إجمالاً، فقد ارتفعت حصة صادرات الغاز الطبيعي المسال من إجمالي صادرات الغاز العالمية عام 2023 لتسجل نحو 44.8% مقابل 42.9% عام 2022، بينما بلغت نسبة صادرات الغاز الطبيعي بواسطة خطوط الانابيب نحو 55.2%، بتراجع عن نسبة عام 2022 والتي بلغت 57.1%.

شهدت معدلات أسعار الغاز الطبيعي العالمية، سواء المنقول عبر خطوط الانابيب أو الغاز الطبيعي المسال، تراجعاً كبيراً في كافة الأسواق العالمية خلال عام 2023، بالمقارنة مع معدلاتها عام 2022، بعد تخطي السوق الأوروبي لذروة أزمة نقص الامدادات بعد انقطاع الغاز الروسي. ففي الو.م.أ تراجع سعر الغاز الطبيعي وفقاً لمركز (Henry hub) بنسبة 60.3% ليصل المتوسط السنوي عام 2023 إلى 2.53 دولار/ مليون وحدة حرارية بريطانية. كما تراجع سعر الغاز الطبيعي في أسواق الاتحاد الأوروبي حسب مؤشر TTF في هولندا بنسبة 65.3%، ليصل المتوسط السنوي خلال عام 2023 إلى 12.87 دولار/ مليون وحدة حرارية بريطانية، وفي أسواق المملكة المتحدة (NBP) بنسبة 49.9% ليصل متوسط عام 2023 إلى 12.30 دولار/ مليون وحدة حرارية بريطانية. كما تراجع أسعار الغاز الطبيعي المسال في اليابان حسب مؤشر S&P Global Commodity Insights بنسبة 22.2% عام 2023، لتصل إلى 13.22 دولار/ مليون وحدة حرارية بريطانية.

الفصل الثالث

الدراسة القياسية

مقدمة

يتضمن هذا الجانب دراسة تطبيقية عن بناء واختيار نماذج التقلبات الملائم للبيانات موضوع البحث وهي الأسعار الاسبوعية الفورية والمستقبلية للغاز الطبيعي باستعمال نماذج الانحدار الذاتي المشروط بوجود عدم تجانس التباين .

وتم ايضا دراسة تأثير نوع الخطأ العشوائي للنماذج على دقة النماذج الاحصائية ، من خلال دراسة أنواع من التوزيعات الاحصائية وهي التوزيع الطبيعي ، توزيع Student و توزيع GED. ثم التنبؤ بالتذبذبات (التقلبات) أسعار الاغلاق الاسبوعي باستعمال طريقة التنبؤ خارج العينة ، وتم استخراج النتائج من خلال الاعتماد على برنامج (EVEIWS13).

المبحث الأول : عائلة نماذج ARCH ومشتقاتها

كان للنماذج الخطية دور فعال في النمذجة والتنبؤ بالعديد من الظواهر الخاصة بالسلاسل الزمنية، حيث تركز الدراسات حول سلوك المتوسط وثبوت تباين حد الخطأ العشوائي، وهذا واضح في منهجية بوكس جنكيز، إلا أن النماذج الخطية لا تستطيع أن تترجم الصفة الديناميكية في الظواهر المالية التي تتميز بعدم ثبات تباين الأخطاء، من هنا بدأ الاهتمام بالنماذج غير خطية التي تتعامل مع نوع التباين الشرطي وهي نماذج (ARCH) والتي أصبحت ذات أهمية في تحليل الظواهر الحديثة.

المطلب الأول : مشكلة عدم تجانس التباين

من الافتراضات المهمة لطريقة المربعات الصغرى أي أن يكون تباين حد الخطأ ثابتاً ويكون متساوياً لجميع مشاهدات العينة بمعنى أن :

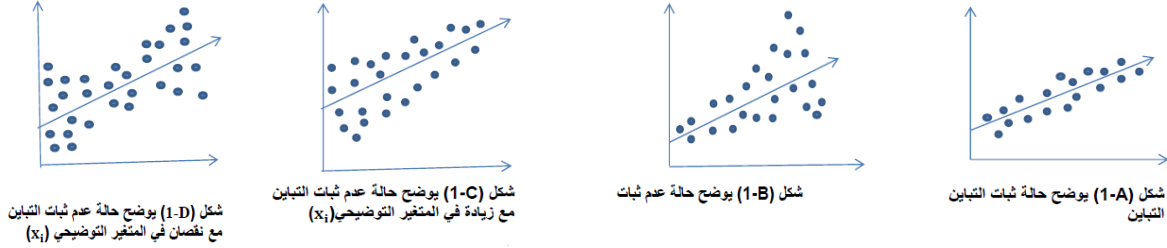
$$\sigma_{\mu}^2 = E(\mu_i)^2 = VAR(\mu_i) = E[\mu_i - E(\mu_i)]^2$$

وهذا الفرض يسمى بفرض تجانس تباين الخطأ (Homoscedasticity) وتشير كلمة (homo) إلى معنى التساوي وكلمة (Scedasticity) إلى معنى الانتشار ومعنى هذا الفرض أن احتمالية توزيع حدود الخطأ العشوائي (μ_i) تبقى نفسها على جميع مشاهدات قيم (X_i) أي أن تباين حد الخطأ (μ_i) هو نفسه لكل قيم المتغير المستقل. وعندما لا تتحقق هذه الفرضية في أي حالة معينة فإن هذا يؤدي إلى مخالفة فرض التجانس أي أن تباين العينة أصبح يختلف باختلاف مشاهدات العينة وهذا ما يدعى بعدم ثبات تجانس تباين الخطأ (heteroscedasticity) كذلك إذا كانت فرضية التجانس للتباين غير متحققة، فإن ذلك يؤدي إلى أن تكون مصفوفة التباين – التباين المشترك للأخطاء معرفة كالآتي:

$$\Omega_{\varepsilon} = E(\varepsilon\varepsilon') = \begin{pmatrix} \sigma_{\varepsilon 1}^2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \sigma_{\varepsilon 2}^2 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \dots & \sigma_{\varepsilon n}^2 \end{pmatrix} \neq \sigma_{\varepsilon}^2 I_n$$

نلاحظ أن تباينات الأخطاء غير ثابتة على القطر الرئيسي ويؤدي هذا إلى أن يكون تباين الأخطاء مرتبطاً بقيم المتغير المستقل. ويمكن توضيح شكل العلاقة المتوقعة بين المتغير التابع والمتغير التوضيحي في حالة ثبات التباين وفي حالة عدم ثبات التباين كالآتي:

الشكل رقم 38 : حالات عدم ثبات التباين



source : Salvatore, Dominick. And Reagie, Derrick (2002) "Statistics Econometrics", Second Edition, London.

رياضيا عبارة فرض ثبات تجانس التباين (Homoscedasticity) تعني ان تباين المتغير العشوائي (μ_j) عن وسطه الحسابي الذي يكون مساويا للصفر $E(\mu_i)$ لا يعتمد على قيم المتغير التوضيحي (X_i) وهذا يشير الى ان تباين (μ_i) يبقى نفسه بالرغم من صغر او كبر قيم المتغير التوضيحي لذلك فإن (σ_μ^2) تباين ليس دالة بالمتغير (X_i) اي أن : $\sigma_\mu^2 \neq F(X_i)$

وتظهر هذه الحالة بشكل بياني عندما يكون توزيع او انتشار قيم المتغير العشوائي (μ_j) بمسافات ثابتة عن خط معادلة الاتجاه العام. وفي حالة كون تباين المتغير العشوائي (σ_μ^2) غير ثابت فان ذلك يعني ان تباين المتغير العشوائي يعتمد على قيم المتغير التوضيحي (X_i) اي ان $\sigma_\mu^2 = F(X_i)$ وأن حالة عدم ثبات (Heteroscedasticity) تجانس التباين تتوضح عن طريق تزايد او تناقص انتشار المشاهدات على خط معادلة الاتجاه العام (خط الانحدار) وأن نوع المشاهدات في الشكل الانتشاري يعتمد على شكل وكيفية عدم الثبات ونقصد به شكل العلاقة بين تباين المتغير العشوائي وقيم المتغير المستقل في حالة عدم ثبات تجانس تباين الخطأ العشوائي.

ان الفروض الكلاسيكية لحدود الخطأ هي المتوسط المساوي للصفر والتباين ثابت والتغاير صفري اي بمعنى :

$$E(\mu_i)=0 ; \text{VAR}(\mu_i) = \sigma_\mu^2 ; \text{COV}(\mu_i, \mu_j) = 0$$

وخلافها يعني ان :

$$E(\mu_i^2) \neq \sigma^2;$$

$$E(\mu_i, \mu_j) \neq 0;$$

$$E(\mu\mu') \neq \sigma_\mu^2 I_n \quad \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \sigma_n^2$$

بالنسبة للفرضيتين (المتوسط المساوي للصفر والتغاير الصفري) فإن ذلك يجعل مقدرات غير متحيزة ومتسقة، أما فرض ثبات التباين فمخالفته تجعل من غير الممكن القول بأن المقدر هو افضل مقدر خطي غير متحيز اي من الممكن ايجاد مقدر خطي غير متحيز اخر اكثر كفاءة.

الفروض الخاصة بثبات تجانس التباين ان لم تتحقق فسيترتب على ذلك :

- من غير الممكن تطبيق صيغة تباين المعلمات لغرض اختبار المعنوية وبناء فترة الثقة , إذ أن الاختبار هنا لا يمكن تطبيقه لان قيمة σ_{μ}^2 اختلفت اذ ان صيغ التباين للمعلمات كالاتي :

$$Var (b_1) = \sigma_{\mu}^2 \frac{1}{\sum x_i^2}$$

$$Var (b_0) = \sigma_{\mu}^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum X^2} \right]$$

- المشكلة نفسها يتعرض لها اختبار F واختبار t التي تعتمد على هذه المعايير اذ تكون هذه الاختبارات اقل دقة.
- لا تمتلك مقدرات (OLS) خاصية اقل تباين في فئة المقدرات غير المتحيزة لذا تكون المقدرات غير كفوة في العينات الكبيرة والصغيرة.
- تكون مقدرات (OLS) غير متحيزة احصائيا معنى ذلك ان القيمة المتوقعة تكون مساوية للقيمة الحقيقية ومن المعروف ان خاصية عدم التحيز لا تتطلب الثبات في حد الخطأ.
- يصبح التنبؤ غير كفوء بسبب اعتماده على تقدير المعالم في البيانات والتي لها تباين كبير بسبب وجود مشكلة عدم التجانس.

هنالك العديد من العوامل التي تؤدي الى مخالفة فرض تجانس التباين¹ :

- نماذج خطأ التعلم (Learning Error model) ونقصد به سلوكية وتصرف الافراد التي تقل الاخطاء فيها بمرور الزمن ومن ثم فإن تباين σ_{ϵ}^2 يتناقص ايضا خلال المدة الزمنية مثال ذلك عدد الاخطاء على ماكنة معينة فأنها تقل بزيادة الخبرة من قبل العامل خلال الزمن.

¹: التميمي زهرة، حسن عباس وآخرون، تحليل الانحدار، الطبعة الأولى ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة البصرة، العراق، 2014 .

- يزداد التباين لحد الخطأ σ_i^2 وذلك بزيادة مستوى الدخل من لدن الافراد وذلك عائد الى اختلاف وتعدد الناس في اختياراتهم مثال ذلك تباين الانفاق على المواد الغذائية يمكن ان يزيد بزيادة دخل الاسرة.
- مع تحسن اساليب جمع البيانات فإن تباين حد الخطأ σ_i^2 يقل لان جمع البيانات الدقيقة والتي تكون قريبة من الواقع تقلل الاخطاء.
- تحدث المشكلة احيانا بسبب وجود القيم (الشاذة) فالقيمة الشاذة تعد مشاهدة مختلفة بشكل يمكن ملاحظته من بين بقية المشاهدات وان وجود او حذف مثل هذا النوع من البيانات لاسيما عندما يكون حجم العينة صغيرا فمن الممكن ان يكون هذا مؤثرا في نتائج تحليل الانحدار.
- قد يكون سبب الاختلاف هو التوصيف الخاطئ لنموذج الانحدار، فالعديد من اختلاف التباين يكون بسبب حذف متغيرات مهمة من النموذج، ومن ثم فإن البواقي التي يتم الحصول عليها من النموذج الانحدار قد توحى ان تباين الأخطاء غير ثابت.
- من مصادر اختلاف التباين قد يكون التواء توزيع متغير واحد او اكثر من المتغيرات المنحدرة والتي توجد ضمن النموذج .
- من الأسباب الأخرى لاختلاف التباين هو التحويل الخاطئ للبيانات أو بسبب عدم صياغة الدالة بشكل سليم¹.

الفرع الأول : الاختبارات المعلمية المستعملة للكشف عن مشكلة عدم تجانس التباين

في حالة عدم وجود اي معلومات عن طبيعة مشكلة عدم التجانس. عند ذلك تكون طريقة الرسم باستعمال البواقي والتي تدعى تحليل البواقي (Residual Analysis) مدخلا اوليا لمعرفة ذلك اذ يتم اجراء الانحدار بافتراض عدم وجود مشكلة عدم تجانس التباين ويتم حساب البواقي يرسم مربع البواقي (e_i) على المحور العمودي وقيم (X_i) أو قيم (\hat{Y}) على المحور الافقي. ويحدد وجود او عدم وجود مشكلة عدم التجانس والنمط المناسب لعدم التجانس .

ومن الضروري ان تقترن هذه الطريقة مع اختبارات احصائية وهذه الاختبارات متعددة فمنها يعتمد على التوزيع الطبيعي حيث ان الشرط الاساسي لهذه الاختبارات هو ان الاخطاء تتوزع توزيعاً طبيعياً بوسط صفر والتباين $\sigma_i^2 \sim N(0, \sigma_i^2)$ والبعض الاخر عام ومن اهم هذه الاختبارات الاحصائية:

¹ : عبد الحميد عبيد، الاقتصاد القياسي، الطبعة الأولى، مطبعة دار الكتب، كربلاء، العراق، 2016.

اختبار مضاعف لاغرانج Lagrange Multiplier (LM) test¹

اختبار مضاعف لاغرانج هو اختبار لوجود مشكلة عدم تجانس التباين الذي اقترح من الباحثين (Breusch and Pagan) عام 1979 م ، وأن احصائية الاختبار تعتمد على تقديرات الامكان الاعظم².

ولنفرض أن هذا النموذج الخطي $Y=X B+U$ يعاني من مشكلة عدم تجانس التباين اذ ان: $\sigma_i^2 =h(S',\gamma_i)$

(γ_i) : متجه ذات ابعاد $p \times 1$ من المعالم غير المرتبطة بمتجه المعالم B

(S_i) : متجه ذات ابعاد $(P \times 1)$ تحتوي على بعض المتغيرات المستقلة او جميعها .

(h_i) : هي دالة غير محددة الشكل .

احصائية مضاعفات لاغرانج (LM) لاختبار فرضية التجانس يمكن ان تحسب من نصف مجموع الانحرافات الموضحة لنموذج انحدار قيم $g_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2}$ على قيم المتغير (X_i) وهذه الاحصائية تتوزع بصورة تقاربية توزيع مربع كاي بدرجة حرية $(p-1)$ تحت فرضية التجانس .

اختبار كولد فيلد كواندت Gold field-Quant test³

يحتسب تباين الخطأ للعينة الجزئية الاولى $(S_i^2 1)$, وكذلك للعينة الجزئية الثانية $(S_i^2 2)$ حسب الصيغ الآتية يعد من الاختبارات المهمة والتي تستعمل للكشف عن مشكلة عدم التجانس لتباين الخطأ ويستعمل في حالة العينات الكبيرة الحجم والخطوات هي كالآتي :

(1) ترتب البيانات الخاصة بالمتغير التوضيحي (X_i) ترتيبا تصاعديا .

(2) يتم تجزئة العينة الى عينتين جزئيتين تتضمن الأولى المشاهدات الصغيرة والثانية المشاهدات

الكبيرة وفي حالة عدم تساوي العينتين يتم حذف القيم الوسطية.

يتم قسمة المشاهدات الباقية بشكل عينتين جزئيتين متساويتين تضم الاولى على قيم (X_i) الاولى (الصغيرة) مع قيم المتغير المعتمد (Y_i) التي تقابلها اما العينة الاخرى فتضم قيم (X_i) التالية (الاكبر) مع قيم المتغير المعتمد (Y_i) .

¹ : ALI M. GIACCOTTO C . << A study of several new and existing tests for heteroskedasticity in the general linear model >>.journal of Econometrics, volume 26, December 1984 ,p.355-373.

² : GODFREY L.G. << Some results on the Glejser and Koenker tests for heteroskedasticity >> . Journal of Econometrics, volume 72, 1996, p.275-299.

³ : بخيت حسين علي، فتح الله سحر، الاقتصاد القياسي، مطبعة دار الكتب، بغداد، 2012.

(3) يتم تقدير معاملات العلاقة الخطية (\hat{b}_1, \hat{b}_2) بين المتغير المستقل والمتغير التوضيحي لكل عينة جزئية بشكل منفرد .

(4) يتم حساب $(S_i^2 1, S_i^2 2)$ حيث أن :

$$S_i^2 1 = \frac{\sum e_i^2}{T_1 - 2}$$

$$S_i^2 2 = \frac{\sum e_i^2}{T_2 - 2}$$

تحسب إحصائية (F^*) اعتمادا على الصيغة الآتية :

$$F = \frac{S_i^2 2}{S_i^2 1}$$

بعد ايجاد (F^*) المحتسبة نقارنها مع (F) الجدولية عند مستوى معين من المعنوية ودرجة حرية مقدارها $(T_2 - 2)$ للبسط و $(T_1 - 2)$ للمقام فاذا كانت القيمة المحتسبة اصغر من القيمة الجدولية نأخذ بفرضية العدم والتي تؤكد على عدم وجود المشكلة اما في حالة كون قيمة (F^*) المحتسبة اكبر من قيمة (F) الجدولية عند نفس المستوى من المعنوية ودرجة الحرية فعند ذلك نأخذ الفرضية البديلة .

✍ اختبار بروش -بيجين – جود فري ¹ BPG test

يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة المستعملة للكشف عن وجود مشكلة عدم تجانس تباين الخطأ في النموذج الخطي المتعدد اذ تم اقتراح هذا الاختبار عام (1979) :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m + u$$

اذ يفترض ان :

$$\sigma_i^2 = F(\alpha_0 + \alpha_1z_1 + \dots + \alpha_kz_k)$$

اذ ان (z) تمثل بعض او كل المتغيرات التوضيحية (X_i) .

وفي حال أن : $(\alpha_1 = \alpha_1 = \dots = \alpha_k = 0)$

فإن : $\sigma_i^2 = \alpha_0$ وهذا معناه ان التباين ثابت اما خطوات الاختبار فهي كالآتي:

¹ : بخيت حسين علي، فتح الله سحر، الاقتصاد القياسي، مرجع سابق.

(1) يتم اجراء انحدار (Y) على كل (XS) للحصول على الأخطاء $(e_1 e_2 \dots e_n)$.

(2) تقدير $(\hat{\sigma}_u^2 = \frac{\sum e_i^2}{n})$ والتي تمثل تقدير للإمكان الاكبر لتباين الخطأ.

(3) يتم تعريف $P_i = \frac{e_i^2}{\hat{\sigma}_u^2}$.

(4) يتم تقدير P_i على $(Z S)$: $P_i = \alpha_0 + \alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \dots + \alpha_m z_m + v_i$

(5) الحصول على مجموع المربعات وذلك مع فرض تحقق التوزيع الطبيعي للمتغير العشوائي .

(6) يتم تعريف الاحصائية $BPG = \frac{1}{2} ESS$ تتوزع حسب توزيع مربع

كاي $(BPG \sim X_{n-1}^2)$ ، في حالة $(BPG > X_C^2)$ فهذا يؤدي الى رفض فرضية العدم (H_0)

التي تنص على عدم وجود مشكلة عدم تجانس التباين وقبول الفرضية البديلة التي تشير الى

وجود مشكلة عدم تجانس التباين , علما ان هذا الاختبار يشترط التوزيع الطبيعي للبيانات¹.

اختبار وايت² White test

من الاختبارات المهمة للكشف عن وجود مشكلة عدم التباين من عدمها ، اذ تم اقتراح هذا الاختبار عام (1980) وهو اختبار عام حيث ان اختبار **Gold field-Quant** يحتاج الى معرفة أي متغير توضيحي يسبب المشكلة واختبار **BPG** يفترض ان يكون التوزيع للمتغير العشوائي توزيعا طبيعيا. ويمكن تلخيص خطوات هذا الاختبار كالآتي:

(1) يتم تقدير النموذج $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m + u$ للحصول على البواقي (e_i) .

(2) إجراء انحدار (e_i) على $X_1 \cdot X_1 \cdot X_1^2 \cdot X_2 \cdot X_2 \cdot X_2^2 \cdot X_1 \cdot X_2$ والثابت.

$$e_i^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_1 X_2 + \alpha_4 X_1^2 + \alpha_5 X_2^2 + V_i$$

(3) حساب قيمة معامل التحديد (R^2) من معادلة الانحدار، بعد ذلك نجد (nR^2) والتي تمثل إحصائية

الاختبار تتوزع حسب توزيع مربع كاي $(nR^2 \sim \chi_5^2)$ وبشكل عام فإن $(nR^2 \sim \chi_2^2 \frac{k(k+3)}{2})$ اذا ان k تمثل

عدد المتغيرات التوضيحية في النظام.

¹ . التميمي زهرة، حسن عباس وآخرون، تحليل الانحدار، مرجع سابق.
² : نفس المرجع السابق.

(4) إذا كانت $(nR^2 \sim \chi_c^2)$ عند ذلك يتم رفض فرضية العدم أي توجد مشكلة عدم تجانس التباين، أما فرضيات هذا الاختبار هي:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_5 = 0 \quad \text{vs} \quad H_1: \text{At least two differ}$$

✍️ اختبار هارسون مكابي¹ : Harrison-McCabe test

وخلال السنوات الأخيرة تم إجراء عدة اختبارات متقدمة في على كشف مشكلة عدم تجانس التباين، إن معظم الدراسات التجريبية تستند إلى الأوقات الزمنية، وقد أشار كل من هاريسون و مكابي عام (1975) وكذلك ايبس (1977) أن صفة عدم التجانس قد تكون في كثير من الأحيان سمة في السلاسل الزمنية وكذلك في نماذج المقاطع العرضية، إذ تستعمل لهذا الاختبار احصائية معينة والتي هي عبارة عن نسبة معينة لمجاميع بواقي الانحدار، وهذه النسبة هي (مجموع المربعات من مجموعة فرعية أقل إلى إجمالي المجموع المتبقي

$$b = \frac{\acute{e}Ae}{\acute{e}e} \text{ : النسبة هذه وصيغة هذه النسبة}$$

إذ تقارن قيمة (Sig.) لاحصائية اختبار هارسون مع مستوى المعنوية (0.05) فإذا كانت قيمة مستوى المعنوية (Sig.) أقل فهذا دليل على وجود مشكلة عدم تجانس التباين أما إذا كانت هذه القيمة أكبر من (0.05) فهذا يدل على عدم وجود مشكلة عدم تجانس التباين.

✍️ اختبار (NCV) NCV Test² :

يعد اختبار (NCV) من الاختبارات المهمة والمستعملة في الكشف عن مشكلة عدم تجانس التباين إذ تم اقتراح هذا الاختبار مع بعض التعديلات عام 1983 من قبل (Weisberg & Cook) على اختبار (Gold field-Quant) إذ تتم المقارنة بالاعتماد على قيمة (Sig.) فإذا كانت أقل (0.05) من فهذا يدعونا إلى رفض فرضية العدم والتي تفترض أن التباينات ثابتة أي وجود مشكلة عدم تجانس التباين .

الفرع الثاني : معالجة مشكلة عدم تجانس التباين

خرق الفرضية القائلة بثبات التباين لحدود الخطأ العشوائي يؤدي إلى إيجاد قيم تكون مختلفة وليست ثابتة لتباينات حدود الخطأ العشوائية، وبذلك فإن القطر الرئيسي لمصفوفة التباين-التباين المشترك والخاصة بحدود

¹ : Harrison, M. J., McCabe, B. P. M. (1979), " A Test for Heteroscedasticity Based on Ordinary Least Squares Residuals ", USA, Journal of the American Statistical Association.

² : Weisberg, S. (2014) Applied Linear Regression, Fourth Edition, Wiley, Printed in the United States of America.

الخطأ يصبح محتويا على قيم مختلفة وغير ثابتة، تصبح المعلمات المقدره غير كفؤة وكذلك التباين للمعلمات المقدره يصبح متحيزا وهذا بدوره يكون مؤثرا في قيم (t) لهذه المعلمات التي تم تقديرها.¹

- ◆ يتم إضافة متغيرات جديدة لنموذج في حالة سبب المشكلة هو حذف متغيرات مهمة من النموذج .
- ◆ استعمال الصيغة اللوغاريتمية اذا كان سبب المشكلة هو الصياغة الخطية المستعملة بعد ذلك يتم اختبار مدى خلو البواقي الناتجة من عدم التجانس، او تتم المعالجة بتحويل بعض المتغيرات في النموذج الى صيغ أخرى .

◆ تتم المعالجة بطريقة المربعات الصغرى المعممة (GLS)
 يتم اختبار مشكلة عدم تجانس التباين باستعمال واحد من الاختبارات الخاصة بهذه المشكلة واحد الحلول المناسبة يتمثل بتحويل النموذج الأصلي بأي من الطرائق حتى يتم الحصول على شكل لنموذج يكون فيه حد التباين ثابتا لئتم بعد ذلك تطبيق طريقة المربعات الصغرى على النموذج المحول، إن التعديل للنموذج يعتمد على شكل العلاقة بين تباين الخطأ (σ_{μ}^2) وبين القيم للمتغير او المتغيرات التوضيحية والتي يتم التعبير عنها على شكل دالة أي: ($\sigma_{\mu}^2 = F(X_i)$) وبشكل عام ان عملية التحويل للنموذج الأصلي تكون عن طريق قسمة العلاقة الأصلية على الجذر التربيعي للمتغير الذي يعتقد انه الذي سبب المشكلة².

الحالة الاولى: بافتراض ان الانموذج الاصلي هو: $Y = b_0 + b_1X_i + u_i$

اذن: (μ_i) يواجه مشكلة عدم تجانس التباين بالرغم من انه يكون مستوفيا للفروض الأخرى .

وان مشكلة عدم التجانس للتباين تكون كالاتي: $E(\mu_i)^2 = \sigma_{\mu}^2 = K^2 X^2$

K هو ثابت ومحدد ويتم تقديره من النموذج.

تشير العلاقة بان حد الخطأ (μ_i) يزداد بشكل طردي مع X^2 : $X^2 = \frac{\sigma_{\mu}^2}{K^2}$

وهذا المعنى يوضح ان التحويل المناسب للنموذج الأصلي يكون بقسمة العلاقة الأصلية على ($\sqrt{X^2} = X$)

وبالتالي يكون شكل النموذج المحول هو: $\frac{Y}{X_i} = \frac{b_0}{X_i} + b_1 + \frac{u_i}{X_i}$

والحد الجديد ($\frac{u_i}{X_i}$) يكون ثابت التجانس وهذا يعني ان التباين يكون ثابت.

¹ : بحيث حسين علي، فتح الله سحر، الاقتصاد القياسي، مرجع سابق.
² : التميمي زهرة، حسن عباس وآخرون، تحليل الانحدار، مرجع سابق

$$E\left(\frac{u_i}{X_i}\right)^2 = \frac{1}{X_i^2} E(u_i)^2 = \frac{1}{X_i^2} \sigma_u^2$$

$$E\left(\frac{u_i}{X_i}\right)^2 = \frac{1}{X_i^2} k^2 X_i^2 = k^2 \text{ ولذا يكون } \sigma_\mu^2 = K^2 X^2 \text{ تم افتراض ان}$$

وعلى هذا الاساس فأن حد الخطأ الجديد له تباين ثابت محدود k^2 والآن من الممكن استعمال طريقة (OLS) على الصيغة المحولة .

الحالة الثانية: بافتراض إن شكل عدم تجانس التباين يأخذ الشكل الآتي :

$$E(\mu_i)^2 = \sigma_\mu^2 = K^2 X$$

اذ ان التحويل المناسب للنموذج الاصلي يكون بقسمة العلاقة على \sqrt{X}

$$\frac{Y_i}{\sqrt{X_i}} = \frac{b_0}{\sqrt{X_i}} + \frac{b_1 X_i}{\sqrt{X_i}} + \frac{u_i}{\sqrt{X_i}}$$

ومن ثم يكون لحد الخطأ الجديد تباين ثابت وهو k^2 :

$$E\left(\frac{u_i}{\sqrt{X}}\right)^2 = \frac{1}{X_i} E(u_i)^2 = \frac{1}{X_i} K^2 X_i = K^2$$

ومن ثم حصلنا على تباين ثابت وتم التخلص من مشكلة عدم التجانس للتباين.¹

المطلب الثاني : فرضية السير العشوائي (RWH) Random Walk Hypothesis

الفرع الأول : مفهوم نموذج السير العشوائي

يعد روبرتس (Roberts 1959) أول المهتمين بدراسة السير العشوائي للأسعار من خلال دراسته لمستويات الاسعار الفعلية للسوق ل (52) اسبوع وفقاً لمؤشر (Dow Jones) لمتوسط الصناعة ، وتوصل خلالها الى ان الحركة الفعلية لأسعار الاسهم هي حركة عشوائية ، تم استخدام ظاهرة السير العشوائي لوصف سلوك الورقة المالية في الاسواق المالية ، اذ تم صياغتها لتمنح فرضية السوق المالية الكفاءة مضامين قابلة للاختبار التجريبي. وتؤكد فرضية السير العشوائي على ان تغيرات الاسعار المتتالية تكون مستقلة اي ان الاسعار في أي فترة زمنية في المتوسط ستعكس القيمة الحقيقية للسهم، وان التغيرات التي تطرأ على اسعار الاسهم في المستقبل

¹ : عبد الحميد عبيد، الاقتصاد القياسي، مرجع سابق.

لا بد ان تكون مستقلة تماما عن التغيرات التي طرأت على السعر في الماضي، ويمكن الاستدلال بوضوح على الترابط بين مفهومي السير العشوائي والسوق الكفؤة ومضمون المستوى الضعيف للكفاءة المتمثل في عدم امكانية التنبؤ بأسعار الاسهم بالاعتماد على المعلومات المتاحة عن الاسعار وحجوم التداول التي جرت في الماضي.

