الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة وهران محمد بن أحمد 2
كلية علوم الأرض و الكون
قسم الجغرافيا و تهيئة الإقليم

مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر في الجغرافيا وتهيئة الإقليم

تخصص : مناخ، هيدرولوجيا وإقليم

تحت عنوان :

التأثيرات المناخية والبيئية للأنشطة الغازية في الجنوب الجزائري
دراسة حالة المجمع الغازي تيقنتورين بعين أميناس ولاية إيليزي

من إعداد الطالبتين :

- ملايني هديل نسيمة
- خالد خوجة ندى

تحت إشراف الأستاذ :

- غضباني طارق

لجنة المناقشة :

الأستاذ	الدرجة	الصفة
صانع بوعلام	أستاذ مساعد –أ-	رئيسا
غضباني طارق	أستاذ التعليم العالي	مشرفا
زعيمن فؤاد	أستاذ محاضر –ب-	ممتحنا

السنة الجامعية : 2025-2026

بسم الله الرحمن الرحيم
Bismillahirrahmanirrahim

شكر وتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، و بفضله تنجز الأعمال و تتحقق الغايات

الحمد لله الذي أنار لنا طريق العلم ووفقنا لإتمام هذا العمل فله الحمد والشكر على توفيقه وعونه

نتقدم نحن الطالبتين ملايني هديل نسيمة و خالد خوجة ندى بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ المشرف غضباني طارق على توجيهاته العلمية القيمة وملاحظاته البناءة ومتابعته المستمرة التي ساهمت في إنجاز هذه المذكرة في أفضل الظروف.

كما نتوجه بالشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة الأستاذ صانع بوعلام والأستاذ زعيمن فؤاد على قبولهم تقييم هذا العمل وتصويبه.

كما نخص بالشكر الأخت ملايني نعيمة على دعمها ومساندتها التي كان لها أثر كبير في إتمام هذا العمل.

ولا يفوتنا أن نتقدم بالشكر إلى السيد أو الدور سعيد، مدير مجمع تيقنتورين بالشراكة على إتاحته فرصة إجراء التربص الميداني بالمجمع.

ونتقدم كذلك بجزيل الشكر إلى مهندسي وإطارات قسم الصحة والسلامة والبيئة (HSE) بمجمع تيقنتورين على حسن استقبالهم، وتعاونهم، وتوفيرهم للمعلومات اللازمة خلال فترة التربص، ونخص بالذكر المهندسين السيدة بن صافي فتيحة و السيد ترغيني محمد فؤاد على تأطيرهما ومرافقتهما لنا.

نتوجه بالشكر إلى السيد رمضان المداني، رئيس مصلحة الوقاية، على توجيهاته ومساعدته القيمة،

وإلى السيد ملواح محمد أمين على دعمه وتعاونه خلال فترة التربص.

وفي الأخير، نتقدم بالشكر والعرفان إلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل، فلكل هؤلاء خالص التقدير والامتنان.

﴿وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

﴿ اهْـدَاء ﴾

بِسْـــمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيـــمِ

الحمد لله الذي وفقني وأعانني على إتمام هذا العمل، وما كان لهذا النجاح أن يتحقق لولا فضله وتوفيقه.

أهدي ثمرة جهدي هذا...

إلى روح أبي الغالي رحمه الله الذي كان أول سند لي ومنبع قوتي وإصراري، إلى من ترك في قلبي أثرا لا يزول، وإلى ذكراه التي كانت دائما دافعا لي لأواصل الطريق وأحقق ما حلمت به. أسأل الله أن يجعل هذا العمل صدقة جارية له وأن يسكنه فسيح جناته.

إلى أمي الحبيبة، مصدر الحنان والدعم، التي كانت دائما بجانبي بدعائها وصبرها وتشجيعها، لكِ مني كل الحب والامتنان، فبفضلك بعد الله وصلت إلى هذه المرحلة.

إلى إخوتي وأخواتي، سندي في الحياة، وخاصة أختي ملايني نعيمة، التي كان لها فضل كبير في إنجاز هذا العمل بدعمها ومساندتها ووقوفها معي في كل الظروف، شكرا من القلب.

إلى كل عائلة ملايني، كبيرهم وصغيرهم على محبتهم واحتوائهم وتشجيعهم الدائم.

إلى زملائي وزميلاتي" CHT FAMILY" عائلتي الثانية، شكرا لكل من ترك بصمة جميلة في هذه التجربة، ولكل من قدم لي الدعم والمساعدة.

وإلى أولئك الذين كانوا مصدرا للإلهام والقوة في لحظات التعب، الذين علموني أن الأحلام تستحق السعي، وأن الاستمرار هو طريق الوصول... شكرا لأنكم كنتم جزءا من رحلتي بطريقة أو بأخرى.

أهديكم جميعا هذا العمل بكل فخر وامتنان.

هديل

﴿وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

﴿ اهْـدَاء ﴾

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله أولًا وآخرًا، الذي بنعمته تتم الصالحات، وبتوفيقه يكتمل كل نجاح، فله سبحانه الحمد والشكر على ما وفقني إليه.

أتقدم بخالص الامتنان إلى أمي الغالية، صاحبة الفضل بعد الله، على حبها وتضحياتها ودعواتها التي كانت خير سندٍ لي طوال هذا المشوار.

كما أتوجه بالشكر إلى أختي العزيزة مروى وأخي العزيز عادل، على دعمهما المتواصل وتشجيعهما الدائم، فكانا خير عونٍ لي.

ولا أنسى صديقاتي العزيزات، اللواتي رافقنني في هذه الرحلة وساندنني بكلماتهن الصادقة ومواقفهن الجميلة، فلهن مني كل الشكر والتقدير.

أسأل الله أن يجزيهم جميعًا خير الجزاء، وأن يديمهم نعمةً في حياتي.

ندى

مدخل عام

المقدمة العامة

تعد البيئة نظام متكامل يضم مجموعة من العناصر الطبيعية والبشرية التي تتفاعل فيما بينها بشكل مستمر، حيث يعتمد استقرار هذا النظام على التوازن بين مختلف مكوناته. وقد أدى التطور الصناعي المتسارع خلال العقود الأخيرة إلى زيادة الضغط على الموارد الطبيعية، مما جعل القضايا البيئية من أبرز التحديات التي تواجه المجتمعات الحديثة، خاصة في المناطق التي تعرف تمركزا للأنشطة الطاقوية.

وتعتبر الجزائر من الدول التي يعتمد اقتصادها بدرجة كبيرة على استغلال المحروقات، لاسيما الغاز الطبيعي، الذي يمثل موردا استراتيجيا ومصدرا أساسيا للطاقة. ويعد مجمع تيقنتورين الغازي الواقع بمنطقة عين أميناس بولاية إيليزي من أهم المجمعات الغازية في الجزائر، نظرا لدوره في إنتاج ومعالجة الغاز الطبيعي وتلبية احتياجات السوق الوطنية والدولية.

ورغم الأهمية الاقتصادية لهذا النشاط، إلا أن عمليات استخراج الغاز ومعالجته ونقله ترتبط بمجموعة من التأثيرات البيئية، تتمثل أساسا في الانبعاثات الغازية، واستهلاك الموارد الطبيعية، وإنتاج النفايات، إضافة إلى مساهمتها في انبعاث الغازات الدفيئة المرتبطة بظاهرة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية.

وتزداد أهمية دراسة هذه التأثيرات في الوسط الصحراوي الذي يحتضن مجمع تيقنتورين، نظرا لما يتميز به من هشاشة بيئية وحساسية كبيرة تجاه مختلف الضغوط الطبيعية والبشرية، الأمر الذي يجعل تحقيق التوازن بين استغلال الموارد الطاقوية والمحافظة على البيئة من أهم التحديات المطروحة.

ومن هذا المنطلق، جاءت هذه الدراسة لتتناول التأثيرات البيئية والمناخية للنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين بعين أميناس، من خلال تحديد أهم الجوانب البيئية المرتبطة بالنشاط، وتحليل مساهمتها في التأثير على البيئة والمناخ، مع إبراز الإجراءات المعتمدة داخل المجمع للحد من هذه التأثيرات وتعزيز الأداء البيئي.

الإشكالية

رغم الأهمية الاقتصادية والاستراتيجية التي يحتلها مجمع تيقنتورين في إنتاج ومعالجة الغاز الطبيعي، فإن طبيعة الأنشطة التشغيلية المرتبطة به تثير العديد من التساؤلات حول مدى تأثيرها على البيئة والمناخ، خاصة في ظل حساسية الوسط الصحراوي الذي يحتضن هذا المجمع، وما يتطلبه ذلك من إجراءات فعالة للحد من مختلف الآثار المحتملة.

بناء على هذا، تطرح هذه الدراسة الإشكالية الرئيسية التالية :

ما مدى مساهمة النشاط الغازي بمجمع تيقنتورين في التأثير على البيئة والمناخ داخل المحيط الصحراوي، وما هي الإجراءات المطبقة للحد منها ؟

الأسئلة الفرعية

1. ما هي أهم الجوانب البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي في مجمع تيقنتورين ؟
2. كيف يتم تقييم درجة خطورة هذه الجوانب البيئية وفقاً للمنهجية المعتمدة ؟
3. ما هي مصادر الانبعاثات الغازية والسائلة والصلبة الناتجة عن عمليات الإنتاج والمعالجة ؟
4. كيف تؤثر هذه الانبعاثات على جودة الهواء والمياه والتربة، وكذلك على المناخ ؟
5. ما هي الإجراءات التقنية والتنظيمية المطبقة من طرف المجمع للحد من هذه التأثيرات ؟
6. ما مدى فعالية هذه الإجراءات في تحقيق التسيير البيئي المستدام ؟

الفرضيات

انطلاقا من الإشكالية الرئيسية والأسئلة الفرعية، وبالاعتماد على الإطار النظري وطبيعة موضوع الدراسة، تم صياغة الفرضيات التالية :

- ✓ يرتبط النشاط الغازي بمجمع تيقنتورين بمجموعة من الجوانب البيئية الناتجة عن مختلف العمليات التشغيلية، والتي تختلف أهميتها حسب طبيعة النشاط ومصدر التأثير.
- ✓ تساهم عمليات استخراج ومعالجة الغاز الطبيعي في توليد انبعاثات ومخلفات قد تؤثر بدرجات متفاوتة على مكونات البيئة والمناخ داخل مجال الدراسة.
- ✓ تختلف درجة خطورة الجوانب البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي باختلاف خصائص مصدر التأثير وطبيعته ومستوى التحكم فيه وفق منهجية التقييم المعتمدة.
- ✓ تساهم العوامل الطبيعية، خاصة الظروف المناخية واتجاهات الرياح، في تحديد نطاق انتشار بعض التأثيرات الناتجة عن الانبعاثات الهوائية داخل مجال الدراسة.
- ✓ يعد الغاز الطبيعي مصدرا طاقويا أقل تأثيرا على البيئة مقارنة بباقي المحروقات عند مرحلة الاستعمال النهائي، غير أن عمليات استخراجه ومعالجته ونقله قد ترتبط بآثار بيئية ومناخية تستوجب التقييم والمتابعة.

أهداف الدراسة

- ✓ التعرف على طبيعة النشاط الغازي بالمجمع ومختلف العمليات المرتبطة بإنتاج ومعالجة الغاز الطبيعي.
- ✓ تحديد وتصنيف الجوانب البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي في مجمع تيقنتورين حسب الأوساط المتأثرة (الهواء، الماء، التربة، المناخ).
- ✓ تقييم درجة خطورة الجوانب البيئية وفق المنهجية المعتمدة، وتحديد أهم التأثيرات الناتجة عنها.
- ✓ تحليل تأثير الانبعاثات الناتجة عن النشاط الغازي على مكونات البيئة، خاصة الهواء والمياه والتربة، إضافة إلى علاقتها بالتغيرات المناخية.
- ✓ عرض الإجراءات التقنية والتنظيمية المطبقة للحد من التأثيرات البيئية في كل وسط، وتقييم مدى فعاليتها.

أسباب اختيار الموضوع

✓ موضوع التأثيرات البيئية والمناخية للنشاط الغازي في المناطق الصحراوية من الموضوعات التي لم تحظ بدراسات ميدانية كافية خصوصا من المنظور الجغرافي البيئي عامة و في الجزائرخاصة، مما جعل اختياره فرصة لتقديم إضافة معرفية ميدانية في هذا المجال.

✓ ارتباط الموضوع بالتجربة الميدانية خلال فترة التربص بمجمع تيقنتورين الغازي، الذي يعد من المنشآت الغازية المهمة في الجزائر، مما أتاح فرصة التعرف عن قرب على طبيعة النشاطات التشغيلية والجوانب البيئية المرتبطة بها، مما سهل جمع المعطيات الميدانية والوثائق الرسمية.

✓ أهمية دراسة العلاقة بين الأنشطة الصناعية والوسط الطبيعي، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بخصائص بيئية هشة وقابلة للتأثر بمختلف التدخلات البشرية.

✓ الحاجة إلى فهم مصادر التأثيرات البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي وتحليل انعكاساتها على مكونات البيئة و المناخ.

✓ المساهمة في إبراز دور التقييم البيئي والإجراءات الوقائية في الحد من التأثيرات الناتجة عن الأنشطة الطاقوية وتحسين التسيير البيئي للمشاريع الصناعية.

منهجية البحث

اعتمدت هذه الدراسة على مجموعة من المناهج والأدوات العلمية التي سمحت بتحليل التأثيرات البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين، وذلك من خلال :

1. **المنهج الوصفي التحليلي :** تم الاعتماد عليه لوصف طبيعة النشاط الغازي ومختلف مراحله، إضافة إلى تحديد الجوانب البيئية المرتبطة بالعمليات التشغيلية وتحليل تأثيراتها على مكونات البيئة.
2. **منهج دراسة الحالة :** تم تطبيق هذا المنهج من خلال دراسة مجمع تيقنتورين بعين أميناس كنموذج تطبيقي، حيث أتاح التربص الميداني (الممتد من 24 أفريل إلى 11 ماي 2026) فرصة المعاينة المباشرة لعمليات الإنتاج والمعالجة بالمجمع، والاطلاع على الوثائق التقنية والسجلات البيئية. كما تم إجراء مقابلات ميدانية مع إطارات ومهندسي مصلحة البيئة (Service Environnement) التابعة لقسم الصحة والبيئة والسلامة (Division HSE)، بهدف جمع المعطيات المتعلقة بالجوانب البيئية، مصادر الانبعاثات، طرق التقييم، والإجراءات المطبقة للحد من التأثيرات بالإضافة إلى مقابلات مع بعض المسؤولين في قسم الموارد البشرية (HR) بخصوص الجانب السوسيو-اقتصادي للمجمع.

3. **تحليل الوثائق والمعطيات :** اعتمدت الدراسة على ثلاث مصادر رئيسية :

سجل الجوانب والآثار البيئية (IA Aspects Register) لتحديد الجوانب البيئية وتقييم درجات خطورتها.

قاعدة بيانات مشاريع خفض الغازات الدفيئة وترشيد استهلاك الطاقة (GHG Tracker) لتحليل إجراءات خفض الانبعاثات.

التقرير البيئي الرسمي للمجمع (EIE) للحصول على المعطيات الأساسية المتعلقة بالأداء البيئي للمنشأة.

4. **الخرائط (Google Earth Engine،ArcGIS) :** تم الاعتماد عليهم لتحليل التوزيع المجالي لبعض التأثيرات البيئية، خاصة انتشار الملوثات ومناطق التعرض للخطر، وربطها بالعوامل الطبيعية المؤثرة مثل اتجاهات الرياح .

5. **التحليل والمناقشة :** تمت معالجة النتائج المتحصل عليها ومناقشتها من خلال مقارنة المعطيات وتحليل فعالية الإجراءات البيئية المعتمدة للحد من التأثيرات المرتبطة بالنشاط الغازي.

تنظيم المذكرة

تم تقسيم هذه المذكرة إلى ثلاثة فصول رئيسية :

يتناول الفصل الأول الإطار النظري والمفاهيمي للدراسة، حيث تم التطرق إلى المفاهيم الأساسية المرتبطة بالبيئة، التغيرات المناخية، التلوث البيئي، ودراسة الأثر البيئي، إضافة إلى خصوصيات الوسط الصحراوي وعلاقة الأنشطة الطاقوية بالتأثيرات البيئية.

أما الفصل الثاني فيخصص لدراسة الخصائص الطبيعية لبلدية عين أميناس بصفتها المجال الذي يحتضن المجمع، و التعريف بمجمع تيقنتورين، من خلال عرض مراحل إنتاج الغاز الطبيعي و دراسة الجانب السوسيو-اقتصادي.

بخصوص الفصل الثالث ركز على تقييم التأثيرات البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي، من خلال تحليل الجوانب البيئية، مصادر الانبعاثات، توزيع انتشار الملوثات، مستويات التعرض للخطر، إضافة إلى دراسة الإجراءات المتخذة للحد من هذه التأثيرات.

وتختتم الدراسة بخاتمة عامة تلخص أهم النتائج المتوصل إليها وتقترح بعض التوصيات المرتبطة بتحسين التسيير البيئي للنشاط الغازي.

الفصل الأول

الإطار النظري و المفاهيمي العام للدراسة

مقدمة الفصل

تمثل المفاهيم النظرية الأساس الذي تعتمد عليه الدراسات العلمية لفهم وتحليل مختلف الظواهر البيئية والمناخية. وتبرز أهمية ضبط هذه المفاهيم عند دراسة تأثيرات الأنشطة الصناعية والطاقوية على البيئة، باعتبارها أنشطة مرتبطة بمصادر متعددة للتأثيرات والانبعاثات.

تعد البيئة نظام متكامل يضم مكونات طبيعية وبشرية مترابطة، وقد أدى تزايد الأنشطة البشرية، خاصة الصناعية والطاقوية، إلى ظهور اختلالات بيئية من أبرزها التلوث والتغيرات المناخية. كما يعتبر قطاع استغلال الغاز الطبيعي من الأنشطة التي يمكن أن ترتبط بانبعاثات تؤثر على جودة الهواء والموارد الطبيعية والأنظمة البيئية المحيطة.

يهدف هذا الفصل إلى تقديم الإطار النظري المرتبط بموضوع الدراسة، من خلال التطرق إلى مفهوم البيئة ومكوناتها، ثم عرض مفاهيم التغيرات المناخية وأسبابها وتأثيرات الأنشطة الطاقوية عليها. كما يتناول مفهوم التلوث البيئي مع التركيز على التلوث الصناعي وملوثات الهواء، إضافة إلى دراسة الأثر البيئي كأداة لتقييم تأثيرات المشاريع الصناعية. ويعرض الفصل في نهايته خصائص الوسط الصحراوي الجزائري ومدى هشاشة أنظمته البيئية أمام مختلف الضغوطات.

يشكل هذا الفصل قاعدة مفاهيمية يعتمد عليها الجانب التطبيقي من الدراسة في تحليل التأثيرات البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي لمجمع تيقنتورين.

1. مفهوم البيئة

تعرف البيئة في القانون الجزائري رقم **03-10** المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة بأنها :

"الموارد الطبيعية اللاحيوية والحيوية كالهواء والجو والماء والأرض وباطن الأرض والنبات والحيوان، بما في ذلك التراث الوراثي، وأشكال التفاعل بين هذه الموارد، وكذا الأماكن والمناظر والمعالم الطبيعية"[1].

وإلى جانب هذا التعريف القانوني، تعرف البيئة في الدراسات الجغرافية والبيئية بأنها الإطار المكاني الذي يتفاعل فيه الإنسان مع العناصر الطبيعية، وتشمل جميع المكونات الطبيعية (الهواء، الماء، التربة، المناخ، الكائنات الحية) والبشرية (الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية)، في نظام متكامل يتأثر أي خلل فيه بباقي العناصر.

وتتميز البيئة بكونها نظام مفتوح ومعقدا، حيث تتفاعل داخله عناصر فيزيائية وكيميائية وبيولوجية وبشرية، مما يجعل أي تغير في أحد عناصرها يؤدي إلى اختلالات تنعكس على باقي المكونات. وتكتسي هذه الخصوصية أهمية بالغة في المناطق الصحراوية، التي تعرف هشاشة في أنظمتها البيئية وقلة في مواردها المائية، مما يجعلها أكثر عرضة للتأثر بالتدخلات البشرية (UNEP, 2022) .

1.1 مكونات البيئة

يتكون النظام البيئي من مجموعة من العناصر المترابطة التي تشكل نظام متكامل، ويمكن تصنيفها إلى مكونات طبيعية وأخرى بشرية، حيث لا يمكن دراسة أحدهما بمعزل عن الآخر.

المكونات الطبيعية

تشمل العناصر الطبيعية جميع العوامل التي لم يتدخل الإنسان في تكوينها، وهي الأساس الذي تقوم عليه الحياة في مختلف البيئات الجغرافية و تتمثل في :

الغلاف الجوي : يتحكم في الظروف المناخية ويؤثر في توزيع الأمطار والرياح والرطوبة، وهي عوامل تؤثر مباشرة على الأنشطة البشرية، خاصة في المناطق الصحراوية التي تسودها ظروف مناخية قاسية.

الغلاف المائي : يشمل المياه السطحية والجوفية، ويعد عنصر أساسي لاستمرار الأنظمة البيئية والأنشطة البشرية. وفي المناطق الجافة، يرتبط توفر المياه بتوزيع السكان واستقرار النشاط الاقتصادي، كما أن تلوثها يشكل خطرا بيئيا كبيرا نظرا لصعوبة تعويضها.

الغلاف الصخري : هو الطبقة الأساسية للأرض، ويتكون من التربة والصخور والخصائص الجيولوجية المرتبطة بها كما يحدد نوع التربة، بالإضافة إلى البنية الجيولوجية، جودة الغطاء النباتي، واستخدامات الأراضي، وتوزيع الموارد الطبيعية، وخاصة موارد الطاقة التي تميز بعض المناطق الصحراوية .

القانون الجزائري رقم 03-10 المؤرخ في 19 يوليو 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، المادة 3، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد 46، ص 6.

الغلاف الحيوي : يصف الغلاف الحيوي مختلف أشكال الحياة النباتية والحيوانية التي تعيش في البيئة الطبيعية . وهو مؤشر رئيسي على التوازن البيئي، إذ تعكس حالة الغطاء النباتي وحالة التنوع البيولوجي صحة النظام البيئي بشكل مباشر في الصحاري حيث عادة ما يكون الغطاء النباتي منخفض والتنوع البيولوجي أقل، مما يجعلها أكثر هشاشة بيئيا.

المكونات البشرية

تشمل المكونات البشرية مختلف الأنشطة التي يمارسها الإنسان داخل الوسط الطبيعي بهدف استغلال الموارد المتاحة وتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية. ومع التطور السكاني والتكنولوجي، أصبح الإنسان عامل رئيسي في التغيرات البيئية نتيجة تزايد الضغط على الموارد الطبيعية.

وتتمثل هذه المكونات في عدة أنشطة، من أبرزها الأنشطة الصناعية والطاقوية، والتوسع العمراني، وتطوير البنى التحتية وشبكات النقل. وقد ساهم هذا التطور في زيادة الضغوط على البيئة، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بهشاشة أنظمتها البيئية.

ويعد النشاط الطاقوي، خاصة استغلال الغاز الطبيعي، من أهم مظاهر التدخل البشري في الأوساط الصحراوية، حيث يعتمد على منشآت صناعية وتجهيزات تقنية واسعة، مما يؤدي إلى تغيرات في استخدامات الأراضي وزيادة الضغط على الموارد المائية، وهو ما قد يخل بالتوازن البيئي العام.

2.1 علاقة الإنسان بالبيئة

توصف العلاقة بين الإنسان والبيئة بأنها علاقة تفاعل وتأثير متبادل، حيث يعتمد الإنسان على البيئة لتلبية احتياجاته الأساسية، بينما تؤثر أنشطته الاقتصادية والاجتماعية عليها. وقد تطورت هذه العلاقة عبر مراحل تاريخية مختلفة؛ ففي البداية كانت قائمة على التكيف مع الظروف البيئية، مما سمح بالحفاظ على التوازن، غير أن هذا التوازن تعرض للاضطراب تدريجياً مع تطور التقنيات واستمرار النمو السكاني، الذي أدى إلى زيادة الضغط على الموارد الطبيعية (Kopnina, 2019).

ومع انطلاق الثورة الصناعية، تغيرت طبيعة العلاقة بشكل جذري؛ إذ ارتفع استغلال الموارد بشكل مكثف، مما أدى إلى ظهور مشكلات بيئية كالتلوث وتدهور النظم البيئية. وتشير الدراسات الأنثروبولوجية إلى أن التصور الغربي لهذه العلاقة يقوم على ثنائية تفصل بين الإنسان والطبيعة، مما يبرر استغلال الموارد، بينما تقدم نماذج ثقافية أخرى رؤية أكثر تكاملا. ويتجلى هذا التأثير بشكل خاص في المناطق الصحراوية الهشة، حيث يؤدي الاستغلال غير المدروس للموارد إلى آثار طويلة الأمد يصعب معالجتها، لذلك أصبح فهم هذه العلاقة ضروريا لوضع استراتيجيات تحقق التوازن بين التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة.

بعد التطرق إلى مفهوم البيئة ومكوناتها، تعد التغيرات المناخية أحد أبرز مظاهر الاختلال البيئي الناتج عن الأنشطة البشرية.

2. التغيرات المناخية

تمثل التغيرات المناخية أحد أبرز التحديات البيئية العالمية في الوقت الحالي، نظرا لتأثيراته المباشرة وغير المباشرة على مختلف مكونات البيئة الطبيعية والبشرية. ويقصد بالتغير المناخي التحولات طويلة المدى التي تطرأ على متوسط درجات الحرارة والظروف المناخية السائدة على الأرض، سواء على المستوى المحلي أو الإقليمي أو العالمي. يشمل هذا المفهوم التغيرات التي تؤثر على عناصر المناخ المختلفة، كدرجة الحرارة، وكميات التساقط، والرياح، والرطوبة، والظواهر الجوية المتطرفة (IPCC, 2021).

وترتبط هذه التغيرات بشكل رئيسي بارتفاع تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، التي تمتص الإشعاع الحراري المنبعث من سطح الأرض وتعيد توجيهه نحوه، مما يؤدي إلى ظاهرة الاحتباس الحراري. وينجم هذا الارتفاع عن أنشطة بشرية متنوعة، على رأسها استعمال الوقود الأحفوري في الصناعة وإنتاج الطاقة وقطاع النقل، وتعد الأنشطة الطاقوية، خاصة الغازية، من بين العوامل الرئيسية التي تزيد من مستويات هذه الغازات، نتيجة عمليات الاستخراج والمعالجة والحرق والنقل.

وبالتالي، لا يمكن اعتبار التغير المناخي ظاهرة طبيعية فحسب، بل هو نتيجة تفاعل معقد بين العوامل الطبيعية والتدخل البشري، حيث أصبح الإنسان عاملا مؤثرا في إحداث اختلالات بيئية تهدد استقرار النظم البيئية وتؤثر سلبا على الموارد الطبيعية، خاصة في البيئات الهشة كالمناطق الصحراوية.

1.2 أسباب التغيرات المناخية

يرجع التغير المناخي إلى مزيج من العوامل المتداخلة التي تنقسم أساسا إلى أسباب بشرية وأخرى طبيعية. ومع ذلك، تجمع الدراسات الحديثة على أن الأنشطة البشرية هي القوة الدافعة الرئيسية وراء تسارع وتيرة التغيرات المناخية في عصرنا الحالي، مقارنة بالعوامل الطبيعية التي كان تأثيرها محدوداً على فترات زمنية طويلة.

الأسباب البشرية

تعد الأنشطة البشرية المحرك الأساسي للتغيرات المناخية حاليا، بسبب وجود خلل في التوازن الطبيعي للنظام المناخي، ومن أبرز هذه الأسباب :

- **الوقود الأحفوري والأنشطة الطاقوية**

يعد حرق الوقود الأحفوري (النفط، الفحم، الغاز الطبيعي) من أهم مصادر انبعاث الغازات الدفيئة، خاصة ثاني أكسيد الكربون والميثان. ويعتبر الغاز الطبيعي أنظف أنواع الوقود الأحفوري، حيث ينتج حرقه حوالي نصف كمية ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالفحم، وملوثات أقل من أكاسيد الكبريت والنيتروجين والجسيمات الدقيقة (UNEP, 2023).
كما تشير التقديرات إلى أن حرق الغاز يطلق 30% أقل من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بزيت الوقود، و45% أقل مقارنة بالفحم (Encyclopedia of Earth, 2022).غير أن تسربات غاز الميثان أثناء الاستخراج والنقل تضعف هذه الميزة، حيث يعد الميثان غازا دفيئا أقوى بـ 84 مرة من ثاني أكسيد الكربون على المدى القصير، لذلك، توصف الطاقة الغازية

بأنها "جسر" نحو مستقبل طاقوي أنظف (Clark & Stapczynski, 2024).

وتزداد خطورة الانبعاثات في المناطق الصحراوية بسبب هشاشة الوسط البيئي وضعف قدرته على امتصاص الملوثات، مما يؤدي إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري.

- **إزالة الغطاء النباتي وقطع الغابات**

يلعب الغطاء النباتي، وبالأخص الغابات، دورا هاما في تنظيم المناخ عن طريق امتصاص ثاني أكسيد الكربون وإطلاق الأكسجين (FAO, 2023). إلا أن عمليات قطع الأشجار وإزالة الغابات بسبب التوسع العمراني أو الصناعي أو الطاقوي، تؤدي إلى تقليل قدرة البيئة على امتصاص الغازات الدفيئة، مما يزيد من تركيزها في الغلاف الجوي ويعزز ظاهرة الاحتباس الحراري.

- **الأنشطة الزراعية و تربية الماشية**

تعد زراعة المحاصيل وتربية الماشية من أسباب التغير المناخي، حيث تساهم تربية الماشية في انبعاث غاز الميثان الناتج عن عمليات الهضم (التخمر المعوي) التي تحدث بشكل خاص في الأبقار والحيوانات المجترة (FAO, 2023).

كما أن الاستخدام المفرط للأسمدة النيتروجينية في الزراعة ينتج عنه انبعاث غاز أكسيد النيتروز، وهو غاز دفيئ قوي يؤثر سلبا عاى المناخ (IPCC, 2021).

- **المواصلات والنشاطات الصناعية**

تعتبر المواصلات بشتى أنواعها ومجالاتها من أكبر الملوثات البيئية نتيجة استخدام الوقود الاحفوري فيها بشكل كبير، بما في ذلك السيارات، الشاحنات، الطائرات، والسفن كما أن للأنشطة الصناعية وخاصة الثقيلة منها تأثير بشكل مباشر على المناخ وتغير نوعية و جودة الهواء (IPCC, 2021).

- **النفايات وما يرتبط بها**

يساهم تراكم النفايات، وخاصة البلاستيكية، في انبعاث غازات دفيئة عند حرقها أو تحللها. كما أن تصنيع المواد البلاستيكية يعتمد بشكل أساسي على مشتقات الوقود الأحفوري، مما يزيد الضغط على النظام البيئي والمناخي (UNEP, 2022).

الأسباب الطبيعية

على الرغم من أن التغير المناخي الحالي يحتمل أن يكون نتيجة مباشرة للنشاط البشري، إلا أن المناخ شهد تغيرات طبيعية عبر التاريخ ليست لها علاقة بالإنسان حيث حدثت هذه التغيرات ببطء و بطريقة تدريجية على مدى فترات زمنية طويلة وما زالت تلعب دورا صغيرافي التغيرات المناخية الحالية [1].

من بين هاته الأسباب التغير في النشاط الشمسي حيث كمية الطاقة التي تنبعث من الشمس تتحكم في درجة حرارة الأرض فالتغيرات التي يشهدها النشاط الشمسي يمكن أن تؤدي إلى إرتفاع أو إنخفاض بسيط في درجات الحرارة، لكنها لا

[1] IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, p. 8-10.

تفسر الإرتفاع الكبير المسجل في العقود الأخيرة [1].

كما أن الانفجارات البركانية تعد من العوامل الطبيعية المؤثرة في المناخ إذ تطلق كميات من الرماد و الغازات في الغلاف الجوي مما يمكن أن يسبب أحيانا انخفاضا مؤقتا في درجات الحرارة بسبب حجب جزء من أشعة الشمس، و أحيانا آخرى إلى ارتفاعها إلا أن هذا التأثير يكون قصير المدى مقارنة بالتأثير الدائم للأنشطة البشرية[2].

كذلك تساعد الظواهر المناخية الطبيعية الكبرى مثل النينو واللانينا في إحداث تقلبات مناخية مؤقتة حيث أنها تؤثر على توزيع الأمطار ودرجات الحرارة في مناطق مختلفة من الأرض و غالبا ما تتسبب في فترات جفاف في بعض المناطق و فيضانات في مناطق أخرى لكنها تبقى ظواهر مؤقتة و قصيرة الأجل وليست دائمة[3].