وتفترض فرضية السير العشوائي بأن المعلومات الجديدة تكون عشوائية، وان دخولها الى السوق يكون بشكل عشوائي هذا يؤدي الى احداث تغيرات عشوائية في الاسعار، اذ تكون تغيرات اسعار الاوراق المالية المتعاقبة تغيرات مستقلة وموزعة توزيعا احتماليا بشكل متماثل.¹

وتعد فرضية المستوى الضعيف للكفاءة امتداداً منهجياً لفرضية السير العشوائي للأسعار، فوفقاً للمستوى الضعيف يفترض ان المعلومات التاريخية بشأن الاحداث التي جرت في الماضي سواء كانت ايام او اشهر او سنين لا يمكنها التأثير على سعر السهم الحالي ولا يمكن الاستفادة منها للتنبؤ بالتغيرات التي تحدث في الاسعار المستقبلية، وان التغيرات المتتالية في اسعار الاسهم تكون مستقلة عن بعضها البعض ولا توجد بينها اي علاقة، ومن هنا يطلق على المستوى الضعيف لكفاءة السوق بالحركة العشوائية للأسعار وذلك باعتبار ان التغير في سعر السهم لا يسير على نمط واحد.

وترتبط فرضية السير العشوائي ارتباطاً وثيقاً بكفاءة الأسواق المالية، وعند ورود معلومات الى السوق المالية الكفؤة فإنها تعكس على اسعار الاسهم بسرعة وبشكل رشيد، وتميل الاسعار الى التقلب عشوائياً حول قيمتها الحقيقية وتعكس تماماً احداث المعلومات المتاحة في السوق، وبما ان هناك ميزة التنبؤ بعائد السهم لدى المستثمر وعدم قدرته في الحصول على المعلومات الغير متاحة للجميع لذا يصعب الحصول على عوائد غير اعتيادية². يتضمن نموذج السير العشوائي على عدة افتراضات تشكل الاساس لمضمونه في القياس والاختبار³:

أ- تكون المعلومات عشوائية.

ب- يكون ورود المعلومات إلى السوق بشكل عشوائي.

ت- تؤدي إلى تغيرات عشوائية في أسعار الورقة المالية.

ث- تغيرات السعر المتعاقبة هي تغيرات مستقلة وموزعة توزيعاً احتمالياً متماثلاً.

1 : الحسنوي، ميثم ربيع هادي " اختبار كفاءة السوق المالية (دراسة تطبيقية في سوق بغداد للأوراق المالية)" رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة الى مجلس كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، 1997، ص10.

2 : الزبيدي، شذى عبد الحسين " تحليل سلوك اسعار الاسهم باستعمال نموذج السير العشوائي دراسة تطبيقية في سوق العراق للأوراق المالية " مجلة القادسية للعلوم الادارية والاقتصادية، المجلد 14 العدد 2، 2012، ص176.

3 : محمد علي ابراهيم العامري " الإدارة المالية المتقدمة، إثناء للنشر والتوزيع، الطبعة الاولى، عمان، الاردن، 2010، ص133.

بناء على الافتراضات السابقة ، فإن العشوائية في حركة أسعار الورقة المالية يقود الى توليد توزيعات احتمالية عشوائية لأسعار الورقة المالية ، وإذا ما كانت هذه التوزيعات العشوائية للأسعار متماثلة عبر الزمن ، فإن الصيغة الرياضية للنموذج هي كالآتي¹:

$$f(r_{j,t+1}/\phi_t) = f(r_{j,t+1})$$

حيث أن: $r_{j,t+1}$: هو معدل العائد لفترة زمنية واحدة ويحسب بالصيغة التالية:

$$r_{j,t+1} = (P_{j,t+1} - P_{j,t})/P_{j,t}$$

$P_{j,t}$: سعر الورقة المالية (j) في الفترة الحالية t ، $P_{j,t+1}$ سعرها في الفترة اللاحقة t+1.

ϕ_t : يشير الى مجموعة المعلومات التي يفترض بانها تنعكس بالكامل في سعر الورقة في الوقت t.

f: دالة الكثافة الاحتمالية المفترض تماثلها لجميع الفترات الزمنية t.

الفرع الثاني : اختبارات السير العشوائي المطبقة على صيغة المستوى الضعيف

يوجد العديد من الاختبارات المعلمية و اللامعلمية للسير العشوائي والتي يمكن من خلالها ان نستدل على الكفاءة عند المستوى الضعيف من بينها :

✍ **اختبار التوزيع الطبيعي** : لاختبار هذا المستوى من الكفاءة بين (Fama, 1970) أن التغيرات في أسعار

الأسهم يجب أن تكون مستقلة وموزعة توزيعا طبيعيا Independently and Identically Distributed ، وبالتالي لا يمكن استخدام الحركة الاتجاهية للأسعار أو الاعتماد عليها للتنبؤ بالتحركات أو الأسعار المستقبلية.

H0: سلسلة العوائد خلال فترة الدراسة تتوزع توزيعا طبيعيا.

يتم اختبار مدى توفر خاصية التوزيع الطبيعي لسلسلة العوائد باستخدام اختبار Jarque-Bera ، الذي يعتمد على معاملي التقلطح Kurtosis والالتواء Skewness ، لقياس خصائص التوزيع الطبيعي، وهل العوائد موزعة بانتظام وغير متباعدة عن وسطها الحسابي. فإذا كانت قيمة Jarque-Bera ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% ، يتم رفض فرضية العدم للاختبار وقبول الفرضية البديلة التي تنص على أن عوائد السوق لا تتبع التوزيع الطبيعي، أي إمكانية استخدام الحركة الاتجاهية للأسعار أو الاعتماد عليها للتنبؤ بالمستقبل.

¹Eugene F.F. :Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work ,Journal of Finance Vol .25,No.2,Papers and Proceedings of the Twenty-Eighth Annual Meeting of the American Finance Association New York, December ,28-30,1969,New York,(May,1970),pp.383-417,page386.

✍ **اختبار جذر الوحدة Unit Root test** : تقوم فرضية المستوى الضعيف للكفاءة على إتباع نموذج السير العشوائي الذي يعني عدم استقرار السلسلة الزمنية للعوائد اليومية أي احتواءها جذر الوحدة. يمكن استخدام اختبار جذر الوحدة لاختبار كفاءة الأسواق عند المستوى الضعيف، حيث تتطلب كفاءة السوق العشوائية في أسعار.

H0: سلسلة العوائد خلال فترة الدراسة تحتوي على جذر الوحدة.

يتم في هذه الدراسة اختبار جذر الوحدة باستخدام الاختبارات التالية:

Augmented Dickey-Fuller (ADF) test

Phillips-Peron (PP) test

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (KPSS) test

فإذا كانت القيمة الإحصائية لهذه الاختبارات أقل من القيم الحرجة (Mackinnon's critical Value) يتم رفض فرضية العدم، وقبول الفرضية البديلة أي أن سلسلة عوائد خلال فترة الدراسة لا تحتوي على جذر الوحدة (أي أنها مستقرة) عند مستوى معنوية 5%، وبالتالي العوائد لا تسير بشكل عشوائي، حيث يمكن استخدام الحركة الاتجاهية للأسعار أو الاعتماد عليها للتنبؤ بالتحركات أو الأسعار المستقبلية، ومنه السوق لا تحقق المستوى الضعيف من الكفاءة.

✍ **اختبار الارتباط الذاتي Autocorrelation Test** : وفقا لخصائص المستوى الضعيف للكفاءة، لا ينبغي أن يكون هناك ارتباط بين أسعار الأسهم أو حركة العوائد عبر الزمن. يمكن اختبار ذلك إحصائياً، بتطبيق اختبار دالة الارتباط الذاتي لفحص معنوية معاملات الارتباط التسلسلي والكشف عن صلاحية فرضية السير العشوائي.

H0 : معاملات الارتباط الذاتي لسلسلة العوائد خلال فترة الدراسة تساوي 0.

يتم اختبار الارتباط الذاتي لسلسلة عوائد هذه المؤشرات باستخدام اختبار Q-Statistic ، فإذا كانت القيمة الاحتمالية P-Value المقابلة لكل قيمة محسوبة أصغر من 5% فإنه يتم رفض فرضية العدم عند مستوى معنوية 5% ، وقبول الفرضية البديلة بوجود ارتباط ذاتي بين العوائد خلال الفترة المدروسة، أي أن العوائد تتصف بالاعتمادية وعدم الاستقلالية ولا تتبع نموذج السير العشوائي، أي لا تحقق السوق المستوى الضعيف للكفاءة. وإذا كانت عوائد الأسهم غير مرتبطة ذاتياً (قبول فرضية العدم) فإن السلسلة المدروسة لا تتمتع بالسكون ويتم قبول فرضية المستوى الضعيف من الكفاءة والاستنتاج بأن سلسلة العوائد تتبع السير العشوائي.

اختبار التكرارات (الدورات Runs Test):

يفحص اختبار التكرارات غير المعلمي درجة الاستقلالية في عوائد السوق، والتي لا يمكن الكشف عنها باستخدام اختبارات الارتباط الذاتي، لأنه يهمل خصائص التوزيع، لذلك يستعمل بكثرة بالنسبة للسلاسل التي لا تتوزع توزيعاً طبيعياً. يتم إجراء هذا الاختبار عن طريق فحص مدى تتابع التغيرات المتشابهة في سلسلة عوائد السوق، من خلال مقارنة عدد التكرارات الفعلية بعدد التكرارات المتوقعة، وتتصف سلسلة عوائد السوق بالعشوائية عندما تكون عدد التكرارات الفعلية في السلسلة قريبة من عدد التكرارات المتوقعة، وتعرف التكرارات بأنها التغير المتتابع في عائد السوق بنفس الاتجاه.

وتصاغ الفرضيات بالشكل التالي:

$$H_0: E(\text{runs})=E(R)$$

$$H_1: E(\text{runs})\neq E(R)$$

وعندما يكون عدد المشاهدات كبيراً يمكننا استخدام اختبار Z الذي يحسب كمايلي :

$$Z = \frac{R - E(R)}{\sigma_R}$$

حيث ان:

$$E(R) = \frac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1 \quad \text{و} \quad \sigma_R = \frac{2n_1n_2*(2n_1n_2-n)}{(n)^2*(n-1)}$$

وتمثل n : عدد المشاهدات ، n_1 عدد المشاهدات التي ترتفع عن قيمة المتوسط ، n_2 عدد المشاهدات التي تنخفض عن قيمة المتوسط ، $E(R)$: العدد المتوقع للتكرارات ، σ_R الانحراف المعياري للتكرارات. فإذا كانت القيمة المحسوبة ل أكبر او تساوي القيمة الجدولية لمستوى المعنوية المحدد، عندها نرفض فرضية العدم ونقبل الفرضية البديلة ، ونستنتج أن سلسلة الاسعار (العوائد) ليست مستقلة عن بعضها البعض ، وهي لا تتحرك عشوائياً ، ويمكن التنبؤ بها وبالتالي فان السوق لا تتصف بالكفاءة عند المستوى الضعيف¹.

اختبار نسبة التباين Variance Ratio Test :

اقترح (Lo & MacKinlay, 1988) استخدام اختبار نسبة التباين لاختبار فرضية السير العشوائي، حيث يقوم الاختبار على فرضية أن تباين السلسلة الزمنية التي تسير عشوائياً زيد بصورة خطية مع الزمن، وأن وجود حالة عدم ثبات التباين Heteroscedasticity في العوائد قد يكون السبب في رفض فرضية

¹ : سام سعد محمد "عشوائية حركة الاسعار ومستوى الكفاءة في السوق المالي "مجلة العلوم الادارية ،كلية الاقتصاد، جامعة دمشق، سوريا ، العدد2،2014،ص419.

كفاءة السوق عند المستوى الضعيف. ولتحديد ما إذا كانت سلسلة العوائد تتبع نموذج السير العشوائي يمكن صياغة الفرضية التالية:

$$H_0: VR(q) = 1$$

$$H_1: VR(q) \neq 1$$

إذا كانت نسبة التباين مساوية للواحد، يتم قبول فرضية العدم بأن سلسلة العوائد تتبع السير العشوائي. أما إذا رفضت فرضية السير العشوائي وكانت $VR(q) > 1$ فإن العوائد ستكون ذات ارتباط ذاتي إيجابي، أما إذا كانت $VR(q) < 1$ فإن العوائد ستكون ذات ارتباط ذاتي سلبي.

$$Var (R_t - R_{t-q}) = q Var (P_t - P_{t-1})$$

بحيث: تأخذ عدد موجب صحيح فانه يمكن كتابة نسبة التباين كالآتي:

$$Var (q) = \frac{\frac{1}{q} Var(R_t - R_{t-q})}{Var (R_t - R_{t-1})} = \frac{\sigma^2(q)}{\sigma^2(1)}$$

اختبار Non parametric BDS Test BDS : اختبار BDS اختبار غير معلمي تم ابتكاره من طرف Brock, Dechert, Scheinkman سنة 1987، اختبار يعتمد على تكامل الارتباط. لاختبار استقلالية السلسلة والتوزيع المتماثل Independence and Identical Distribution (i.i.d) وبصفة عامة تختبر إحصائية BDS فرضية العدم لسلسلة فرض هذه الفرضية يمكن أن يكون ناجما عن وجود بنية ارتباط في سيرورة عشوائية خطية أو بنية ارتباط غير خطي، يمكن القول أن هذا الاختبار يختبر أيضا قابلية السلسلة الزمنية للتنبؤ على المدى القصير أي يدرس طبيعة الصدمات الخارجية التي تطرا على الاسواق المالية حيث يعتبر هذا الاختبار الاكثر شيوعا في دراسة السلاسل المالية¹.

المطلب الثالث : نماذج الانحدار الذاتي المعممة المشروطة بعدم ثبات التباين (ARCH/GARCH)

الفرع الأول : أنواع نماذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين

نموذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم التجانس التباين ARCH (p)

Auto Regressive Conditional Heteroscedasticity

كان نموذج ARCH الذي قدمه (1982) Robert Engle من اهم النماذج التي تمكن من الوقوف على الحقائق النمطية والبارزة للسلاسل الزمنية حيث افترض ان التباين المشروط الذي يمثل دالة خطية لمربعات الاخطاء

¹ : شيخي محمد، طرق الاقتصاد القياسي: محاضرات وتطبيقات، ط 1، دار الحامد، عمان، الأردن 2012، ص 224

السابقة يتغير عبر الزمن ، ويسمى هذا التغير بعدم التجانس ، الامر الذي يمكن من الوقوف على ظاهرة عنقودية التذبذب¹ يكتب نموذج بالصيغة التالية²:

$$R_T = n + \mu_t^{1/2} \dots (1)$$

تشير المعادلة اعلاه الى سلسلة العوائد ، حيث n هو متوسط العوائد والذي من المتوقع ان تكون قيمته تساوي الصفر، و μ_t هو المركب العشوائي في النموذج الغير مرتبط ذاتيا زمنيا وتوقعه صفر.

افترض Engle انه يمكن تحليل مركب μ_t على شكل متغيرات عشوائية مستقلة ومتماثلة التوزيع ، ويحسب بالمعادلة التالية³:

$$\varepsilon_t \rightarrow iid N (0,1) \mu_t = \sigma_t \varepsilon_t \dots (2)$$

حيث تشير ε_t الى البواقي المعيارية للعوائد، σ_t هو الانحراف المعياري ، ويعكس μ_t المعلومات الجديدة التي ترد الى السوق في الفترة t ومن المفترض الا تكون قيمة ثابتة مع مرور الزمن، وهو ما يحاول نموذج ARCH ونمذجته من خلال معادلة التباين المشروط التالية:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 \dots (3)$$

حيث α_1 هو معامل الاثر ARCH وكلما كانت α_1 كبيرة كلما ازداد حدوث تذبذب بشكل انفجاري حاد. كما انه من الضروري تحقق شرط $\alpha_1 < 1$ وذلك لجعل التباين المشروط مستقرا لان عدم تحقق هذا الشرط يجعل التباين مستمرا بنفس المستوى او متزايدا الى ما لا نهاية والوصول الى حالة عدم الاستقرار، ويمكن تعميم هذا النموذج ليشمل (p) درجة تباطؤ كمايلي⁴:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \alpha_2 \mu_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \mu_{t-q}^2 \dots (4)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \mu_{t-i}^2 \dots (5)$$

¹ Engle, R Autoregressive conditional Heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica* , 50 (4), . (1982). p 987-1007.

² Tuyen, T. M Modeling volatility using GARCH models: evidence from Vietnam. *Economics Bulletin* 31 (3) . (2011), p 1937.

³ Knight, j., Satchel, S., & John, k. *Forecasting Volatility in the Financial Markets*. Third Edition: Butterworth-Heinemann, (2007), p 40.

⁴ Teräsvirta, T. (2009). An introduction to univariate GARCH models. *Handbook of Financial time series* p03.

✍ نموذج الانحدار الذاتي المعمم المشروط بعدم تجانس التباين GARCH

Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedastic

اشارت عديد الدراسات الى ان نموذج ARCH يتطلب التوسع في قيم P للوقوف على خصائص تبعية التباين المشروط على القيمة السابقة ، ما ينتج عنه قيم سالبة ل α ما يناقض شروط استقرارية النموذج. لهذه المشكلة اقترح Bollersles (1986) تعميما لنموذج ARCH كحل اطلق عليه نموذج GARCH يقوم على خاصية الدرجة اللانهائية لنموذج ARCH يضيف هذا النموذج لمعادلة التباين حد جديد هو أثر GARCH الذي يتمثل في المعلومات المتعلقة بالتباين عن الفترات السابقة مع الاحتفاظ بالمتوسط والخطأ العشوائي في المعادلات السابقة كمايلي¹:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \dots (6)$$

حيث أن : $\alpha_1 + \beta_1 < 1 ; \beta_1 \geq 0 ; \alpha_0 > 0 ; \alpha_1 \geq 0$

يشترط في نموذج GARCH تحقيق عدم السلبية في قيم المعاملات ، ما يعني ان تكون قيم جميع المعاملات موجبة للحصول على القيمة الموجبة للتباين ، ويتوقف مستوى استمرارية التذبذب على مجموع المعاملين $\alpha_1 + \beta_1$ فاذا كان المجموع أكبر او يساوي الواحد فان اثر التذبذب الناتج عن الصدمة سيستمر الى المستقبل ، فمن الضروري تحقق شرط $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ لضمان استقرارية التباين المشروط وكذلك استمرارية وجود أثر التذبذبات والصدمات والتباينات السابقة في التباين الحالي والمستقبلي بشكل متناقص تدريجيا مع مرور الزمن ما يجعل التباين اي قيمته تتجه على المدى الطويل الى القيمة V_L وتدعى هذه العملية العودة الى المتوسط². Reversion to the Mean

يمكن تعميم النموذج ليشمل الفترات السابقة GARCH(p, q) كمايلي³ :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (\sigma_{t-1} \varepsilon_{t-1})^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \dots (7)$$

¹ Knight, j., Satchel, S., & John, k. Forecasting Volatility in the Financial Markets ,p107.

² محمد سام، محمد عدنان، الحسين غانم، اختبار أثر الرافعة وسلوك التذبذب في سوق دمشق للأوراق المالية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2013، ص 103.

³ Hol, E. M. Empirical Studies on Volatility in International Stock Markets. Boston, MA: Springer US (2003) p13.

بعد صياغة نماذج ARCH استمرت الدراسات القياسية في مجال النمذجة القياسية غير الخطية ، وتحت شروط عدم تجانس تباين الاخطاء ، وهذا ما ساعد على استحداث عدة نماذج منها امتدادات نماذج ARCH/GARCH الخطية وتتمثل في نماذج **ARMA-GARCH**.

أشار (Weiss 1986) الى امكان ادخال تأثيرات اضافية من المتغيرات التفسيرية على التباين الشرطي ، يعطى نموذج ARMA-GARCH بالعلاقة التالية¹:

$$\phi(L)y_t = \theta(L)\varepsilon_t \quad ARMA(p, q)$$

$$E(\varepsilon_t / \varepsilon_{t-1}) = 0$$

$$V(\varepsilon_t / \varepsilon_{t-1}) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \gamma_0 [E(y_t / y_{t-1})]^2 + \sum_{j=1}^p \gamma_j y_{t-j}^2$$

حيث ان: ϕ تمثل معاملات AR ، θ تمثل معاملات MA

✍ نماذج الانحدار الذاتي المعمم المتكامل المشروطة عدم التجانس IGARCH

Integrated Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedastic

اقترحت من قبل Engle & Bollerslev عام 1986 ويدعى نموذج GARCH التكاملية ، ويتعلق بحالة وجود جذر الوحدة في معادلة التباين الشرطي ، لهذا تتميز بان لها تأثير ثابت في التباين ، بمعنى كل صدمة على التباين الشرطي الحالي سوف تنعكس على كل القيم المستقبلية المتوقعة.

وحسب (Gourieroux, 1992) ان دراسة الاستقرار من الرتبة الثانية لصيغة GARCH تقتضي بان يكون التباين غير الشرطي مستقل بشكل تقريبي عبر الزمن ، وصيغة هذه النماذج²:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}^2 \quad \alpha_i \geq 0; \beta_j \geq 0; \alpha_0 > 0$$

حيث أن: $i = 1, 2, \dots, q$ $j = 1, 2, \dots, p$

¹ هنتاه سعيد، "دراسة اقتصادية وقياسية لظاهرة التضخم في الجزائر"، جامعة قاصدي مزاب، ورقلة ، الجزائر، 2006.
² عبد الله حسن، استخدام نماذج GARCH في تقدير تباين التضخم في السودان (1990-2015)، رسالة ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان، 2017.

في حالة وجود نموذج IGARCH يشترط ان يكون :

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j = 1$$

يكون النموذج مستقر من الرتبة الثانية اذا تحقق 1:

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j < 1$$

✍ نموذج الانحدار الذاتي المعمم المشروط بعدم تجانس التباين في معادلة الوسط GARCH in Mean Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean

قام كل من Engle & al (1987) بتقديم نموذج مطور لنماذج ARCH يتعرض لخاصية الربط بين لعائد والمخاطرة، يتشابه هذا النموذج مع نموذج GARCH من حيث المعادلات والشروط، باستثناء معادلة المتوسط التي أضيف لها حد خاص بالتباين المشروط كمتغيرة مفسرة بما يمكن من ربط العوائد مباشرة مع الخطر وفق المعادلة التالية 2:

$$R_t = n + c\sigma_t^2 + \mu_t \dots (8)$$

حيث n و c ثوابت معادلة المتوسط، ويدعى المعامل c بمعامل علاوة الخطر وتشير قيمته الموجبة الى ارتباط العوائد ايجابيا مع التذبذب .

✍ نموذج الانحدار الذاتي المعمم المشروط بعدم تجانس التباين GARCH – Difference in Mean "DM "

اقترح Cocco and Paruolo (1990) نمودجا يأخذ بعين الاعتبار التزايد في التقلبات (الفروقات من الدرجة الاولى) الذي يؤثر على المتغير التابع ويسمى هذا النموذج GARCH –DM " Difference in Mean

3"

$$R_t = n + c(\sigma_t^2 - \sigma_{t-1}^2) + \mu_t \dots (9)$$

¹ شيخي محمد، " طرق الاقتصاد القياسي"، محاضرات وتطبيقات، ط1، جامعة ورقلة، الجزائر، 2011.
²Brooks, C. Introductory econometrics for finance. Cambridge England: Cambridge University Press (2008) p 410.
³ محمد شيخي، طرق الاقتصاد القياسي، محاضرات وتطبيقات الطبعة الاولى، دار ومكتبة الحامد، عمان، 2012، ص 340.

نتيجة الانتقادات التي وجهت الى نموذج ARCH ظهرت نماذج جديدة، تأخذ بعين الاعتبار حدث معين في السلاسل المالية او تسمح بدراسة الظواهر الاقتصادية الكلية ، هذه النماذج لا تأخذ بعين الاعتبار فقط مدى بواقى المتوسط الشرطي بل ايضا اشارتها بإدخال اليات عدم التناظر وترتكز الفكرة هنا على ان تأثير (مفعول) عدم تجانس التباين يختلف حسب اشارة الخطأ السابق (موجبة او سالبة). نذكر من هذه النماذج:

✍ نموذج EGARCH (الانحدار الذاتي المعمم الاسي المشروطة عدم التجانس)

Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

يعتبر هذا النموذج من اولى النماذج التي عالجت عدم تماثل تأثير الصدمات ، اقترح من قبل (Nelson 1991) وتوصل الى ان دالة التباين الشرطي غير خطية بل هي دالة أسية Exponential ، حيث قام بإدراج لوغاريتم التباين الثابت لضمان تفادي القيم السالبة ومعرفة إشارة الاثر وحجم الصدمات ، يصاغ النموذج كمايلي: ¹

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \left[\frac{|\mu_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} - E \frac{|\mu_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} \right] + \beta_1 \ln \sigma_{t-1}^2 + \gamma \frac{\mu_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \dots (13)$$

يدعى هذا النموذج بـ EGARCH (1,1) والذي يختلف عن نموذج GARCH الاساسي بإمكانية الوقوف على خاصية عدم التماثل من خلال الحد الاخير الذي يتضمن معامل أثر الرافعة او معامل الاستجابة غير المتماثلة γ والفائدة من استخدام التركيب الوغاريتم في النموذج EGARCH هو ان التباين المشروط سيكون موجبا، وبالتالي لا يوجد حاجة لفرض شروط عدم السلبية للمعاملات.

يعرف γ بانه معامل يعكس أثر الرافعة ، بينما يعرف α_1 بانه معامل يعكس حجم هذا الاثر ، لأنه في حال وجود أثر الرافعة فان هذا المعامل هو الذي سيحدد حجم أثر الصدمة الذي سيستمر في المستقبل ، يشار الى وجود أثر الرافعة عندما يكون $\gamma < 0$ و الى الاثر غير المتماثل عندما يكون $\gamma \neq 0$ أما اذا كان $\gamma = 0$ فان الصدمات الموجبة والسالبة نفس الاثر على تذبذب السوق وبالتالي يفقد النموذج قدرته على الوقوف على خاصية الاثر غير المتماثل.

ففي حالة الصدمة الموجبة $\mu_{t-1} > 0$ يكون حجم أثر الصدمة على التباين يساوي $\alpha_1 - \gamma$ اما في حالة الصدمة السالبة $\mu_{t-1} < 0$ يكون حجم أثر الصدمة الاجمالي في التباين يساوي $\alpha_1 + \gamma$ ويمكن تعميم النموذج المقدم أعلاه كمايلي :

¹ Schmitt, C. Option pricing using EGARCH models. Mannheim: ZEW (1996).

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left[\frac{|\mu_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} - E \frac{|\mu_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} \right] + \sum_{i=1}^p \gamma_k \frac{\mu_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln \sigma_{t-j}^2 \dots (14)$$

والفكرة الاساسية لهذا النموذج هي ان الصدمات السالبة تتردد بشكل مختلف عن الصدمات الايجابية من نفس المستوى في تأثيرها على التباين الشرطي عند تحليل أثر العائد المنتظم وهو ما يسمى أثر الرافعة Leverage effect.

✍ نموذج GJR-GARCH

Glosten Jagannathan Runkle- Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

اقترح كل من (1993) Glosten et al نموذجا معدلا من نموذج GARCH يعرف بنموذج GRJ- GARCH الذي يمتلك ايضا خاصية عدم تماثل التطاير ، ويقوم على فرضية مفادها أن التغيرات غير المتوقعة في عوائد المؤشر لها آثار مختلفة على التباين المشروط لعوائد الاصل ، فالنموذج GJR هو النموذج الثاني بعد EGARCH لإظهار أثر الرافعة الا انه يختلف عنه في كيفية التعبير عن التباين المشروط ومكوناته ، ففي نموذج GJR يتم التعبير عن أثر الرافعة على شكل معادلة من الدرجة الثانية بينما يأخذ الأثر الشكل الاسي في النموذج EGARCH.¹

فقد تضمن النموذج الجديد اضافة حد جديد يدعى حد العتبة والموضح في المعادلة التالية:²

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \gamma_1 D_{t-1} \mu_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \dots (15)$$

يظهر الاثر غير المتماثل للصدمات عندما يكون $\gamma \neq 0$

- اذا كان γ معنوي وموجب فان للصدمات السالبة أثر على التباين أكبر مما لو كانت الصدمة موجبة .
- اذا كان $\gamma < 0$ فعندها يقتصر النموذج على اظهار الاثر الغير متماثل للصدمة السالبة ، بدون ان يعكس أثر الرافعة.
- أما D_{t-1} فهو متغير صوري Dummy Variable تمت اضافته للوقوف على أثر عدم التماثل في

$$D_{t-1} = \begin{cases} 1 & \text{if } \mu_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{if } \mu_{t-1} \geq 0 \end{cases} \quad \text{البيانات ويأخذ القيم التالية:}$$

¹ Kuan, C. M, Lecture on time series diagnostic tests. Institute of Economics Academia,(2015).

² Poon, S. H., A practical guide to forecasting financial market volatility. Chichester: John Wiley, (2005).

يأخذ هذا المتغير القيمة واحد اذا كانت قيمة μ_{t-1} اصغر من الصفر اي حالة الصدمات السالبة، بينما يأخذ القيمة صفر اذا كانت قيمة μ_{t-1} اكبر او تساوي الصفر، وعليه يمكن ملاحظة كيف يجعل المتغير الصوري النموذج قادر على اعطاء وزن اكبر للصدمات السالبة منها للصدمات الموجبة.

تساهم الزيادة غير الموقعة والتي تتمثل في الاخبار الجيدة في التباين من خلال المضاعف α_1 ، بينما الانخفاض الغير المتوقع والذي يتمثل بالأخبار السيئة فانه يساهم في التباين من خلال المضاعف $\alpha + \gamma$ اي ان حجم الصدمة في حالة الصدمة السالبة مساوي ل $\alpha_1 + \gamma$ هو اكبر من حالة الصدمة الموجبة الذي يقتصر على المعامل α_1 فقط .

بناء على هذا يصاغ النموذج السابق بالشكل التالي :

حالة الصدمة السالبة :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \gamma)\mu_{t-1}^2 + \beta_1\sigma_{t-1}^2 \dots (16)$$

حالة الصدمة الموجبة :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1\mu_{t-1}^2 + \beta_1\sigma_{t-1}^2 \dots (17)$$

يمكن تعميم نموذج **GJR-GARCH** ليشمل عدة فترات تباطؤ كمايلي:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p (\alpha_i + \gamma_i I_{t-1})\mu_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \dots (18)$$

✍ نماذج الانحدار الذاتي المعمم العتبة المشروطة عدم التجانس **TGARCH** :

Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

اقترحا (Engle & Bollerslev 1986) نماذج ARCH ذات الحدود، ثم عممت بواسطة (Rabemananjara & Zakoian 1991) واطلقا على تسميتها نماذج TGARCH ، يختلف عن نموذج

GJR-GARCH ونمذجته للانحراف المعياري الشرطي عوض التباين المشروط، وتكتب صياغة النموذج TGARCH(p,q) على الشكل التالي:¹

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p (\alpha_i + \gamma_i N_{t-i}) a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad \dots (19)$$

حيث ان N_{t-i} هو مؤشر يأخذ القيم :

$$N_{t-i} = \begin{cases} 1 & \text{if } a_{t-i} < 0 \text{ الصدمات سلبية} \\ 0 & \text{if } a_{t-i} \geq 0 \text{ الصدمات ايجابية} \end{cases}$$

- عندما تكون الصدمات ايجابية التأثير على التقلبات هو α_i ، بينما اذا كانت الصدمات سلبية فالتأثير هو $\alpha_i + \gamma_i$.
- كل من β_j و γ_i ، α_i معالم غير سالبة .
- اذا كانت $\gamma_i = 0$ فالصدمات لها تأثير متماثل ويعود النموذج الى نموذج GARCH ، واذا كانت $\gamma_i \neq 0$ فالصدمات لها تأثير غير متماثل و $\gamma_i > 0$ يعني ان الصدمات السلبية لها اثر في زيادة التقلبات اكثر من اثر الصدمات الايجابية.
- عندما $\beta_j = 0$ يتحول نموذج TGARCH الى نموذج TARCH.

وتكتب صياغة النموذج ² (1.1) :TGARCH

$$\sigma_t^2 = \omega + (\alpha + \gamma N_{t-1}) a_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

¹ عريش شفيق ، نقار عثمان ، اسماعيل رولى ، "استخدام نماذج ARCH المتناظرة والغير متناظرة لنمذجة تقلب العوائد في السوق المالي حالة تطبيقية على المؤشر العام لسوق عمان المالي "، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية -سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية ، المجلد (33)، العدد (3)، (2011) ، ص 79-59.

² : Tsay RS, Analysis of financial time series, 2nd edition. Wiley, New Jersey(2005).

✍ نماذج الانحدار الذاتي المعمم ذات القوى الغير متناظرة مشروطة عدم التجانس : APGARCh

Asymmetric power Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

قدم Engle ، Granger و Ding (1993) الفضل في ادخال هذا النوع من النماذج الذي يسمى APGARCh وذلك بإدخال الاسس (القوة) لنموذج GARCH للتعامل مع عدم التماثل ، وهو لا يشبه نماذج GARCH حيث تم استخدام نمذجة الانحراف المعياري بدلا من نمذجة التباين . هذا النموذج يتيح الفرصة لتقدير معلمة القوة (δ) بدلا من فرضها في النموذج وتكتب صياغة النموذج APGARCh(p, δ, q) بالشكل التالي¹:

$$\sigma_t^\delta = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|a_{t-i}| - \gamma_i a_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^\delta \dots (20)$$

حيث ان : $\omega > 0; \quad \delta \geq 0;$

$$\alpha_i \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$-1 < \gamma_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\beta_j > 0 \quad j = 1, 2, \dots, q$$

✍ نموذج NGARCH (p, q) :

نموذج الانحدار الذاتي المعمم المشروط بعدم تجانس التباين الغير خطي تم تقديمه من قبل Hsieh & Ritchken (2005) ، Lanne & Saikkonen (2005) and Malecka (2014) .
Kononovicius & Ruseckas (2015)

$$\sigma_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \gamma_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}$$

حيث ان : $\alpha \geq 0, \gamma \geq 0, \omega > 0$.

¹: Rossi E (2004) Lecture notes on GARCH models. University of Pavia, March The Security and Exchange Commission (2019) Opportunities in the Nigerian Capital Market. A paper presented to the National Youth Corps Members at the orientation Camps, Abuja- Nigeria. 8th February, 2019

نموذج (p, q) SGARCH :

Components - Generalize Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

يكتب النموذج بالشكل التالي¹:

$$y_t = \eta_t \varepsilon_t$$

$$\eta_t^2 = \delta_0 + \sum_{i=1}^q \delta_i (\eta_{t-i} \varepsilon_{t-i})^2 + \sum_{j=q+1}^{p+q} \delta_j \eta_{t+q-j}^2$$

حيث أن: y_t هو عائد السوق في الزمن t

$$\{\varepsilon_t\} \sim i. d. d N(0,1)$$

δ قيمة موجبة ، بقية المعلمات غير سلبية لضمان ايجابية η_t^2 .

نماذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين المتكاملة جزئياً FIGARCH :

Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditionally Heteroscedasticity

يمكن ان تصبح النماذج السابقة غير مؤهلة في حالة تناقص أسي سريع ملاحظ على دالة الارتباط الذاتي ، من اجل هذا قدم Mikkelsen & al (1996) السيرورة FIGARCH التي تتمزج فقط الحالة التي يكون فيها تناقص مبالغ فيه hyperbolique للارتباطات وهي كذلك مفيدة عند ملاحظة ارتباطات غير معدومة من اجل رتب متقدمة، فمثلا يمكن كتابة حالة (1.1) GARCH على الشكل التالي²:

$$(1 - \beta_1 l) \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 \dots (10)$$

ولدينا :

$$\sigma_t^2 = \frac{\alpha_0}{(1 - \beta_1 l)} + \frac{\alpha_1}{(1 - \beta_1 l)} \mu_{t-1}^2 = \frac{\alpha_0}{\beta(1)} + \left[1 - \frac{1 - \delta_1 l}{1 - \beta_1 l} \right] \mu_t^2 = \frac{\alpha_0}{\beta(1)} + \vartheta(l) \mu_t^2$$

حيث أن:

$$\vartheta(l) = \left[1 - \frac{1 - \delta_1 l}{1 - \beta_1 l} \right] ; \quad \delta_1 = \alpha_1 + \beta_1$$

¹De Luca, G. & Loperfido, N. (2012) "Modeling multivariate skewness in financial returns: a SGARCH approach". The European Journal of Finance, 1 -19 iFirst. <http://dx.doi.org/10.1080/1351847X.2011.640342>

² محمد شيخي، مرجع سابق، ص 340.

حسب السيرورة IGARCH والقيود $\delta_1 = \alpha_1 + \beta_1 = 1$ نجد أن

$$\sigma_t^2 = \frac{\alpha_0}{\beta(1)} + \left[1 - \frac{1-l}{1-\beta_1 l}\right] \mu_t^2$$

$$\vartheta(l) = \left[1 - \frac{1}{\beta(l)} (1-l)\right] \dots (11)$$

السيرورة FIGARCH تدرج قوة جزئية على عبارة الفرق في المعادلة (11) ، فيصبح لدينا:

$$\vartheta(l) = \left[1 - \frac{1}{\beta(l)} (1-l)^d\right]; \quad 0 \leq d \leq 1 \dots (12)$$

هذه المعادلة هي الوحيدة التي تتصف بالتناقص السريع في معاملات التأخير ، وهذا ما يسمى بالذاكرة الطويلة Long Memory. بين Davidson (2004) ان ذاكرة هذه السيرورة تكبر كلما اقترب d من الصفر.

اذن الذاكرة هي عبارة عن دالة متزايدة مع d ، وعليه يمكن النظر الى نماذج FIGARCH كما لو انها حالة وسيطيه بين نماذج GARCH المستقرة و IGARCH ، بنفس الطريقة التي تعتبر فيها ان السيرورة $I(d)$ على مستوى وسيطي بين $I(0)$ و $I(1)$ لدينا :

$$\vartheta(L) = \frac{1}{\beta(L)} \left(1 + \alpha((1-L)^d - 1)\right); \quad \alpha \geq 0 \dots (13)$$

نماذج HYGARCH :

قدمت من طرف (Davidson, 2004) لوضع القيود التي تتصف بها النماذج السابقة ووجد أن:

$$\vartheta(L) = 1 - (1 + \alpha((1-L)^d - 1)); \quad \alpha \geq 0$$

حسب (Davidson, 2004) النماذج FIGARCH و GARCH تتعلق على التوالي بالحالات $\alpha = 0$ و $\alpha = 1$ ، غير انه يمكن ملاحظة ان المعامل d يصبح غير قابل للتعيين لما $\alpha = 0$ ما يؤثر سلبا على تركيب اختبارات الفروض بالنسبة ل α ، حيث تصبح الخصائص التقاربية لمقدرات المعقولة غير محققة¹.

¹ أحمد بن أحمد "النمذجة القياسية للاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية في الجزائر (03/2007-10/1988) رسالة ماجستير، جامعة الجزائر، الجزائر، 2008.

✍ نماذج FAPARCH :

تولدت عن هذه النماذج نماذج اخرى مثل FAPARCH التي تعتبر سيرورات كسرية تتميز بالتناقص السريع لمعاملات الارتباط الذاتي على شكل قطع زائد بحيث تسمح بوجود صفة غير متناظرة مرافقة لإشارة الخطأ¹.

$$h_t^{\delta/2} = \frac{\alpha_0}{\beta(L)} + \left[1 - \frac{1}{\beta(L)} (1 - L)^d \right] (|\varepsilon_{t-1}| - \gamma_1 \varepsilon_{t-1})^\delta$$

الفرع الثاني : خطوات بناء نماذج ARCH

◆ **مرحلة التشخيص :** تعد من اهم مراحل بناء السلسلة الزمنية على اساسها يحدد مدى قبول النموذج الذي تم توصيفه ومعلماته المقدره، يتم تشخيص النموذج وفقا للبيانات المتاحة اعتمادا على فهم الخصائص الاساسية للسلسلة محل الدراسة، فيعد رسم المخطط البياني من الخطوات الاساسية لتحديد الاستقرارية من عدمها خاصة عدم استقرارها وتذبذبها حول الوسط، والتي تكون ملازمة في اغلب الاحيان للسلاسل الزمنية المالية بالإضافة الى خاصية عدم الثبات (volatility).
يتم معالجة عدم استقرارية الوسط عن طريق تحويل السلسلة الاصلية الغير مستقرة سلسلة الأسعار (Price Series) الى سلسلة العوائد (Return Series) المستقرة باستعمال التركيبة المستمرة (Continuous Compounding) كمايلي²:

$$y_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$

◆ **خصائص سلسلة العوائد (Return Series) :** مجموعة من الخصائص المهمة تنفرد بها سلسلة العوائد المالية عن باقي السلاسل الزمنية فقد لاحظ الباحثون الاقتصاديون أن التمثيل البياني لتوزيع السلاسل المالية له تفرطح حاد Leptokurtosis ذيول سميكة Fat Tails تجمع التقلبات Volatility Clustering وتأثير الرافعة المالية Leverage Effect التي يقصد بها عدم التناظر في الصدمات .

¹ بغداد بنين "نمذجة قياسية لدراسة اسعار بترول الجزائر -دراسة حالة صحاري بلاند- من 2006 الى 2009، رسالة ماجستير، جامعة الجزائر، الجزائر، 2009.

²: Haydee L. Ramon, "Forecasting the Volatility of Philippine Inflation using GARCH Models "Center for Monetary and Financial Policy, Working paper series #1, BANGKO SENTRAL NG PILIPINAS 2008.

* أطراف سميكة ومعامل التفلطح (Fat Tails and Excess kurtosis) :

نلجأ لحساب معامل التفلطح (kurtosis) والذي يعطى بالعلاقة التالية¹:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\hat{\sigma}} \right)^4$$

ان كان المعامل في حالة التوزيع الطبيعي يكون مساويا لـ "3" ، عندما يكون اكبر من هذه القيمة وهو الحال في العوائد المالية ، فهذا يعني ان هذا التوزيع يتميز بقيمة اعلى من التوزيع الطبيعي (Leptokurtic). من الدلائل ايضا على ان السعر او العائد لا يتبع التوزيع الطبيعي، نجد ان معامل الالتواء (Skewness) يختلف عن الصفر كما هو الحال في قانون التوزيع الطبيعي ، ويعطى بالعلاقة التالية²:

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\hat{\sigma}} \right)^3$$

فعندما يكون هذا المعامل مساويا للصفر "0" فهذا يعني ان التوزيع متناظر بينما القيمة السالبة تعني ان للتوزيع ذيلا طويلا من جهة اليسار ، اما القيمة الموجبة تعني ان للتوزيع ذيلا طويلا من جهة اليمين . كما يمكننا اختبار هل التوزيع طبيعي باستعمال المؤشرين معا في نفس الوقت باللجوء لاختبار (Jarque-Bera test) . لإجراء الاختبار يحسب الفرق بين معاملي الالتواء (التناظر) والتفلطح للسلسلة قيد الدراسة مع معاملي الالتواء والتفلطح للتوزيع الطبيعي.

وتحسب هذه الاحصائية بالعلاقة التالية³:

$$JB = \frac{N - k}{6} \left(s^2 + \frac{1}{4} (K - 3)^2 \right)$$

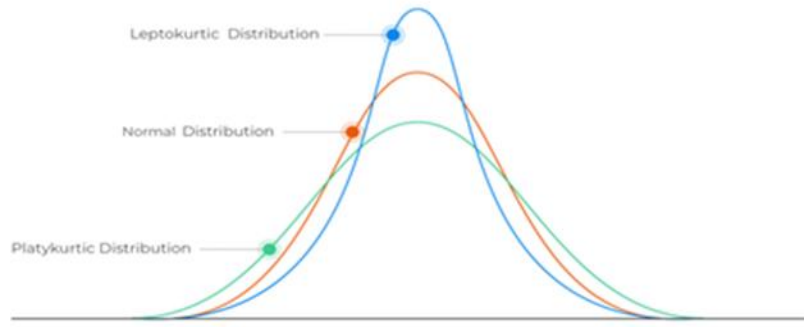
حيث: S تمثل معامل الالتواء ، JB تمثل معامل التفلطح و يمثل عدد المعلمات المقدره المستعملة في السلسلة ففي فرضية العدم اي التوزيع الطبيعي تكون هذه الاحصائية تتبع قانون مربع كاي بدرجة حرية "2" (χ_2^2). توزيعات Leptokurtic هي توزيعات إحصائية ذات تفرطح يزيد عن ثلاثة. إنها واحدة من ثلاث فئات رئيسية موجودة في تحليل التفرطح. النظيران الآخران هما Mesokurtic و Platykurtic.

¹: Zheng, Y., Kinnucan, H. W. & Thompson, H., News and Volatility of Food Prices .Applied Economics, 40(13), 2008, 1629-1635.

²: Louzis, D. P., Xanthopoulos-Sisinis, S., & Refines, A. P. "Stock index realized volatility forecasting in the presence of Heterogeneous leverage effects and long range dependence in the volatility of realized volatility," International Conference on Applied Economics – ICOAE, (2010), 465-478.

³: Andersen, G., Bollerslev, T and X., Francis, "Parametric and Nonparametric Volatility Measurement," Department of Finance ,Kellogg School of Management ,Northwestern University, (2002).

الشكل رقم 39: توزيعات Leptokurtic ;Platykurtic;Mesokurtic



المصدر: <https://analystprep.com/cfa-level-1-exam/quantitative-methods/kurtosis>

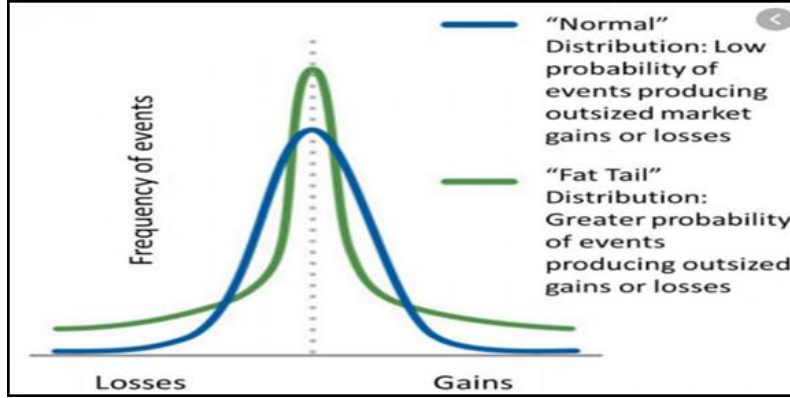
توزيعات Leptokurtic : هي توزيعات ذات تفرطح أكبر من التوزيع الطبيعي بحيث التوزيع الطبيعي له تفرطح من ثلاثة لذلك ، فإن التوزيع الذي يحتوي على تفرطح أكبر من ثلاثة سيُسمى توزيعًا Leptokurtic . بشكل عام توزيعات Leptokurtic لها ذيول أثقل أو احتمالية أعلى للقيم المتطرفة عند مقارنتها بتوزيعات Mesokurtic أو Platykurtic .

عند تحليل العوائد التاريخية، يمكن أن يساعد التفرطح المستثمر في قياس مستوى مخاطر الأصول. يعني التوزيع Leptokurtic أن المستثمر يمكن أن يواجه تقلبات أوسع (على سبيل المثال ثلاثة أو أكثر من الانحرافات المعيارية عن المتوسط) مما يؤدي إلى إمكانية أكبر لتحقيق عوائد منخفضة أو عالية للغاية.

يمكن تضمين توزيعات Leptokurtic عند تحليل احتمالات القيمة المعرضة للخطر (VaR) يمكن أن يوفر التوزيع الطبيعي للمخاطر المعرضة للمخاطر توقعات نتائج أقوى لأنها تتضمن ما يصل إلى ثلاثة تفرطح. بشكل عام كلما قل التفرطح وزادت الثقة داخل كل منهما زادت موثوقية وأمان توزيع القيمة المعرضة للخطر.

تشتهر توزيعات Leptokurtic بتجاوز ثلاثة تفرطح. يؤدي هذا عادةً إلى تقليل مستويات الثقة داخل التفرطح الزائد ، مما يؤدي إلى تقليل الموثوقية. يمكن أن تظهر توزيعات Leptokurtic أيضًا قيمة أعلى معرضة للخطر في الذيل الأيسر نظرًا للقيمة الأكبر تحت المنحنى في أسوأ السيناريوهات. بشكل عام يؤدي الاحتمال الأكبر للعوائد السلبية بعيدًا عن المتوسط الموجود على الجانب الأيسر من التوزيع إلى ارتفاع القيمة المعرضة للخطر .

الشكل رقم 40: مقارنة التوزيع الطبيعي بتوزيع Leptokurtic



المصدر: <https://www.brownadvisory.com/us/theadvisory/investment-perspectives-fat-tails>

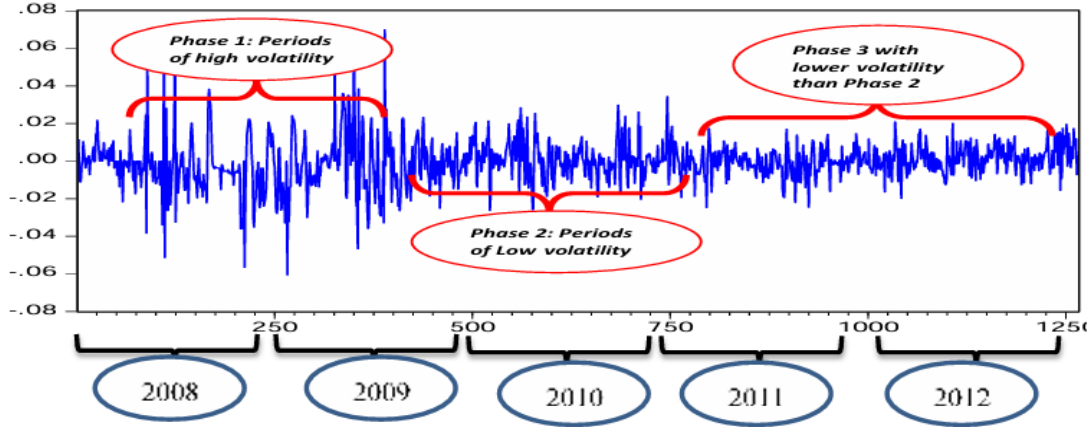
* **أثار الرافعة Leverage Effect** : تعني أن قيمة الارتفاع أو الزيادة في التقلبات بعد الصدمات السالبة تكون أكبر منها في حالة الصدمات الموجبة، اكتشف Black (1976) أن العائد الحالي والتقلبات المستقبلية لهما علاقة سلبية، مما يعني أن الأخبار السيئة سوف تسبب تقلبات عنيفة مقارنة بالأخبار الجيدة. ويسمى تأثيرات الرافعة المالية، يستخدم (Glosten , Jagannathan & Runkle 1993) نموذج GJR GARCH الذي يضيف مصطلحات موسمية للتمييز بين الصدمات الإيجابية والسلبية .

قام (Ding, Granger and Engle 1993) في نموذج APARCH بإضافة معلمتين بناءً على نموذج GARCH. يتم استخدام إحدى المعلمتين لقياس تأثير الرافعة المالية.

* **تجمع التقلبات Volatility Clustering**:

يتغير التباين الشرطي عبر الزمن اعتماداً على مربعات المشاهدات السابقة ، فإذا حدث تحرك كبير في السلسلة خلال عدد من الأيام الماضية فسيظهر أثر هذا التحرك في زيادة التقلبات ويعني ذلك صدمة كبيرة في السلسلة تتبعها صدمة كبيرة أخرى وعندما تكون التقلبات مرتبطة تظهر السلسلة الزمنية بها تقلبات عالية في فترات ثم فترات ذات تقلبات منخفضة ويسمى هذا النمط بتكتلات التقلبات يمكن ملاحظ وجوده من خلال رسم السلسلة الزمنية عبر الزمن.

الشكل رقم 41: تجمع التقلبات



Atoi, N. V. (2014). Testing Volatility in Nigeria Stock Market Using GARCH Models . CBN Journal of Applied Statistics , 65-93

* الآثار الجانبية Spillover Effects :

تشير عبارة "الآثار الجانبية" إلى التأثيرات الإيجابية أو السلبية لأولئك الذين لا يشاركون فيها بشكل مباشر. في الأسواق المالية، لن تتأثر سوق واحدة فقط بالتقلبات التاريخية، بل ستتأثر أيضًا الأسواق المالية الأخرى. وبالنسبة للتأثيرات غير المباشرة، أشار (Ross 1989) إلى أن التقلبات ترتبط ارتباطًا مباشرًا بمعدل تدفق المعلومات بين الأسواق. و أظهر King Wadhvani (1990) أنه حتى المعلومات المخصصة لسوق معينة، فإن تدفق المعلومات سيؤدي إلى رد فعل مبالغ فيه في الأسواق الأخرى.

بتقسيم السوق العالمية إلى أربع مناطق رئيسية: منطقة اليابان ومنطقة المحيط الهادئ ومنطقة نيويورك ومنطقة أوروبا ثبت أن المناطق تتمتع بموصلية تقلب، وأن تقلبات السوق المستقبلية ستؤدي إلى تفاقم تقلبات السوق النقدية، لكن التأثيرات غير المباشرة تكون أكثر وضوحًا في البلدان المتقدمة، وهي أقل وضوحًا في البلدان والأسواق غير المتقدمة.

* ذاكرة طويلة Long Memory :

تحدث الذاكرة الطويلة في التقلبات عندما تتحلل تأثيرات صدمات التقلب ببطء، وهو ما يتم اكتشافه غالبًا من خلال الارتباط الذاتي لمقاييس التقلب ، التفسير العملي هو أن الحدث التاريخي له تأثير طويل ودائم.

◆ اختبار وجود تأثير ARCH:

* اختبار Ljung-Box test :

يعد هذا الاختبار من الاختبارات التي تستخدم في اختبار عشوائية الاخطاء للسلسلة الزمنية وذلك من خلال حساب معاملات الارتباط الذاتي للبواقي لمجموعة من الإزاحات ، وتكتب فرضية الاختبار بالصيغة الآتية¹:

$$k = 1, 2, \dots, m$$

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k \dots = \rho_m = 0$$

$$H_1: \rho_k \neq 0 \text{ for some values of } k$$

اما احصاءات الاختبار فيمكن حسابها باستخدام الصيغة التالية:

$$Q_{(m)} = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \sim \chi_{m-p}^2$$

حيث أن : n: تمثل حجم العينة (عدد مشاهدات السلاسل الزمنية)

m: تمثل عدد الإزاحات الارتباط الذاتي

P: عدد المعلمات المقدرة في النموذج

$$r_t = y_t - \mu$$

تمثل مقدرات مربعات معاملات الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي للنموذج $r_t = y_t - \mu$ ومن ثم للسلسلة r_t^2

تقارن قيمة احصاء الاختبار $Q_{(m)}$ مع القيمة الجدولية لاختبار مربع كاي بدرجة حرية $(m-p)$ اي $\chi_{(m-p)}^2$ وعن مستوى معنوية α فاذا كان $Q_{(m)} < \chi_{(m-p)}^2$ او $p \text{ value} \geq 0.05$ يعني لك عدم رفض الفرضية H_0 ، اي ان الاخطاء $r_t = y_t - \mu$ عشوائية (Identically Independent Distribution) ولا يوجد هناك تأثير لـ ARCH أو (Heteroscedasticity) ، والعكس صحيح².

¹ Edward, N., "Modeling and Forecasting using Time Series GARCH Models: An Application of Tanzania Inflation Rate Data", Master thesis of Science (Mathematical Modeling) of the university of Dares Salaam, Morocco, 2011.

²: Haydee L .Ramon ,

*** اختبار مضاعف لاقرانج (Lagrange Multiplier):**

يستعمل اختبار لاقرانج لمعرفة اذا ما كانت الاخطاء تتبع عملية (ARCH) ، فقبل تقدير النموذج نقوم بهذا الاختبار البسيط الذي يعتمد على تقدير المعادلة قيد الدراسة بطريقة المربعات الصغرى ثم الاحتفاظ بالأخطاء الناتجة عن هذا التقدير للقيام بانحدار مربعاته على ثابت وعلى مربعاتها السابقة اي نقوم بتقدير المعادلة التالية¹:

$$r_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \alpha_2 r_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p r_{t-p}^2$$

حيث t عبارة عن $t - \mu$. لاختبار ARCH(P) نقوم بحساب حاصل ضرب معامل التحديد الناتج عن هذا التقدير بحجم العينة المستعملة اي المقدار TR^2 الذي يكون يتبع مربع كاي من الدرجة $(P)(\chi_P^2)$ تحت فرضية العدم المتمثلة في ان الاخطاء متجانسة (Cofitional Homoscedasticity) ان القيم الصغيرة ل R^2 تعني ان اخطاء الفترات السابقة لا تؤثر على الخطأ الحالي وبالتالي لا يوجد اثر (ARCH effet) اي اننا نقبل فرضية العدم . بينما اذا كان TR^2 اكبر من قيمة (χ_P^2) المجدولة فهذا يعني اننا نرفض فرضية العدم ونقبل ان نموذج ARCH ونقدر النموذج على هذا الاساس.

فرضية الاختبار : $for (i = 1,2, \dots, p)$

$$H_0: \alpha_i = 0$$

$$H_1: \alpha_i \neq 0$$

اما احصاءات الاختبار هي : $arch\ test = TR^2 \sim \chi_{(P)}^2$

حيث ان :

n :تمثل حجم العينة (عدد مشاهدات السلسلة الزمنية)

P : عدد المعلمات المقدرة في النموذج

T :تمثل عدد المشاهدات ضمن الازاحة $T = n - lag$

¹: Li ,C., " On Estimation of GARCH Models with an Application to Nordea Stock Prices, "Department of Mathematics, University of Uppsala, (2007) .

$$\hat{R}^2 = \frac{SSR}{SST}$$

SSR: تمثل مجموع مربعات الانحدار

SST : تمثل مجموع المربعات الكلي

◆ التقدير:

بعد ان يتم تشخيص النموذج الملائم لبيانات السلسلة الزمنية محل الدراسة ، تليها مرحلة التقدير .

* تقدير معالم النموذج :

توجد عدة طرق لتقدير معالم نماذج GARCH منها طريقة المربعات الصغرى وطريقة الامكان الاعظم Maximum Likelihood Method . واكد Engle ان مقدرات الامكان الاعظم أكثر كفاءة من مقدرات المربعات الصغرى .

تعد طريقة المربعات الصغرى العادية (Ordinary Least Squares (OLS) اسهل طريقة لتقدير معالم نماذج GARCH ، حيث تتميز خطواتها ببساطتها وسهولة حلها ، ولكنها تعاني من بعض العيوب منها، اولاً ان مقدراتها غير كفاء مقارنة بمقدرات طريقة الامكان الاعظم وثانياً للحصول على مقدرات معتدلة تقاربياً فان هذه الطريقة تحتاج وجود عزوم من الدرجة الثامنة لذلك ظهرت طريقة المربعات الصغرى المعممة (The Feasible Generalized Least Squares) كامتداد لطريقة المربعات الصغرى العادية ، تمكنت طريقة المربعات الصغرى المعممة الممكنة (FGLS) من حل المشكلة الاولى في طريقة المربعات الصغرى العادية وتخفف من حدة المشكلة الثانية حيث تعطي مقدرات لها نفس دقة مقدرات طريقة شبه الامكان الاعظم (Quasi-Maximum Likelihood) تحت افتراض ان العزم الرابع موجود.

التباين التقريبي (Asymptotic Normality) لمقدرات طريقة المربعات الصغرى المعممة الممكنة FGLS يتطابق مع التباين التقريبي لمقدرات طريقة شبه الامكان الاعظم QML ، بينما تتحقق خاصية اقتراب توزيع المقدرات من الاعتدال في مقدرات طريقة شبه الامكان الاعظم بدون اي قيود على العزوم . وهذه النتيجة تجعل طريقة شبه الامكان الاعظم أفضل من طريقة المربعات الصغرى العادية OLS وطريقة المربعات المعممة الممكنة في تقدير معالم نماذج الانحدار الذاتي المعممة المشروطة بعدم ثبات التباين GARCH¹.

¹ : Francq, C. and Zakoian, J. M. GARCH Models Structure, Statistical Inference and Financial Applications. John Wiley & Sons Ltd, United Kingdom (2010).

بينما تقوم طريقة الامكان الاعظم على افتراض ان البواقي تتبع التوزيع الطبيعي، بالرغم من ان هذا الافتراض ليس واقعيًا وخاصة في حالة السلاسل الزمنية المالية ، فان هذه الطريقة تعطي مقدرات غير متسقة inconsistent لمعالج النمذج اذا حدث خطأ في توصيف توزيع البواقي¹ .

لذا فان احد الاساليب البديلة هي طريقة شبه الامكان الاعظم المعتدلة Gaussian Quasi Maximum Likelihood (GQMLE) حيث تعطي مقدرات متسقة ومعتدلة تقريبا ، وذلك بشرط ان يكون العزم الرابع لتوزيع البواقي موجود (معرف) ، حتى وان كان توزيع البواقي يختلف عن التوزيع الطبيعي ، يعاب على هذه الطريقة انخفاض كفاءة مقدراتها في حالة ما اذا كان توزيع البواقي يختلف عن التوزيع الطبيعي. ولتفادي هذا العيب فانه عند تبعية البيانات لتوزيع يختلف عن التوزيع الطبيعي يتم استخدام طريقة شبه الامكان الاعظم غير المعتدلة Non-Gaussian Quasi Maximum Likelihood Estimation (NGQMLE) ، وتعد افضل الطرق البديلة للتعامل مع البيانات التي تتبع توزيعا يختلف عن التوزيع الطبيعي، يسمى ايضا طريقة الامكان الاعظم للتوزيعات كثيفة الأطراف (Fat Tailed Maximum Likelihood Estimation). وتقوم الفكرة باستخدام التوزيع الذي يعكس خصائص البيانات ، وفيها يتم تقدير المعامل باستخدام دالة الامكان لهذا التوزيع بدلا من التوزيع الطبيعي².