و من العوامل الطبيعية الأخرى دورات ميلانكوفيتش للتغيرات الفلكية و التي هي عبارة عن تغيرات طبيعية بطيئة في حركة الأرض حول الشمس مثل تغيرات ميل محورها أو شكل مدارها، وتؤثر هذه الدورات على كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض وبالتالي يمكنها أن تغير المناخ على مدى فترات طويلة جدا تصل إلى آلاف السنين كما تؤثر هذه التغيرات على كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض ويمكن استخدامها لتفسير التغيرات المناخية التي حدثت في العصور الجيولوجية القديمة، إلا أنها لا تفسر التغير المناخي السريع الذي يشهده العالم حاليا[4].

بصفة عامة يمكن القول أن التغير المناخي في الماضي نتج عن عوامل طبيعية، غير أن تأثيرها الحالي لا يزال محدودا مقارنة بتزايد الأنشطة البشرية، ولا سيما الأنشطة الصناعية والأنشطة المتعلقة بالطاقة[5].

2.2 مظاهر التغيرات المناخية

أصبحت التغيرات المناخية واضحة من خلال ظواهر مختلفة خلال الفترات الأخيرة، وذلك بحدوث عدة تحولات في العديد من العناصر المناخية مثل درجة الحرارة، التساقطات، والنظم البيئية، مما انعكس سلبا على الإنسان و الوسط الطبيعي. وتتمثل أبرز أسباب هذه التغيرات، حسب تقرير (الأمم المتحدة، 2023) في :

- **ارتفاع درجات الحرارة العالمية**

حيث تم تسجيل زيادة ملحوظة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض مقارنة بالمعدلات التي تم تسجيلها في الماضي، ويعود هذا الارتفاع إلى زيادة تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي الناتجة عن أنشطة بشرية متنوعة، لا سيما الصناعية و الطاقوية، و قد أدى هذا الارتفاع إلى تفاقم موجات الحر و تغير مواعيد الفصول و زيادة شدة الحرارة في المناطق الجافة و الصحراوية.

NASA, 2023: Solar Variability and Climate Change. NASA Science https://science.nasa.gov/sun/solar-variability-and-climate-change/ (Accessed: 2025).

USGS, 2023: Volcanoes and Climate Change. U.S. Geological Survey https://www.usgs.gov/programs/VHP/volcanoes-and-climate-change (Accessed: 2025).

NOAA, 2023: El Niño and La Niña: Frequently Asked Questions. National Oceanic and Atmospheric Administration https://www.noaa.gov/understanding-el-nino-and-la-nina (Accessed: 2025).

NASA Science, 2024: Milankovitch (Orbital) Cycles and Their Role in Earth's Climate

IPCC, 2021: op. cit., p. 15-18.

- **ذوبان الجليد وارتفاع مستوى سطح البحر**

أسفر ارتفاع درجات الحرارة في تسارع ذوبان الصفائح والأنهار الجليدية في المناطق القطبية والمناطق الجبلية العالية، ويؤدي هذا إلى ارتفاع مستوى سطح البحر، مما يشكل خطر مباشر على المناطق الساحلية والجزر المنخفضة بالإضافة إلى اختلال التوازن البيئي العالمي.

- **إضطراب في أنماط تساقط الأمطار**

تتعرض بعض المناطق للفيضانات نتيجة تساقطات غزيرة، بينما تعاني مناطق أخرى من قلة الأمطار وانعدامها ويخلق هذا الخلل بيئة تعاني من نقص المياه وانخفاض الإنتاج الزراعي وتدهور الموارد الطبيعية بشكل كبير.

- **الجفاف والتصحر**

أدت التغيرات المناخية إلى تفاقم ظروف الجفاف لا سيما في المناطق الجافة وشبه جافة فارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كمية الأمطار يؤثران بشكل مباشر على تراجع الغطاء النباتي و تدهور التربة مما يؤدي إلى حدوث ظاهرة التصحر بوتيرة أسرع وتعد هذه الظاهرة من أخطر نتائج التغيرات المناخية خاصة في المناطق الصحراوية.

- **تزايد حدة الظواهر المناخية المتطرفة**

شهدت مناطق عديدة على سطح الأرض تزايد في حدوث الظواهر المناخية الجوية المتطرفة، بما في ذلك العواصف الشديدة والفيضانات و موجات الحر والعواصف الرملية، و تؤثر هذه الظواهر بشكل مباشر على النشاط البشري و البنى التحتية كما أنها تلحق الضرر بالنظم البيئية وتؤدي إلى ضعفها و هشاشتها.

- **التأثير على النظم البيئية**

النتيجة المباشرة للتغيرات المناخية هي إختلال النظام البيئي إذ سيتغير توزيع الكائنات الحية وهجرة بعضها و ظهور أنواع أخرى في مناطق غير موطنها الأصلي، كما تتأثر الأنظمة البيئية الصحراوية بشكل خاص، نظرا لقدرتها المحدودة على التكيف مع التغيرات السريعة.

3. التلوث البيئي و التلوث الصناعي

1.3 التلوث البيئي

تساهم الأنشطة البشرية، خاصة في المناطق الحضرية والصناعية، في تفاقم مشكلة التلوث البيئي.

يعرف المشرع الجزائري التلوث في القانون رقم **03-10** بأنه : كل تغيير مباشر أو غير مباشر للبيئة، يتسبب فيه كل فعل يحدث أو قد يحدث وضعية مضرة بالصحة وسلامة الإنسان والنبات والحيوان والهواء والجو والماء والأرض والممتلكات الجماعية والفردية [1].

كما يعرف الفقه القانوني التلوث بأنه وجود أي مادة أو طاقة في البيئة الطبيعية بغير كيفيتها، أو في غير مكانها أو زمانها، بما من شأنه الإضرار بالكائنات الحية أو بالإنسان في أمنه أو صحته أو راحته[2].

ويمكن أن تحدث هذه التغيرات نتيجة إدخال مواد صلبة أو سائلة أو غازية إلى البيئة، أو بسبب الإفراط في إطلاق الحرارة أو الإشعاع أو الضوضاء، مما يسبب خللا في خصائص مكونات البيئة ووظائفها. وفي حال الإفراط في إدخال هذه الملوثات، فإنها تفوق قدرة النظام البيئي على استيعابها، أي أنه لن يكون قادرا على امتصاصها أو تحليلها أو تجديدها إلى المستوى الذي كان عليه من قبل.

تنعكس آثار هذه الملوثات سلبا على العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية داخل النظام البيئي، ويظهر ذلك في تدهور خصائص البيئة وتهديد صحة الإنسان واستدامة النظم البيئية.

تتعدد أنواع التلوث بين الهواء والماء والتربة، وهي جميعها تخل بالتوازن الطبيعي وتؤذي الكائنات الحية. وينبغي التأكيد هنا على أن البيئات الحساسة كالصحاري لا تمتلك قدرات التعافي الطبيعية نفسها التي تتمتع بها البيئات الأخرى، بل إن قدرتها أقل منها، مما يجعلها أكثر عرضة لتأثيرات التلوث. لذلك، يتطلب الحفاظ على هذه المناطق تركيزا أكبر على الوقاية وتطبيق ممارسات صارمة لمكافحة التلوث أو التخفيف من آثاره.

1.1.3 أنواع التلوث البيئي في الوسط الصحراوي

تلوث الهواء

يعد تلوث الهواء من أكثر أنواع التلوث انتشارا، إذ ينتقل لمسافات بعيدة من مصدره. فإلى جانب الدخان المرئي، يشمل أيضا جزيئات دقيقة مجهرية مثل (PM10) و (PM2.5) وغازات سامة قد تبقى في الهواء لأيام أو أسابيع، مسببة أضرارا للإنسان والبيئة (منظمة الصحة العالمية، 2023).

المادة 4 من القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 يوليو 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد 43.

د. ماجد راغب الحلو، قانون حماية البيئة في ضوء الشريعة، الإسكندرية، منشأة المعارف، 2002، ص 40 وما بعدها

➢ مصادره في المناطق الصناعية

يتأثر تلوث الهواء الناتج عن الصناعات بالعديد من الانبعاثات الناجمة عن الأنشطة الصناعية، أهمها :

- **ثاني أكسيد الكربون (CO_2) :** يساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ العالمي (IPCC, 2021).
- **أكاسيد النيتروجين (NOx) :** تصنف كملوثات أولية تساهم بشكل مباشر في تشكيل الأوزون السطحي الضار (O_3) كملوث ثانوى؛ ويحدث ذلك نتيجة تفاعل كيميائي ضوئي (Photochemical) بين هذه الأكاسيد والمركبات العضوية المتطايرة تحت تأثير أشعة الشمس ودرجات الحرارة المرتفعة، وهو التفاعل الأساسي المسؤول عن تشكل الضباب الدخاني (Smog) (وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2023).
- **المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) :** هي مركبات كيميائية عضوية تنبعث كغازات من بعض المواد الصلبة أو السائلة، وتشمل مجموعة واسعة من المواد الكيميائية التي قد يكون لها تأثيرات صحية ضارة قصيرة وطويلة الأمد [1].
- **الغازات الناتجة عن الحرق الصناعي (Flaring) :** يعتبر الحرق الصناعي (Flaring) من أبرز مصادر التلوث الهوائي في صناعة النفط والغاز، حيث يتم حرق الغاز الفائض لأسباب تتعلق بالسلامة أو لعدم توفر البنية التحتية لنقله. وتنبعث من هذه العملية ملوثات خطيرة، أبرزها : أول أكسيد الكربون (CO) الناتج عن الاحتراق غير الكامل، وأكاسيد النيتروجين (NOx) والكبريت (SO_2) المساهم في الأمطار الحمضية، والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) كالبنزين، بالإضافة إلى غاز الميثان (CH_4) القوي في الاحتباس الحراري (Earthworks) .
- **أكاسيد الكبريت (SO_2) :** يعتبر أحد الملوثات الهوائية الناتجة عن الأنشطة الصناعية، خاصة في محطات توليد الطاقة ومصافي النفط، حيث يتشكل عند حرق الوقود الأحفوري المحتوي على الكبريت، كما يعد هذا الغاز من العوامل المساهمة في مشاكل الجهاز التنفسي، كما يتفاعل مع بخار الماء في الجو مكونا حمض الكبريتيك، وهو السبب الرئيسي في تكون الأمطار الحمضية التي تؤثر سلبا على التربة والمسطحات المائية (EPA).

لماذا تتأثر المناطق الصحراوية سلبا أكثر من غيرها ؟

تتأثر المناطق الصحراوية بتلوث الهواء بشكل أكبر من غيرها لعدة أسباب، فالرياح القوية تحمل الملوثات لمسافات طويلة، مما يجعل التلوث إقليميا بدلا من محليا. كما أن جفاف الهواء وقلة الغطاء النباتي يقللان من قدرتها الطبيعية على تنقية الهواء. وتعمل العواصف الرملية على إعادة نشر الجسيمات الملوثة من المناطق الصناعية والطرق ومكبات النفايات، مما يضاعف تأثيرها على الجهاز التنفسي. بالإضافة إلى ذلك، تسرع درجات الحرارة المرتفعة بعض التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى تكون ملوثات ثانوية في ظروف معينة (منظمة الصحة العالمية، 2025).

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2014), "Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality, https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality

تلوث المياه

في المناطق الصحراوية، يعد تلوث المياه خطر بالغ على النظام البيئي وصحة السكان، وذلك لأن الموارد المائية محدودة وتعتمد بشكل كبير على المياه الجوفية التي تشكل المصدر الرئيسي للسكان والأنشطة الاقتصادية، وخاصة الصناعية والطاقوية، كما أشارت منظمة The Groundwater Project إلى أن المياه الجوفية تمثل حوالي 99% من إجمالي المياه العذبة السائلة على وجه الأرض، مما يبرز الدور الحيوي لهذا المورد في دعم الحياة والأنشطة البشرية في المناطق الجافة (The Groundwater Project) .

وتتعدد طرق تلوث المياه، وقد تكون أحيانا بدون مؤشرات مرئية واضحة، مما يزيد من خطورتها. من أبرز المصادر المحتملة نذكر :

- وجود مواد كيميائية في المياه الجوفية نتيجة سوء التخزين أو الحوادث الصناعية أو غياب إجراءات السلامة و الوقاية .
- تصريف المياه الصناعية أو مياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة بشكل غير كاف والتي تحتوي على تراكيز عالية من الأملاح و المواد السامة و الزيوت .
- تسربات الغاز أو النفط التي تعرض طبقات التربة للتلوث ثم تنتقل تدريجيا إلى الخزانات الجوفية عبر التسرب الطبيعي من التربة الملوثة .
- تغير الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية مثل تملحها أو تغير تركيبها الكيميائي بسبب استخراج النفط والغاز أو حقن المياه المصاحبة لبعض الأنشطة الطاقوية .

و تزداد خطورة هذا النوع من التلوث في المناطق الصحراوية لأن الاعتماد على المياه الجوفية يكون بشكل رئيسي و لأن بديلها قليل و مكلف فإن تلوثها يعني :

تهديد مباشر لصحة الإنسان و خلق تحديات و خلافات إجتماعية من خلال جعل الحصول على مياه شرب آمنة أمر صعب و ارتفاع تكلفة علاج الأمراض التي تسببها الملوثات، كما يصبح التدخل أكثر صعوبة و تعقيدا إذ أن تنقية المياه الجوفية بعد تلوثها تعد عملية بطيئة و معقدة قد تستغرق سنوات عديدة

تلوث التربة

تتأثر التربة بشكل مباشر بالأنشطة الصناعية، خاصة في حقول استغلال الطاقة، حيث تستقبل ترسبات ومخلفات وتسريبات مختلفة، وتنعكس هذه التلوثات على خصائص التربة الطبيعية والكيميائية، مما يؤثر في الكائنات الدقيقة والنباتات، ويمتد خطرها إلى المياه الجوفية.

تتنوع مصادر التلوث لتشمل بقايا عمليات الحفر والمعالجة، وما تتسرب به الأنابيب أو خزانات التخزين من زيوت ووقود، إضافة إلى ما يتراكم عبر الغبار الصناعي من معادن ثقيلة ومركبات سامة، أو ما تحمله النفايات السائلة من مواد ملوثة.

تكتسب التربة الصحراوية حساسية مضاعفة تجاه التلوث، لندرة المواد العضوية وقلة الكائنات الحية الدقيقة القادرة

على تحليل الملوثات. كما أن انعدام الرطوبة وارتفاع الحرارة يبطئان العمليات البيولوجية المسؤولة عن التعافي. وغياب الغطاء النباتي يجعل الرياح وسيلة لنشر الملوثات عبر العواصف الرملية بدلا من أن تبقى محصورة في مكانها. والأكثر إثارة للقلق أن هذه الملوثات تظل تترشح ببطء نحو المياه الجوفية، محدثة تهديدا طويل الأمد.

تتسبب هذه الملوثات في تقليص القدرة الإنتاجية للتربة وتدهور خصوبتها بشكل حاد؛ كما ترفع من مخاطر ترشيح وتدفق المواد السامة نحو خزانات المياه الجوفية، مستغلة النفاذية العالية للتربة الرملية. وفي ظل غياب الرطوبة وبطء عمليات التعافي الطبيعي في البيئات الجافة، تظل هذه الأراضي غير صالحة للاستغلال لفترات زمنية ممتدة، مما يجعل مشاريع استصلاحها بيئيا عملية معقدة وعالية التكلفة (FAO, 2022).

2.3 التلوث الصناعي وخصائصه في الوسط الصحراوي

يشير التلوث الصناعي إلى الأضرار التي تلحق بمكونات النظام البيئي نتيجة الأنشطة الصناعية المختلفة، بما في ذلك استخراج المواد الخام، والتصنيع، وتخزين المنتجات ونقلها. ولا يقتصر هذا التلوث على نوع واحد، بل يتخذ أشكال متعددة : فيزيائية (كالضوضاء والحرارة)، وكيميائية (كالغازات والمعادن الثقيلة)، وبيولوجية (كالنفايات العضوية) .

تتميز المناطق الصحراوية بخصائص تجعلها أكثر عرضة للتلوث الصناعي من غيرها، حيث يحد جفاف الصحاري وهشاشة أنظمتها البيئية من قدرتها على امتصاص الملوثات وتحليلها وإعادة تدويرها، مقارنة بالبيئات الرطبة أو المعتدلة. ولذلك، فإن أي نشاط صناعي في الصحراء، مهما كان حجمه، يترك أثر بيئي طويل الأمد قد يستمر لعقود (البنك الدولي، 2021).

1.2.3 مصادر التلوث الصناعي في المناطق الصحراوية

تتنوع مصادر التلوث الصناعي في الأوساط الصحراوية، ويمكن حصرها في ثلاث مجموعات رئيسية :

الصناعات الاستخراجية

تشمل هذه الصناعات مشاريع استخراج النفط والغاز، و استخراج المعادن والمواد الخام الثمينة من باطن الأرض أو من سطحها، تؤثر هذه الأنشطة بشكل مباشر على قشرة الأرض مسببة تشوهات في السطح وإحداث فراغات وتجاويف باطنية، كما تؤدي عمليات الحفر والتنقيب إلى تدهور جودة التربة، وتسهيل تدفق المواد الكيميائية وسوائل الحفر نحو طبقات المياه الجوفية (البنك الدولي، 2021).

وقد أظهرت دراسة حديثة أجرتها هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في صحراء نيو ميكسيكو أن التصريفات غير القانونية لمياه الصرف الناتجة عن النفط والغاز أدت إلى زيادة مستويات الصوديوم والكلوريد والبروميد في التربة، مما تسبب في تغيرات كبيرة في التركيبة البكتيرية للتربة (USGS, 2024).

الصناعات التحويلية

تشمل هذه الصناعات مصافي النفط ومحطات معالجة الغاز الطبيعي ومصانع البتروكيماويات ومحطات توليد الطاقة. وتستهلك هذه الصناعات كميات كبيرة من موارد المياه، و تنتج نفايات سائلة وغازية وصلبة، وتتطلب مساحات شاسعة من الأراضي لإنشاء البنية التحتية مما يؤدي إلى تدهور الغطاء النباتي وتغيير أنماط استخدام الأراضي (البنك الدولي، 2021).

البنية التحتية المرتبطة بالصناعة

تشمل هذه البنية شبكات النقل (الطرق، والسكك الحديدية، وخطوط الأنابيب)، المستودعات ومرافق التخزين ومساكن العمال، ويمكن لهذه المرافق أن تجزئ النظم البيئية (والمقصود بها تقسيم الأراضي الطبيعية الشاسعة إلى أجزاء صغيرة ومنفصلة مما يضعف توازنها)، تعيق الهجرة البيولوجية، و تفاقم الضغوط على موارد المياه المحلية (World Bank Group, 1999).

2.2.3 خصوصية التلوث الصناعي في الوسط الصحراوي

تكمن خصائص التلوث الصناعي في البيئات الصحراوية في عدة نقاط رئيسية :

- **انخفاض القدرة الطبيعية على التخفيف :** تمتلك البيئات الرطبة والمعتدلة آليات طبيعية للتخفيف من التلوث، مثل التفكيك الطبيعي للملوثات بواسطة الأحياء الدقيقة، وغسل مياه الأمطار، وتدفق المياه الذي يخفف تركيزها. في المقابل، تفتقر البيئات الصحراوية إلى هذه الآليات أو أنها تعمل ببطء، مما يؤدي إلى تراكم الملوثات واستمرارها لفترات طويلة (World Bank Group, 1999).
- **ارتفاع قابلية الانتقال :** تسهل الرياح القوية والعواصف الترابية في الصحاري انتقال الملوثات لمسافات طويلة، وقد أظهرت الدراسات أن الغبار المحمول في الهواء قادر على حمل عناصر سامة، مما يؤدي إلى زيادة تركيزات الملوثات وتدهور جودة الهواء. وتعد الصحاري مصدرا رئيسيا للغبار الذي يمكن أن ينتقل لآلاف الكيلومترات ويؤثر على جودة الهواء في مناطق بأكملها (منظمة الصحة العالمية، 2025).
- **حساسية النظام البيئي :** تعد الصحاري موطن للعديد من الكائنات الحية التي تكيفت مع ظروفها القاسية، حيث أظهرت الدراسات أن التغيرات الطفيفة في الظروف البيئية يمكن أن تؤثر بشكل كبير على بقائها، وقد وثقت الأبحاث أن التغيرات في تركيب المجتمعات الميكروبية في التربة قد تخل بالتوازن البيئي للشبكة الغذائية الصحراوية بأكملها (Andreani-Gerard, 2025).
- **حلول محدودة للمعالجة والإصلاح :** تعد عملية إزالة التربة الملوثة أو معالجة مكامن المياه الجوفية في البيئات الصحراوية عملية عالية التكلفة وتتطلب جهدا تقنيا معقدا. كما أن ندرة الموارد المائية تعيق تقنيات غسل التربة، في حين أن التباعد الجغرافي بين المناطق الصناعية والمراكز الحضرية يجعل من المراقبة والتدخل السريع أمرين معقدين في حال

وقوع الحوادث البيئية (Panagea, 2015).

ومع ذلك، من الضروري الإشارة إلى أن بعض خصائص البيئة الصحراوية قد تحد من حدة التلوث الصناعي. فتوزع السكان المحدود وانخفاض الكثافة السكانية يقللان من عدد المتضررين المحتملين من التلوث ،كما أن اتساع المساحات الجغرافية وانفتاح المجال الصحراوي يساعدان في تشتت الملوثات وتخفيف تركيزها في نقاط محددة، مما يقلل من تأثيراتها الموضعية. إضافة إلى ذلك، فإن قلة التركيز الصناعي في معظم هذه المناطق، باستثناء المنشآت النفطية والمنجمية، يحد من تعدد مصادر التلوث وتراكمها، مما يسهل نوعا ما عملية المراقبة والتدخل عند الحاجة.

4. الأنشطة الطاقوية وأثرها على البيئة

تشير الأنشطة الطاقوية إلى مجموعة من العمليات و التدخلات البشرية المتعلقة باستكشاف واستخراج وتحويل ونقل وتخزين وتوزيع مصادر الطاقة المختلفة. وتهدف هذه الأنشطة إلى تلبية احتياجات المجتمع من الطاقة اللازمة في الصناعة والنقل والتدفئة والإضاءة وغيرها من الاستخدامات الأساسية في الحياة الحديثة. وتعرف هذه الأنشطة بالتنوع والتعقيد مما تتطلب بنية تحتية واسعة النطاق وتقنيات متطورة تختلف باختلاف نوع وخصائص مصدر الطاقة والموقع الجغرافي.

تشمل الأنشطة الطاقوية مجموعة متنوعة من مصادر الطاقة، والتي يمكن تصنيفها بشكل عام إلى نوعين رئيسيين :

النوع الأول : مصادر الطاقة الأحفورية

تضم المصادر الأحفورية موارد طاقة غير متجددة تكونت من بقايا الكائنات الحية (نباتات وحيوانات) على مدى ملايين السنين، نتيجة تعرضها لدرجات حرارة وضغط مرتفعين داخل طبقات القشرة الأرضية. تتميز هذه المصادر بإنتاجها العالي للطاقة، لكنها تخلف أثرا بيئيا كبيرا، حيث يساهم حرقها في انبعاثات الغازات الدفيئة وتغير المناخ (الجزيرة، 2024).

وتشمل هذه الفئة:

- **الفحم :** وهو أحد أقدم مصادر الطاقة، يستخرج من المناجم السطحية والعميقة، يستعمل بشكل أساسي لتوليد الكهرباء والصناعات الثقيلة، كما يعرف الفحم بانبعاثاته العالية من ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى، حيث يتسبب بمفرده في نحو 20% من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة على مستوى العالم[1].
- **النفط الخام :** يستخرج من الآبار البرية والبحرية، ويخضع لعملية تكرير معقدة لإنتاج مشتقات مختلفة مثل البنزين والديزل ووقود الطائرات، التي تستخدم في النقل والصناعة وتوليد الطاقة (الجزيرة، 2024).
- **الغاز الطبيعي :** ويمثل المحور الرئيسي لدراستنا؛ حيث يتم استخراجه إما من حقول جوفية مستقلة، أو كغاز مصاحب يتواجد في نفس الطبقات الصخرية التي تحتوي على النفط، ويعتبر من أنظف أنواع الوقود الأحفوري نسبيا

[1] AP News, "EXPLAINER: Why quitting coal is so hard," 12 November 2021.
https://apnews.com/article/climate-business-glasgow-europe-environment-and-nature-a456c5684eabb05b85cda4e17cad3938

(الجزيرة، 2024).

النوع الثاني : المصادر المتجددة

تضم المصادر التي يمكن تجديدها باستمرار والتي لها تأثير بيئي أقل مقارنة بالوقود الأحفوري ، ويشمل هذا النوع :

- **الطاقة الشمسية :** تحول الطاقة الشمسية إلى كهرباء وحرارة عن طريق الألواح الكهروضوئية (PV) التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى تيار كهربائي، أو عن طريق تقنية الطاقة الشمسية المركزة؛ والتي تعتمد على مرايا ضخمة لتجميع وعكس أشعة الشمس نحو خزان حراري، مما يسمح بتسخين سائل ناقل وتوليد بخار عالي الضغط يستخدم في تدوير توربينات إنتاج الكهرباء. وتصنف هذه التقنية كإحدى مصادر الطاقة النظيفة التي تشهد توسعا استثماريا متسارعا على المستوى العالمي[1].
- **طاقة الرياح :** تعتمد على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى كهرباء باستخدام التوربينات الهوائية، وتعد غير مكلفة وأكثرها نظافة[2].
- **الطاقة الكهرومائية :** وتستخرج من الطاقة الحركية للمياه المتدفقة بفعل فارق الارتفاع (المنحدرات أو السدود)، حيث تستخدم هذه التدفقات لتشغيل التوربينات وتوليد الكهرباء. ويصنف هذا المصدر كأكثر طاقة متجددة كفاءة واستقرارا في الإنتاج[3].
- **الطاقة الحرارية الجوفية :** وتتمثل في استغلال الطاقة الحرارية المخزنة في باطن الأرض عبر آليتين :

إنتاج الكهرباء : عن طريق سحب البخار المضغوط أو المياه عالية الحرارة من الخزانات الجوفية العميقة لتشغيل التوربينات[4].

الاستخدام الحراري المباشر : عبر استخدام المضخات الحرارية الأرضية لأغراض التدفئة والتبريد[5].

- **طاقة الكتلة الحيوية :** تنتج من حرق أو تخمير المواد العضوية (المخلفات الزراعية، الخشب، النفايات) لتوليد الحرارة، الكهرباء، أو الوقود الحيوي، ويعتبر مصدر متجدد لأنه يعتمد على مواد يمكن تعويضها[6].

---

1 IRENA (2023). Renewable Energy Statistics 2023. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

2 IEA (2023). World Energy Outlook 2023. International Energy Agency, Paris.

3 ScienceDirect (2020) Hydroelectric Power

4 IRENA (2024). Geothermal Energy. International Renewable Energy Agency.
https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Geothermal-energy

5 U.S. Department of Energy (2024). Geothermal Energy. https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-energy

6 USDA Climate Hubs (2026) Biomass Energy

5. الأنشطة الغازية

الأنشطة الغازية هي فرع من أنشطة الوقود الأحفوري، وترتبط ارتباطا وثيقا بتطوير الغاز الطبيعي واستخدامه كمصدر للطاقة. تشمل هذه الأنشطة جميع العمليات، انطلاقا من البحث عن الغاز تحت الأرض واستخراجه ومعالجته، وصولا إلى نقله وتخزينه وتوزيعه على المستهلكين.

تكتسب الأنشطة الغازية دور متصاعد في منظومة الطاقة العالمية، نظرا لإعتبار الغاز الطبيعي وقود أحفوري نظيف نسبيامقارنة بالنفط والفحم، حيث ينبعث منه كميات أقل من ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى عند احتراقه (UNEP, 2022).

وقد ازداد استغلال الغاز الطبيعي عالميا بشكل ملحوظ في العقود الأخيرة، لا سيما مع تطور تقنيات استخراج الغاز غير التقليدية، مثل الغاز الصخري والغاز المحكم (وهو الغاز المحتجز في الصخور ذات النفاذية المنخفضة)، مما يتطلب تقنيات استخراج متقدمة كالتكسير الهيدروليكي (وهو تقنية هندسية تعتمد على ضخ مياه ومواد كيميائية تحت ضغط عال لإحداث شقوق في الطبقات الصخرية العميقة لتحرير الغاز المحبوس) (International Energy Agency, 2023).

وعلى الصعيد الوطني، تشكل الأنشطة الغازية ركيزة أساسية في الاقتصاد الجزائري، حيث تعتبر الجزائر من كبار منتجي ومصدري الغاز الطبيعي في إفريقيا والعالم. تتركز حقول الغاز الرئيسية في المناطق الصحراوية، وأبرزها حقل حاسي الرمل في ولاية الأغواط وحقل تيقنتورين بعين أميناس في ولاية إيليزي، مما يجعل دراسة أثرها البيئي أمرا بالغ الأهمية (الوكالة الوطنية لتطوير وترشيد استخدام الطاقة، 2020).

1.5 الغاز الطبيعي تعريفه و خصائصه

الغاز الطبيعي هو خليط من المواد الغازية، يتكون أساسا من غاز الميثان (CH_4) بنسبة تتراوح بين 70% إلى 90%، بالإضافة إلى كميات من الهيدروكربونات الغازية الأثقل مثل الإيثان (C_2H_6) والبروبان (C_3H_8) والبيوتان، إلى جانب غازات أخرى غير هيدروكربونية كبخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، وكبريتيد الهيدروجين، والنيتروجين، والهيليوم. يستخرج هذا المورد من باطن الأرض من أعماق مختلفة، سواء من آبار مستقلة (غاز حر) أو من آبار مصاحبة للنفط الخام (غاز مصاحب) (NPTEL, 2012).

يتميز الغاز الطبيعي بعدة خصائص تجعله مصدرا طاقويا مهما ضمن البنية الطاقوية العالمية، وتمنحه أفضلية نسبية مقارنة بمصادر الطاقة الأحفورية الأخرى. من أبرز هذه الخصائص :

- يمتلك قدرة احتراق عالية و كفاءة طاقوية جيدة حيث أن قيمته الحرارية تصل إلى حوالي 40 ميغاجول/ م مكعب، مما يعكس مردوديته العالية في عمليات التحويل الطاقوي وانتاج الطاقة الحرارية[1].

[1] Speight, J.G. (2019). Environmental Aspects of the Natural Gas Supply Chain. In Handbook of Environmental Engineering. ScienceDirect.

➢ **انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون :** أشارت الدراسات إلى أن احتراق الغاز الطبيعي يطلق حوالي نصف كمية ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالفحم، حيث يبلغ معامل انبعاثه 2.3 طن من ثاني أكسيد الكربون لكل طن مكافئ نفط، مقابل 4.0 طن للفحم و3.1 طن للنفط الخام، مما يعني عند حرق كمية من الغاز الطبيعي تعادل طاقتها طن واحد من النفط، فإنها تنتج 2.3 طن من ثاني أكسيد الكربون فقط، مقارنة بالنفط الذي ينتج 3.1 أطنان، والفحم الذي ينتج 4 أطنان[1]. كما تظهر معاملات انبعاث أخرى أن إنتاج كيلواط ساعي واحد من الكهرباء باستخدام الغاز الطبيعي يطلق 0.443 كيلوغرام من من ثاني أكسيد الكربون[2] ، بينما إنتاج نفس الكمية باستخدام الفحم يطلق ما بين 0.861 و 1.492 كيلوغرام[3].

- **انخفاض نسبة الكبريت والعناصر الثقيلة :** يحتوي الغاز الطبيعي على نسبة ضئيلة جدا من مركبات الكبريت (أقل من 0.0005% عند نقطة الاحتراق)[4]، مما يقلل من انبعاث الغازات المسببة للأمطار الحمضية ويخفف من تراكم الملوثات في الوسط البيئي.

➢ يمكن نقل الغاز الطبيعي عبر شبكات أنابيب تمتد لآلاف الكيلومترات، كما يمكن تحويله إلى الحالة السائلة عبر التبريد إلى حوالي 162 C° تحت الصفر، مما يقلص حجمه إلى 600/1 من حجمه الغازي ويسمح بشحنه بحرا عبر ناقلات الغاز الطبيعي المسال (GNL) حسب ما ورد في تقرير إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (U.S. Energy Information Administration, 2024).

- تعدد استخداماته في العديد من المجالات سواء باعتباره كمصدر لتوليد الكهرباء والطاقة الحرارية أو كوقود لوسائل النقل، بالإضافة إلى كونه مادة أولية خام في صناعة البتروكيماويات حيث يستعمل في تصنيع و إنتاج الأسمدة، والمواد البلاستيكية، والألياف الصناعية، و مشتقات كيميائية أخرى ذات قيمة اقتصادية كبيرة.

1.1.5 مراحل إنتاجه

تمر عملية إنتاج الغاز الطبيعي بعدة مراحل معقدة، تبدأ من التنقيب عنه في أعماق الأرض و تنتهي بتوزيعه على المستهلكين النهائيين و فيما يلي تفصيل لهذه المراحل :

[1] Ministères Aménagement du territoire Transition écologique (SDES). (2025). Some emission factors. Chiffres clés du climat - Édition 2025. Source: GIEC, 2019.