لتقدير معالم نماذج عائلة GARCH نستعمل طريقة الامكان الاعظم التي يمكن كتابتها بالشكل التالي³ :

$$L(y_t|\Theta) = -\frac{N}{2} \log(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N \log \sigma_t^2 - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N \frac{r_t^2}{\sigma_t^2}$$

حيث ان : $\Theta = \{\mu, \alpha_0, \alpha_i, \beta_j\}$ تمثل المعلمات المراد تقديرها.

¹ : Fan, J., Qi, L. and Xiu, D. Quasi-Maximum Likelihood Estimation of GARCH Models with Heavy-Tailed Likelihoods. Journal of Business and Economic Statistics, 32, 2014, 178-191.

² : Tsay, R. S. Analysis of Financial Time Series. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. (2005).

³: Hamilton, J., (1994) " Time series Analysis," New Jersey.

* التوزيعات الاحتمالية لحدود الخطأ في نماذج الانحدار المعممة المشروطة لعدم التجانس :

تتطلب طريقة الامكان الاعظم من فرضية ان الاخطاء تتبع توزيع معين وليكن $f(a_t)$ ، يفترض ان تأخذ هذه الدالة احدى التوزيعات المعروفة والمتمثلة في التوزيع الطبيعي ، توزيع Student ، التوزيع العام للأخطاء

¹Generalized Error Distribution (GED)

Normal distribution التوزيع الطبيعي

تكون دالة كثافة الاحتمال للتوزيع الطبيعي للأخطاء μ_t على الصورة ²:

$$f(\mu_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_t} \right)^2 \right]$$

وبذلك يكون لوغاريتم دالة الامكان الاعظم كمايلي :

$$L(\theta) = \frac{-1}{2} \sum_{t=1}^T \left(\ln 2\pi + \ln \sigma_t^2 + \frac{\mu_t^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Student-t distribution t توزيع ثانيا:

تكون دالة كثافة الاحتمال لتوزيع الاخطاء μ_t على الشكل التالي :

$$f(\varepsilon_t) = \frac{\Gamma[(r+1)/2]}{\sqrt{r\pi} \Gamma(r/2)} \left(1 + \frac{\mu_t^2}{r} \right)^{-(r+1)/2}$$

حيث تمثل $\Gamma(r/2)$ دالة جاما $r =$ درجات الحرية وهي تحدد شكل الاطراف tails.

وتكون دالة الامكان الاعظم كالاتي :

$$L(\theta) = -\frac{1}{2} \ln \left(\frac{\pi r \Gamma(r/2)}{\Gamma[r/2]^2} \right) - \frac{1}{2} \ln \sigma_t^2 - \frac{r+1}{2} \ln \left(1 + \frac{\mu_t^2}{\sigma_t^2 (r-2)} \right)$$

¹:Jánský, I. Value-at-risk forecasting with the ARMA- GARCH family of models during the recent financial crisis. MASTER THESIS. Charles University in Prague. Institute of Economic studies, (2011) pp. 15-17.

² : Atoi, N. V. Testing Volatility in Nigeria Stock Market Using GARCH Models. CBN Journal of Applied Statistics, 5, (2014) , 65-93.

ثالثاً: توزيع الاخطاء المعمم (GED) Generalized Error Distribution

تكون دالة كثافة الاحتمال μ_t لتوزيع الاخطاء كمايلي :

$$f(\varepsilon_t) = \frac{e^{-\frac{1}{2}|\frac{\mu_t}{\sigma_t}|^{1/k}}}{2^{k+1}\sigma_t\Gamma(k+1)}$$

حيث k هي معلمة الشكل Shape Parameter وكلما زادت قيمة k كلما زاد وزن الاطراف weight of tail.

وتكون دالة الامكان الاعظم كالاتي :

$$L(\theta) = -\left(\frac{\Gamma(3k)\mu_t^2}{\sigma_t^2\Gamma k}\right)^{\frac{1}{2k}} - \frac{1}{2}\ln\sigma_t^2 - \frac{1}{2}\ln\left(\frac{\Gamma k^3}{\Gamma(3k)\left(\frac{1}{2k}\right)^2}\right)$$

* معايير اختيار النموذج :Model selection criteria

في النمذجة الاحصائية ، احد اهم الاهداف هو اختيار النموذج المناسب من مجموعة نماذج مرشحة لتوصيف البيانات الاساسية .ومعايير اختيار النموذج من الادوات المفيدة في هذا الصدد، فتقيم ما اذا النموذج المطابق يعرض التوازن الامثل بين حسن المطابقة وقليل التطابق بشكل مثالي، ومن معايير اختيار النموذج الاكثر شيوعا هي¹:

▪ معيار معلومات اكيكي (AIC) Akaike's Information criterion

قدم الباحث Akaike عام 1974 معيارا للمعلومات عرف اختصارا بـ AIC فعند توفيق نماذج السلاسل الزمنية ب (h) من المعلمات لبيانات متسلسلة زمنية قيد الدراسة ولتقييم مدى ملائمة تلك النماذج للبيانات بحسب معيار AIC لكل نموذج واختيار النموذج الذي يعطي اقل قيمة للمعيار وبذلك فان معيار AIC لا يعني شيئاً بحد ذاته وانما يكون مفيدا عند مقارنته بقيم AIC لنماذج اخرى لنفس مجموعة البيانات وتكون صيغة معيار AIC كما يأتي :

¹ : Musaddiq, T. " Modeling And Forecasting the Volatility of Oil Futures Using the ARCH Family Models ". The Lahore Journal of Business 1:1: (2012) pp. 79-108.

$$AIC = n \ln(\sigma_e^2) + 2h$$

n : حجم العينة.

σ_e^2 : مقدر تباين بواقى النموذج ويرمز له MSE ويحسب كالاتي :

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{n-h} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2$$

h : هي رتبة النموذج .

▪ معيار معلومات شوارتز (SIC): Schwarz Information criterion

في عام 1978 قدم الباحث Gideon E.Schwarz معيارا جديدا عرف باسم معيار Schwarz و لاحظ الباحثون في هذا المجال ان المعيار قد يعرف اختصارا بالرمز BIC في بعض المصادر ولأنه مشابه لمعيار BIC المقدم من قبل Akaike فان لهذا المعيار عدة رموز SIC, SC, SBIC, SBC الا ان المصادر الحديثة تعتمد الرمز SIC وهذه صيغته¹ :

$$SIC = n \ln(\sigma_e^2) + h \ln(n)$$

n : حجم العينة.

σ_e^2 : مقدر تباين بواقى النموذج ويرمز له MSE ويحسب كالاتي :

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{n-h} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2$$

h : هي رتبة النموذج .

¹: Andersen,G., Bollerslev,.T and X., Francis " Parametric and Nonparametric Volatility Measurement," Department of Finance, Kellogg School of Management, Northwestern University,(2002).

▪ مقياس المعلومات حنان-كوين (H-Q) Hannan-Quinn Criterion:

اقترح الباحثان Hannan و Quinn عام 1979 معيارا جديدا لتحديد رتبة النموذج المدروس ويدعى بمقياس حنان-كوين Hannan-Quinn Criterion ويرمز H-Q (h) وصيغتها الرياضية¹:

$$H - Q = \ln \hat{\sigma}_\alpha^2 + 2hC \ln \frac{(\ln n)}{n}$$

$$C > 2$$

▪ لوغاريتم دالة الامكان:

تعتمد بعض الدراسات على لوغاريتم دالة الامكان للمقارنة بين النماذج المختلفة، ويكون النموذج ذو اعلى قيمة للوغاريتم دالة الامكان هو النموذج الافضل.

◆ **فحص النموذج :**

بعد تقدير المعلمات للنماذج وقبل استخدام النموذج لحساب التنبؤات المستقبلية يتم اختباره للتأكد من ملائمة او صلاحيته وكفاءته لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية المدروسة ، وفق الخطوات التالية²:

أ- معلمات النموذج لا بد ان تكون ذات معنوية احصائية اي تختلف عن الصفر معنويا .

ب- يتم فحص النموذج وتدقيقه عن طريق تحليل سلسلة البواقي القياسية (\tilde{r}_t) (Standardized residuals series) التي تعرف بالصيغة الرياضية التالية:

$$\tilde{r}_t = \frac{\hat{r}_t}{\hat{\sigma}_t}$$

\tilde{r}_t : تمثل سلسلة البواقي القياسية و تمثل \hat{r}_t سلسلة البواقي (Innovations) وتمثل $\hat{\sigma}_t$ سلسلة الانحراف المعياري المشروط (Conditional Standard Deviation).

حيث يتم حساب سلسلة البواقي من الصيغة $\hat{r}_t = y_t - \hat{\mu}$ للنماذج المدروسة ، اما سلسلة الانحراف المعياري المشروط يتم حسابه من الجذر التربيعي لمعادلة التباين للنماذج المدروسة بعد تقدير المعلمات .

¹ : Hamilton, J." Time series Analysis," New Jersey. (1994).

²: Bollerslev, T., R.Y. Chou and K.F. Kroner, "ARCH Modeling in Finance: A Selective Review of the Theory and Empirical Evidence", Journal of Econometrics, 52, (1992), 5-59.

عن طريق اسلوبين هما :

- رسم معاملات دالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي القياسية \hat{r}_t ورسم معاملات دالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي القياسية المربعة \tilde{r}_t^2 بالصيغة التالية :

$$\tilde{r}_t^2 = \left(\frac{\hat{r}_t}{\hat{\sigma}_t} \right)^2$$

- من خلال الرسم يكون واضحا اذا كانت السلسلتان تتوزعان طبيعيا او لا ، واذا تحقق ذلك فهذا يعني ان البواقي تتوزع عشوائيا وان النموذج جيد وملئم ويمكن استخدامه في التنبؤ.
- اما الاسلوب الثاني فهو استعمال اختبار (Ljung-Box) المستعمل سابقا في مرحلة التشخيص ، ولكن هذه المرة يتم التعامل مع سلسلة البواقي القياسية \hat{r}_t وذلك لبيان مدى الملائمة بالنسبة ل (Mean Equation) وكذلك سلسلة البواقي القياسية المربعة \tilde{r}_t^2 لبيان مدى الملائمة بالنسبة ل (Volatility Equation) .
- وايضا يمكن استعمال اختبار (ARCH test) لفحص مدى ملائمة النماذج ولكن هذه المرة يتم التعامل مع سلسلة البواقي القياسية \hat{r}_t لبيان مدى الملائمة بالنسبة ل (Volatility Equation) .

◆ التنبؤ Forecasting :

- يعد التنبؤ اخر مرحلة من مراحل تحليل السلاسل الزمنية ، بمعنى اخر الهدف النهائي من دراسة السلاسل الزمنية ، وفيما يلي توضيح لعملية التنبؤ لنماذج ARCH /GARCH .
- نماذج ARCH (P) وعندما P=1 اي النموذج ARCH(1)¹:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2$$

The 1-step forecast σ_{h+1}^2

$$\sigma_{h+1}^2 = \sigma_h^2(1) = \alpha_0 + \alpha_1 r_h^2$$

$$\sigma_h^2(2) = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_h^2(1)$$

¹ :Vee, D Ng C. and Gonpot, P. N., Sookia, N. "Forecasting Volatility of USD/MUR Exchange Rate using a GARCH(1,1) Model With GED and Students-t error". University of Mauritius Research Journal, Reduit, Mauritius, Volume 17 (2011).

1-step forecast The

$$\sigma_h^2(l) = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_h^2(l-1)$$

وفي حالة ARCH (P) فتكون الصيغة كمايلي :

$$\sigma_h^2(l) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \sigma_h^2(l-i)$$

اما بالنسبة للنموذج GARCH (p,q) فتكون بالصيغة التالية :

$$\sigma_h^2(l) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \sigma_h^2(l-i) + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_h^2(l-j) \quad l > 1$$

تتم عملية التنبؤ لنماذج التقلبات باستعمال طريقة التنبؤ في العينة ففي هذه الطريقة سيستعمل مجموعة البيانات الكاملة لسلسلة العود لتقدير معالم النماذج وفي المقارنة بين نماذج التنبؤ المختلفة ، ويتم التنبؤ بالتقلبات بعد اختيار عدد من المشاهدات لنماذج التقلبات ويتألف من (*0.25) مشاهدة اي ربع العينة ، سيتم استعماله لاختبار القدرة التنبؤية لنماذج التقلبات . هنالك عدة مقاييس لتقييم الدقة التنبؤية لنماذج الانحدار الذاتي المشروط بوجود عدم تجانس التباين (ARCH models) في العينة من بينها :

MAE : يقيس الانحراف عن القيم الأصلية. كلما اقترب MAE من الصفر، كلما كانت جودة الملاءمة أفضل وبالتالي كانت التوقعات أفضل. يتم تمثيل MAE بالمعادلة التالية:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|$$

MSE : كلما اقتربت MSE للنموذج من الصفر، كان النموذج هو الأفضل. تأخذ MSE الصيغة الرياضية

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad \text{التالية:}$$

RMSE : هذا له تفسيرات مماثلة كما MSE في اختيار النموذج الأكثر تفضيلا.

$$\sqrt{MSE}$$

MAPE: يعد هذا المعيار مقياساً نسبياً لـ MAE الذي يوفر أداءً قريباً لعناصر التنبؤ المختلفة. كلما انخفضت النسبة المئوية لـ MAPE، كان نموذج التنبؤ أفضل.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{y_t} * 100\%$$

Theil's U : هو مقياس طبيعي لدقة التنبؤ. هناك نوعان من Thiel's U. الأول (U1) هو مقياس لدقة التنبؤ والثاني (U2) هو مقياس لجودة التنبؤ.

$$U_1 = \frac{[\sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2]^{1/2}}{[\sum_{i=1}^n A_i^2]^{1/2}}$$

$$U_2 = \frac{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - P_i)^2 \right]^{1/2}}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i^2 \right]^{1/2} + \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i^2 \right]^{1/2}}$$

حيث تمثل A_i الملاحظات الفعلية و P_i هي التنبؤات المقابلة لحالة U1 بينما توقعات المثالية هي تلك التي يكون U1 أقرب إلى الحد 0 ، أما اذا كانت قيمة U-statistic تساوي واحد فهذا دليل على أن النموذج قيد النظر والنموذج القياسي يتساويان في الدقة ، في حين أن قيمة (U) أقل من واحد تدل على أن النموذج أفضل من النموذج القياسي والعكس صحيح بنسبة ل $U > 1$.

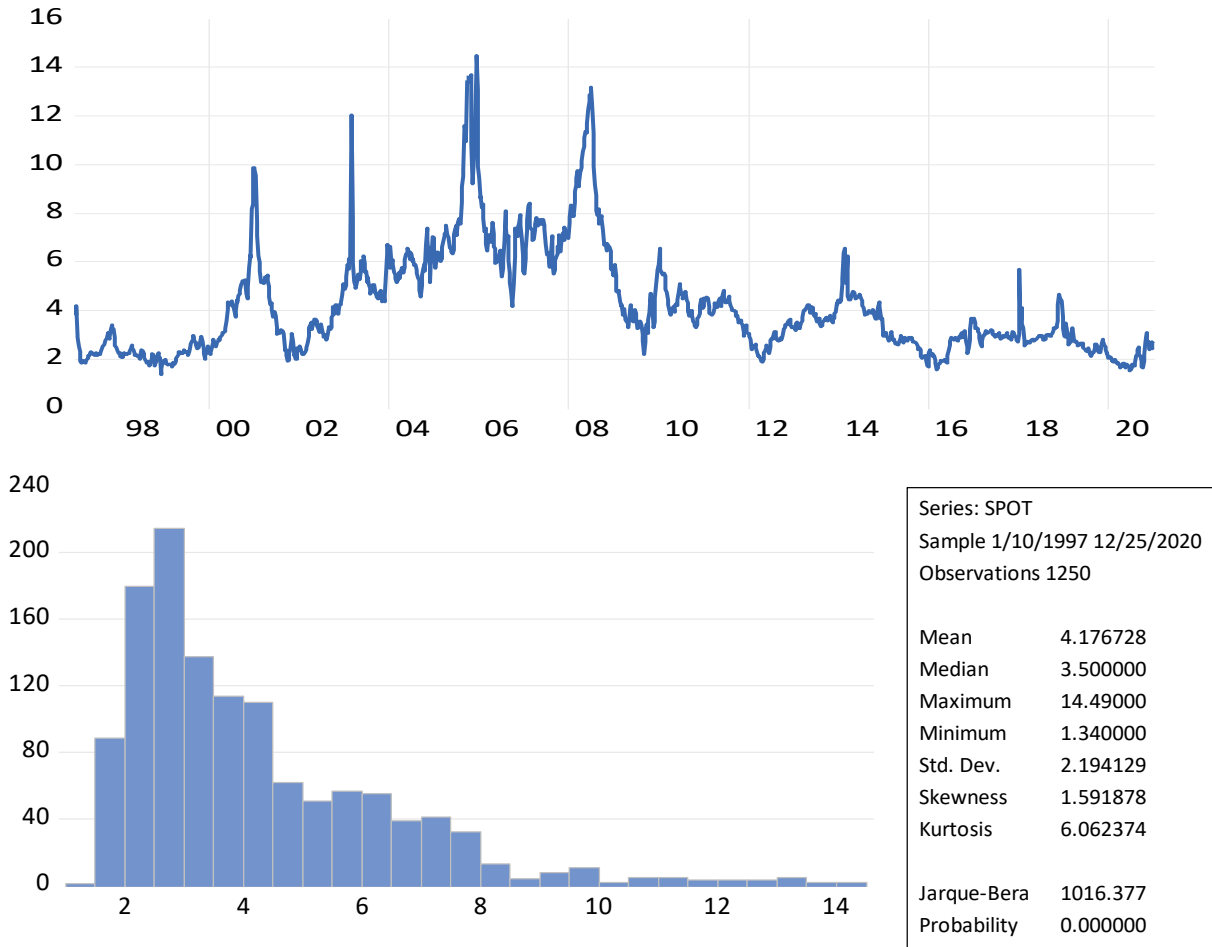
المبحث الثاني : نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي الفورية

المطلب الأول : مرحلة التشخيص

من أجل تحقيق هدف الدراسة قمنا باختيار بيانات سعر الإغلاق الأسبوعي لعقود الغاز الطبيعي الفورية في نايمكس NYMEX تغطي بيانات العينة الخاصة بنا الفترة من 10 يناير 1997 إلى 25 ديسمبر 2020 نحصل على بيانات الأسعار من وكالة معلومات الطاقة (<http://www.eia.doe.gov>) (EIA) نأخذ الفروق من الدرجة الأولى في الأسعار اللوغاريتمية على أنها العوائد الأسبوعية ، وقد تم اعتماد النتائج المتحصل عليها عند حد المعنوية 5 % .

الشكل رقم 42: الرسم البياني لسلسلة أسعار الفورية الاسبوعية للغاز الطبيعي

Weekly Henry Hub Natural Gas Spot Price (Dollars per Million Btu)



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

- من الشكل أعلاه نلاحظ أن هذه السلسلة تشمل على 1250 مشاهدة عبارة عن الاسعار الاسبوعية للغاز الطبيعي من 10/01/1997 الى 25/12/2020 ، حيث كانت أكبر قيمة 14.49 بتاريخ 16/12/2005 وأدنى قيمة 1.34 بتاريخ 12/04/1998، مع وسط حسابي يقدر بـ 4.176 و وسيط بـ 3.500 وانحراف معياري قدره 2.194 .
- يتبين أن معامل الالتواء Skewness لسلسلة أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي الاسبوعية موجب ويساوي (1.591878) وهذا يعني لأن التوزيع ملتوي نحو اليمين وبالتالي فهو غير متناظر ، ويتبين أيضا أن قيمة معامل التفلطح Kurtosis أكبر من 3 وهذا يعني وجود قمة أعلى من قمة التوزيع الطبيعي (Leptokurtic)، مما يعني أن هذه السلسلة لا تتوزع طبيعيا بالإضافة الى قيم شاذة .
- كما نلاحظ أن إحصائية Jarque-Bera أكبر تماما من القيمة الجدولية لتوزيع بدرجة حرية 2 عند مستوى معنوية 0.05 (p-value < 0.05) ، ومنه نرفض فرضية التوزيع الطبيعي للسلسلة.

الفرع الأول : اختبار استقرارية السلسلة الزمنية

تعتبر دراسة استقرار السلسلة الزمنية أولى خطوات التحليل الإحصائي من أجل التأكد أن متغيرات محل الدراسة لا تحتوي على الاتجاه العام تفاديا لمشاكل الانحدار الزائف، وللتأكد من خاصية الاستقرار من عدمها لكل من سلسلة الأسعار والعوائد في مستواها الأصلي نستعين بمجموعة من اختبارات استقرارية السلاسل الزمنية من عدمها بالنسبة للاختبارين ADF، PP، تنص الفرضية H_0 على وجود جذر الوحدة (السلسلة غير مستقرة)

و التي كانت نتائجها ملخصة في الجدول الموالي :

الجدول رقم 2: اختبار جذر الوحدة لسلسلة الاسعار الاسبوعية الفورية للغاز الطبيعي

Augmented Dickey- Fuller test				
النموذج	وجود ثابت واتجاه	وجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار ADF	-2.966398 (0.1422)	-2.804251 (0.0579)	-1.220219 (0.2044)	
Test Critical values	Level 1%	-3.965464	-3.435411	-2.566828
	Level 5%	-3.413440	-2.863662	-1.941079
	Level 10%	-3.128760	-2.567950	-1.616528
Philips-Perron test				
النموذج	وجود ثابت واتجاه	وجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار Philips-Perron	-3.317659 (0.0638)	-3.231977 (0.0185)	-1.450506 (0.1374)	
Test Critical values	Level 1%	-3.965410	-3.435373	-2.566815
	Level 5%	-3.413413	-2.863646	-1.941077
	Level 10%	-3.128744	-2.567941	-1.616529

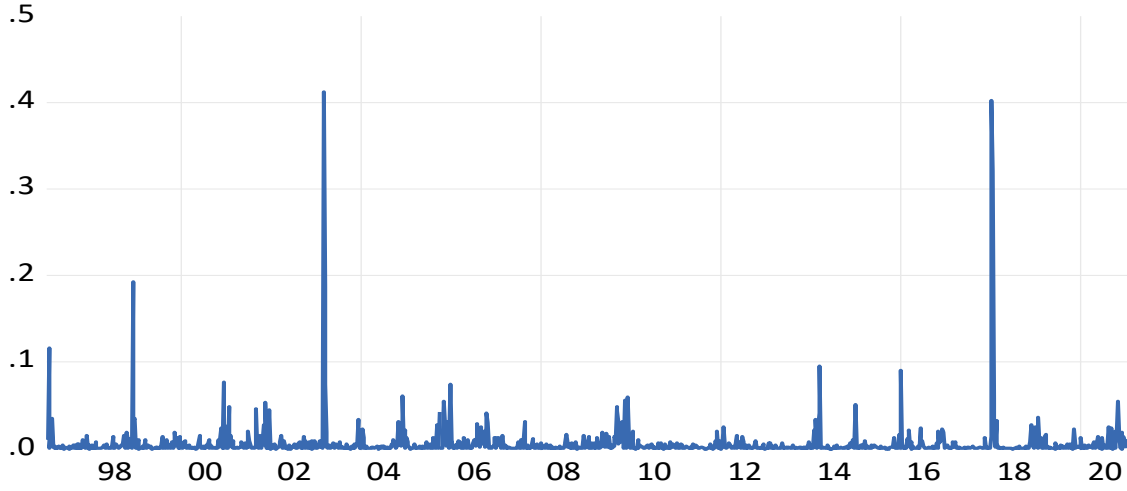
المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

نلاحظ من الجدول الخاص بسلسلة أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي أن الاحصائية المحسوبة لاختبار ADF بالقيمة المطلقة أقل تماما من القيم الحرجة بالقيمة المطلقة عند مستوى معنوية 5%، بالنسبة للنماذج الثلاثة، وهذا ما تؤكد قيمة الاحتمال (P-value) وهي أكبر تماما من 0.05 وبالتالي نقبل الفرضية H_0 أي أن السلسلة غير مستقرة. وباستعمال اختبار PP الاحصائية المحسوبة بالقيمة المطلقة أقل تماما من القيم الحرجة بالقيمة المطلقة عند مستوى معنوية 5%، (نموذج بدون ثابت واتجاه) و (نموذج بوجود ثابت واتجاه) وهذا ما تؤكد قيمة الاحتمال (P-value) وهي أكبر تماما من 0.05، وبالتالي نقبل الفرضية أي أن السلسلة غير مستقرة. لجعل السلسلة مستقرة قمنا بتحويل سلسلة اسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي (الاصلية) الى سلسلة لوغاريتم العوائد، حيث نجد ان الدراسات القياسية المالية تعتمد على سلسلة لوغاريتم العوائد لخلوها من جذر الوحدة. لقد تم احتساب لوغاريتم العوائد الاسبوعية بواسطة المعادلة التالية :

$$r_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1})$$

حيث: p_t : السعر في الفترة الحالية t ، p_{t-1} : السعر في الفترة السابقة $t-1$ ، r_t : هو لوغاريتم العائد في الفترة t ، \ln : اللوغاريتم الطبيعي

الشكل رقم 43: الرسم البياني لسلسلة العوائد الفورية الاسبوعية للغاز الطبيعي (Return)
RETURN



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

قمنا بدراسة اختبارات الجذر الودوي للسلسلة باستخدام اختبار ADF واختبار Philips-Perron

الجدول رقم 3: اختبار جذر الوحدة لسلسلة العوائد الفورية للغاز الطبيعي (Return)

Augmented Dickey- Fuller test				
النموذج	بوجود ثابت واتجاه	بوجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار ADF	-20.21845 (0.00)	-20.22827 (0.00)	-21.59348 (0.00)	
Test Critical values	Level 1%	-3.965422	-2.566816	
	Level 5%	-3.413419	-1.941077	
	Level 10%	-3.128748	-1.616529	
Philips-Perron test				
النموذج	بوجود ثابت واتجاه	بوجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار Philips-Perron	-22.64866 (0.00)	-22.65563 (0.00)	-22.25122 (0.00)	
Test Critical values	Level 1%	-3.965416	-2.566816	
	Level 5%	-3.413416	-1.941077	
	Level 10%	-3.128746	-1.616529	

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

نلاحظ من الجدول (03) الخاص بسلسلة العوائد الاسبوعية العاجلة للغاز الطبيعي ان الاحصائية المحسوبة لكل من الاختبارين (ADF,PP) بالقيمة المطلقة أكبر تماما من القيمة الحرجة عند مستوى معنوية 5% ، وهذا ما تؤكد قيمة الاحتمال P-value والتي هي أقل من 0.05 ، وبالتالي نرفض الفرضية H_0 أي أن السلسلة مستقرة، وبالتالي العوائد لا تسير بشكل عشوائي، حيث يمكن استخدام الحركة الاتجاهية للأسعار أو الاعتماد عليها للتنبؤ بالتحركات أو الأسعار المستقبلية.

الفرع الثاني : اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة لوغاريتم العائد

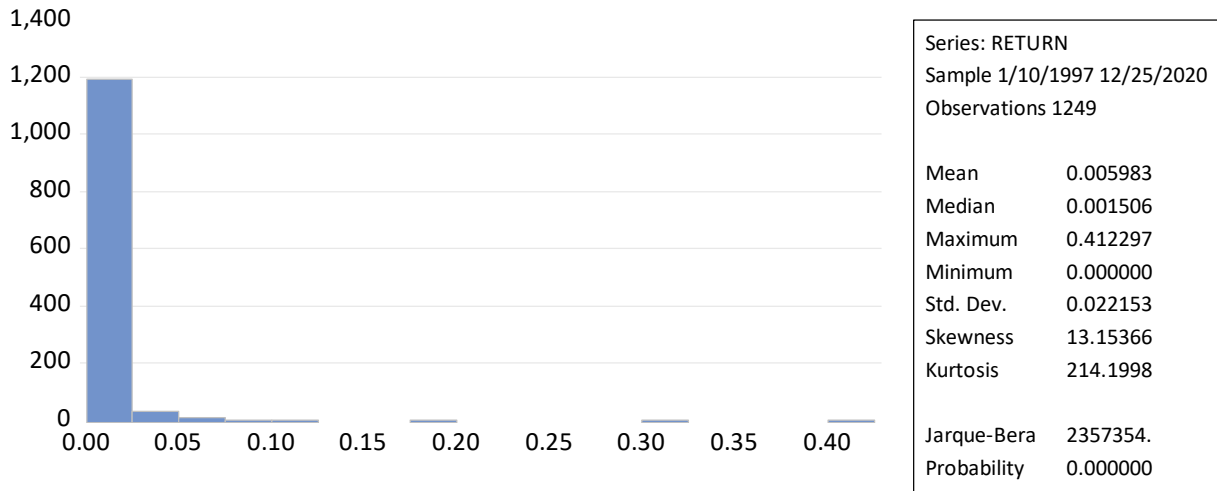
يتميز التوزيع الطبيعي بمعامل Skewness معدوم ومعامل Kurtosis مساويا الى 3 ، كما ان التوزيع الطبيعي متناظر بالنسبة الى المتوسط . سنقوم بتطبيق الاختبار المعلمي للتوزيع الطبيعي Skewness; Kurtosis; Jarque and Berra ، لمعرفة اذا كانت سلسلة العائد ذات توزيع طبيعي ، ويتم الاختبار وفق الفرضيتين :

H_0 : السلسلة تتوزع طبيعيا ؛

H_1 : السلسلة لا تتوزع توزيعا طبيعيا .

لدينا الشكل البياني التالي:

الشكل رقم 44: ملخص مخرجات النتائج المتعلقة باختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة العوائد الاسبوعية الفورية للغاز الطبيعي (Return)



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الجدول رقم 4: مخرجات اختبار التوزيع الطبيعي

Method	Value	Adj. Value	Probability
Lilliefors (D)	0.393546	NA	0.0000
Cramer-von Mises (W2)	57.96519	57.98840	0.0000
Watson (U2)	56.84623	56.86898	0.0000
Anderson-Darling (A2)	291.7928	291.9685	0.0000

Method: Maximum Likelihood - d.f. corrected (Exact Solution)

Parameter	Value	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MU	0.005983	0.000627	9.545221	0.0000
SIGMA	0.022153	0.000443	49.95998	0.0000
Log likelihood	2986.669	Mean dependent var.		0.005983
No. of Coefficients	2	S.D. dependent var.		0.022153

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

من خلال الجدول نلاحظ أن قيم احتمال كل من Lilliefors (D)، Cramer- von Mises(W2)، Anderson-Darling(A2)، Watson(U2) يساوي 0.000 وهي أقل من 0.05 ما يعني رفض الفرضية العدمية H_0 التي تنص على التوزيع الطبيعي وقبول الفرضية البديلة H_1 ما يعني ان التوزيع غير طبيعي. رفض فرضية التوزيع الطبيعي لسلسلة العوائد الاسبوعية الفورية للغاز الطبيعي خلال الفترة المدروسة يعني إمكانية استخدام الحركة الاتجاهية للأسعار أو الاعتماد عليها للتنبؤ بالتحركات أو الأسعار المستقبلية، ما يتعارض مع نموذج السير العشوائي.