[2] Nature. (2025). Table 4. Electricity generation emission values for different energy resources. Scientific Reports.

[3] Nature. (2023). Table 3. Summary of CO_2 emission intensity. Scientific Reports 13, 1561.

[4] Speight, J.G. (2019). Environmental Aspects of the Natural Gas Supply Chain. In Handbook of Environmental Engineering. ScienceDirect.

أولا : مرحلة الاستكشاف و التنقيب

تعتبر مرحلة الاستكشاف من أكثر المراحل صعوبة وتكلفة في قطاع الغاز، حيث تعتمد على الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية لتحديد المواقع المحتمل وجود الغاز فيها. تبدأ هذه المرحلة بتحليل جيولوجي سطحي، ثم تنتقل إلى المسح الزلزالي الذي يعد الأداة الأساسية للكشف عن مكامن الغاز، حيث ترسل موجات صوتية وتقاس ارتداداتها لإنتاج صور ثلاثية الأبعاد للطبقات تحت السطحية . وفي حال وجود مؤشرات إيجابية، يتم حفر آبار استكشافية للتحقق من وجود الغاز بكميات تجارية وتحديد خصائص المكمن. وتستغرق مرحلة الاستكشاف سنوات طويلة، حيث تختلف نسبة نجاح الآبار الاستكشافية حسب نوع البئر والمنطقة.

ثانيا : مرحلة الاستخراج

بعد التأكد من وجود الغاز بكميات قابلة للاستغلال اقتصاديا، تبدأ عملية تطوير الحقل واستخراج الغاز فعليا. يتم حفر آبار إنتاجية تمتد إلى عمق المكمن الغازي، وتغلف بأنابيب فولاذية سميكة تثبت بطبقات من الإسمنت بهدف حماية المياه الجوفية السطحية ومنع تسرب الغاز إلى الطبقات العليا، وذلك وفقا للمواصفات التقنية المعتمدة من معهد البترول الأمريكي (American Petroleum Institute).

في المكامن ذات الضغط العالي، يندفع الغاز طبيعيا نحو السطح بفعل الضغط الداخلي، لكن في بعض الحالات، خاصة في المكامن غير التقليدية مثل الغاز المحكم والغاز الصخري، يستخدم التكسير الهيدروليكي الذي يعتمد على ضخ كميات كبيرة من الماء والرمل والمواد الكيميائية تحت ضغط مرتفع لإنشاء شقوق في الصخور وتحرير الغاز المحتجز.

يستخرج الغاز عادة مصحوبا بمواد أخرى مثل الماء المالح والهيدروكربونات السائلة والرمال، وتختلف نسب هذه المواد وفقا لخصائص كل مكمن، مما يستدعي عمليات فصل ومعالجة خاصة في المراحل اللاحقة.

ثالثا : مرحلة المعالجة الأولية في الموقع

عند وصول الغاز الخام إلى السطح، يمر عبر شبكة من الأنابيب والصمامات إلى وحدة المعالجة الأولية، حيث يخضع لعمليات فيزيائية بسيطة تهدف إلى إزالة الشوائب الكبيرة والماء والهيدروكربونات السائلة. وتشمل هذه العمليات الفصل بالجاذبية، والفصل بالطرد المركزي، وفصل المكثفات، وفصل الماء المصاحب.

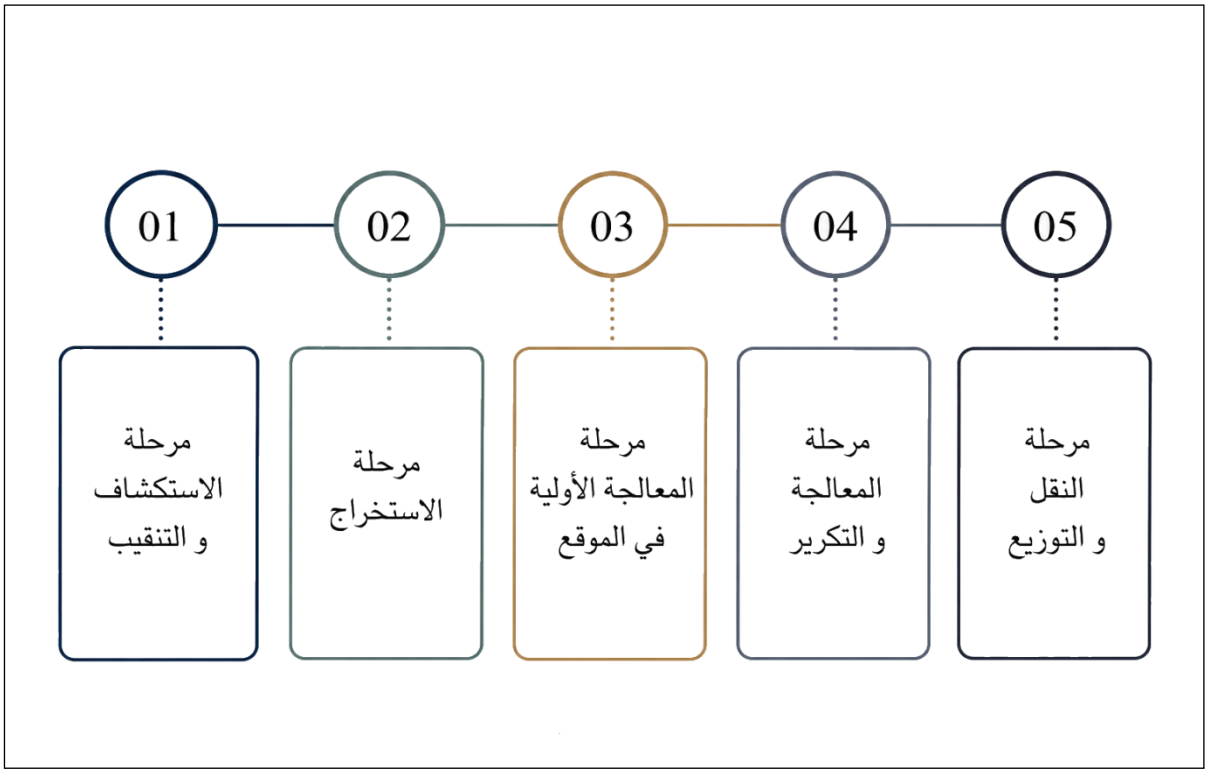
رابعا : مرحلة المعالجة والتكرير

بعد المعالجة الأولية، ينقل الغاز إلى مراكز معالجة متخصصة، حيث يخضع لعمليات تنقية متقدمة تهدف إلى تحسين جودته وتلبية معايير السوق. وتشمل هذه العمليات إزالة الغازات الحمضية (باستخدام الأمينات)، والتجفيف، وإزالة الزئبق، واستخلاص سوائل الغاز الطبيعي، وتعديل القيمة الحرارية.

خامسا : النقل والتوزيع

بعد الانتهاء من عمليات المعالجة والتكرير، ينقل الغاز الطبيعي عبر شبكات أنابيب تمتد لمسافات طويلة، أو في شكل غاز طبيعي مسال (GNL) عبر ناقلات متخصصة، لتوزيعه على المستهلكين النهائيين في الأسواق المحلية والدولية.

الشكل (1) : مراحل إنتاج الغاز الطبيعي



2.5 التأثيرات البيئية المرتبطة بالأنشطة الغازية

ينتج عن الأنشطة المرتبطة باستكشاف وإنتاج ومعالجة ونقل الغاز الطبيعي تنوع واسع من التأثيرات التي تمس عناصر النظام البيئي، و تختلف شدة و درجة حدة هذه التأثيرات بناءا على نوع و طبيعة الإجراءات و العمليات التقنية المعتمدة، وحجم المنشآت، وخصائص البيئة الجغرافية، لا سيما في البيئات الهشة كالمناطق الصحراوية. و يمكن تصنيف هذه التأثيرات على النحو التالي :

تأثيرات على الغلاف الجوي

تساهم الأنشطة الغازية في انبعاثات جوية لها مصادر و خصائص تختلف عن ما ذكرناه سابقا في التلوث البيئي و الصناعي، فبعضها يرتبط بتركيبة الغاز ذاته، و البعض الآخر ينتج عن العمليات المصاحبة للاستخراج و المعالجة و النقل.

أولا : انبعاثات الغازات الدفيئة

- **الميثان (CH_4) :** هو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، ويعتبر من أقوى الغازات الدفيئة، حيث يفوق تأثيره في الاحتباس الحراري تأثير ثاني أكسيد الكربون بـ 84 مرة على مدى 20 عاما (D W, 2024).

تنبعث كميات من الميثان في جميع مراحل سلسلة الإنتاج، بدءا من الاستخراج وصولا إلى التوزيع، سواء من

خلال التسربات غير المقصودة من الوصلات والصمامات، أو عمليات التهوية المتعمدة، أو الاحتراق غير الكامل في الشعلات. وتشير تقديرات وكالة الطاقة الدولية إلى أن قطاع الطاقة مسؤول عن أكثر من 35% من انبعاثات الميثان العالمية الناتجة عن الأنشطة البشرية، وتبين المصادر نفسها أن خفض هذه الانبعاثات في قطاع النفط والغاز ممكن بنسبة تصل إلى 75% باستخدام التقنيات الحالية، خاصة من خلال برامج كشف التسربات وإصلاحها [1].

وتشير التقديرات إلى أن حوالي % 3 من إجمالي الإنتاج العالمي للغاز الطبيعي يفقد سنويا عبر التهوية والتسرب والحرق، مما يترتب عنه خسائر اقتصادية وبيئية كبيرة (UNECE, 2021).

لماذا يعتبر الميثان من أقوى الغازات الدفيئة ؟

يعتبر غاز الميثان (CH_4) من أقوى الغازات الدفيئة نظرا لقدرته العالية على حبس الحرارة، حيث يفوق تأثيره التأثير المباشر لثاني أكسيد الكربون. وتظهر معاملات الاحتباس الحراري (GWP) والتي هي عبارة عن مقياس لمعرفة كم مرة يكون غاز معين أقوى من ثاني أكسيد الكربون في التسبب بالاحتباس الحراري، مع الأخذ بعين الاعتبار مدة بقائه في الغلاف الجوي [2] الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2021) هذا التفاوت بوضوح؛ إذ يبلغ الأثر الإشعاعي للميثان خلال أول 20 سنة من انبعاثه حوالي 84 ضعفا مقارنة بثاني أكسيد الكربون، في حين يقدر الأثر على مدى 100 سنة بحوالي 28 ضعفا و يعود هذا الفرق إلى قصر عمر الميثان في الغلاف الجوي (حوالي 12 عاما) مقارنة بثاني أكسيد الكربون، مما يجعل تأثيره أكثر حدة في المدى القصير [3].

- **ثاني أكسيد الكربون (CO_2) :** يرجع ثاني أكسيد الكربون في إنتاج الغاز بشكل أساسي إلى :

- **عمليات الحرق في الشعلات :** يتم حرق الغاز الفائض في الشعلات لأسباب تتعلق بالسلامة أو للتخلص من الغاز غير القابل للاستخدام، مما يؤدي إلى إطلاق كميات كبيرة من (CO_2) في الغلاف الجوي (International Energy Agency, 2023).
- **تشغيل محطات الضغط والضخ :** تعمل محطات ضغط الغاز ونقل السوائل إما بالغاز الطبيعي أو الديزل، ويُعد احتراق هذا الوقود مصدرا مهما لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (U.S. Environmental Protection Agency, 2023).
- **استهلاك الوقود في منشآت المعالجة :** تتطلب عمليات معالجة الغاز (مثل التجفيف وإزالة الملوثات) طاقة حرارية، يتم توليدها عادة من حرق جزء من الغاز الطبيعي، مما يساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (IPCC, 2021).
- **إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغاز الخام :** يعد الغاز الطبيعي الخام مصدرا للـ (CO_2) حيث يجب فصله في وحدات المعالجة (مثل وحدات الأمينات) لتحقيق مواصفات الجودة المطلوبة للتسويق، وتعد هذه العملية مصدرا مباشر

[1] International Energy Agency (IEA). (2025). Global Methane Tracker 2025

[2] IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press.

[3] Climate TRACE, 2022

لانبعاثات (CO_2) عند تحريره في الجو (IPCC, 2021).

- **النقل البحري :** تستخدم ناقلات الغاز الطبيعي المسال (GNL) الوقود البحري (الديزل أو المازوت) في محركاتها، مما ينتج انبعاثات (CO_2) أثناء النقل (International Energy Agency, 2023).

يعد غاز (CO_2) المساهم الأكبر في ظاهرة الاحتباس الحراري على المدى الطويل، نظرا لكمياته الهائلة المنبعثة من الأنشطة البشرية واستمراره في الغلاف الجوي لفترات زمنية طويلة تمتد إلى قرون [1].

ثانيا : الملوثات المحلية

بالإضافة إلى الغازات الدفيئة، تصدر صناعة الغاز مجموعة من الملوثات الهوائية المحلية الناتجة عن عمليات الحرق والتشغيل والصيانة، والتي يكون تأثيرها أكثر وضوحا على المستويين المحلي والإقليمي.

من أبرز هذه الملوثات أكاسيد النيتروجين (NOx)، التي تنتج عند حرق الوقود في الضواغط والتوربينات والشعلات، وتساهم في تكوين الأوزون والضباب الدخاني على مستوى الأرض حسب (منظمة الصحة العالمية، 2023) كما يعد أول أكسيد الكربون (CO) انبعاث كبير ناتج عن الاحتراق غير الكامل، وهو غاز عديم اللون والرائحة يشكل مخاطر صحية لقدرته على تقليل كفاءة نقل الأكسجين في الدم. وإذا احتوى الغاز الخام على مركبات الكبريت، فإن حرقه يؤدي إلى انبعاث ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، الذي يساهم في تدهور جودة الهواء وتكوين الأمطار الحمضية [2].

كما ترتبط المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) بأنشطة التخزين وتحميل المكثفات والتسربات العرضية، وقد تضم مركبات سامة مثل البنزين، في حين تنبعث الجسيمات الدقيقة (PM10 وPM2.5) من أنشطة الحفر والمعدات الثقيلة. وتتطلب إدارة هذه الانبعاثات أنظمة مراقبة دقيقة، وتحسين تقنيات الاحتراق، وبرامج صيانة منتظمة للحد من التسربات.

التأثيرات على الموارد المائية

تستهلك الصناعة الغازية الكثير من المياه خاصة في عمليات الحفر والتكسير الهيدروليكي والتبريد، كما أنها تترك مخلفات سائلة تلوث المياه السطحية والمياه الجوفية [3]، و تظهر هذه التأثيرات في :

- **المياه المصاحبة (Produced Water) :** تستخرج مع الغاز كميات كبيرة من المياه الجوفية المالحة التي تسمى المياه المصاحبة، وهي أكبر منتج ثانوي لعمليات النفط والغاز، وقد تكون شديدة الملوحة (أكثر من 10 أضعاف ملوحة مياه البحر) (USGS, 2024)، وتحتوي على معادن ونفط ومواد ملوثة أخرى. وفي حال عدم معالجتها أو إعادة حقنها بشكل آمن، فقد تتسرب إلى الطبقات الجوفية السطحية أو تضر بالتربة.
- **سوائل الحفر والمواد الكيميائية :** تستخدم في عمليات الحفر سوائل معقدة تحتوي على مواد كيميائية، بعضها سام، مثل مواد التشحيم، ومضادات التآكل، ومبيدات البكتيريا. ويمكن أن تتسرب هذه السوائل إلى المياه الجوفية في حالات سوء التخزين اختلال منظومة سلامة الآبار، خاصة في الآبار القديمة أو غير الجيدة البناء

---

[1] IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press

[2] EPA (2023). Air Pollution Sources from Oil and Gas Industries. U.S. Environmental Protection Agency.

[3] USGS (2024). The Energy-Water Nexus. U.S. Geological Survey.

.(U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

- **التلوث بالمياه الحمضية :** تشكل المياه الناتجة عن إزالة الغازات الحامضية في وحدات المعالجة مصدر للقلق البيئي، بحكم أنها تحتوي على مركبات كبريتية شديدة الحموضة. هذا النوع من المياه يمثل تهديدا بالغ الأهمية على النظم المائية في حالة صرفها دون معالجة كافية (World Bank, 2024).
- **استنزاف الموارد المائية :** تستهلك عمليات الحفر والتكسير الهيدروليكي كميات كبيرة من المياه العذبة، حيث تشير التقديرات إلى أن حفر وتكسير بئر نموذجي يتطلب ما بين 10,000 و 30,000 متر مكعب من المياه. وقد يستخدم في بعض الأحواض كميات تصل إلى حوالي 21,500 متر مكعب لكل بئر. ويزيد هذا الاستهلاك الكبير من الضغط على الموارد المائية، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة حيث تتركز غالبا حقول الغاز [1]. كما تستهلك عمليات التبريد في محطات الإسالة (التي تحول الغاز الطبيعي إلى الحالة السائلة) كميات كبيرة من مياه البحر أو المياه العذبة .(USGS, 2024)
- **التسربات في خطوط الأنابيب :** تمتد شبكات خطوط الأنابيب لآلاف الكيلومترات مما يجعلها عرضة للتسربات الناتجة عن التآكل أو أخطاء التصنيع أو الحوادث أو التخريب (PHMSA, 2023). تتسبب هذه التسربات في تلوث التربة والمياه الجوفية، وقد تؤدي إلى حرائق وانفجارات تشكل تهديدا للسلامة العامة .

التأثيرات على التربة

تختلف طبيعة التربة في المناطق الصحراوية اختلافا كبيرا عن تربة المناطق الرطبة، فهي أكثر خشونة وذات نفاذية عالية، وأقل تفاعلا من الناحية البيولوجية، نظرا لتكونها أساسا من الرمال والحصى، مما يجعلها هشة بيئيا وأقل قدرة على مقاومة التلوث بسبب محتواها العضوي المنخفض (FAO, 2022).

قد تتعرض هذه التربة في المناطق ذات الأنشطة الغازية لعدة مصادر من التلوث أهمها :

التسربات الهيدروكربونية من الآبار والأنابيب، المياه المصاحبة عالية الملوحة، و سوائل ونفايات الحفر المشبعة بالمواد الكيميائية، إضافة إلى الترسبات الهوائية المحملة بالمعادن الثقيلة المتبقية من الشعلة (UNEP, 2022).

حين تصل هذه الملوثات إلى التربة الرملية فإنها تتسرب بسرعة إلى الأعماق بسبب النفاذية العالية، حيث تغلف حبيبات الرمل بطبقات عازلة مما يؤدي إلى سد مسام التربة ومنعها من التنفس (توقف التبادل الغازي الطبيعي). وبمرور الوقت، ترتفع نسبة الملوحة وتتراكم المعادن الثقيلة التي تتسرب لاحقا إلى المياه الجوفية أو تنتشر عبر الرياح، مما يؤدي إلى تدهور خصوبة التربة واختلال توازنها البيئي.

تصنف البيئة الصحراوية من بين أكثر البيئات عرضة للتلوث، لافتقارها إلى آليات التنقية الطبيعية كالأمطار الغزيرة، والغطاء النباتي الكثيف، والكائنات الحية الدقيقة القادرة على تحليل الملوثات. ونتيجة لذلك، يمكن أن يدوم التلوث في التربة الصحراوية لفترات طويلة، مما يؤثر سلبا على النظام البيئي، ويهدد مخزون المياه الجوفية، كما يمكن أن يتحول هذا المشكل من محلي إلى إقليمي بفعل الرياح التي تنقل الملوثات لمسافات بعيدة .

[1] Nicot, J.P. & Scanlon, B.R. (2012). Water Use for Shale-Gas Production in Texas, U.S. Environmental Science & Technology

التأثيرات الجيولوجية و الزلزالية

قد يؤدي استخراج الغاز أو حقن السوائل في باطن الأرض إلى تغيرات في الضغط داخل التكوينات الصخرية، مما قد يحدث هبوط أرضي أو اهتزازات زلزالية طفيفة. وتزداد هذه المخاطر عند حقن المياه المصاحبة أو النفايات السائلة في آبار عميقة، حيث يؤدي تراكم السوائل تحت ضغط مرتفع إلى إجهاد الصخور وتحفيز زلازل صغيرة قد تكون محسوسة على السطح. وقد وثقت دراسات متعددة حالات زلازل مرتبطة بأنشطة استخراج الغاز حول العالم، مثل حقل كاستور قرب سواحل إسبانيا في 2013 حيث تسبب حقن الغاز في آلاف الهزات الأرضية [1]. وفي الجزائر، لم تسجل حتى الآن أحداث زلزالية مؤكدة مرتبطة بحقول الغاز، لكن الأبحاث الجيولوجية تنبه من احتمالية حدوث مثل هذه التأثيرات على المدى الطويل، خاصة في المناطق الصحراوية ذات التركيب الجيولوجي الدقيق والمعقد. لذلك، تتطلب هذه المخاطر مراقبة دقيقة للمكامن وآبار الضخ، وإجراء دراسات جيولوجية وهيدروجيولوجية معمقة قبل عمليات الاستخراج أو التخلص من النفايات [2].

التأثيرات على التنوع البيولوجي

رغم أن البيئات الصحراوية تبدو خالية من الحياة للوهلة الأولى، إلا أنها تضم أنظمة بيئية مميزة تكيفت عبر آلاف السنين مع ظروف صعبة من حرارة وجفاف وقلة موارد.

تتسبب الأنشطة الغازية في تدمير هذه النظم البيئية الهشة بطرق متعددة، أبرزها إزالة الغطاء النباتي لبناء المنشآت، وتجزئة الأوساط الطبيعية بفعل شبكات الطرق والأنابيب التي تعيق حركة الكائنات وتحد من تنوعها الجيني، إلى جانب تأثير الإضاءة الليلية والضوضاء المستمرة في تغيير سلوك التغذية والتكاثر لدى الزواحف والطيور الصحراوية.

وقد أظهرت دراسة حديثة في صحاري أمريكا أن تسرب المياه المصاحبة أدى إلى تغيير جذري في تركيب المجتمعات الميكروبية، مما أحدث اضطرابا في النظام البيئي الصحراوي بأكمله (AAPG Bulletin, 2024)، والأكثر خطورة في الصحراء هو أن أي تغيير مهما كان محدودا، يحتاج إلى سنوات للتعافي، بسبب بطء العمليات الطبيعية وندرة الموارد التي تسمح بإعادة بناء النظم البيئية المتضررة [3].

التأثيرات على الصحة و السلامة العامة

يرتبط تلوث الهواء والماء والتربة الناتج عن الأنشطة الغازية بمشاكل صحية عديدة للسكان المحليين في المناطق

---

[1] Cesca, S., et al. (2021). Seismicity at the Castor gas reservoir driven by pore pressure diffusion and asperities loading. Nature Communications

[2] Benayad, S., Sen, S., Baouche, R., Mitra, S., & Chaouchi, R. (2024). Geomechanical modeling to assess the injection-induced fracture slip-potential and subsurface stability of the Cambro-Ordovician reservoirs of Hassi Terfa field, Algeria. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences

[3] FAO (2022) تلوث التربة : منظمة الأغذية والزراعة

الصحراوية، حيث تتسبب الانبعاثات الغازية في انتشار أمراض تنفسية مزمنة، كما يشكل تلوث المياه الجوفية بالمركبات الكيميائية والمعادن الثقيلة خطر صحي كبير، بالإضافة إلى الضوضاء المستمرة التي تسبب إجهاد مزمن.

ولا يمكن تجاهل مخاطر وقوع الحوادث الصناعية كالحرائق والتسربات الغازية، التي قد تسبب كوارث بشرية وبيئية، خاصة مع بعد هذه المنشآت عن المراكز الحضرية وصعوبة التدخل السريع. وقد كشفت دراسات أن بعض الشركات لا تعلن عن الكميات الفعلية للغاز المحروق، مما يعني أن السكان المحيطين قد يتعرضون لمستويات تلوث أكبر مما هو معلن عنه رسميا [1].

لم يعد من مقبولا في الوقت الحالي أن تنطلق مشاريع صناعية كبرى كالمتعلقة باستخراج الغاز الطبيعي و معالجته، قبل تقييم مسبق لآثارها البيئية المحتملة، فالتجارب السابقة و الدراسات الميدانية أثبتت أن إهمال و تجاهل هذا الجانب يؤدي إلى خسائر بيئية يصعب إصلاحها. ولهذا السبب تفرض التشريعات الوطنية و الدولية إجراء دراسة شاملة متكاملة للأثر البيئي قبل بدء أي مشروع تنموي، وهو الذي سوف نناقشه في الجزء التالي.

6. دراسة التأثير البيئي

تمثل دراسة التأثير البيئي أسلوب علمي وقائي يهدف إلى تقييم الآثار المحتملة للمشاريع التنموية والصناعية على مختلف جوانب النظام البيئي، وذلك قبل الشروع في تنفيذها (القانون الجزائري، 2003). ويهدف هذا التقييم إلى الكشف المبكر عن التغيرات التي قد تطرأ على الخصائص الطبيعية والبيولوجية والبشرية للمنطقة، من أجل اقتراح التدابير اللازمة لتجنب الآثار السلبية أو التخفيف من حدتها.

وتعتمد هذه الدراسة على مبدأ أساسي هو أن «**الوقاية خير من العلاج**»، حيث تسعى إلى توقع المشكلات البيئية قبل حدوثها، بدلا من انتظار وقوع الأضرار ثم محاولة إصلاحها بتكاليف مرتفعة وغالبا ما تكون محدودة الفعالية. وقد تبنى المشرع الجزائري هذا المبدأ من خلال إدراج دراسة التأثير البيئي ضمن الآليات القانونية لحماية البيئة، وفقا لأحكام القانون 03-10 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة [2]، الذي ألزم المشاريع الكبرى بإجراء هذه الدراسة قبل الترخيص لها.

كما يتميز تقييم التأثير البيئي بطابع تشاركي وإعلامي، إذ يسمح بإشراك الجمهور في القرارات التي قد تمس محيطهم المعيشي، ويعزز التنسيق بين مختلف الجهات المعنية. وقد أوكل المشرع الجزائري مهمة إعداد هذه الدراسة إلى مكاتب دراسات مرخصة ومعتمدة من الوزير المكلف بالبيئة، لضمان النزاهة العلمية والكفاءة التقنية، نظرا لتعقيد التفاعلات بين المشروع والبيئة المحيطة.

[1] WHO (2023). WHO Global Air Quality Guidelines. World Health Organization

[2] القانون الجزائري رقم 03-10 المؤرخ في 19 جويلية 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، المادة 15

1.6 السند القانوني لدراسة الأثر البيئي

يرجع الإطار القانوني لدراسة الأثر البيئي في الجزائر إلى قانون حماية البيئة الصادر سنة 1983 (القانون 83-03)، الذي أدخل هذا الإجراء كوسيلة أساسية لدعم حماية البيئة بهدف معرفة وتقدير النتائج المباشرة وغير المباشرة للمشاريع على التوازن البيئي، ومع ذلك تأخر التطبيق الفعلي لهذا الإجراء حتى صدور المرسوم التنفيذي رقم 90-78 بتاريخ 27 فيفري 1990 المتعلق بدراسات التأثير في البيئة، والذي وضع الأسس التنظيمية والإجرائية لهذه الدراسة.

مع تقدم التشريع البيئي الجزائري، صدر القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 جويلية 2003 المتعلق بحماية البيئة ضمن إطار التنمية المستدامة، والذي شكل تحولا هاما في هذا المجال. فقد نصت المادة 15 من هذا القانون على أن مشاريع التنمية والإنشاءات والمرافق الثابتة والمصانع و كل الأعمال وبرامج البناء و التهيئة التي تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على البيئة، تخضع مسبقا لدراسة التأثير أو لملخص التأثير على البيئة2. وقد تم دعم هذا التوجه بإصدار المرسوم التنفيذي رقم 07-145 المؤرخ في 19 ماي 2007، الذي يحدد مجال التطبيق ومحتوى و كيفيات المصادقة على دراسة التأثير على البيئة 1.

إضافة إلى النصوص الأساسية، هناك عدة قوانين قطاعية أشارت إلى نظام دراسة التأثير البيئي، منها قانون إدارة النفايات رقم 01-19 المؤرخ في 12 ديسمبر 2001، وقانون تهيئة الإقليم والتنمية المستدامة رقم 01-20 الذي تم اعتماده في 12 ديسمبر 2001، بحيث أنه يهدف إلى تنظيم استخدام المجال الجغرافي و تصحيح الفجوات الإقليمية، و تحقيق توازن اجتماعي و اقتصادي و بيئي يضمن حقوق الأجيال الحالية و القادمة2.

وبالنسبة للمشاريع الصناعية الطاقوية، فإن إنشاء واستغلال المنشآت المحددة لحماية البيئة يتطلب ترخيصا إداريا مسبقا يستلزم إجراء دراسة التأثير البيئي، وذلك طبقا لأحكام **المرسوم التنفيذي رقم 06-198** المؤرخ في 31 ماي 2006.

تتعدد مستويات الرقابة على دراسة الأثر البيئي لتشمل رقابة إدارية يتولاها الوزير المسؤول عن البيئة أو الوالي المختص إقليميا بالإضافة إلى رقابة الجمهور عبر فتح تحقيق عمومي، و رقابة قضائية نصت عليها المواد 102 حتى 105 من القانون **03-10** التي تحدد العقوبات في حال استغلال منشأة دون الحصول على الترخيص.

2.6 مراحل إعداد دراسة الأثر البيئي

تمر دراسة التأثير البيئي بعدة مراحل منهجية منظمة تهدف إلى تقييم شامل لتأثيرات أي المشروع على البيئة، يحدد **المرسوم التنفيذي رقم 07-145** المؤرخ في 19 ماي 2007 المحتوى التقني الذي تتضمنه دراسة التأثير و المتمثل في :

[1] المرسوم التنفيذي رقم 07-145 المؤرخ في 19 ماي 2007، الذي يحدد مجال التطبيق ومحتوى وكيفيات المصادقة على دراسة التأثير على البيئة

[2] قانون تهيئة الإقليم والتنمية المستدامة رقم 01-20 الذي تم اعتماده في 12 ديسمبر 2001

مرحلة الفحص الأولي (Screening)

تمثل مرحلة الفحص الأولي الخطوة الأولى في عملية تقييم الأثر البيئي، حيث يتم من خلالها تحديد ما إذا كان المشروع يتطلب إجراء دراسة تأثير بيئي شاملة أم لا، وذلك اعتمادا على طبيعة المشروع وخصائصه وحجمه وموقعه الجغرافي ومدى هشاشة الوسط البيئي المستهدف (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

وتخضع المشاريع الكبرى، مثل المصانع ومحطات الطاقة والمنشآت الصناعية الثقيلة والبنى التحتية الكبيرة، لتقييم دقيق ومفصل، بينما قد تستثنى المشاريع ذات التأثير المحدود من هذا التقييم. وقد حددت القوانين الجزائرية قائمة المشاريع التي تستلزم دراسة التأثير، والتي تشمل خصوصا المشاريع الصناعية والطاقوية والتعدينية التي قد تسبب ضررا للبيئة (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

وفي المقابل، هناك مشاريع لا تحتاج إلى تقييم مفصل، بل تخضع لـ "موجز التأثير" بدلا من دراسة شاملة، مثل المشاريع محدودة الحجم والتأثير (كبعض الأعمال الحرفية الصغيرة)، أو المشاريع التي تقع في مناطق غير حساسة بيئيا، أو التي لا تضم أنشطة ملوثة بشكل كبير. وقد **أقر المرسوم التنفيذي 07-145** إمكانية إعداد "موجز التأثير" عوضا عن "دراسة التأثير" للمشاريع الأقل أهمية من حيث حجم الآثار المحتملة على البيئة (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

مرحلة تحديد النطاق (Scoping)

تهدف مرحلة تحديد النطاق إلى تحديد القضايا البيئية الرئيسية التي يجب التركيز عليها في الدراسة، وتحديد حدود المشروع والمكونات البيئية المتأثرة بدقة [1]. يعمل فريق البحث في هذه المرحلة على حصر العوامل البيئية التي تحتاج إلى فحص وتحليل عميق، وتحديد البيانات الضرورية لتقييم الآثار المحتملة.

وما يميز هذه المرحلة هو طابعها التعاوني القائم على مبدأ المشاركة، إذ يتم خلالها إشراك الأطراف المعنية مثل الهيئات الحكومية، والخبراء المختصين، والمجتمعات المحلية المتأثرة بالمشروع، والمنظمات البيئية غير الحكومية. ويتم الاستماع لوجهات نظرهم حول القضايا البيئية ذات الأولوية، مما يساعد على وضع خطة عمل واضحة لجمع البيانات وإجراء التحليلات المطلوبة (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

وتجدر الإشارة إلى أن نطاق الدراسات يختلف من مشروع لآخر، حتى لو كانت متشابهة، لذلك يجب تحديد نطاق كل دراسة بشكل منفصل لتسهيل إجراءات البحث، وتحسين مستواها، وضمان احتوائها على جميع المتطلبات، مما يؤدي إلى توفير الوقت والجهد والتكاليف .