الفرع الثالث: اختبار BDS للاستقلالية

الجدول رقم 5: اختبار BDS للاستقلالية

Dimension	BDS Statistic	Std. Error	z-Statistic	Prob.	
2	0.037879	0.003979	9.519180	0.0000	
3	0.076260	0.006358	11.99523	0.0000	
4	0.099943	0.007618	13.11954	0.0000	
5	0.113544	0.007993	14.20513	0.0000	
6	0.119618	0.007763	15.40925	0.0000	
Raw epsilon		0.006329			
Pairs within epsilon		1098729.	V-Statistic	0.704313	
Triples within epsilon		1.10E+09	V-Statistic	0.566343	
Dimension	C(m,n)	c(m,n)	C(1,n-(m-1))	c(1,n-(m-1))	c(1,n-(m-1))^k
2	415041.0	0.533384	547741.0	0.703921	0.495505
3	331105.0	0.426198	547459.0	0.704688	0.349938
4	269561.0	0.347536	547132.0	0.705399	0.247593
5	224089.0	0.289375	546989.0	0.706348	0.175831
6	188381.0	0.243655	545993.0	0.706197	0.124038

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

نلاحظ ان احصائية BDS من اجل كل $m=2,3,4,5,6$ بعد لعوائد اسعار الغاز الطبيعي (z-statistic) اكبر تماما من القيمة الحرجة للتوزيع الطبيعي 1.96 عند نسبة مجازفة 5% ، وبالتالي نقبل فرضية الارتباط بين المشاهدات ونرفض فرضية الاستقلالية والتي تعني سلسلة عوائد اسعار العاجلة للغاز الطبيعي قابلة للتنبؤ على المدى القصير انطلاقا من البيانات السابقة.

الجدول رقم 6: نتائج اختبار نسبة التباين

Joint Tests		Value	df	Probability
Max z (at period 4)*		11.08870	1248	0.0000
Wald (Chi-Square)		123.7449	4	0.0000

Individual Tests				
Period	Var. Ratio	Std. Error	z-Statistic	Probability
2	0.733399	0.028307	-9.418239	0.0000
4	0.412771	0.052957	-11.08870	0.0000
8	0.211882	0.083733	-9.412277	0.0000
16	0.109036	0.124599	-7.150671	0.0000

*Probability approximation using studentized maximum modulus with parameter value 4 and infinite degrees of freedom

Test Details (Mean = 0)

Period	Variance	Var. Ratio	Obs.
1	0.00057	--	1248
2	0.00042	0.73340	1247
4	0.00024	0.41277	1245
8	0.00012	0.21188	1241
16	6.2E-05	0.10904	1233

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

يتضح من النتائج أن قيم نسبة التباين تقل مع زيادة فترات التأخير لسلسلة العوائد أسعار الغاز الطبيعي العاجلة وبناء على القيمة الاحتمالية لإحصائية Z لكل فترة تأخير وجميع الفترات مع بعض joint tests التي كانت أقل من 1% في جميع الحالات (قيمتها الإحصائية لم تقع بين ± 1.96) ، تم رفض الفرضية الصفريّة وقبول الفرضية البديلة بان نسبة التباين خلال فترة الدراسة تختلف إحصائياً عن الواحد، أي ان سلسلة عوائد أسعار الغاز الطبيعي العاجلة لا تتبع السير العشوائي . وبما أن نسبة التباين كانت $VR(q) < 1$ في جميع الحالات فان العوائد ذات ارتباط سلبي وهذا يعني عدم كفاءة السوق عند المستوى الضعيف.

المطلب الثاني : اختبار وجود أثر ARCH

الفرع الأول : تقدير معادلة المتوسط

من أجل اختبار وجود أثر ARCH نقوم بتقدير معادلة المتوسط وفق منهجية بوكس جنكيز.

الشكل رقم 45: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة عوائد أسعار الغاز الطبيعي العاجلة

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.416	0.416	216.74	0.000		
2	0.134	-0.047	239.34	0.000		
3	0.044	0.006	241.78	0.000		
4	0.028	0.016	242.76	0.000		
5	0.032	0.019	244.06	0.000		
6	0.013	-0.010	244.29	0.000		
7	-0.000	-0.005	244.29	0.000		
8	0.005	0.009	244.31	0.000		
9	-0.002	-0.009	244.32	0.000		
10	-0.011	-0.010	244.47	0.000		
11	0.001	0.012	244.47	0.000		
12	-0.016	-0.024	244.81	0.000		
13	-0.013	0.002	245.02	0.000		
14	-0.018	-0.014	245.44	0.000		
15	-0.017	-0.004	245.80	0.000		
16	-0.020	-0.013	246.32	0.000		
17	-0.023	-0.010	246.98	0.000		
18	-0.025	-0.012	247.79	0.000		
19	-0.026	-0.011	248.63	0.000		
20	-0.026	-0.011	249.48	0.000		
21	-0.023	-0.007	250.15	0.000		
22	-0.023	-0.012	250.84	0.000		
23	-0.015	0.001	251.12	0.000		
24	-0.020	-0.016	251.63	0.000		

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من خلال الشكل رقم (45) نلاحظ أن معاملات الارتباط الذاتي (AR) للسلسلة لسلسلة العوائد الفورية الأسبوعية للغاز الطبيعي (Return) المستقرة تقع داخل مجال الثقة أي تساوي معنويا الصفر عند مستوى معنوية 0.05 باستثناء معاملات الارتباط الذاتي عند الفجوات 1, 2, p فهي تختلف معنويا عن الصفر وتقع خارج مجال الثقة. أما معاملات الارتباط الجزئي (MA) تقع داخل مجال الثقة أي أنها معنويا تساوي الصفر عند مستوى دلالة 0.05 باستثناء معامل الارتباط عند الفجوة q=1,2,3 فهو يختلف معنويا عن الصفر ويقع خارج مجال الثقة .

الجدول رقم 7: مقارنة نماذج ARIMA لسلسلة (Return)

Model	LogL	AIC*	BIC	HQ
(1,1)(0,0)	3106.703855	-4.968301	-4.951871	-4.962124
(2,0)(0,0)	3106.687996	-4.968275	-4.951846	-4.962099
(1,0)(0,0)	3105.298171	-4.967651	-4.955329	-4.963019
(0,2)(0,0)	3105.857187	-4.966945	-4.950516	-4.960768
(1,2)(0,0)	3106.706189	-4.966703	-4.946166	-4.958982
(2,1)(0,0)	3106.705109	-4.966702	-4.946165	-4.958981
(0,3)(0,0)	3106.611165	-4.966551	-4.946014	-4.958830
(1,3)(0,0)	3106.854829	-4.965340	-4.940696	-4.956075
(2,2)(0,0)	3106.760936	-4.965190	-4.940545	-4.955925
(2,3)(0,0)	3106.867801	-4.963759	-4.935008	-4.952950
(0,1)(0,0)	3096.145927	-4.952996	-4.940674	-4.948363
(0,0)(0,0)	2986.669048	-4.779294	-4.771079	-4.776206

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

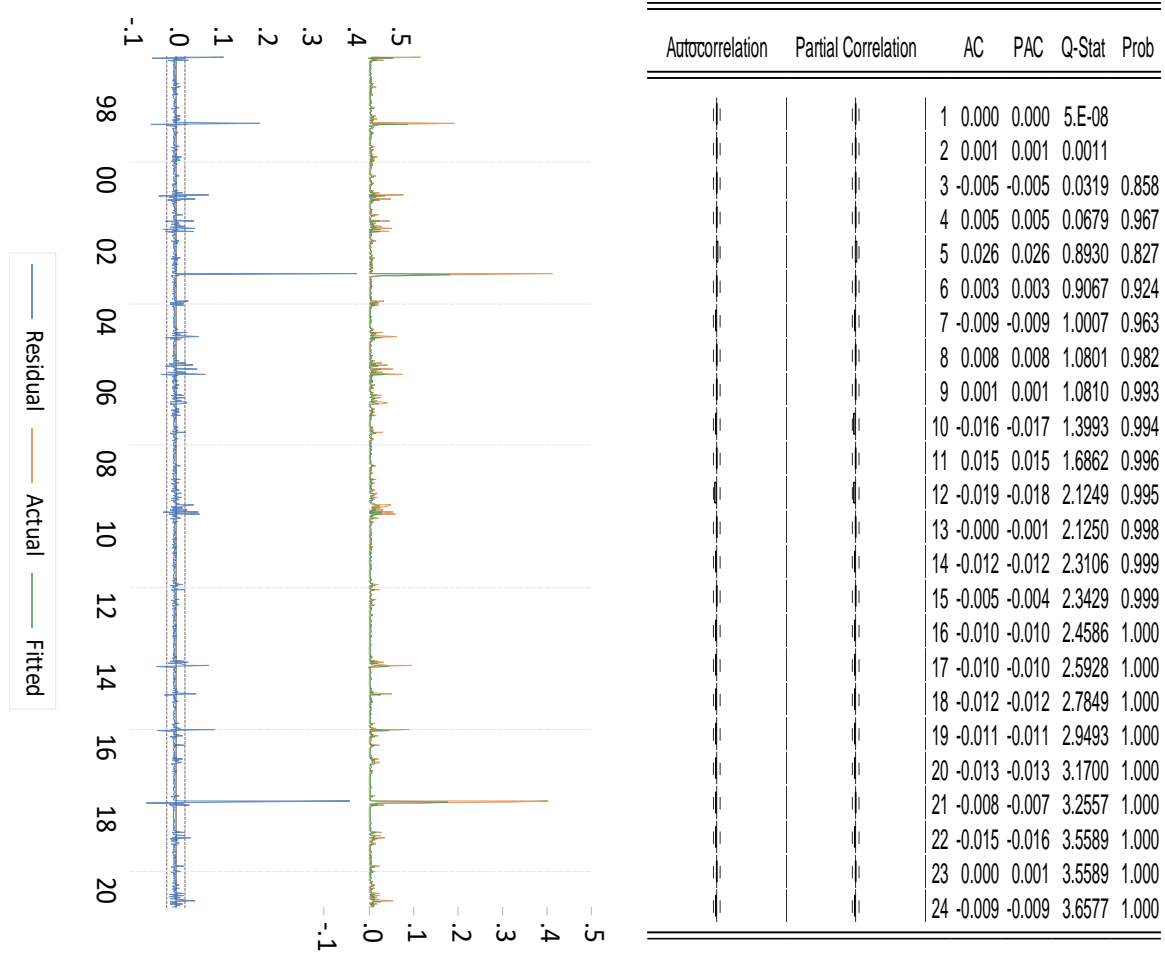
من خلال نتائج التقدير المبينة في الجدول رقم (07) باستخدام برنامج EViews تمت المفاضلة بين 12 نماذج محتملة وعليه النموذج الذي تم تحديده هو نموذج ARIMA (1,1,1).

الجدول رقم 8: نتائج اختبار تقدير معادلة المتوسط لسلسلة (Return)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.005976	0.002038	2.931997	0.0034
AR(1)	0.321287	0.035167	9.136100	0.0000
MA(1)	0.114513	0.036366	3.148878	0.0017
SIGMASQ	0.000405	3.02E-06	133.8653	0.0000
R-squared	0.174994	Mean dependent var		0.005983
Adjusted R-squared	0.173006	S.D. dependent var		0.022153
S.E. of regression	0.020146	Akaike info criterion		-4.968301
Sum squared resid	0.505281	Schwarz criterion		-4.951871
Log likelihood	3106.704	Hannan-Quinn criter.		-4.962124
F-statistic	88.02689	Durbin-Watson stat		1.999844
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.32			
Inverted MA Roots	-.11			

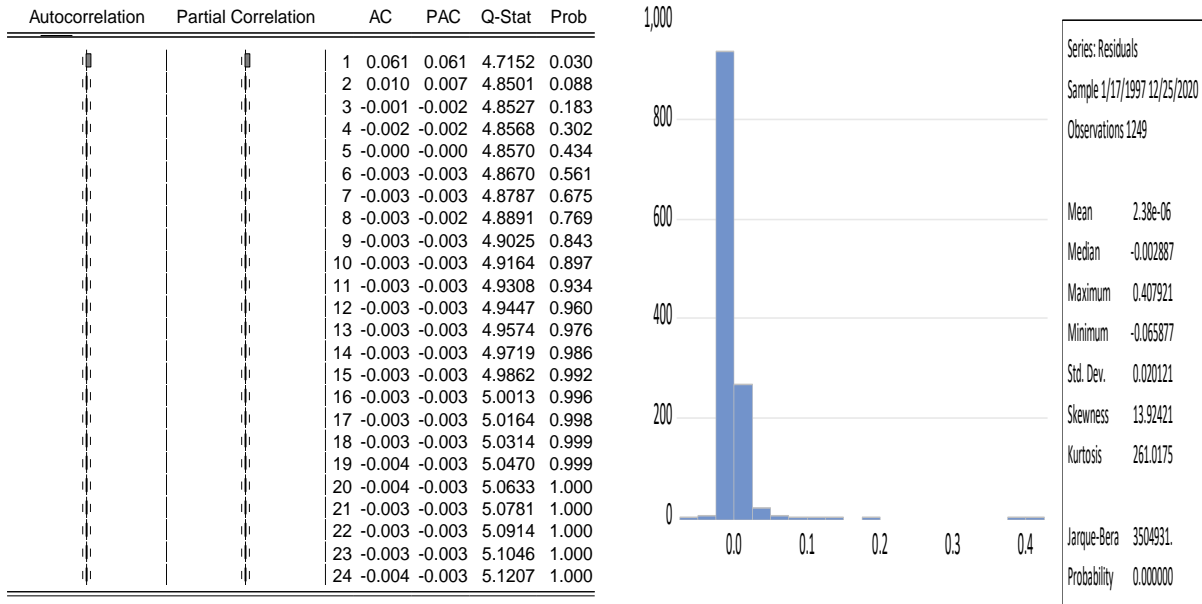
المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الشكل رقم 46: فحص بواقي النموذج



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

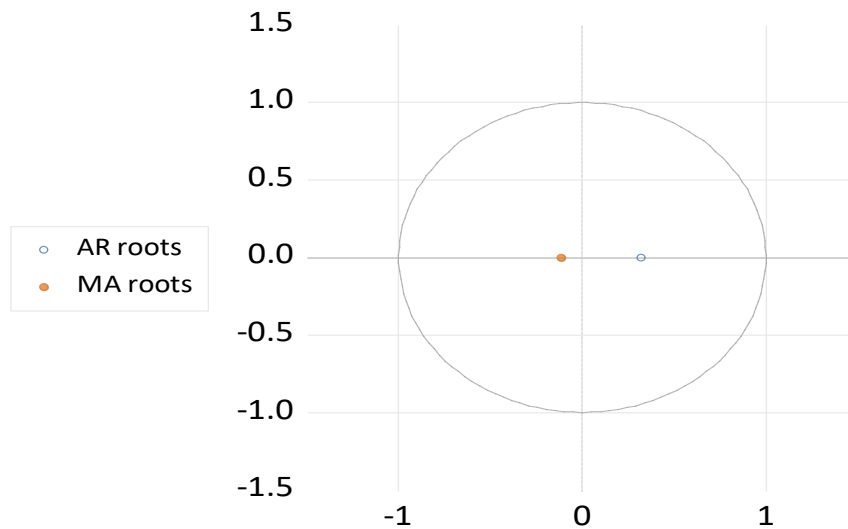
من خلال الشكل رقم (46) نلاحظ أن قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة البواقي تقع داخل حدود مجال الثقة، بالإضافة إلى أن بواقي النموذج تشكل ضجيج أبيض (p_value) أكبر من 5% قبول الفرض العدم (البواقي تشكل ضجيج أبيض) وبالتالي النموذج المقدر جيد. احتمال إحصائية Jarque-Bera أقل من 5% إذن البواقي لا تتبع التوزيع الطبيعي.



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الشكل رقم 47 : الجذور العكسية للنموذج ARMA (1.1)

RETURNS: Inverse Roots of AR/MA Polynomial(s)



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

في النماذج المختلطة، يجب التأكد من أن جذور كثيرة الحدود المرتبطة بجزء الانحدار الذاتي أكبر من القيمة المطلقة للواحد، عندها يكون النمط مستقرًا. ولكي يكون النموذج قابلاً للعكس، يجب أن تكون جذور كثيرة الحدود المرتبطة بجزء المتوسطات المتحركة أكبر من القيمة المطلقة للواحد.

بشكل عام، لكي يكون النموذج مستقرًا وقابلًا للعكس، يجب عكس جميع الجذور الواقعة داخل الدائرة الوحدة، يُظهر أنه طالما أن الجذور الوحيدة لنموذج ARIMA (1,1) تقع داخل الدائرة الوحدة، فإن النموذج مستقر.

الفرع الثاني: اختبار وجود أثر ARCH

بالاعتماد على اختبار ARCH-LM، يمكن التحقق من وجود أثر ARCH في البواقي، حيث نقوم أولاً بتقدير معادلة المتوسط $r_t = \mu + \varepsilon_t$ الخاصة بسلسلة لوغاريتم العوائد باستعمال طريقة المربعات الصغرى ثم بعد ذلك اختبار وجود أثر ARCH في بواقي النموذج المقدر عند درجات حرية مختلفة.

يتم الاختبار وفق الفرضيتين التاليتين:

H_0 : السلسلة ذات تباين شرطي متجانس؛

H_1 : السلسلة ذات تباين شرطي غير متجانس.

تظهر نتائج اختبار ARCH-LM على سلسلة لوغاريتم العوائد في الجدول التالي:

الجدول رقم 9: نتائج اختبار ARCH على سلسلة لوغاريتم عائد العقود الفورية للغاز الطبيعي

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	4.710375	Prob. F(1,1246)	0.0302
Obs*R-squared	4.700167	Prob. Chi-Square(1)	0.0302

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

من الجدول (09) يظهر ان احصائية اكبر تماما من القيم الحرجة لتوزيع χ^2 بدرجة حرية 1، وقيم الاحتمال P-value أصغر تماما من 0.05 وعليه يتم رفض الفرضية الصفرية H_0 وقبول الفرضية البديلة H_1 ، أي أن تباين الأخطاء غير ثابت عبر الزمن، وهذا يعني وجود أثر ARCH في سلسلة لوغاريتم العائد.

المطلب الثالث: تقدير النموذج الملائم

يتم الاعتماد على طريقة المعقولة العظمى في عملية التقدير، مع افتراض ان الاخطاء تتبع احدى التوزيعات المعروفة والمتمثلة في التوزيع الطبيعي، توزيع ستودنت، التوزيع العام للاخطاء.

بعد تقدير مجموعة من النماذج GARCH المتناظرة والغير متناظرة في حالة التوزيعات السابقة الذكر ، نقوم بالمفاضلة بينها بالاعتماد على معايير المعلومة Akaike ; Schwarz; Hannan-Quinn ودالة المعقولية العظمى Log-likelihood ، حيث افضل نموذج يقابل اقل قيمة لمعايير المعلومة (AIC SC,HQ) و اكبر قيمة لـ Log-likelihood والنتائج موضحة في الجداول التالية:

الجدول رقم 10: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)

النموذج	عدد المعالم المعنوية	AIC	BIC	H-Q	Log-likelihood
ARCH(1)	5/5	-5.143460	-5.122909	-5.135733	3214.519
GARCH(0.1)	4/5	-4.986779	-4.966228	-4.979052	3116.750
GARCH(1.1)	5/6	-4.992629	-4.967968	-4.983357	3121.400
ARCH-M(1.0)	5/6	-5.122929	-5.098269	-5.113657	3202.708
ARCH-M(0.1)	3/6	-4.989234	-4.964574	-4.979962	3119.282
ARCH-M(1.1)	6/7	-5.054822	-5.026052	-5.044006	3161.209
EGARCH(0.1)	5/6	-5.102703	-5.078043	-5.093432	3190.087
EGARCH(1.0)	6/6	-5.248702	-5.224042	-5.239431	3281.190
EGARCH(1.1)	7/7	-5.206072	-5.177302	-5.195256	3255.589
EGARCH(2.1)	8/8	-5.187982	-5.155102	-5.175620	3245.301
TGARCH(1.0)	6/6	-5.058303	-5.033643	-5.049031	3162.381
TGARCH(1.1)	7/7	-4.918054	-4.889284	-4.907237	3075.866
PGARCH(1,0)	5/7	-5.183538	-5.154767	-5.172721	3241.527
IGARCH(1.1)	5/5	-4.848581	-4.832141	-4.842400	3029.515

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الجدول رقم 11: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع (Student)

النموذج	عدد المعالم المعنوية	AIC	BIC	H-Q	Log-likelihood
ARCH(1)	3/5	-8.036491	-8.011831	-8.027219	5020.770
ARCH(2)	3/6	-8.085981	-8.057211	-8.075165	5052.652
GARCH(0.1)	4/5	-7.870956	-7.846296	-7.861684	4917.476
GARCH(0.2)	6/6	-7.795983	-7.767212	-7.785166	4871.693
GARCH(1.1)	4/6	-8.102933	-8.074163	-8.092117	5063.230
ARCH-M(0.1)	4/6	-7.873451	-7.844681	-7.862635	4920.034
ARCH-M(1.0)	3/6	-8.040186	-8.011416	-8.029370	5024.076
ARCH-M(1.1)	4/7	-8.104931	-8.072051	-8.092569	5065.477
EGARCH(0.1)	5/6	-8.033589	-8.004819	-8.022772	5019.959
EGARCH(1.2)	7/8	-8.058498	-8.021508	-8.044591	5037.503
EGARCH(2.1)	7/8	-8.058400	-8.021410	-8.044493	5037.441
TGARCH(1.0)	3/6	-8.045617	-8.016847	-8.034800	5027.465
TGARCH(0.1)	4/6	-7.881827	-7.853056	-7.871010	4925.260
TGARCH(1.1)	4/7	-8.103280	-8.070400	-8.090918	5064.447
PGARCH(1,1)	7/8	-8.128463	-8.091473	-8.114556	5081.161

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج 13 EVEIWS

الجدول رقم 12: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع GED

النموذج	عدد المعالم المعنوية	AIC	BIC	H-Q	Log-likelihood
ARCH(1)	5/5	-8.162667	-8.138007	-8.153396	5099.504
GARCH(0.1)	3/5	-8.070585	-8.045925	-8.061314	5042.045
GARCH(1.1)	6/6	-8.179702	-8.150932	-8.168886	5111.134
GARCH-M(0.1)	6/6	-7.973229	-7.944459	-7.962413	4982.295
GARCH-M(1.0)	6/6	-8.150078	-8.121308	-8.139262	5092.649
GARCH-M(1.1)	7/7	-8.196884	-8.164004	-8.184522	5122.856
EGARCH(1.0)	4/6	-8.151507	-8.122737	-8.140691	5093.540
EGARCH(0.1)	6/6	-8.151427	-8.122657	-8.140611	5093.491
EGARCH(2.0)	7/7	-8.157149	-8.124268	-8.144787	5098.061
EGARCH(1.1)	7/7	-8.165162	-8.132282	-8.152800	5103.061
TGARCH(1.0)	6/6	-8.077573	-8.048803	-8.066756	5047.405
TGARCH(1.1)	2/7	-5.186643	-5.153763	-5.174281	3244.465
PGARCH(1.0)	5/7	-8.081238	-8.048358	-8.068877	5050.693
PGARCH(1.1)	6/8	-8.195255	-8.158265	-8.181348	5122.839

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

ان الجداول السابقة (10) و(11) و(12) أوضحت نتائج المفاضلة بين نماذج ARCH المتناظرة والغير المتناظرة ، حيث تبين أن النموذج الأكفأ من بين عدة نماذج مقترحة بمختلف الرتب ومع تتبع الخطأ لتوزيعات احتمالية مختلفة (توزيع الطبيعي ، توزيع Student ، توزيع GED) هو نموذج ARCH-M(1.1) مع اتباع الخطأ توزيع GED، اذ تفوق على بقية النماذج بأقل قيمة لمعايير المفاضلة (AIC,BIC,H-Q) وبأعلى

قيمة لLog-likelihood

الجدول رقم 13: مخرجات نتائج تقدير معاملات النموذج GARCH (1.1) مع توزيع GED للأخطاء

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
GARCH	0.738348	0.139766	5.282725	0.0000
C	0.000469	8.95E-06	52.40845	0.0000
AR(1)	0.664937	0.000889	748.1251	0.0000
MA(1)	-0.676033	0.000843	-801.8480	0.0000
Variance Equation				
C	1.83E-05	3.02E-06	6.037816	0.0000
RESID(-1)^2	1.206856	0.228377	5.284497	0.0000
GARCH(-1)	0.376689	0.001919	196.3256	0.0000
GED PARAMETER	0.350003	0.011536	30.34057	0.0000
R-squared	0.137409	Mean dependent var	0.005980	
Adjusted R-squared	0.135329	S.D. dependent var	0.022161	
S.E. of regression	0.020607	Akaike info criterion	-8.196884	
Sum squared resid	0.528286	Schwarz criterion	-8.164004	
Log likelihood	5122.856	Hannan-Quinn criter.	-8.184522	
Durbin-Watson stat	1.522017			
Inverted AR Roots	.66			
Inverted MA Roots	.68			

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من خلال نتائج تقدير نموذج GARCH-M (1.1) مع توزيع GED للأخطاء يمكن صياغة النموذج كمايلي:

$$\sigma_t^2 = 0.0000183 + 1.206856 \varepsilon_{t-1}^2 + 0.376689 \sigma_{t-1}^2$$

من خلال الجدول رقم (13) يمكن ملاحظة ان جميع المعلمات لها معنوية احصائية ، اي انها تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 0.05 حيث نرفض الفرضية H_0 (قيم ستيودنت بالقيمة المطلقة اكبر تماما من القيمة الحرجة للتوزيع الطبيعي 1.96).

المطلب الرابع : فحص ملائمة النموذج

بعد تحديد النموذج الملائم الخاص بسلسلة لوغاريتم عوائد العقود العاجلة للغاز الطبيعي، لابد من اجراء بعض الاختبارات على البواقي المعيارية و مربعات البواقي المعيارية . نقوم اولا بتطبيق اختبار Ljung-box على z_t للتأكد من انها مستقلة وتشكل ضجة بيضاء ، ثم نقوم باختبار زوال اثر ARCH وذلك بتطبيق اختبار Ljung-box على z_t^2 او تطبيق اختبار ARCH-LM على z_t

الشكل رقم 48: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي المعيارية (اليسر) ومربعات البواقي المعيارية (الايمن)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*		
		1	-0.006	-0.006	0.0488			1	-0.002	-0.002	0.0029	0.957	
		2	-0.013	-0.013	0.2650			2	-0.002	-0.002	0.0066	0.997	
		3	-0.004	-0.004	0.2830	0.595			3	-0.002	-0.002	0.0099	1.000
		4	-0.007	-0.007	0.3371	0.845			4	-0.002	-0.002	0.0134	1.000
		5	0.006	0.006	0.3834	0.944			5	-0.001	-0.001	0.0157	1.000
		6	0.005	0.004	0.4092	0.982			6	-0.002	-0.002	0.0189	1.000
		7	-0.003	-0.003	0.4204	0.995			7	-0.002	-0.002	0.0222	1.000
		8	0.006	0.006	0.4644	0.998			8	-0.001	-0.001	0.0249	1.000
		9	-0.004	-0.004	0.4864	0.999			9	-0.002	-0.002	0.0284	1.000
		10	-0.002	-0.002	0.4905	1.000			10	-0.001	-0.001	0.0309	1.000
		11	0.016	0.016	0.8310	1.000			11	-0.001	-0.001	0.0330	1.000
		12	-0.013	-0.013	1.0517	1.000			12	-0.002	-0.002	0.0367	1.000
		13	-0.012	-0.012	1.2327	1.000			13	-0.002	-0.002	0.0404	1.000
		14	0.008	0.007	1.3111	1.000			14	-0.001	-0.001	0.0422	1.000
		15	-0.006	-0.006	1.3527	1.000			15	-0.002	-0.002	0.0458	1.000
		16	0.001	0.000	1.3536	1.000			16	-0.001	-0.001	0.0482	1.000
		17	-0.013	-0.013	1.5580	1.000			17	-0.002	-0.002	0.0520	1.000
		18	-0.008	-0.008	1.6449	1.000			18	-0.001	-0.001	0.0546	1.000
		19	-0.009	-0.010	1.7430	1.000			19	-0.002	-0.002	0.0582	1.000
		20	-0.007	-0.007	1.8076	1.000			20	-0.002	-0.002	0.0616	1.000
		21	-0.006	-0.006	1.8512	1.000			21	-0.002	-0.002	0.0649	1.000
		22	-0.007	-0.008	1.9139	1.000			22	-0.002	-0.002	0.0685	1.000
		23	0.015	0.016	2.2183	1.000			23	-0.001	-0.001	0.0688	1.000
		24	-0.008	-0.008	2.3018	1.000			24	-0.002	-0.002	0.0725	1.000

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الجدول رقم 14: نتائج اختبار على سلسلة البواقي المعيارية

Heteroskedasticity Test: ARCH

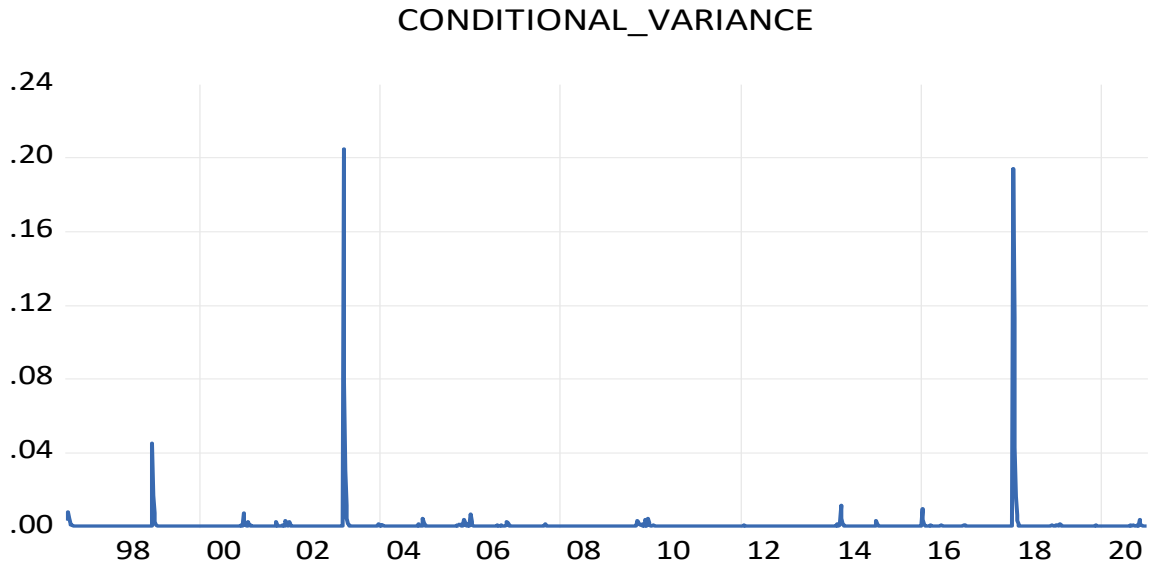
F-statistic	0.002934	Prob. F(1,1245)	0.9568
Obs*R-squared	0.002939	Prob. Chi-Square(1)	0.9568

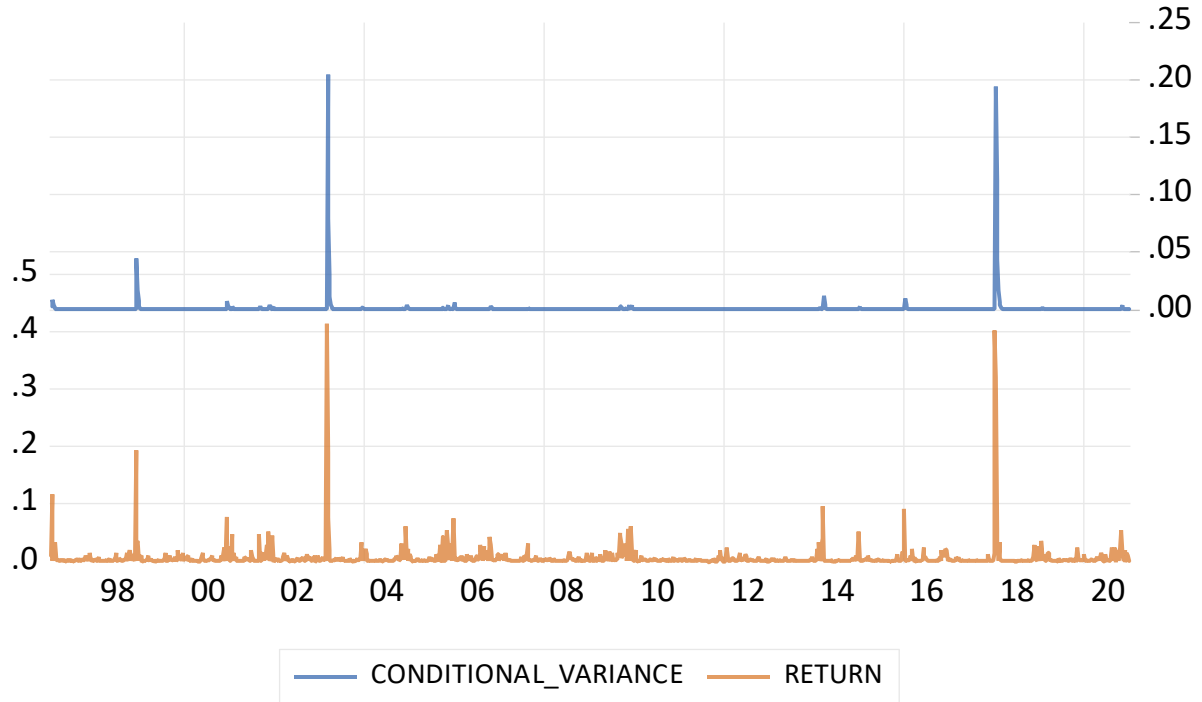
المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من الشكل (48) يمكن ان نلاحظ ان معاملات دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي المعيارية انها غير معنوية، اي تساوي 0 عند مستوى معنوية 0.05، ويمكن التأكد من ذلك من خلال تطبيق اختبار Ljung-box، حيث اظهرت نتائج هذا الاختبار ان البواقي المعيارية تشكل ضجة بيضاء باعتبار ان قيمة احصائية Q-Stat لهذا الاختبار اصغر تماما من القيمة المجدولة لتوزيع χ^2 عند درجات حرية مختلفة ومستوى معنوية 5% (قيمة p-value للاختبار اكبر من 0.05).

كما تظهر نتائج اختبار ARCH-LM عدم وجود اثر ARCH في سلسلة البواقي المعيارية باعتبار ان احصائية ARCH-LM اصغر تماما من القيمة المجدولة لتوزيع χ^2 بدرجة حرية 1 (قيمة p-value للاختبار اكبر من 0.05).

الشكل رقم 49: تقلبات أسعار العاجلة للغاز الطبيعي حسب نموذج GARCH-M (1.1)





المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

يستعمل التباين الشرطي (Conditional variance) المستخرج من نماذج الانحدار الذاتي مشروطة بوجود عدم تجانس التباين كمقياس لتقلبات أسعار الغاز الطبيعي الاسبوعية.

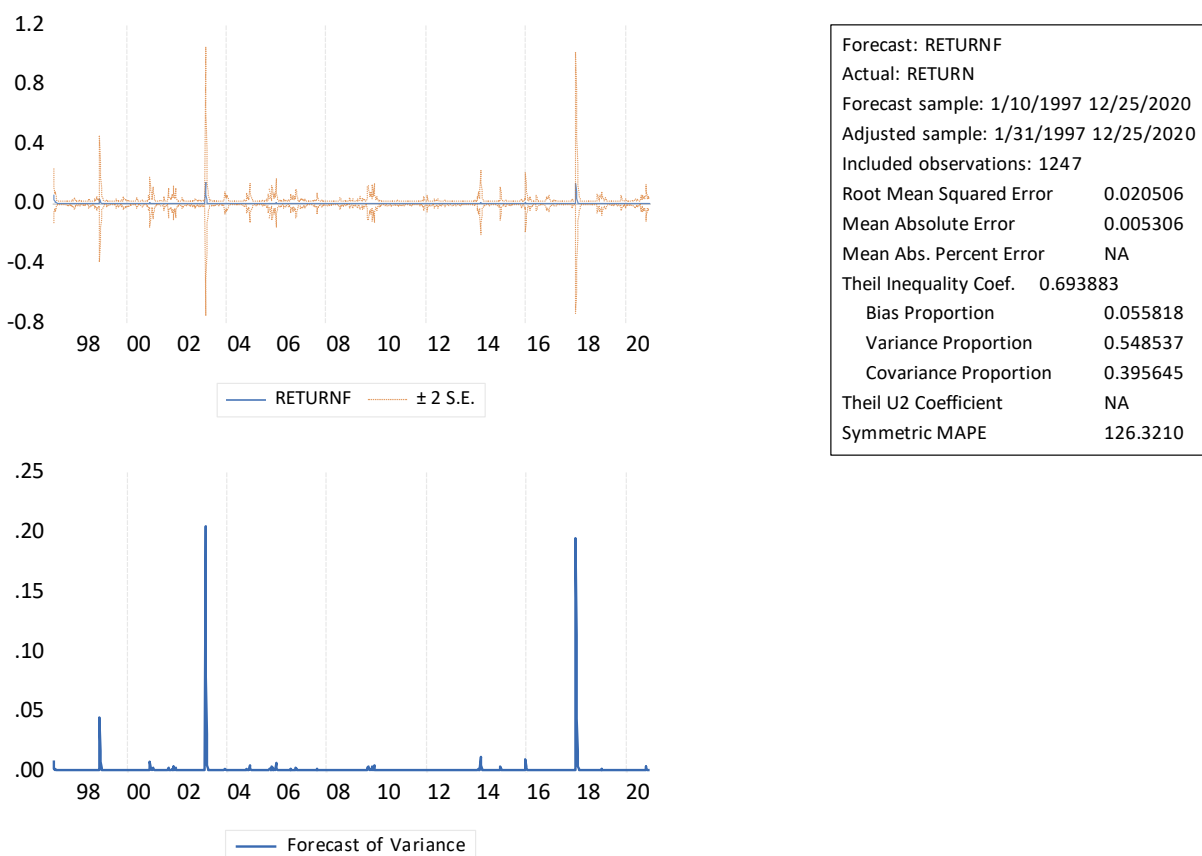
المطلب الخامس : التنبؤ بتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي

شملت عينة الدراسة المشاهدات الأسبوعية لأسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي خلال الفترة الممتدة من 10/01/1997 إلى 25/12/2020 ، واعتمادا على هذه العينة تم تحديد النموذج الملائم والمتمثل في نموذج GARCH-M (1, 1) مع توزيع GED للأخطاء والذي سيتم الاعتماد عليه في عملية التنبؤ بتقلبات الأسعار والتباينات.

داخل العينة : للفترة الممتدة من 10/01/1997 إلى 25/12/2020 .

خارج العينة: للفترة الممتدة من 01/01/2021 إلى 30/04/2021 .

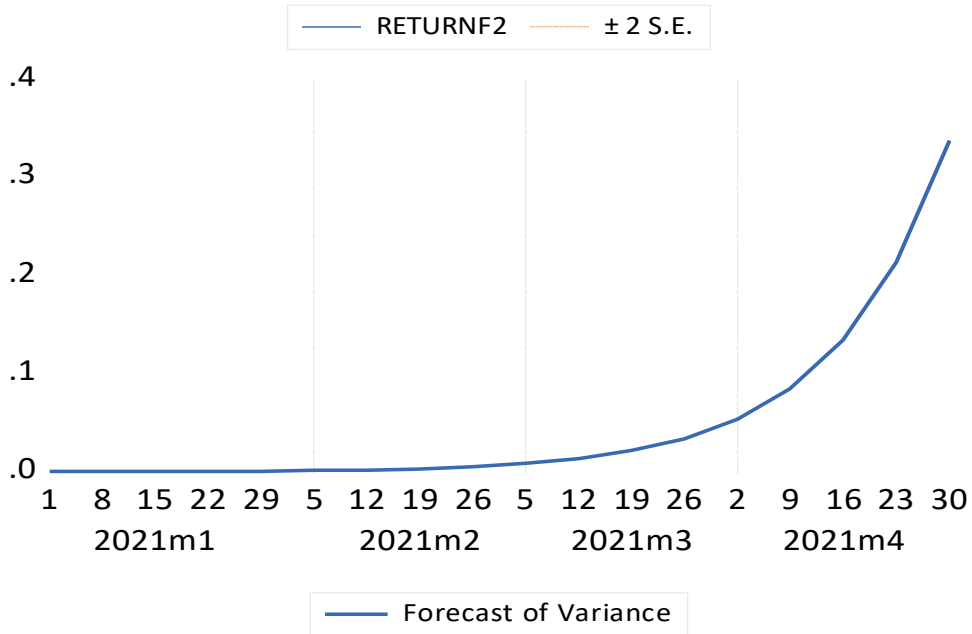
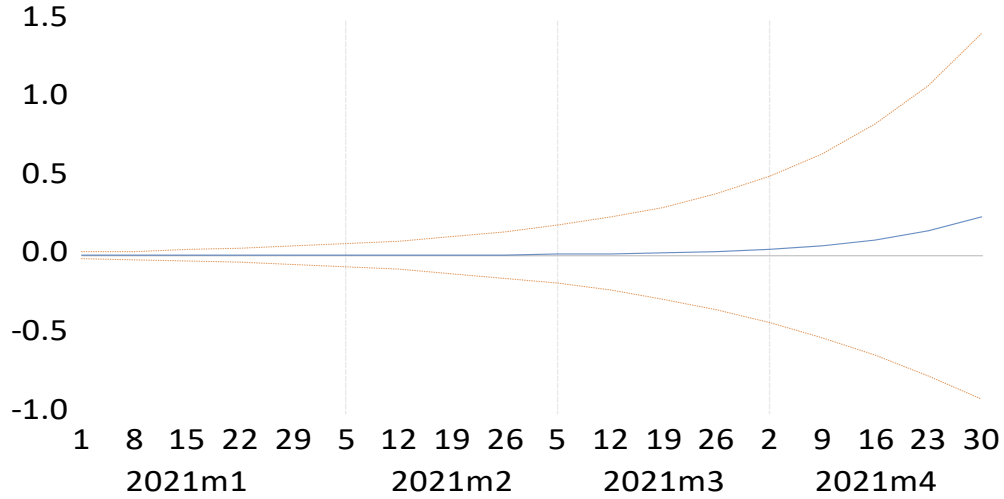
الشكل رقم 50 : التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

يظهر أن التنبؤ بالتقلبات في عائدات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي للفترة 10/01/1997 الى 25/12/2020 ضمن مجال الثقة، فضلاً عن ملاءمة معظم المعايير مثل : Theil ; MAE ; RMSE Coefficient

الشكل رقم 51: التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي والتباين الشرطي للفترة 2021/01/01 الى 2021/04/30



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

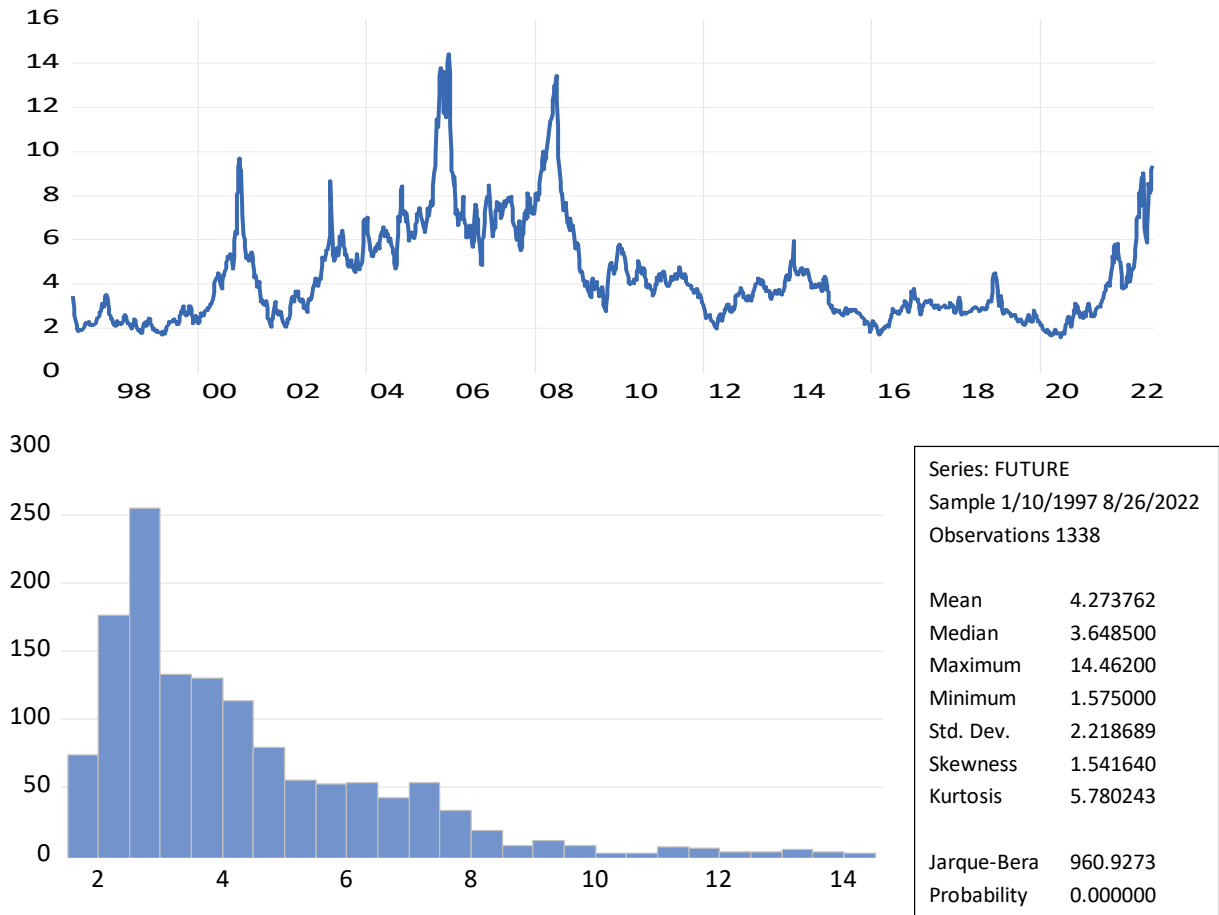
بعد التوصل الى النموذج المناسب تم استخدامه في عملية التنبؤ بتقلبات الأسعار والتباينات للفترة من 01/01/2021 الى 30/04/2021 حيث أن القيم المتنبئ بها للعوائد والتباينات تشهد ارتفاع طول الفترة .

المبحث الثالث : نمذجة تقلبات أسعار الغاز الطبيعي المستقبلية

المطلب الأول : مرحلة التشخيص

تم استخدام بيانات الاغلاق الاسبوعية الخاصة بأسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي للسوق الامريكية في بورصة نايمكس NYMEX نحصل على بيانات الأسعار من وكالة معلومات الطاقة (EIA) <http://www.eia.doe.gov/> وهذا خلال الفترة الممتدة من 10/01/1997 الى غاية 26/08/2022 ، ما يعني عينة حجمها 1338 مشاهدة تم الاعتماد على برنامج (EViews 13) لإجراء الدراسة التطبيقية .

الشكل رقم 52: التمثيل البياني لسلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي (Natural Gas Futures)



المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي Eviews13

- من الشكل أعلاه نلاحظ أن هذه السلسلة تشمل على 1338 مشاهدة عبارة عن الاسعار الاسبوعية للغاز الطبيعي من 10/01/1997 الى 26/08/2022 ، حيث كانت أكبر قيمة 14.46 بتاريخ 2005/12/16 وأدنى قيمة 1.57 بتاريخ 2020/06/26 ، مع وسط حسابي يقدر بـ 4.27 و وسيط بـ 3.648 وانحراف معياري 2.218.
- يتبين أن معامل الالتواء Skewness لسلسلة اسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي الاسبوعية موجب ويساوي (1.541640) وهذا يعني لأن التوزيع ملتوي نحو اليمين وبالتالي فهو غير متناظر ، ويتبين أيضا أن قيمة معامل التفلطح Kurtosis أكبر من 3 وهذا يعني وجود قمة أعلى من قمة التوزيع الطبيعي (Leptokurtic) ، مما يعني أن هذه السلسلة لا تتوزع طبيعيا بالإضافة الى قيم شاذة .
- كما نلاحظ أن إحصائية Jarque-Bera أكبر تماما من القيمة الجدولية لتوزيع بدرجة حرية 2 عند مستوى معنوية 0.05 ($p\text{-value} < 0.05$) ، ومنه نرفض فرضية التوزيع الطبيعي للسلسلة.

الفرع الأول: اختبار استقرارية السلسلة الزمنية

نلاحظ من الشكل (52) ان سلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي غير مستقرة لان المتوسط يختلف من مقطع الى اخر وهذا ينافي احدى فرضيات الاستقرار وهي ثبات متوسط السلسلة عبر الزمن . وللتأكد من ذلك يمكن اللجوء الى الاختبارات الخاصة بالاستقرارية والمتمثلة في اختبار ديكي فولر الموسع (ADF) اختبار فيليبس بيرون (PP) بالنسبة للاختبارين (ADF, PP) الفرضية H_0 تنص على وجود جذر الوحدة (السلسلة غير مستقرة).

يتضمن الجدول التالي نتائج اختبارات الجذر الحدودي على سلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي:

الجدول رقم 15 : نتائج اختبار جذر الوحدة على سلسلة أسعار الغاز الطبيعي

Augmented Dickey- Fuller test				
النموذج	وجود ثابت واتجاه	وجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار ADF	-2.795084 (0.1993)	-2.813288 (0.0566)	-0.747556 (0.3927)	
Test Critical values	Level 1%	-3.964997	-2.566711	
	Level 5%	-3.413211	-1.941063	
	Level 10%	-3.128625	-1.616538	
Philips-Perron test				
النموذج	وجود ثابت واتجاه	وجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار Philips-Perron	-2.688713 (0.2414)	-2.739709 (0.0676)	-0.855647 (0.3453)	
Test Critical values	Level 1%	-3.964924	-2.566693	
	Level 5%	-3.413175	-1.941060	
	Level 10%	-3.128603	-1.616540	

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

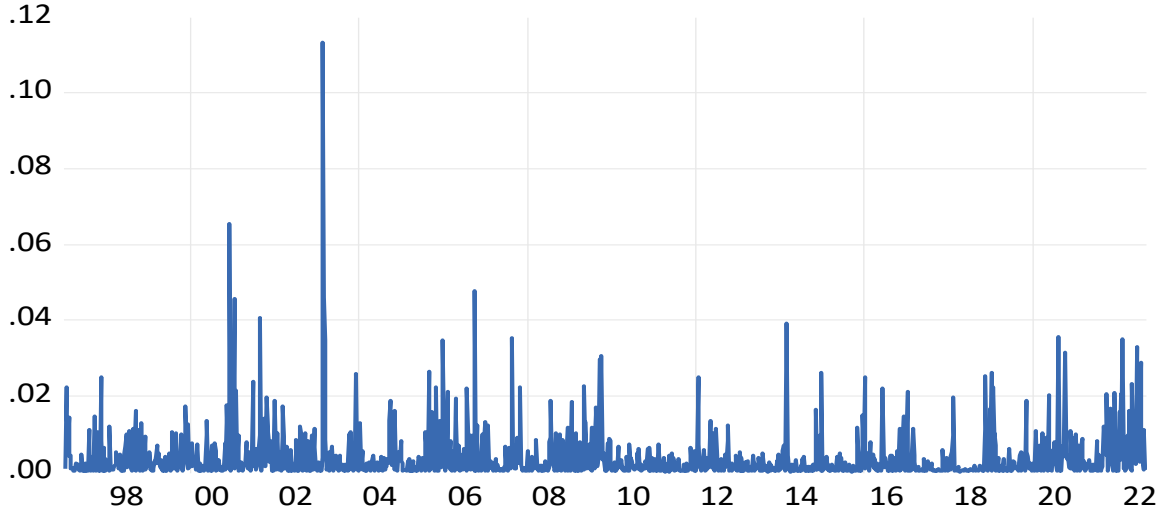
نلاحظ من الجدول (15) الخاص بسلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي أن الإحصائية المحسوبة لكل من الاختبارين (ADF, PP) بالقيمة المطلقة أقل تماما من القيمة الحرجة بالقيمة المطلقة عند مستوى المعنوية 5% وهذا ما يؤكد قيمة الاحتمال (p_value) وهي أكبر تماما من 0,05 وبالتالي نقبل الفرضية العدمية أي أن السلسلة غير مستقرة.

لجعل السلسلة مستقرة قمنا بتحويل سلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي (الأصلية) الى سلسلة لوغاريتم العوائد الأسبوعية بواسطة المعادلة:

$$r_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1})$$

حيث: p_t : السعر في الفترة الحالية t ، p_{t-1} : السعر في الفترة السابقة $t-1$ ، r_t : هو لوغاريتم العائد في الفترة t ، \ln : اللوغاريتم الطبيعي .

الشكل رقم 53: التمثيل البياني لسلسلة اللوغاريتم عوائد العقود الآجلة للغاز الطبيعي (Return)



المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي EVEIWS 13

قمنا بدراسة اختبارات الجذر الوجودي للسلسلة باستخدام اختبار ADF واختبار Philips-Perron

الجدول رقم 16 : اختبار جذر الوحدة لسلسلة العوائد الاسبوعية الآجلة للغاز الطبيعي (Return)

Augmented Dickey- Fuller test				
النموذج	وجود ثابت واتجاه	وجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار ADF	-11.97146 (0.000)	-11.95837 (0.000)	-5.180636 (0.000)	
Test Critical values	Level 1%	-3.964955	-2.566707	
	Level 5%	-3.413191	-1.941062	
	Level 10%	-3.128612	-1.616539	
Philips-Perron test				
النموذج	وجود ثابت واتجاه	وجود الثابت فقط	بدون ثابت واتجاه	
اختبار Philips-Perron	-32.15442 (0.000)	-32.17550 (0.000)	-35.49558 (0.000)	
Test Critical values	Level 1%	-3.964929	-2.566694	
	Level 5%	-3.413178	-1.941061	
	Level 10%	-3.128605	-1.616540	

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

نلاحظ من الجدول (16) الخاص بسلسلة أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي أن الإحصائية المحسوبة لكل من الاختبارين (ADF, PP) بالقيمة المطلقة اكبر تماما من القيمة الحرجة المطلقة عند مستوى المعنوية 5 % ، وهذا ما تؤكد قيمة الاحتمال (p-value) وهي اصغر تماما من 0,05 وبالتالي نرفض الفرضية أي أن السلسلة مستقرة.

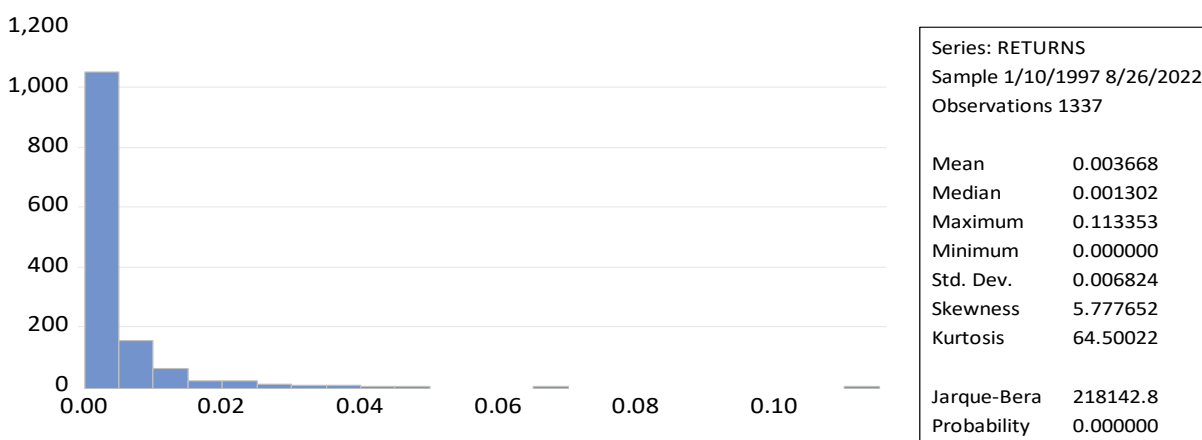
الفرع الثاني : اختبار التوزيع الطبيعي لسلسلة لوغاريتم العوائد

يتميز التوزيع الطبيعي بمعامل Skewness معدوم ومعامل Kurtosis مساويا الى 3 ، كما ان التوزيع الطبيعي متناظر بالنسبة الى المتوسط . سنقوم بتطبيق الاختبار المعلمي للتوزيع الطبيعي Skewness; Kutosis; Jarque and Berra ، لمعرفة اذا كانت سلسلة العائد ذات توزيع طبيعي ، ويتم الاختبار وفق الفرضيتين :

H_0 : السلسلة تتوزع طبيعيا ؛

H_1 : السلسلة لا تتوزع توزيعا طبيعيا .

الشكل رقم 54: نتائج اختبارات التوزيع الطبيعي على سلسلة (Return)



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

الجدول رقم 17 : مخرجات اختبار التوزيع الطبيعي

Method	Value	Adj. Value	Probability
Lilliefors (D)	0.295475	NA	0.0000
Cramer-von Mises (W2)	33.25727	33.26970	0.0000
Watson (U2)	30.69442	30.70590	0.0000
Anderson-Darling (A2)	174.0233	174.1211	0.0000

Method: Maximum Likelihood - d.f. corrected (Exact Solution)

Parameter	Value	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MU	0.003668	0.000187	19.65219	0.0000
SIGMA	0.006824	0.000132	51.69139	0.0000
Log likelihood	4771.320	Mean dependent var.		0.003668
No. of Coefficients	2	S.D. dependent var.		0.006824

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من خلال الجدول (17) نلاحظ أن قيم احتمال كل من Lilliefors (D)، Cramer- von Mises(W2)، Anderson-Darling(A2)، Watson(U2) يساوي 0.000 وهي أقل من 0.05 ما يعني رفض الفرضية العدمية H_0 التي تنص على التوزيع الطبيعي وقبول الفرضية البديلة H_1 ما يعني ان التوزيع غير طبيعي. رفض فرضية التوزيع الطبيعي لسلسلة العوائد الاسبوعية الأجلة للغاز الطبيعي خلال الفترة المدروسة يعني إمكانية استخدام الحركة الاتجاهية للأسعار أو الاعتماد عليها للتنبؤ بالتحركات أو الأسعار المستقبلية، ما يتعارض مع نموذج السير العشوائي.

الفرع الثالث : اختبار BDS للاستقلالية

نلاحظ ان احصائية BDS من اجل كل $m=2,3,4,5,6$ بعد لعوائد اسعار الغاز الطبيعي (z-statistic) اكبر تماما من القيمة الحرجة للتوزيع الطبيعي 1.96 عند نسبة مجازفة 5% ، وبالتالي نقبل فرضية الارتباط بين المشاهدات ونرفض فرضية الاستقلالية والتي تعني سلسلة عوائد اسعار العاجلة للغاز الطبيعي قابلة للتنبؤ على المدى القصير انطلاقا من البيانات السابقة

الجدول رقم 18: اختبار BDS للاستقلالية

Dimension	BDS Statistic	Std. Error	z-Statistic	Prob.	
2	0.020832	0.003625	5.746158	0.0000	
3	0.037798	0.005781	6.537853	0.0000	
4	0.053757	0.006914	7.775234	0.0000	
5	0.066598	0.007240	9.199280	0.0000	
6	0.074240	0.007016	10.58168	0.0000	
Raw epsilon	0.005026				
Pairs within epsilon	1257657.	V-Statistic	0.703557		
Triples within epsilon	1.34E+09	V-Statistic	0.561249		
Dimension	C(m,n)	c(m,n)	C(1,n-(m-1))	c(1,n-(m-1))	c(1,n-(m-1))^k
2	459525.0	0.515290	627079.0	0.703177	0.494458
3	344390.0	0.386762	626903.0	0.704033	0.348963
4	266043.0	0.299224	625827.0	0.703879	0.245467
5	212230.0	0.239058	624657.0	0.703618	0.172459
6	174035.0	0.196329	624355.0	0.704335	0.122089

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الفرع الرابع : اختبار نسبة التباين

يتضح من النتائج أن قيم نسبة التباين تقل مع زيادة فترات التأخير لسلسلة العوائد أسعار الغاز الطبيعي العاجلة وبناء على القيمة الاحتمالية لإحصائية Z لكل فترة تأخير وجميع الفترات مع بعض joint tests التي كانت أقل من 1% في جميع الحالات (قيمتها الإحصائية لم تقع بين ± 1.96) ، تم رفض الفرضية الصفرية وقبول الفرضية البديلة بان نسبة التباين خلال فترة الدراسة تختلف إحصائيا عن الواحد، أي ان سلسلة عوائد أسعار الغاز الطبيعي العاجلة لا تتبع السير العشوائي . وبما أن نسبة التباين كانت $VR(q) < 1$ في جميع الحالات فان العوائد ذات ارتباط سلبي وهذا يعني عدم كفاءة السوق عند المستوى الضعيف.