مرحلة وصف الوضع البيئي الحالي (Baseline Study)

تعد هذه المرحلة الركيزة العلمية لتقييم الأثر البيئي، حيث تهدف إلى جمع بيانات مفصلة وشاملة عن الخصائص الطبيعية والبيولوجية والاجتماعية والاقتصادية للموقع المخطط إقامة المشروع فيه، وذلك قبل بدء أي نشاط [1].

[1] المرسوم التنفيذي رقم 07-145 المؤرخ في 19 ماي 2007، الذي يحدد مجال التطبيق ومحتوى وكيفيات المصادقة على دراسة التأثير على البيئة.

وتشمل هذه المرحلة رسم حدود منطقة الدراسة بدقة، وتقديم وصف مفصل للحالة الأولية للموقع والبيئة المحيطة به، من خلال تحليل الموارد الطبيعية، ومراقبة التنوع البيولوجي، وتقييم حالة المساحات البرية أو البحرية التي قد تتأثر بالمشروع (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

وتتضمن عملية جمع البيانات عدة نقاط رئيسية، منها : جودة الهواء ومستويات التلوث الحالية، وخصائص المياه السطحية والجوفية، وطبيعة التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، والظروف المناخية السائدة، والغطاء النباتي وأنواعه، والحياة البرية ومواطنها، بالإضافة إلى المؤشرات الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية للمجتمعات المحلية المجاورة [1].

وتمثل المعلومات التي تجمع في هذه المرحلة "نقطة الانطلاق" البيئية، التي ستقارن بها جميع التحولات التي سيحدثها المشروع لاحقا، مما يسمح بتقدير حجم الآثار بدقة وموضوعية (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

مرحلة تحليل وتقييم الآثار البيئية (Impact Assessment)

هذه المرحلة تمثل المضمون الأساسي والأكثر تعقيدا في عملية دراسة الأثر البيئي، حيث يتم فيها تحليل وتقييم التأثيرات المحتملة للمشروع على البيئة، اعتمادا على المعلومات التي جمعت في المراحل السابقة.

وتتطلب هذه المرحلة اتباع منهجيات علمية خاصة للتنبؤ بحجم وطبيعة التأثيرات المتوقعة، مع الأخذ بعين الاعتبار التداخلات المعقدة بين المشروع والموقع. ويشمل التحليل التأثيرات المباشرة وغير المباشرة، قصيرة وطويلة المدى، والدائمة والمؤقتة، والإيجابية والسلبية للمشروع على مختلف عناصر البيئة [1].

وقد نصت المادة 06 من **المرسوم التنفيذي 07-145** على ضرورة تقييم ما يمكن أن يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة، بما في ذلك الهواء والماء والتربة والوسط الجيولوجي والصحة العامة. وتتضمن هذه المرحلة أيضا دراسة التأثيرات التراكمية (أي التأثيرات المجمعة للمشروع مع غيره من المشاريع في نفس المنطقة) التي قد تنشأ خلال فترات المشروع نتيجة تداخل عدة تأثيرات مع بعضها البعض (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

مرحلة دراسة البدائل (Alternatives Analysis)

تعتبر دراسة البدائل خطوة مهمة وأساسية في تقدير التأثيرات البيئية، حيث يتم فيها مراجعة وتحليل الخيارات المختلفة المتاحة لتنفيذ المشروع، بهدف تحديد البديل الأنسب للبيئة والأقل ضررا. يشمل هذا الجزء دراسة متكاملة للبدائل الممكنة للمشروع، مع تقديم شرح كافي لسبب اختيار المشروع المقترح من بين البدائل الأخرى المتوفرة.

ويتسع مفهوم البدائل ليشمل عدة أبعاد رئيسية، منها : بدائل الموقع، بدائل التصميمات الهندسية، بدائل مصادر الطاقة المستخدمة، بدائل المواد الخام، بدائل أساليب وتقنيات البناء، بالإضافة إلى بدائل لأنظمة التشغيل والصيانة [1].

وبعد تحديد البدائل المتاحة، تتم مقارنتها وفقا لمقاييس ومعايير محددة، تشمل أثرها البيئي الإيجابي والسلبي مع إمكانية تخفيف الأثر السلبي، مع تكلفة الاستثمار والتشغيل، ومدى تناسبها مع الظروف المحلية، وفرصة تتبع النتائج. وفي

[1] المرسوم التنفيذي رقم 07-145 المؤرخ في 19 ماي 2007، الذي يحدد مجال التطبيق ومحتوى وكيفيات المصادقة على دراسة التأثير على البيئة.

النهاية، يقع الاختيار على البديل الأنسب استنادا إلى تعزيز الاستدامة المالية والاقتصادية وضمان أقل الأضرار البيئية الممكنة (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

مرحلة إعداد خطة الإدارة البيئية (Environmental Management Plan)

مرحلة إعداد خطة الإدارة البيئية (EMP) هي مرحلة أساسية في عملية تقييم الأثر البيئي، حيث يتم فيها وضع إجراءات عملية للحد من الآثار السلبية للمشروع، أو تجنبها، أو تعويضها، وذلك بالاعتماد على نتائج التقييم ودراسة البدائل وتحليلها. تتضمن هذه الإجراءات وصف دقيق ومفصل لما سيقوم به صاحب المشروع لتفادي الأضرار الناتجة عن مراحل إنجاز المشروع، أو لتقليلها، أو لتعويضها.

وقد تم إضفاء الطابع الرسمي على هذه الممارسة في الجزائر بموجب **المرسوم التنفيذي رقم 08-312** المؤرخ في 5 أكتوبر 2008، الذي ينص صراحة على أن خطة الإدارة البيئية يجب أن تكون جزء لا يتجزأ من دراسة التأثير، وأن تشمل بالضرورة برامج للوقاية، وإدارة المخلفات، ومراقبة الآثار، واستخدام الموارد الطبيعية [1].

وتعد خطة الإدارة البيئية برنامج شامل ومتناسق ومنظم لمتابعة تطبيق هذه الإجراءات، والتأكد من عملها وضمان فعاليتها على أرض الواقع. وعادة ما تتضمن الخطة سلسلة من التقنيات، مثل استخدام أساليب أنظف في الإنتاج، وإنشاء وحدات لمعالجة المخلفات والانبعاثات، وتطبيق وسائل لإعادة التدوير، وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه، وإجراء تعديلات في تصميم المشروع أو موقعه إذا كان ذلك ضروريا. كما تحدد الخطة آليات المراقبة المستمرة، وتوزع المسؤوليات، وتحدد مواعيد تنفيذ كل إجراء، وتضع مؤشرات مناسبة لقياس الأداء البيئي (UNEP, 2021).

مرحلة إعداد التقرير النهائي و التوثيق (Reporting)

تتمثل هذه المرحلة في إعداد تقرير نهائي شامل ومفصل، يجمع كل النتائج والمعطيات التي تم التوصل إليها في المراحل السابقة للدراسة. تعرض هذه الوثيقة على الجهات المسؤولة للمراجعة والمصادقة، لذلك يجب أن تكون واضحة ومنسقة بمنهجية مدعمة بحقائق علمية دقيقة وبيانات موثوقة ومؤكدة (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

وقد أشار **المرسوم التنفيذي 07- 145** المؤرخ في 19 ماي 2007 إلى ضرورة إضافة ملف تقييم ودراسة الأثر، بكل الوثائق والأعمال والدراسات التي أعدتها مكاتب الدراسات، لدعم المحتوى العلمي للملف المقدم .

ويؤسس التقرير النهائي عادة على العناصر التالية : خلاصة تنفيذية تبرز طبيعة المشروع وتأثيراته على البيئة، وصف دقيق للمشروع ومراحله، عرض الوضع البيئي المعتمد في التحليل، جزء مخصص لدراسة وتقييم الآثار المحتملة، عرض نتائج دراسة البدائل وتبرير الاختيار النهائي، خطة للتسيير البيئي وبرنامج للمراقبة، بالإضافة إلى قائمة المصادر والمراجع المعتمدة.

مرحلة المراقبة والمتابعة (Monitoring)

لا تنتهي عملية تقييم الأثر البيئي بمجرد منح الترخيص والموافقة على المشروع، بل تستمر إلى مرحلة ما بعد تنفيذ المشروع وتشغيله، حيث تهدف مرحلة المراقبة والمتابعة إلى التأكد من التزام صاحب المشروع بتطبيق جميع الإجراءات

[1] المرسوم التنفيذي رقم 08-312 المؤرخ في 5 أكتوبر 2008، المادة 5 (التي تنص على أن خطة الإدارة البيئية يجب أن تشمل برامج للوقاية وإدارة النفايات ومتابعة الآثار).

البيئية المقترحة في الدراسة، ومراقبة الآثار الفعلية للمشروع على البيئة بشكل مستمر، واكتشاف أي تأثيرات لم تظهر في مرحلة التقييم الأولية مبكرا (المرسوم التنفيذي 07-145، 2007).

وتشمل أنشطة المراقبة البيئية : قياس جودة الهواء والماء والتربة بشكل منتظم أثناء مرحلة البناء والتشغيل، رصد مستويات الضوضاء والاهتزازات، متابعة كفاءة وحدات المعالجة، التأكد من التخلص الآمن من النفايات، والتواصل الدائم مع السكان المحليين للتأكد من عدم وجود أي آثار بيئية أو صحية غير متوقعة [1].

وتتيح هذه المرحلة تصحيح أي مخالفات بيئية في الوقت المناسب، وتضمن استمرار الالتزام بالمعايير البيئية طوال فترة استغلال المشروع، كما توفر قاعدة بيانات قيمة يمكن الاستفادة منها عند تقييم مشاريع مشابهة مستقبلا.

الشكل (2) : مراحل إعداد دراسة الأثر البيئي

[1] الإجراء الداخلي رقم 99020 الخاص بمجمع تيقنتورين: "المراقبة والقياس" (Monitoring and Measurement)، الوارد في سجل الجوانب والآثار البيئية للمجمع (IA Aspects Register)، 2022.

3.6 أهداف دراسة الأثر البيئي

تتمثل الأهداف الرئيسية لدراسة الأثر البيئي، وفقا لما حدده الإطار القانوني الجزائري القانون 03-10 المؤرخ في 19 جويلية 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة والمرسوم التنفيذي 07-145 المؤرخ في 19 ماي 2007 الذي يحدد محتوى دراسة التأثير على البيئة وأهدافها، في :

- **تحقيق الحماية الوقائية للبيئة :** ضمان حماية البيئة والتأكد من سلامتها ومواردها الطبيعية ضد آثار المشاريع قبل حدوثها، وذلك عبر معرفة التأثيرات المباشرة وغير المباشرة مبكرا.
- **دعم متخذي القرار** : توفير بيانات صحيحة لمساعدة الجهات المسؤولة من اتخاذ القرار المناسب حول الموافقة على المشروع أو رفضه .
- **ضمان التنمية المستدامة :** تحقيق تازن بين حاجات التنمية الاقتصادية الحفاظ على حقوق الأجيال القادمة في بيئة سليمة.
- **تحسين تصميم المشاريع** : اقتراح تعديلات وإجراءات تقلل من الآثار السلبية المتوقعة .
- **ترشيد استغلال الموارد الطبيعية** : الاستغلال الأمثل للموارد وتفادي التكاليف غير المحسوبة للآثار البيئية .
- **تعزيز الشفافية و المشاركة العامة** : تزويد الناس بالمعلومات اللازمة وإشراكهم في القرارات التي تؤثر على محيطهم المعيشي.
- **تخفيف النزاعات البيئية** : التعامل مع المخاوف المحتملة قبل تنفيذ المشروع تجنب الصراعات مع سكان المنطقة .

4.6 أهمية دراسة الأثر البيئي في المشاريع الصناعية الكبرى

تحتل دراسة التأثير البيئي مكانة مهمة في إطار التخطيط للمشاريع الصناعية الكبرى وتنفيذها، بالنظر إلى حجم التغييرات التي يمكن أن تحدثها هذه المشاريع على مختلف عناصر الوسط الطبيعي والبشري. فالمشاريع الصناعية، خاصة المرتبطة باستغلال الموارد الطبيعية، لا يقتصر تأثيرها على نطاقها المباشر، بل يمتد ليشمل الهواء والماء والتربة والتوازن البيئي المحلي .

وتظهر أهمية دراسة الأثر البيئي في كونها أداة علمية ومنهجية تساعد على معرفة نتائج المشروع مسبقا، سواء كانت مباشرة أو غير مباشرة، مؤقتة أو دائمة، كما تتيح تقدير درجة خطورتها واقتراح حلول وتوصيات للحد منها أو تقليل آثارها لذلك، فهي ليست مجرد إجراء إداري، بل وسيلة وقائية تهدف لتحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة [1].

وتساعد هذه الدراسة أيضا في دعم اتخاذ القرار، من خلال توفير معطيات دقيقة وموضوعية للسلطات المختصة لتقييم مدى قابلية المشروع للإنجاز مع الالتزام بالمعايير البيئية، كما تعزز مبدأ الشفافية ومشاركة الأطراف المعنية.

[1] القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 يوليو 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، المادة 15.

وتزداد أهمية دراسة الأثر البيئي في البيئات الهشة كالأوساط الصحراوية، التي تتميز بندرة الموارد المائية وضعف الغطاء النباتي وبطء عمليات التجدد الطبيعي. وبالنسبة للمشاريع الطاقوية، وخصوصا الأنشطة المرتبطة باستغلال الغاز الطبيعي، تترتب عن عمليات الحفر والمعالجة والنقل تغيرات في استخدامات الأرض، وضغط على الموارد المائية، وانبعاثات تؤثر على جودة الهواء، مما يستدعي تقييما يراعي خصوصيات هذا الوسط [1].

وعليه، يمكن اعتبار دراسة الأثر البيئي أداة استراتيجية تضمن استدامة المشاريع الصناعية الكبرى من خلال دمج البعد البيئي في مختلف مراحل التخطيط والتنفيذ، وتوجيه النشاط الاقتصادي ليصبح أكثر توازنا واحتراما للنظام البيئي.

7. الخصائص الطبيعية للوسط الصحراوي في الجزائر

لا يمكن فهم الآثار البيئية للأنشطة الصناعية في جنوب الجزائر دون النظر في خصوصيات البيئة الصحراوية التي تمارس فيها هذه الأنشطة، حيث تغطي الصحراء أكثر من 80% من مساحة الجزائر، وتتميز بصفات طبيعية استثنائية تجعلها شديدة التأثر بأي تدخل بشري، خاصة عندما يتعلق الأمر بمشاريع صناعية كبرى مرتبطة باستخراج الغاز الطبيعي و معالجته (UNEP, 2022) (البنك الدولي، 2021).

وتبرز أهمية دراسة هذه الخصوصيات لفهم طبيعة التأثيرات المحتملة للأنشطة الغازية على البيئة الصحراوية، نظرا لهشاشة النظم البيئية الصحراوية، وندرة الموارد المائية، وضعف الغطاء النباتي، وبطء عمليات التجدد الطبيعي، مما يجعلها أكثر عرضة للتأثر بالمشاريع الصناعية مقارنة بالبيئات الأخرى (FAO, 2022).

تتصف البيئة الصحراوية في الجزائر بمجموعة من الخصائص الطبيعية التي تميزها عن بقية الأوساط الجغرافية، وتجعلها في نفس الوقت أكثر هشاشة أمام التأثيرات الخارجية.

الموقع والمساحة

تشكل الصحراء الجزائرية الجزء المركزي من الصحراء الإفريقية الكبرى، حيث تشغل مساحة تتجاوز 2 مليون كيلومتر مربع، أي ما يقارب 80% من المساحة الكلية للجزائر. يمتد هذا المجال الواسع من الأطلس الصحراوي شمالا إلى الحدود مع مالي والنيجر جنوبا، ومن الحدود مع تونس وليبيا شرقا إلى الحدود مع المغرب وموريتانيا غربا.

التضاريس

تتكون معالم سطح الصحراء في الجزائر من ثلاثة أنواع أساسية :

العرق : وهو نطاق رملي يشكل حوالي ربع مساحة الصحراء ويتكون من كثبان رملية متحركة، ويضم العرق الشرقي الكبير والعرق الغربي الكبير.

الرق : وهو نطاق صخري مسطح يمثل باقي المساحة.

إضافة إلى كتل صخرية بركانية ضخمة في أقصى الجنوب مثل جبال الهقار التي يتجاوز ارتفاعها 3000 متر، وجبال الطاسيلي التي تشتهر بنقوشها الصخرية القديمة (UNESCO, 2021).

المناخ

يتميز مناخ الصحراء بالجفاف الشديد و قلة التساقطات حيث لا تتجاوز المعدلات السنوية للأمطار 100 ملم سنويا في أغلب المناطق، كما تسجل أيضا تباين حراري كبير بين النهار والليل وبين فصول السنة، بحيث تصل درجات الحرارة خلال فصل الصيف إلى أرقام قياسية خاصة في المناطق النفطية ، في حين تنخفض بشكل حاد في الليل خاصة في فصل الشتاء.