الجدول رقم 19: نتائج اختبار نسبة التباين

Joint Tests		Value	df	Probability
Max z (at period 2)*		17.11923	1336	0.0000
Wald (Chi-Square)		293.3504	4	0.0000
Individual Tests				
Period	Var. Ratio	Std. Error	z-Statistic	Probability
2	0.531639	0.027359	-17.11923	0.0000
4	0.284337	0.051184	-13.98226	0.0000
8	0.146080	0.080928	-10.55155	0.0000
16	0.077475	0.120425	-7.660558	0.0000

*Probability approximation using studentized maximum modulus with

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

المطلب الثاني : اختبار وجود أثر ARCH

الفرع الأول : تقدير معادلة المتوسط

من أجل اختبار وجود أثر ARCH نقوم بتقدير معادلة المتوسط وفق منهجية بوكس جنكيز.

الشكل رقم 55: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة عوائد أسعار الغاز الطبيعي الآجلة

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.190	0.190	48.558	0.000
		2	0.137	0.104	73.551	0.000
		3	0.063	0.021	78.841	0.000
		4	0.077	0.051	86.754	0.000
		5	0.064	0.035	92.217	0.000
		6	0.089	0.060	102.79	0.000
		7	0.026	-0.013	103.68	0.000
		8	0.047	0.025	106.67	0.000
		9	0.064	0.045	112.12	0.000
		10	0.070	0.038	118.74	0.000
		11	0.045	0.010	121.51	0.000
		12	0.008	-0.023	121.61	0.000
		13	-0.010	-0.024	121.73	0.000
		14	0.024	0.019	122.53	0.000
		15	0.001	-0.015	122.53	0.000
		16	-0.014	-0.025	122.79	0.000
		17	-0.004	-0.000	122.81	0.000
		18	-0.006	-0.004	122.86	0.000
		19	0.015	0.015	123.16	0.000
		20	-0.002	-0.011	123.16	0.000
		21	0.006	0.008	123.22	0.000
		22	-0.002	0.001	123.23	0.000
		23	0.015	0.016	123.52	0.000
		24	-0.002	-0.006	123.53	0.000

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من خلال الشكل (55) نلاحظ أن معاملات الارتباط الذاتي (AR) للسلسلة لسلسلة العوائد العاجلة الأسبوعية للغاز الطبيعي (Return) المستقرة تقع داخل مجال الثقة أي تساوي معنويا الصفر عند مستوى معنوية 0.05 باستثناء معاملات الارتباط الذاتي عند عدد من الفجوات 2, 1 p= فهي تختلف معنويا عن الصفر وتقع خارج مجال الثقة. أما معاملات الارتباط الجزئي (MA) تقع داخل مجال الثقة أي أنها معنويا تساوي الصفر عند مستوى دلالة 0.05 باستثناء معامل الارتباط عند الفجوة q=1,2,3 فهو يختلف معنويا عن الصفر ويقع خارج مجال الثقة.

الجدول رقم 20: مقارنة نماذج ARIMA لسلسلة (Return)

Model	LogL	AIC*	BIC	HQ
(1,1)(0,0)	4805.865068	-7.183044	-7.167492	-7.177217
(2,1)(0,0)	4806.846303	-7.183016	-7.163576	-7.175732
(1,2)(0,0)	4806.695459	-7.182791	-7.163351	-7.175507
(2,2)(0,0)	4807.164675	-7.181997	-7.158669	-7.173256
(2,0)(0,0)	4803.268890	-7.179161	-7.163609	-7.173334
(0,2)(0,0)	4801.041361	-7.175829	-7.160277	-7.170002
(1,0)(0,0)	4795.983957	-7.169759	-7.158095	-7.165389
(0,1)(0,0)	4791.357229	-7.162838	-7.151174	-7.158468
(0,0)(0,0)	4771.320226	-7.134361	-7.126585	-7.131447

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من خلال نتائج التقدير المبينة في الجدول (20) باستخدام برنامج EViews تمت المفاضلة بين 09 نماذج محتملة و عليه النموذج الذي تم تحديده هو نموذج ARIMA (1,1,1).

الجدول رقم 21: نتائج اختبار تقدير معادلة متوسط لسلسلة (Return)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.003678	0.000469	7.836350	0.0000
AR(1)	0.774326	0.048900	15.83491	0.0000
MA(1)	-0.628457	0.052380	-11.99794	0.0000
SIGMASQ	4.42E-05	4.40E-07	100.3749	0.0000
R-squared	0.050422	Mean dependent var		0.003668
Adjusted R-squared	0.048285	S.D. dependent var		0.006824
S.E. of regression	0.006658	Akaike info criterion		-7.183044
Sum squared resid	0.059085	Schwarz criterion		-7.167492
Log likelihood	4805.865	Hannan-Quinn criter.		-7.177217
F-statistic	23.59406	Durbin-Watson stat		1.966147
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.77			
Inverted MA Roots	.63			

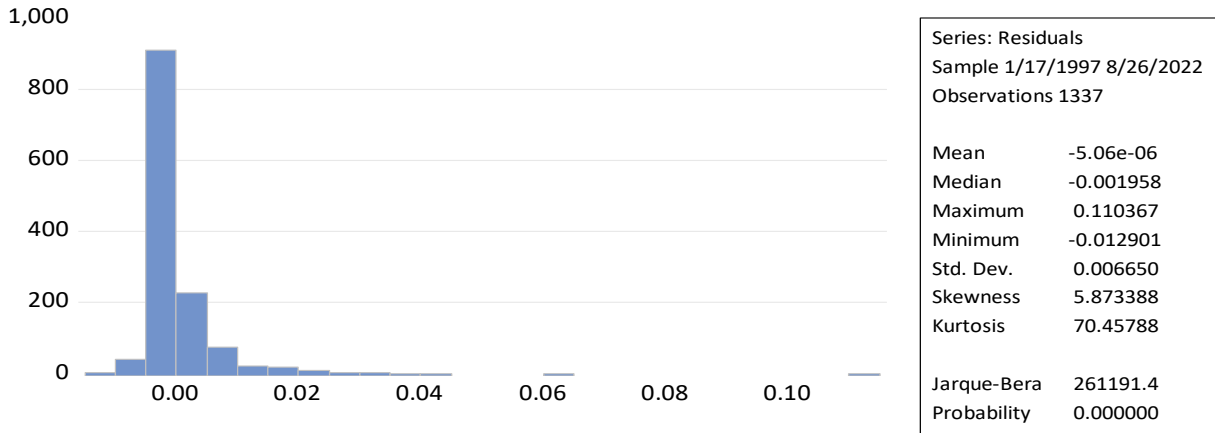
المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الشكل رقم 56: فحص بواقي النموذج

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob		
		1	0.055	0.055	4.0752	0.044			1	0.017	0.017	0.3713	
		2	0.015	0.012	4.3866	0.112			2	0.002	0.001	0.3745	
		3	0.004	0.003	4.4130	0.220			3	-0.051	-0.051	3.8477	0.050
		4	0.007	0.007	4.4845	0.344			4	-0.006	-0.004	3.8951	0.143
		5	0.003	0.002	4.4931	0.481			5	-0.004	-0.003	3.9148	0.271
		6	0.030	0.029	5.6887	0.459			6	0.041	0.039	6.2242	0.183
		7	-0.004	-0.007	5.7052	0.575			7	-0.026	-0.028	7.1418	0.210
		8	0.005	0.005	5.7446	0.676			8	0.008	0.008	7.2228	0.301
		9	0.002	0.001	5.7486	0.765			9	0.033	0.037	8.6718	0.277
		10	0.000	-0.001	5.7486	0.836			10	0.047	0.044	11.648	0.168
		11	-0.003	-0.003	5.7599	0.889			11	0.025	0.024	12.496	0.187
		12	-0.003	-0.004	5.7722	0.927			12	-0.012	-0.011	12.678	0.242
		13	-0.007	-0.007	5.8468	0.952			13	-0.027	-0.020	13.654	0.253
		14	-0.004	-0.004	5.8694	0.970			14	0.020	0.023	14.197	0.288
		15	-0.007	-0.007	5.9403	0.981			15	-0.005	-0.008	14.230	0.358
		16	-0.006	-0.005	5.9933	0.988			16	-0.020	-0.024	14.774	0.394
		17	-0.005	-0.004	6.0278	0.993			17	-0.006	-0.004	14.818	0.465
		18	-0.004	-0.003	6.0463	0.996			18	-0.009	-0.009	14.916	0.531
		19	-0.005	-0.004	6.0767	0.998			19	0.017	0.013	15.296	0.574
		20	-0.007	-0.006	6.1379	0.999			20	-0.004	-0.012	15.317	0.640
		21	-0.006	-0.005	6.1933	0.999			21	0.007	0.007	15.381	0.698
		22	-0.006	-0.005	6.2446	1.000			22	-0.003	0.001	15.398	0.753
		23	0.001	0.002	6.2455	1.000			23	0.019	0.020	15.908	0.775
		24	-0.006	-0.006	6.2911	1.000			24	0.001	0.002	15.910	0.820

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

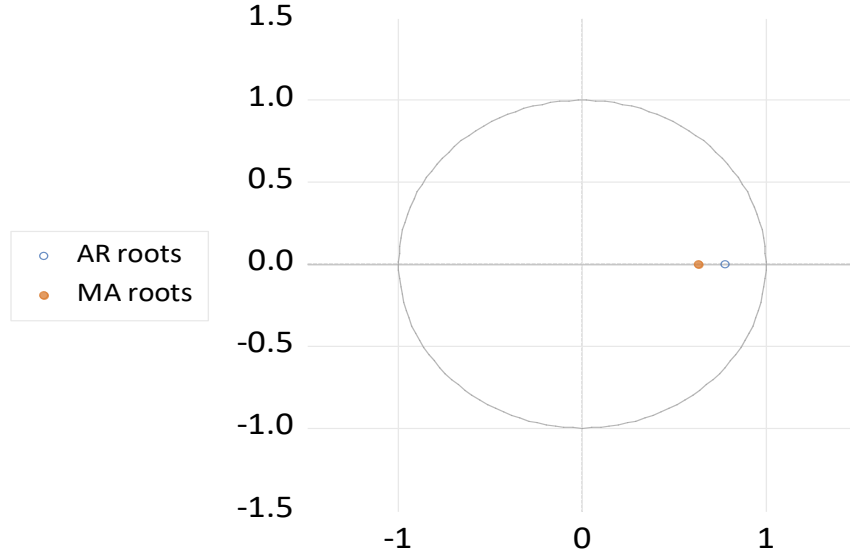
من خلال الشكل (56) نلاحظ أن قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة البواقي تقع داخل حدود مجال الثقة، بالإضافة إلى أن بواقي النموذج تشكل ضجيج أبيض (p_value) أكبر من 5% قبول الفرض العدم (البواقي تشكل ضجيج أبيض) وبالتالي النموذج المقدر جيد. احتمال إحصائية Jarque-Bera أقل من 5% إذن البواقي لا تتبع التوزيع الطبيعي.



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الشكل رقم 57: الجذور العكسية لنموذج ARMA(1.1)

RETURNS: Inverse Roots of AR/MA Polynomial(s)



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

في النماذج المختلطة، يجب التأكد من أن جذور كثيرة الحدود المرتبطة بجزء الانحدار الذاتي أكبر من القيمة المطلقة للواحد، عندها يكون النمط مستقرًا. ولكي يكون النموذج قابلاً للعكس، يجب أن تكون جذور كثيرة الحدود المرتبطة بجزء المتوسطات المتحركة أكبر من القيمة المطلقة للواحد.

بشكل عام، لكي يكون النموذج مستقرًا وقابلًا للعكس، يجب عكس جميع الجذور الواقعة داخل الدائرة الوحدة، يُظهر أنه طالما أن الجذور الوحيدة لنموذج ARIMA (1,1) تقع داخل الدائرة الوحدة، فإن النموذج مستقر.

الفرع الثاني: اختبار وجود أثر ARCH

بالاعتماد على اختبار ARCH-LM، يمكن التحقق من وجود أثر ARCH في البواقي، حيث نقوم أولاً بتقدير معادلة المتوسط الخاصة بسلسلة لوغار يتم العوائد باستعمال طريقة المربعات الصغرى، ثم بعد ذلك اختبار وجود أثر ARCH في بواقي النموذج المقدر عند درجات حرية مختلفة.

يتم الاختبار وفق الفرضيتين التاليتين:

H_0 : السلسلة ذات تباين شرطي متجانس؛

H_1 : السلسلة ذات تباين شرطي غير متجانس.

تظهر نتائج اختبار ARCH-LM على سلسلة لوغار يتم العوائد في الجدول التالي:

الجدول رقم 22: نتائج اختبار ARCH على سلسلة لوغاريتم عائد العقود المستقبلية للغاز الطبيعي

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	4.069368	Prob. F(1,1334)	0.0439
Obs*R-squared	4.063075	Prob. Chi-Square(1)	0.0438

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

من الجدول (22) يظهر ان احصائية اكبر تماما من القيم الحرجة لتوزيع χ^2 بدرجة حرية 1، وقيم الاحتمال P-value أصغر تماما من 0.05 وعليه يتم رفض الفرضية الصفرية H_0 وقبول الفرضية البديلة H_1 ، أي أن تباين الأخطاء غير ثابت عبر الزمن، وهذا يعني وجود أثر ARCH في سلسلة لوغاريتم العائد.

المطلب الثالث : تقدير النموذج الملائم

يتم الاعتماد على طريقة المعقولية العظمى في عملية التقدير، مع افتراض ان الاخطاء تتبع احدى التوزيعات المعروفة والمتمثلة في التوزيع الطبيعي، توزيع ستودنت، التوزيع العام للاخطاء.

بعد تقدير مجموعة من النماذج GARCH المتناظرة والغير متناظرة في حالة التوزيعات السابقة الذكر، نقوم بالمفاضلة بينها بالاعتماد على معايير المعلومة Akaike ; Schwarz; Hannan-Quinn ودالة المعقولية العظمى Log-likelihood، حيث افضل نموذج يقابل اقل قيمة لمعايير المعلومة (AIC SC,HQ) واكبر قيمة ل Log-likelihood والنتائج موضحة في الجداول التالية:

الجدول رقم 23: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)

النموذج	معنوية النموذج	AIC	BIC	H-Q	Log-likelihood
ARCH(1.0)	5/5	-7.206544	-7.187093	-7.199256	4818.972
ARCH(2.0)	6/6	-7.208154	-7.184812	-7.199408	4821.047
ARCH(3.0)	7/7	-7.208056	-7.180824	-7.197852	4821.981
GARCH(0.1)	3/5	-7.185164	-7.165712	-7.177876	4804.689
GARCH(0.2)	6/6	-7.254892	-7.231550	-7.246146	4852.268
GARCH(1.1)	6/6	-7.217642	-7.194300	-7.208896	4827.385
GARCH(1.2)	7/7	-7.227701	-7.200469	-7.217497	4835.104
EGARCH(0.1)	6/6	-7.264790	-7.241448	-7.256044	4858.880
EGARCH(1.0)	6/6	-7.315014	-7.291672	-7.306268	4892.429
PGARCH(1.1)	7/8	-7.378518	-7.347396	-7.366857	4936.850
TGARCH(1.0)	6/6	-7.208007	-7.184666	-7.199261	4820.949
TGARCH(0.1)	6/6	-7.244686	-7.221344	-7.235940	4845.450
IGARCH(1.1)	5/5	-7.170710	-7.155149	-7.164880	4794.034

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الجدول رقم 24: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع (Student)

النموذج	معنوية النموذج	AIC	BIC	H-Q	Log-likelihood
ARCH(1.0)	3/5	-8.458738	-8.435397	-8.449992	5656.437
ARCH(2.0)	3/6	-8.472130	-8.444897	-8.461926	5666.383
GARCH(0.1)	3/5	-8.414991	-8.391649	-8.406245	5627.214
GARCH(0.2)	5/6	-8.419422	-8.392190	-8.409218	5631.174
GARCH(1.1)	5/6	-8.196190	-8.168958	-8.185986	5482.055
GARCH(1.2)	5/7	-8.519821	-8.488699	-8.508160	5699.241
GARCH(2.1)	4/7	-8.518161	-8.487039	-8.506500	5698.132
ARCH-M(0.1)	6/6	-8.399380	-8.372148	-8.389176	5617.786
ARCH-M(1.0)	5/6	-8.377104	-8.349871	-8.366900	5602.905
EGARCH(1.0)	3/6	-8.453907	-8.426675	-8.443704	5654.210
PARCH(1.0)	5/7	-8.467952	-8.436830	-8.456291	5664.592
PARCH(1.1)	5/8	-8.530953	-8.495941	-8.517834	5707.677
TGARCH(1.0)	3/6	-8.469610	-8.442378	-8.459407	5664.700
TGARCH(0.1)	5/6	-8.415087	-8.387855	-8.404884	5628.278
TGARCH(1.1)	6/7	-7.853475	-7.822353	-7.841814	5254.121

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

الجدول رقم 25: نتائج تشخيص نماذج (GARCH) عندما يتبع الخطأ توزيع GED

النموذج	معنوية النموذج	AIC	BIC	H-Q	Log-likelihood
ARCH(1)	5/5	-8.568178	-8.544836	-8.559432	5729.543
ARCH(2)	5/6	-8.602161	-8.574929	-8.591958	5753.244
ARCH(3)	6/7	-8.599543	-8.568420	-8.587881	5752.494
GARCH(0.1)	3/5	-8.570026	-8.546684	-8.561280	5730.777
GARCH(0.2)	3/6	-8.549203	-8.521971	-8.539000	5717.868
GARCH(1.1)	6/6	-8.625695	-8.598462	-8.615491	5768.964
GARCH(1.2)	7/7	-8.405003	-8.373880	-8.393341	5622.542
ARCH-M(0.1)	6/6	-8.536212	-8.508980	-8.526008	5709.189
EGARCH(0.1)	6/6	-8.615464	-8.588232	-8.605260	5762.130
EGARCH(1.0)	5/6	-8.268991	-8.241759	-8.258787	5530.686
EGARCH(1.1)	6/7	-8.606675	-8.575553	-8.595014	5757.259
TARCH(1.0)	6/6	-8.546690	-8.519457	-8.536486	5716.189
TGARCH(0.1)	5/6	-8.559094	-8.531862	-8.548890	5724.475
TGARCH(1.1)	6/7	-8.608605	-8.577483	-8.596944	5758.548

المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

يتضح من الجداول السابقة ان النموذج الذي يحقق أقل قيمة للمعايير (AIC, SC, HQ) وأكبر قيمة لـ Log-likelihood من النماذج المتناظرة و النماذج الغير المتناظرة هو نموذج GARCH(1.1) مع أخطاء تتبع توزيع GED .

الجدول رقم 26: ملخص مخرجات نتائج تقدير معاملات النموذج GARCH (1.1) مع توزيع GED للأخطاء

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000151	4.35E-06	34.68871	0.0000
AR(1)	0.701197	0.009369	74.84397	0.0000
MA(1)	-0.675271	0.009862	-68.47209	0.0000
Variance Equation				
C	4.29E-06	1.39E-06	3.089451	0.0020
RESID(-1)^2	0.413380	0.126075	3.278856	0.0010
GARCH(-1)	0.714854	0.051780	13.80565	0.0000
GED PARAMETER	0.367178	0.016744	21.92854	0.0000
R-squared	-0.198008	Mean dependent var		0.003670
Adjusted R-squared	-0.199806	S.D. dependent var		0.006827
S.E. of regression	0.007477	Akaike info criterion		-8.625695
Sum squared resid	0.074531	Schwarz criterion		-8.598462
Log likelihood	5768.964	Hannan-Quinn criter.		-8.615491
Durbin-Watson stat	1.378402			
Inverted AR Roots	.70			
Inverted MA Roots	.68			

المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي Eviews13

من خلال نتائج تقدير النموذج GARCH (1,1) مع توزيع GED للأخطاء يمكن صياغة النموذج كمايلي:

$$\sigma_t^2 = 0.00000429 + 0.413380 \varepsilon_{t-1}^2 + 0.714854 \sigma_{t-1}^2$$

من خلال النتائج المتحصل عليها من الجدول يمكن ملاحظة أن جميع المعلمات لها معنوية إحصائية، أي أنها تختلف معنوياً عن الصفر عند مستوى معنوية 0.05، نرفض الفرضية العدمية H_0 (قيم Student أكبر تماماً من القيمة الحرجة للتوزيع الطبيعي 1.96)

المطلب الرابع : فحص ملائمة النموذج

بعد تحديد النموذج الملائم الخاص بسلسلة لوغاريتم عوائد العقود العاجلة للغاز الطبيعي، لا بد من اجراء بعض الاختبارات على البواقي المعيارية و مربعات البواقي المعيارية . نقوم اولا بتطبيق اختبار Ljung-box على z_t للتأكد من انها مستقلة وتشكل ضجة بيضاء ، ثم نقوم باختبار زوال اثر ARCH وذلك بتطبيق اختبار Ljung-box على z_t^2 او تطبيق اختبار ARCH-LM على z_t .

الشكل رقم 58: دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي المعيارية (الايسر) ومربعات البواقي المعيارية (الايمن)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*		
		1	0.006	0.006	0.0485			1	-0.002	-0.002	0.0082	0.928	
		2	-0.040	-0.040	2.2306			2	-0.005	-0.005	0.0381	0.981	
		3	-0.019	-0.019	2.7142	0.099			3	-0.004	-0.004	0.0613	0.996
		4	-0.002	-0.003	2.7179	0.257			4	-0.003	-0.003	0.0768	0.999
		5	-0.000	-0.002	2.7180	0.437			5	-0.004	-0.004	0.1003	1.000
		6	-0.007	-0.007	2.7806	0.595			6	-0.003	-0.003	0.1161	1.000
		7	-0.009	-0.009	2.8853	0.718			7	-0.004	-0.004	0.1354	1.000
		8	0.007	0.006	2.9427	0.816			8	-0.002	-0.002	0.1405	1.000
		9	0.002	0.000	2.9459	0.890			9	-0.003	-0.003	0.1511	1.000
		10	0.023	0.023	3.6507	0.887			10	-0.001	-0.001	0.1526	1.000
		11	0.018	0.018	4.0945	0.905			11	0.001	0.001	0.1537	1.000
		12	-0.017	-0.016	4.4980	0.922			12	-0.003	-0.003	0.1690	1.000
		13	-0.035	-0.033	6.1855	0.861			13	-0.005	-0.005	0.2018	1.000
		14	0.010	0.010	6.3188	0.899			14	0.001	0.000	0.2022	1.000
		15	-0.014	-0.017	6.5895	0.922			15	-0.004	-0.004	0.2201	1.000
		16	-0.007	-0.007	6.6635	0.947			16	-0.002	-0.002	0.2266	1.000
		17	-0.020	-0.020	7.1903	0.952			17	-0.004	-0.004	0.2475	1.000
		18	-0.028	-0.029	8.2352	0.942			18	-0.004	-0.004	0.2698	1.000
		19	0.009	0.007	8.3559	0.958			19	-0.001	-0.001	0.2717	1.000
		20	-0.006	-0.010	8.3973	0.972			20	-0.003	-0.003	0.2863	1.000
		21	-0.005	-0.006	8.4326	0.982			21	-0.004	-0.004	0.3038	1.000
		22	0.001	0.001	8.4346	0.989			22	-0.004	-0.004	0.3224	1.000
		23	-0.006	-0.005	8.4866	0.993			23	-0.001	-0.001	0.3233	1.000
		24	0.003	0.003	8.5007	0.996			24	-0.003	-0.003	0.3338	1.000

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي Eviews13

الجدول رقم 27: نتائج اختبار على سلسلة البواقي المعيارية

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.008198	Prob. F(1,1333)	0.9279
Obs*R-squared	0.008210	Prob. Chi-Square(1)	0.9278

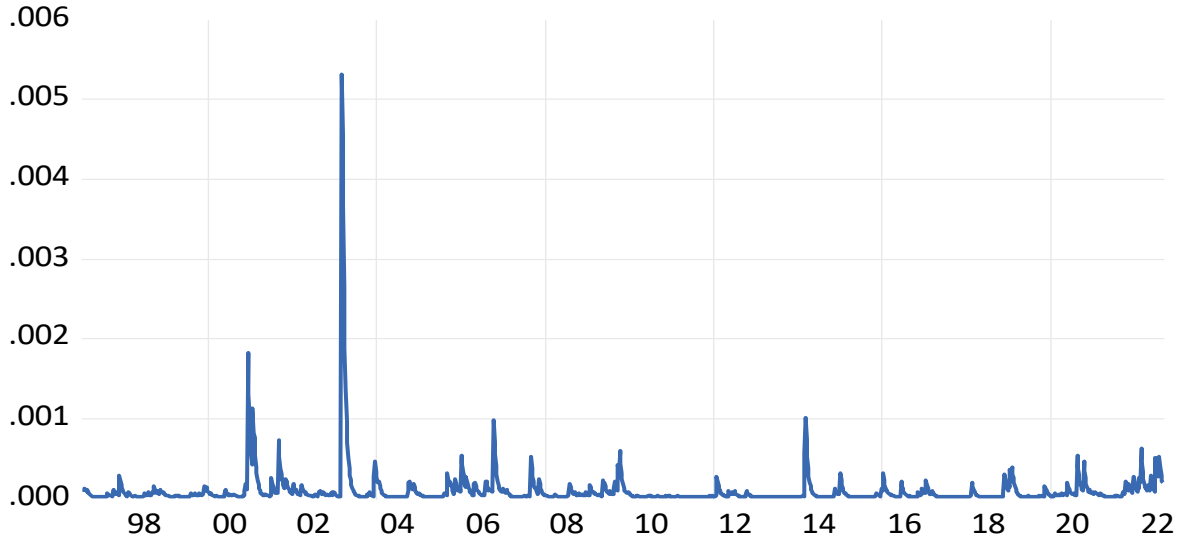
المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EVEIWS 13

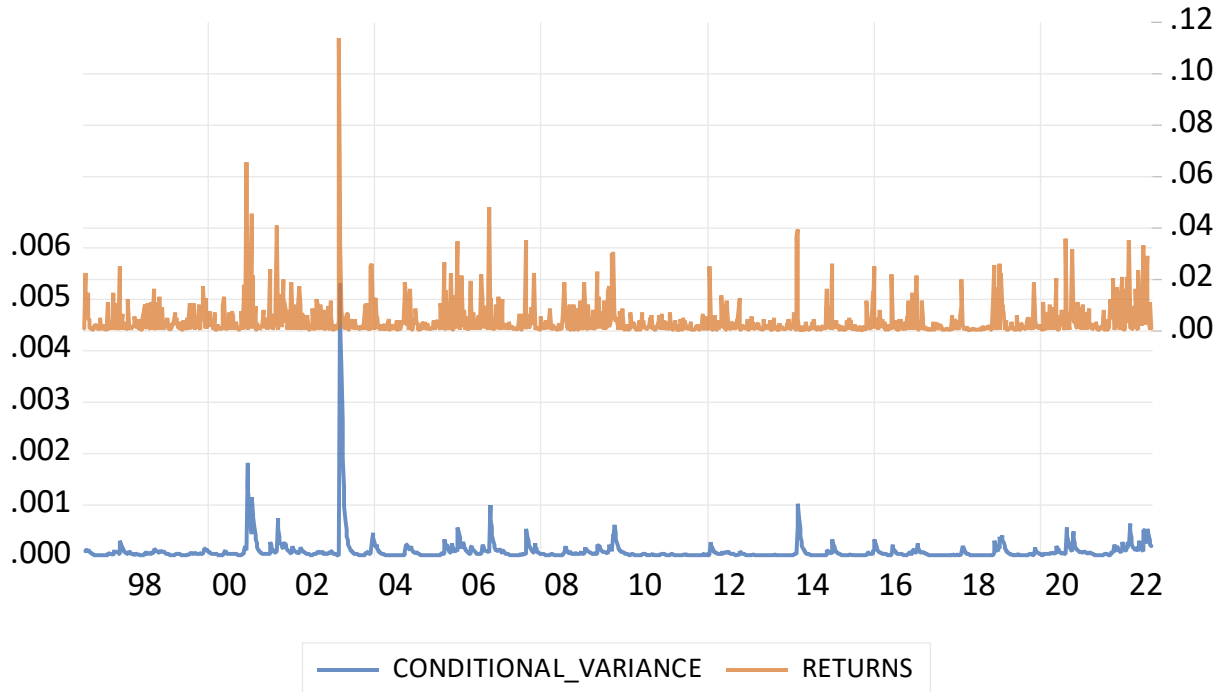
من الشكل رقم (58) يمكن ان نلاحظ ان معاملات دالة الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي لسلسلة البواقي المعيارية انها غير معنوية، اي تساوي 0 عند مستوى معنوية 0.05، ويمكن التأكد من ذلك من خلال تطبيق اختبار Ljung-box، حيث اظهرت نتائج هذا الاختبار ان البواقي المعيارية تشكل ضجة بيضاء باعتبار ان قيمة احصائية Q-Stat لهذا الاختبار اصغر تماما من القيمة المجدولة لتوزيع χ^2 عند درجات حرية مختلفة ومستوى معنوية 5% (قيمة p-value للاختبار اكبر من 0.05).

كما تظهر نتائج اختبار ARCH-LM عدم وجود اثر ARCH في سلسلة البواقي المعيارية باعتبار ان احصائية ARCH-LM اصغر تماما من القيمة المجدولة لتوزيع χ^2 بدرجة حرية 1 (قيمة p-value للاختبار اكبر من 0.05).

الشكل رقم 59: تقلبات أسعار الآجلة للغاز الطبيعي حسب نموذج GARCH(1.1)

CONDITIONAL_VARIANCE





المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج EViews 13

يستعمل التباين الشرطي (Conditional variance) المستخرج من نماذج الانحدار الذاتي مشروطة بوجود عدم تجانس التباين كمقياس لتقلبات أسعار الغاز الطبيعي الاسبوعية.

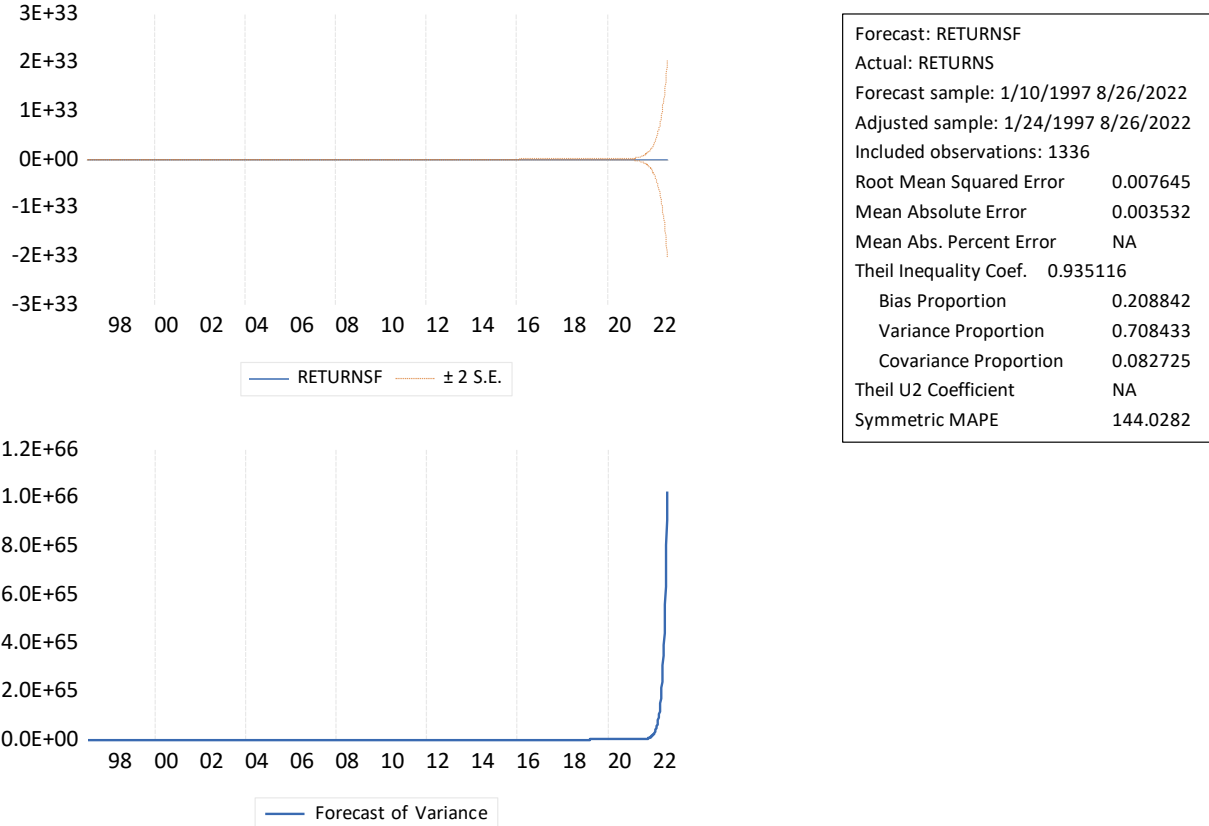
المطلب الخامس : التنبؤ بتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي

شملت عينة الدراسة المشاهدات الأسبوعية لأسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي خلال الفترة الممتدة من 10/01/1997 الى 26/08/2022، واعتمادا على هذه العينة تم تحديد النموذج الملائم والمتمثل في نموذج (1, 1) GARCH مع توزيع GED للأخطاء والذي سيتم الاعتماد عليه في عملية التنبؤ بتقلبات الأسعار والتباينات .

داخل العينة: من 10/01/1997 الى 26/08/2022

خارج العينة: من 02/09/2022 الى 30/12/2022

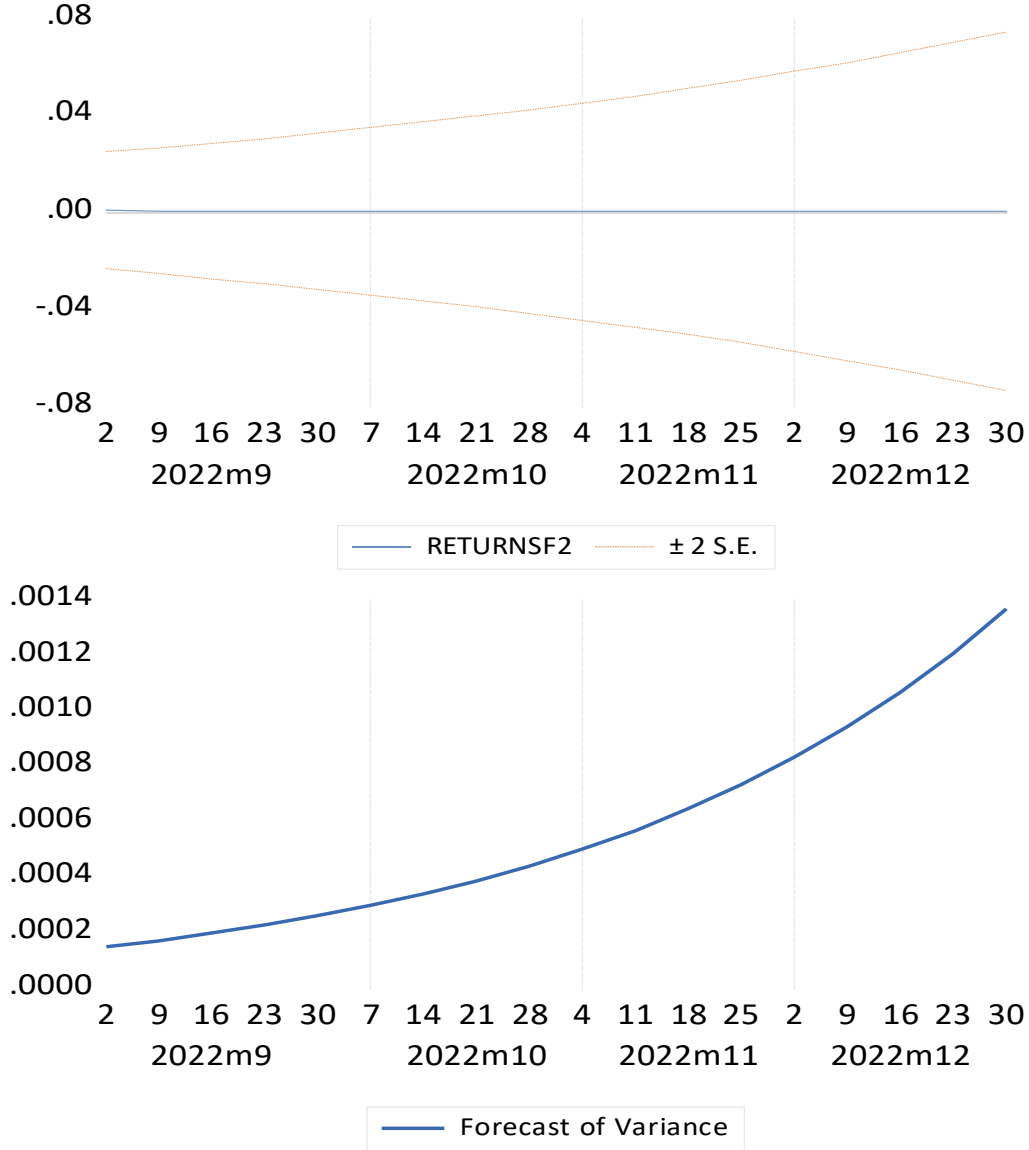
الشكل رقم 60: التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي للفترة
1997/01/10 الى 2022/08/26



المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي Eviews13

يظهر أن التنبؤ بالتقلبات في عائدات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي للفترة 10/01/1997 الى 26/08/2022 ضمن مجال الثقة، فضلاً عن ملاءمة معظم المعايير مثل : RMSE ; MAE ;Theil . Coefficient

الشكل رقم 61: التمثيل البياني للقيم المتنبئ بها لتقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي والتباين الشرطي للفترة من 2022/09/02 الى 2022/12/30



بعد التوصل الى النموذج المناسب تم استخدامه في عملية التنبؤ بتقلبات الأسعار والتباينات للفترة من 02/09/2022 الى 30/12/2022 حيث أن القيم المتنبئ بها للعوائد تنخفض خلال هذه الفترة ، بينما التباينات المتنبئ بها تشهد ارتفاع طول الفترة .

خاتمة الفصل الثالث

بعد تطبيق اختبارات الاستقرارية (ADF, PP) على سلسلة أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي تم التوصل الى ان هذه السلسلة غير مستقرة الامر الذي تطلب منا تحويلها الى سلسلة لوغاريتم العائد التي تتميز بالاستقرارية .

من التمثيل البياني للسلسلة المستقرة يتضح وجود تقلبات كثيرة وكذلك تجمع التقلبات الحادة في فترة معينة حيث أن التقلبات الكبيرة تتبعها تقلبات كبيرة أخرى مقابلة لها ، والتقلبات الصغيرة تتبعها تقلبات صغيرة .

بالاعتماد على مجموعة من الاختبارات الإحصائية تم التوصل الى أن السلسلة تتميز بخاصية عدم تجانس التباين وذات توزيع غير متناظر.

ان استخدام نماذج الانحدار الذاتي ذات التباين الشرطي غير متجانس كان بسبب قدرتها على التقاط الخصائص الملاحظة على السلسلة محل الدراسة ، كما ان الغرض من استخدام توزيعات مختلفة للأخطاء كان بهدف تحسين النموذج.

بعد تطبيق نماذج الانحدار الذاتي ذات التباين الشرطي غير متجانس بنوعيه المتناظر والغير متناظر مع توزيعات مختلفة للأخطاء (Normal, Student, GED) تم التوصل الى ان النموذج GARCH-M (1,1) بأخطاء تتبع توزيع GED هو النموذج الأفضل ، فهو يحقق اقل قيمة للمعايير (AIC, SC , HQ) وأكبر قيمة لـ LogL.

بعد التوصل للنموذج المناسب الذي يعكس تقلبات أسعار العقود العاجلة للغاز الطبيعي ، تم استخدامه في عملية التنبؤ بتقلبات العوائد والتباينات للفترة الممتدة من 10/01/1997 الى 25/12/2020 (التنبؤ داخل العينة) وللفترة الممتدة من 01/01/2012 الى 30/04/2021 ، وتم ملاحظة أن قيم العوائد والتباينات المتنبئ بها تتزايد خلال هذه الفترة (التنبؤ خارج العينة) .

بالمثل، بعد تطبيق اختبارات الاستقرارية (ADF, PP) على سلسلة أسعار العقود الأجلة للغاز الطبيعي تم التوصل الى ان هذه السلسلة غير مستقرة الامر الذي تطلب منا تحويلها الى سلسلة لوغاريتم العائد التي تتميز بالاستقرارية و بعد تطبيق نماذج الانحدار الذاتي ذات التباين الشرطي غير متجانس نوعيه المتناظر والغير متناظر مع توزيعات مختلفة للأخطاء (Normal, Student, GED) تم التوصل الى ان النموذج GARCH (1,1) بأخطاء تتبع توزيع GED هو النموذج الأفضل ، فهو يحقق اقل قيمة للمعايير (AIC, SC , HQ)

وأكبر قيمة لـ LogL . بعد التوصل للنموذج المناسب الذي يعكس تقلبات أسعار العقود الآجلة للغاز الطبيعي ، تم استخدامه في عملية التنبؤ بتقلبات العوائد والتباينات للفترة الممتدة من 10/01/1997 الى 26/08/2022) التنبؤ داخل العينة) وللفترة الممتدة من 02/09/2022 الى 30/12/2022 ، وتم ملاحظة أن قيم العوائد المتنبئ بها تتناقص والتباينات المتنبئ بها تتزايد خلال هذه الفترة (التنبؤ خارج العينة) .

الخاتمة العامة

في السنوات الأخيرة ، شهدت الأسواق العالمية للغاز الطبيعي تغيرات كبيرة متأثرة بمجموعة متنوعة من العوامل مثل التوترات الجيوسياسية ، وديناميكيات العرض والطلب والتقدم التكنولوجي ، وحاولنا من خلال هذه الدراسة بناء أفضل نموذج للتنبؤ بأسعار الغاز الطبيعي الفورية و المستقبلية في السوق الأمريكي ، من خلال استخدام تقنية النمذجة ARCH ، والتي أثبتت فعاليتها في التقاط الأنماط والاتجاهات والخصائص الكامنة في هذه السلاسل الزمنية ، وتوصلت هذه الدراسة الى أن:

- أسعار الغاز الطبيعي غير مسقرة في السوق الأوروبي ، وذلك نتيجة ارتباط الأسعار ارتباطاً وثيقاً بأسعار النفط ومع انخفاض أسعار النفط في السنوات الأخيرة ، انخفضت أسعار الغاز الطبيعي في السوق الأوروبي إضافة الى التوترات الجيوسياسية لاسيما حرب روسيا أوكرانيا.
- الأسعار في السوق الأمريكي غير مستقرة ، وذلك بسبب ثورة الغاز الصخري التي أدت الى انخفاض الأسعار خلال العقد الماضي.
- أسعار الغاز الطبيعي في آسيا غير مستقرة ، وذلك بسبب ارتفاع واردات الغاز الطبيعي المسال لتلبية الطلب القوي على الغاز الطبيعي خاصة من الصين والهند.
- ان الاختبارات على البواقي المربعة للنماذج الخطية المقطرة اختبار ليونغ بوكس واختبار أثر ARCH اتبت كلها فرضية وجود عدم التجانس التباين، مما يستدعي استخدام نماذج الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين (المعمم) ARCH (G) .

فيما يخص نتائج تقدير تقلبات أسعار الغاز الطبيعي في السوق الأمريكي ، فالحالة الأولى والتي تخص أسعار الغاز الطبيعي الفورية ، استخدمنا نوعين متباينين هما نماذج GARCH المتماثلة ونماذج GARCH غير المتماثلة ، فقد تم تقدير جملة من النماذج وتحت ثلاثة فرضيات لتوزيع الخطأ (التوزيع الطبيعي، توزيع Student و توزيع GED) وهذه النماذج هي ARCH (G) ونماذج GARCH-M ونماذج EGARCH ونماذج TGARCH بالإضافة الى نموذج IGARCH ليتضح أن أفضل نموذج لتمثيل سلسلة أسعار الغاز الطبيعي الفورية للسوق الأمريكي للفترة من 10/01/1997 الى 25/12/2020 هو نموذج GARCH-M (1.1) مع أخطاء تتبع توزيع GED ، فبالرغم من انها عالجت مشكل عدم تجانس التباين بنسبة كبيرة إلا انها بقيت تعاني من عدم طبيعية التوزيع بالإضافة الى مشكل عدم التماثل وسماكة أذيال التوزيعات وعدم استقرارية التقلبات.

اما الحالة الثانية والتي تخص أسعار الغاز الطبيعي المستقبلية، استخدمنا نوعين متباينين هما نماذج GARCH المتماثلة ونماذج GARCH غير المتماثلة، فقد تم تقدير جملة من النماذج وتحت ثلاثة فرضيات لتوزيع الخطأ (التوزيع الطبيعي، توزيع Student و توزيع GED) وهذه النماذج هي ARCH (G) ونماذج GARCH-M ونماذج EGARCH ونماذج TGARCH بالإضافة الى نموذج IGARCH ليتضح أن أفضل نموذج لتمثيل سلسلة أسعار الغاز الطبيعي المستقبلية للسوق الأمريكي للفترة من 10/01/1997 الى 26/08/2022 هو نموذج النموذج الذي يحقق أقل قيمة للمعايير (AIC, SC, HQ) وأكبر قيمة لـ Log-likelihood من النماذج المتناظرة و النماذج الغير المتناظرة هو نموذج GARCH(1.1) مع أخطاء تتبع توزيع GED . فبالرغم من انها عالجت مشكل عدم تجانس التباين بنسبة كبيرة إلا انها بقيت تعاني من عدم طبيعية التوزيع بالإضافة الى مشكل عدم التماثل وسماكة أذيال التوزيعات وعدم استقرارية التقلبات.

قائمة المراجع

➤ باللغة العربية

1. ابراهيم بورنان. (2004/2003). الغاز الطبيعي ودوره في تأمين الطلب على الطاقة في المستقبل حالة الجزائر. 99. رسالة دكتوراه في علوم التسيير: جامعة الجزائر.
2. أحمد بن أحمد. (2008). "النمذجة القياسية للاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية في الجزائر (03/2007-10/1988)". رسالة ماجستير. الجزائر، جامعة الجزائر.
3. التميمي زهرة، حسن عباس وآخرون. (2014). تحليل الانحدار، ، ، . (الإصدار الطبعة الأولى). العراق: مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة البصرة.
4. الطيب ونادة. (2011). الغاز الطبيعي ومجالات استخدامه في الدول العربية . مجلة النفط والتعاون العربي، العدد 96، 118. الكويت: مجلة النفط والتطور العربي.
5. الوهاب، ا. ط". (2006). محاسبة البترول . "القاهرة: المكتبة العصرية.
6. أوبك، ا. ا. (2005). تطبيق التقنيات الحديثة في صناعة النفط واثره في الحفاظ على البيئة من التلوث . (العدد 115)، ص 138.
7. بخيت حسين علي، فتح الله سحر. (2012). الاقتصاد القياسي. بغداد: مطبعة دار الكتب.
8. بغداد بنين. (2009). نمذجة قياسية لدراسة اسعار بترول الجزائر -دراسة حالة صحاري بلاند- من 2006 الى 2009 . رسالة ماجستير. الجزائر، جامعة الجزائر.
9. تامر بدوي. (05 جانفي، 2016). تحولات أسواق الغاز المسال في عام 2016 . تم الاسترداد من مركز الجزيرة للدراسات.
10. حافظ، م. ح. (ديسمبر 1997). (، افاق استخدام الغاز الطبيعي في الحصول على الطاقة وفي مجال الصناعة Vol. العدد7). (الخفجي).
11. حسين العبد الله. (2006). مستقبل النفط العربي. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.
12. حسين عبد الله. (يونيو، 1999). الغاز الطبيعي: وقود الغد في انتظار سياسة منسقة عربيا، مجلة التنمية والسياسات الاقتصادية. المجلد 1(العدد 2)، ص 10.
13. حسين عبد الله. (2003). النفط العربي. دار النهضة العربية.
14. حمدي البني. (1997). البترول بين النظرية والتطبيق (الإصدار الطبعة الثانية). القاهرة: دار المعارف.
15. سام سعد محمد. (2014). "عشوائية حركة الاسعار ومستوى الكفاءة في السوق المالي ". مجلة العلوم الادارية ،كلية الاقتصاد(2)، 419.
16. سيد فتحي احمد الخولي. (1988). اقتصاد النفط . مكتبة دار حافظ.

17. شذى عبد الحسين الزبيدي. (2012). " تحليل سلوك اسعار الاسهم باستعمال نموذج السير العشوائي دراسة تطبيقية في سوق العراق للأوراق المالية " . مجلة القادسية للعلوم الادارية والاقتصادية، المجلد 14(2)، 176.
18. شيخي محمد. (2012). طرق الاقتصاد القياسي: محاضرات وتطبيقات (الإصدار ط 1). عمان، الأردن : دار الحامد.
19. صلاح إبراهيم الدسوقي. (2006). الغاز الطبيعي القريب الفقير للبتروول ما بين إهمال الماضي ومحاذير للمستقبل (المجلد العدد 425).
20. عبد الحميد عبيد. (2016). الاقتصاد القياسي. كربلاء، العراق: مطبعة دار الكتب.
21. عبد العزيز مصباح. (2005). أساسيات صناعة البترول. القاهرة: دار الأمين للطباعة.
22. عبد الله حسن. (2017). استخدام نماذج GARCH في تقدير تباين التضخم في السودان (1990-2015). رسالة ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان.
23. عريش شفيق ، نقار عثمان ، اسماعيل رولى. (2011). "استخدام نماذج ARCH المتناظرة والغير متناظرة لنمذجة تقلب العوائد في السوق المالي حالة تطبيقية على المؤشر العام لسوق عمان المالي " . مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية –سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية ، 33(3)، 59-79.
24. علي رجب. (بلا تاريخ). أساسيات تسعير الغاز في الأسواق العالمية . مجلة النفط و التعاون العربي(العدد 120 (شتاء 2007))، 45.
25. لاهيرير، ج " . (2000). النفط كمصدر للطاقة حقائق الحاضر واحتمالات المستقبل . "المؤتمر السنوي السادس للطاقة . الامارات العربية المتحدة.
26. مأمون عيسى حليبي، حسن قبازرد،. (بلا تاريخ). بدائل الوقود اقتصادياتها. العدد 108، 48. الكويت: مجلة النفط والتعاون العربي.
27. محمد سام، محمد عدنان، الحسين غانم. (2013). اختبار أثر الرافعة وسلوك التذبذب في سوق دمشق للأوراق المالية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 103.
28. محمد علي إبراهيم العامري. (2010). الإدارة المالية المتقدمة (الإصدار الطبعة الاولى). عمان، الاردن: إثراء للنشر والتوزيع.
29. محمد، ع. ا. (1985). الطاقة وصناعة النفط والغاز في أقطار الخليج العربي . مركز دراسات الخليج العربي. 52 .
30. مختار اللبابيدي. (2006). " صناعة الغاز الطبيعي محليا وعالميا، النفط والتعاون العربي". المجلد 32(العدد117)، 96-94.
31. ميثم ربيع هادي الحسنواي. (1997). اختبار كفاءة السوق المالية (دراسة تطبيقية في سوق بغداد للأوراق المالية). رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة الى مجلس كلية الادارة والاقتصاد ، 10. جامعة بغداد.
32. نصرالدين، س. (2011). استراتيجيات ترقية الكفاءة الاستخدامية للثروة الغازية في اطار مبادئ واهداف التنمية المستدامة" . دراسة تطبيقية على قطاع الغاز الجزائري"رسالة ماجستير في التنمية المستدامة. 17-19، جامعة سطيف.

33. هتهات سعيد. (2006). " دراسة اقتصاوية وقياسية لظاهرة التضخم في الجزائر". ورقة ، الجزائر ، جامعة قاصوي مرياح.

➤ باللغة الأجنبيية:

1. A. M. (1984, December). << A study of several new and existing tests for heteroskedasticity in the general linear model>>. *journal of Econometrics*, 26, 355-373.
2. Agency, I. E. (February 2013). "Developing a Natural Gas Trading Hub in Asia: Obstacles and Opportunities.
3. Andersen, G. B. (2002). " Parametric and Nonparametric Volatility Measurement,". Department of Finance, Kellogg School of Management: Northwestern University.
4. Andersen, G. B. (2002). "Parametric and Nonparametric Volatility Measurement". Department of Finance ,Kellogg School of Management: Northwestern University.
5. Atoi, N. V. (2014). . Testing Volatility in Nigeria Stock Market Using GARCH Models. *CBN Journal of Applied Statistics*, 5(2), 65-93.
6. Augustin, C. (2006). *understanding natural gas market*.
7. Bollerslev, T. R. (1992). "ARCH Modeling in Finance: A Selective Review of the Theory and Empirical Evidence". *Journal of Econometrics*, 52, 5-59.
8. BP, (2015). *BP Statistical Review of World Energy*.
9. Brooks, C. (2008). *Introductory econometrics for finance*. Cambridge England: Cambridge University Press.
10. Chesny, C. (n.d.). Le gaz naturel en Algérie. p82 .
11. De Luca, G. &. (2012, Feb 06). Modeling multivariate skewness in financial returns: a SGARCH approach". , iFirst. *The European Journal of Finance*, 1 -19. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1080/1351847X.2011.640342>
12. E, R. (2004). Lecture notes on GARCH models. *The Security and Exchange Commission (2019) Opportunities in the Nigerian Capital Market*. Abuja- Niger: University of Pavia.
13. *Encyclopædia Britannica*. (2018, oct 12). (Encyclopædia Britannica Inc) Récupéré sur Encyclopædia Britannica Online: <<https://www.britannica.com/science/natural-gas>>. "Natural gas"

14. Energy Information Administration, “. N., & Energy Information Administration, “. E. (n.d.). *eia*. Retrieved from <https://www.eia.gov/naturalgas/data.php>
15. Engle, R. (1982). Autoregressive conditional Heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50 (4), 987-1007.
16. Eurostat, “*Natural Gas Market Indicators*. (n.d.). Retrieved from Eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural_gas_market_indicators
17. F.F, E. (1969, December 28-30). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance* , 25(2).
18. Fan, J. Q. (2014). Quasi-Maximum Likelihood Estimation of GARCH Models with Heavy-Tailed Likelihoods. *Journal of Business and Economic Statistics*, 32(2), 178-191.
19. Francq, C. a. (2010). *GARCH Models Structure, Statistical Inference and Financial Applications*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
20. Gold, T. S. (1982). Abiogenic methane and the origin of petroleum. *Energ. explor. Exploit*, 89-104.
21. Hamilton, J. (1994). " *Time series Analysis*" . New Jersey.
22. Harrison, M. J. (1979). " A Test for Heteroscedasticity Based on Ordinary Least Squares Residuals " , , . *Journal of the American Statistical Association*.
23. Haydee L. Ramon. (2008). " *Forecasting the Volatility of Philippine Inflation using GARCH Models* " , . BANGKO SENTRAL NG PILIPINAS. Center for Monetary and Financial Policy.
24. Helman, “*How Cheniere Energy Got First In Line To Export America’s Natural Gas.*” . (n.d.). Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/christopherhelman/2013/04/17/first-mover-how-cheniere-energy-is-leading-americas-Ing-revolution/>
25. Hol, E. M. (2003). *Empirical Studies on Volatility in International Stock Markets*. Boston: Springer US.
26. IEA. (2003). *South American Gas, daring total the Bounty*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/south-american-gas-daring-to-tap-the-bounty>
27. IEA *World Energy outlook 2004* . (n.d.). Retrieved from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2004>

28. Jánský, I. (2011). Value-at-risk forecasting with the ARMA- GARCH family of models during the recent financial crisis. *MASTER THESIS*, 15-17. Charles University in Prague. Institute of Economic studies,.
29. Kidnay, A. P. (2011). *Fundamentals of Natural Gas Processing* (Vol. second ed). (C. Press, Ed.) Taylor and Francis Group, LLC.
30. Knight, j. S. (2003, june). Forecasting Volatility in the Financial Markets. *41*(02), 107.
31. Knight, j. S. (2007). *Forecasting Volatility in the Financial Markets*. (Third Edition ed.). Butterworth-Heinemann.
32. Kuan, C. M. (2015). *Lecture on time series diagnostic tests*. Taipei ; Taiwan: Institute of Economics Academia.
33. L.G., G. (1996). << Some results on the Glejser and Koenker tests for heteroskedasticity>> . *Journal of Econometrics*, 72, 275-299.
34. Leidos. (n.d.). *Global Natural Gas Markets Overview : A Report Prepared by Leidos*. Under Contract to EIA.
35. Leidos. (n.d.). *Global Natural Gas Markets Overview : A Report Prepared by Leidos* . (Under Contract to EIA,)
36. Li, C. (2007). " *On Estimation of GARCH Models with an Application to Nordea Stock Prices*, ". Department of Mathematics, University of Uppsala.
37. Louzis, D.-S. ,. (2010). "Stock index realized volatility forecasting in the presence of Heterogeneous leverage effects and long range dependence in the volatility of realized volatility". *International Conference on Applied Economics* (pp. 465-478). ICOAE.
38. Maric Françoise Chabrelie, G. M. (1999.). « *Le gaz naturel dans le monde 1998* ». *Centre international d'information sur le gaz naturel et tous hydrocarbure gazeux*. France.
39. Mercier, C. (1966). " *L'industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement* ". (é. Technip, Éd.) publication de l'IFP.
40. Musaddiq, T. (2012). " Modeling And Forecasting the Volatility of Oil Futures Using the ARCH Family Models " . *The Lahore Journal of Business*, 79-108.
41. OPEC ANNUL STATICAL REVIE W . (2007).
42. Payne, F. W. (Inc1999). *User's guide to natural gas technologies* (Vol. chapter1). Georia, U.S.A: Fairmont Press.
43. Pierre, T. (1998). *le gaz Naturel perspectives pour (2010/2020)* . Paris: economic.

44. Poon, S. H. (2005). *A practical guide to forecasting financial market volatility*. Chichester: John Wiley.
45. Ritz. (September 2014). "Price Discrimination and Limits to Arbitrage: An Analysis of Global LNG Markets,". *Energy Economics*, 330.
46. Ross, P. (October 20/23 ,2003). pricing and indexing Gas for Europe and the Levant – Egypt and its competitions . *9th .annual middle east summit* . Cairo.
47. Ross, P. (march 18-19 . 2002). long term gas contracts risk management : A commercial view. *development of gas markets in the gulf*. Abu Dhabi: 1st international conference.
48. RS, T. (2005). *Analysis of financial time series* (2nd edition ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
49. Sarra, R. (2014). *Caracterisation Du Shale Gaz Reservoirs Par Logging Et Etudes Mineralogique*. Thèse De Magister Génie Pétrolier: Université Ouargla.
50. Sarra, R. (s.d.). *Caracterisation Du Shale Gaz Reservoirs Par Logging Et Etudes Mineralogique*. p3 .
51. Schmitt, C. (1996). *Option pricing using EGARCH models*. Mannheim: ZEW Leibniz Centre for European Economic Research.
52. Siddayao, C. M. (September1997). *Is the netback value of gas Economically Efficient*. OPEC Review.
53. Speight, J. (2007). *Natural Gas: a Basic Handbook*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
54. Speight, J. (2015). *Liquid fuels from natural gas. Handbook of Alternative Fuel Technologies* (éd. second ed.). (L. C. Taylor and Francis Group, Éd.) In: Lee, S., Speight, J.G., Loyalka, S.K. (Eds.).
55. Teräsvirta, T. (2009). *An introduction to univariate GARCH models*. Handbook of Financial time series.
56. Tuyen, T. M. (2011). Modeling volatility using GARCH models: evidence from Vietnam. *Economics Bulletin*, 31(3), 1937.
57. Vee, D. N. (2011). "Forecasting Volatility of USD/MUR Exchange Rate using a GARCH(1,1) Model With GED and Students-t error". *University of Mauritius Research Journal*, 17.

58. Verbege, G. (January 16, 2001). the gas market on its way to competition. *annual energy conference*,. berlin: 8th annual handelsblatt.
59. Wang, X. E. (2009). *Advanced Natural Gas Engineering*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
60. Weisberg, S. (2014). *Applied Linear Regression*, , , (Fourth Edition ed.). Wiley: Printed in the United States of America.
61. Zheng, Y. (2008). News and Volatility of Food Prices . *Applied Economics*, 40(13), 1629-1635.

➤ المجلات والمواقع الالكترونية:

1. مجلة النفط والتعاون العربي للبترول، شبكات الغاز بين الدول العربية . (العدد 111)، 73، الكويت.
2. (s.d.). Récupéré sur <https://www.arab-oil-naturalgas.com>
3. (s.d.). Récupéré sur <https://www.arab-oil-naturalgas.com>
4. (s.d.). Récupéré sur <http://www.qnb.com/cs> .
5. (n.d.). Retrieved from <http://www.eia.gov/naturalgas/annual/>
6. (2024). *GECF Annual Gas Market Report*.
7. (2024). *GECF Annual Gas Market Report 2024*.
8. (2015). *International Gas Union*. WholesaleGas Price Survey.
9. (2015). *International Gas Union*, . World LNG Report Edition,.