تتعرض هذه المناطق إلى رياح السيروكو، والتي تكون في ذروتها مع نهاية الربيع وبداية الصيف محملة بالرمال مسببة عواصف رملية تزيد من صعوبة الظروف.

الموارد المائية

على الرغم من الجفاف السطحي، تخفي الصحراء الجزائرية مخزونا مائيا مهما، حيث تقدر موارد المياه الجوفية في الجزائر بحوالي 7.6 مليار متر مكعب، وتغطي هذه الموارد حوالي 96% من الطلب على المياه في جنوب البلاد [1]. وتعد هذه المياه جوفية أحفورية، ذات قدرة تجديد منخفضة جدا، وتستغل في الجنوب عبر الآبار العميقة والنظام التقليدي للفقارة، بينما تعتمد مناطق الشمال على طبقات مائية قليلة العمق تستغل بالآبار والينابيع.

وتشكل الطبقة الألبية المشتركة (بين الجزائر وليبيا وتونس) الجزء الأكبر، حيث تمتد تحت حوالي 70% من مساحة الصحراء الجزائرية، وتتركز بشكل أساسي في الجنوب الشرقي، حيث تقع ولاية إيليزي [2].

التنوع البيولوجي

تتميز البيئات الصحراوية بتنوع بيولوجي فريد رغم قسوة الظروف المناخية، وتعد الحظيرة الثقافية بطاسيلي ناجر بولاية إيليزي نموذجا بارزا لهذا التنوع، حيث أدرجت ضمن قائمة التراث العالمي لليونسكو منذ عام 1982. وتؤكد الدراسات الحديثة أن هذه الحظيرة تشكل مركز حيوي لتنوع النباتات الصحراوية (ما يزيد عن 300 نوع) والأنواع النادرة المهددة بالانقراض، مثل السرو الصحراوي (IUCN, 2025). كما تعد الحظيرة موطن لنظام بيئي متكامل يضم ثديات وطيور تأقلمت مع البيئة القاحلة، مما يجعل حمايتها التزاما دوليا يتطلب إدارة بيئية دقيقة ومستدامة.

الثروات الطبيعية

تمثل الصحراء الجزائرية خزان هائل للطاقة الشمسية، حيث يتراوح متوسط الإشعاع الشمسي اليومي بين 5 و7 كيلوواط ساعي لكل متر مربع (Bouchouicha, 2023)، كما تزخر بثروات باطنية قيمة، أبرزها النفط والغاز الطبيعي، خاصة في المناطق الشرقية مثل حاسي مسعود وعين أميناس بولاية إيليزي، بالإضافة إلى معادن أخرى كالحديد والذهب واليورانيوم والفوسفات.

---

[1] FENACK WATER (2023). Water Resources in Algeria: Challenges and Perspectives https://fenackwater.com

[2] OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel). (2021). Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS)

تتسم البيئات الصحراوية بهشاشة واضحة نتيجة ندرة الموارد المائية، وضعف التربة، وحساسية التنوع البيولوجي، فضلا عن تصنيف الجزائر ضمن أكثر المناطق عرضة للتغيرات المناخية. وتكتسي هذه الخصائص أهمية خاصة عند دراسة الأنشطة الغازية، التي تتركز أساسا في هذه المناطق الهشة.

8. تمركز الأنشطة الغازية في الجزائر

تتركز الأنشطة الغازية في الجزائر بشكل أساسي في الأقاليم الصحراوية الواسعة، حيث تمتد حقول الإنتاج الرئيسية من الوسط إلى الجنوب الشرقي. وتعد الجزائر من الدول الرائدة في إنتاج وتصدير الغاز الطبيعي في المنطقة، حيث تشكل الأنشطة الغازية ركيزة أساسية في الاقتصاد الوطني، وتتركز هذه الأنشطة في مناطق صحراوية تتميز بهشاشة بيئية عالية.

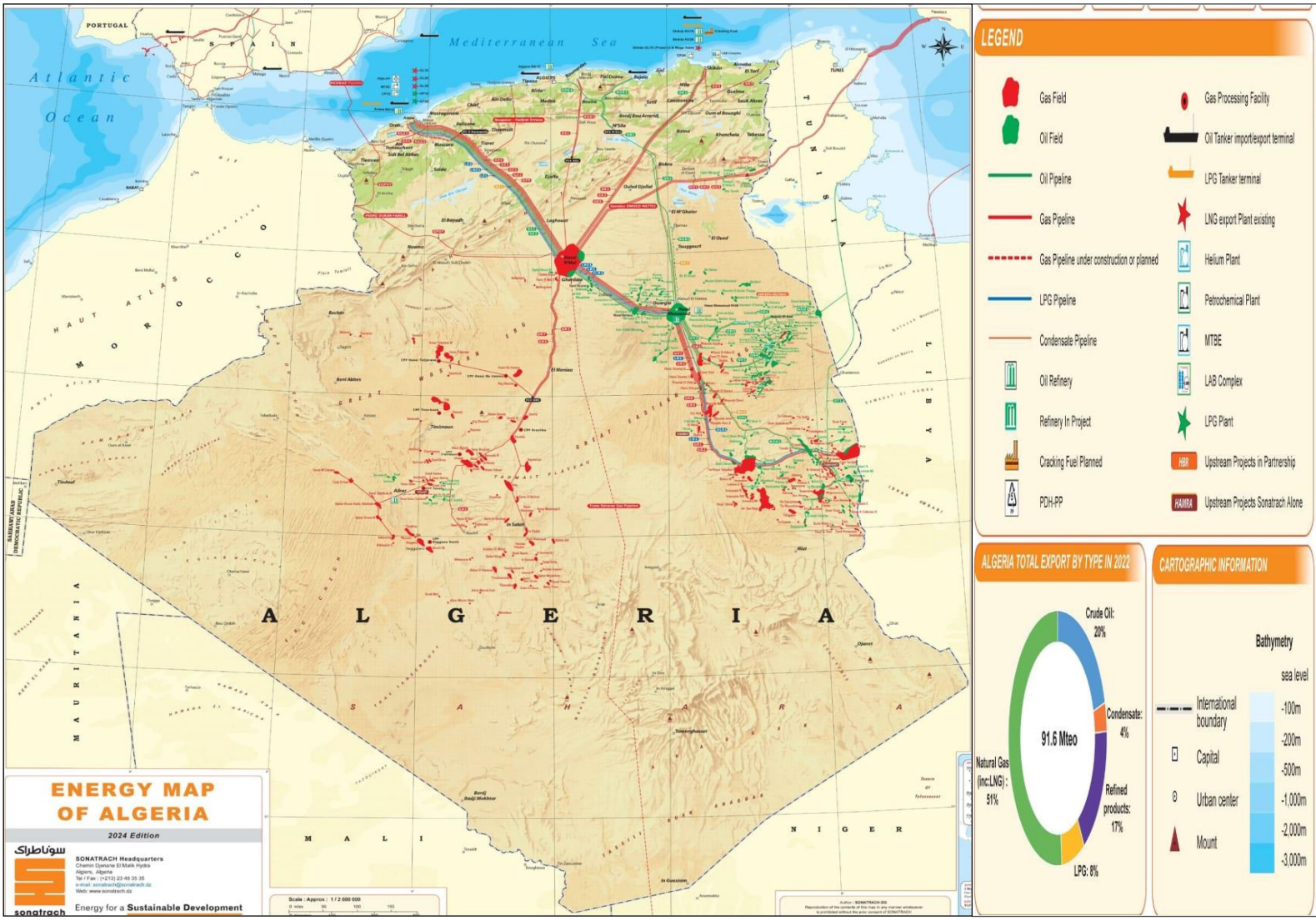
يعد حقل حاسي الرمل، الواقع في ولاية الأغواط، أكبر حقل للغاز الطبيعي في الجزائر وأحد أكبر الحقول على المستوى العالمي. تم اكتشاف الحقل عام 1956، ودخل مرحلة الإنتاج الفعلي عام 1961. يغذي الحقل شبكة من خطوط الأنابيب الرئيسية التي تمد أوروبا بالغاز الطبيعي، من بينها خط أنابيب عبر المتوسط (Transmed) المتجه إلى إيطاليا، وخط ميدغاز (Medgaz) الرابط بين الجزائر وإسبانيا. أما خط أنابيب الغاز المغرب-أوروبا، فقد توقف عن العمل منذ نهاية عام 2021 بسبب التوترات الدبلوماسية بين الجزائر والمغرب . ويوجد في بلدية حاسي الرمل أكبر محطة لتوليد الطاقة الكهربائية على المستوى الوطني.

في المركز الثاني يأتي **حقل عين أميناس** (إن أميناس) بولاية إيليزي، وهو أكبر مشروع للغاز الرطب في الجزائر . يقع المشروع في حوض إيليزي جنوب شرق الجزائر، قرب الحدود الليبية، ويتكون من أربعة حقول أساسية : تيقنتورين، حاسي فريدة، حاسي عين تاردرت، وحاسي وان عبشو ، بالإضافة إلى مرافق للإنتاج والمعالجة.

بدأ المشروع عام 1998 بتوقيع اتفاقية بين سوناطراك وشركة أموكو الأمريكية، ودخل نطاق الإنتاج الفعلي عام 2006 .

إضافة إلى حقل حاسي الرمل وحقل عين أميناس، توجد في الجزائر حقول أخرى تساهم في الإنتاج الوطني، منها ما تديره شركة سوناطراك بمفردها (مثل حقل الرار الواقع في ولاية إيليزي قرب الحدود اللبية)، ومنها ما يستغل بالشراكة مع شركات أجنبية، موزعة في مختلف الأحواض الرسوبية الصحراوية. وقد سجلت السنوات الأخيرة اكتشافات جديدة تعزز الاحتياطي الوطني، في إطار استراتيجية الجزائر لرفع إنتاجها من الغاز على المدى المتوسط (الوكالة الوطنية لتطوير وترشيد استخدام الطاقة، 2020).

الخريطة (1) : خريطة الطاقة في الجزائر ـ مواقع حقول الغاز وخطوط الأنابيب الرئيسية



المصدر : Sonatrache , Energy Map of Algeria 2024

https://sonatrach.com/wp-content/uploads/2025/06/ENERGY-MAP-OF-ALGERIA-1-4.pdf

تبين خريطة توزيع المنشآت والحقول الطاقوية في الجزائر التمركز الجغرافي لمختلف الموارد والمنشآت المرتبطة بصناعة المحروقات، حيث توضح انتشار حقول الغاز الطبيعي والنفط، إضافة إلى شبكات النقل والمنشآت الخاصة بالمعالجة والتصدير. كما تظهر أن النشاط الطاقوي في الجزائر يرتبط بشكل كبير بالمناطق الصحراوية، التي تمثل المجال الرئيسي لإنتاج المحروقات، نظرا لاحتوائها على أكبر الاحتياطات الوطنية من النفط والغاز.

من خلال مفتاح الخريطة، نلاحظ وجود عدة رموز وخطوط تمثل مختلف مكونات القطاع الطاقوي، حيث تمثل المناطق الملونة بالأحمر حقول الغاز الطبيعي، بينما تشير المناطق الخضراء إلى حقول النفط. كما توضح الخطوط الممتدة

عبر الخريطة مسارات نقل المحروقات، خاصة خطوط أنابيب الغاز والنفط التي تربط مناطق الإنتاج بالمنشآت الصناعية وموانئ التصدير في الشمال. ويسمح هذا الترابط بتسهيل نقل المواد الطاقوية من مناطق الاستخراج الصحراوية نحو وحدات المعالجة ومرافق التصدير.

يتركز الجزء الأكبر من الحقول الغازية والبترولية في الجنوب الجزائري، خاصة في مناطق مثل حاسي الرمل، حوض بركين، إليزي، ورقلة، وعين أميناس، وهي مناطق تتميز بأهمية اقتصادية كبيرة في مجال إنتاج الغاز الطبيعي. كما يظهر من الخريطة انتشار منشآت معالجة الغاز في هذه المناطق، والتي تقوم بتحويل الغاز الخام المستخرج من الحقول إلى غاز قابل للتسويق بعد عمليات المعالجة والفصل.

بصفة عامة، تبرز الخريطة الدور الاستراتيجي للمحروقات في النشاط الاقتصادي الوطني، وتوضح كيف ساهم انتشار البنية التحتية الطاقوية في ربط مناطق الإنتاج الصحراوية بمختلف مناطق الاستهلاك والتصدير.

خاتمة الفصل

من خلال ما تم التطرق إليه في هذا الفصل، يتضح أن دراسة التأثيرات البيئية والمناخية للأنشطة الغازية ترتكز على فهم المفاهيم الأساسية المرتبطة بالبيئة والتغيرات المناخية، والتعرف على طبيعة النشاط الغازي ومختلف مراحل إنتاجه، باعتبارها المصدر الرئيسي للتأثيرات المحتملة على مكونات الوسط الطبيعي.

كما أبرز هذا الفصل أن التأثيرات البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي لا تقتصر على الانبعاثات الهوائية فقط، بل تشمل مختلف عناصر البيئة، الأمر الذي يجعل دراسة الأثر البيئي أداة أساسية للتنبؤ بهذه التأثيرات وتقييمها قبل وأثناء إنجاز المشاريع الصناعية.

ومن جهة أخرى، أظهر الفصل أن خصوصية الوسط الصحراوي الجزائري، بما يتميز به من هشاشة بيئية وخصائص طبيعية مميزة، تستوجب مراعاة هذه الخصائص عند إقامة واستغلال المشاريع الغازية، خاصة مع تمركز معظم الأنشطة الطاقوية في الجنوب الجزائري.

وعليه، يمثل هذا الفصل قاعدة نظرية ومنهجية سيتم الاعتماد عليها في الفصل الثاني، الذي سيتم فيه التعريف بمنطقة الدراسة ومجمع تيقنتورين، وتحليل خصائصه الطبيعية والسوسيو-اقتصادية، تمهيداً لتقييم التأثيرات البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي في الفصل الذي يليه.

الفصل الثاني

الخصائص الطبيعية و السوسيو-اقتصادية لمنطقة الدراسة

مقدمة الفصل

بعد التطرق إلى الإطار النظري والمفاهيمي في الفصل الأول، خصص هذا الفصل لدراسة و تحليل منطقة الدراسة من الجانبين الطبيعي والبشري. تكمن أهمية هذه الدراسة في كون الأنشطة الغازية لا تتم في معزل عن محيطها، بل تتفاعل بشكل مباشر مع خصائص الوسط الجغرافي الذي تقع فيه، مما يستوجب تحديد هذه الخصائص بدقة لفهم كيفية تأثير المنشآت الصناعية على بيئتها المحلية.

تعتمد الدراسة في هذا الفصل على استغلال المعطيات الجغرافية المتاحة، بالإضافة إلى البيانات المستخرجة من التقرير البيئي و الوثائق التقنية الخاصة بالمجمع، حيث ينطلق البحث من تحديد الموقع الجغرافي والحدود الإدارية لولاية إليزي كإطار مكاني عام، لينتقل بعدها التحليل إلى بلدية عين أميناس لتفصيل خصائصها الطبيعية، المناخية، والجيومورفولوجية. بالإضافة إلى التعريف بمجمع تيقنتورين الغازي من حيث نشاطه التقني، تنظيمه البشري، وأهميته في قطاع الطاقة الوطني.

بناءً على ذلك، يمثل هذا الفصل قاعدة بيانية ضرورية لربط الوسط الطبيعي بالنشاط الصناعي، تمهيدا لتقييم الآثار البيئية والمناخية في الفصل الثالث.

1. الموقع الجغرافي و الحدود الإدارية لولاية إيليزي

تقع ولاية إليزي ضمن النطاق الجنوبي الشرقي من الجزائر وتعد من الولايات الحدودية الكبرى .تنحصر إحداثياتها الجغرافية بين خطي عرض 23° و28° شمالا، وخطي طول 06° و10° شرقا. تمتد الولاية على مساحة إجمالية تقدر ب 284,618 كلم مربع [1]، وهي تتميز بتنوع تضاريسي مميز يجمع بين الكثبان الرملية الشاسعة (العروق) والهضاب الصخرية المرتفعة (التاسيلي ناجر).

الحدود الإدارية

بموجب **القانون رقم 19-12 المؤرخ في 11 ديسمبر 2019** [2] المتعلق بالتنظيم الإقليمي للبلاد أصبحت ولاية إليزي التي تحمل الرقم الإداري 33 محدودة جغرافيا بالولايات والدول التالية :

من الشمال : ولاية ورقلة و ولاية تقرت

من الشرق : الحدود الدولية مع الجمهورية التونسية ودولة ليبيا

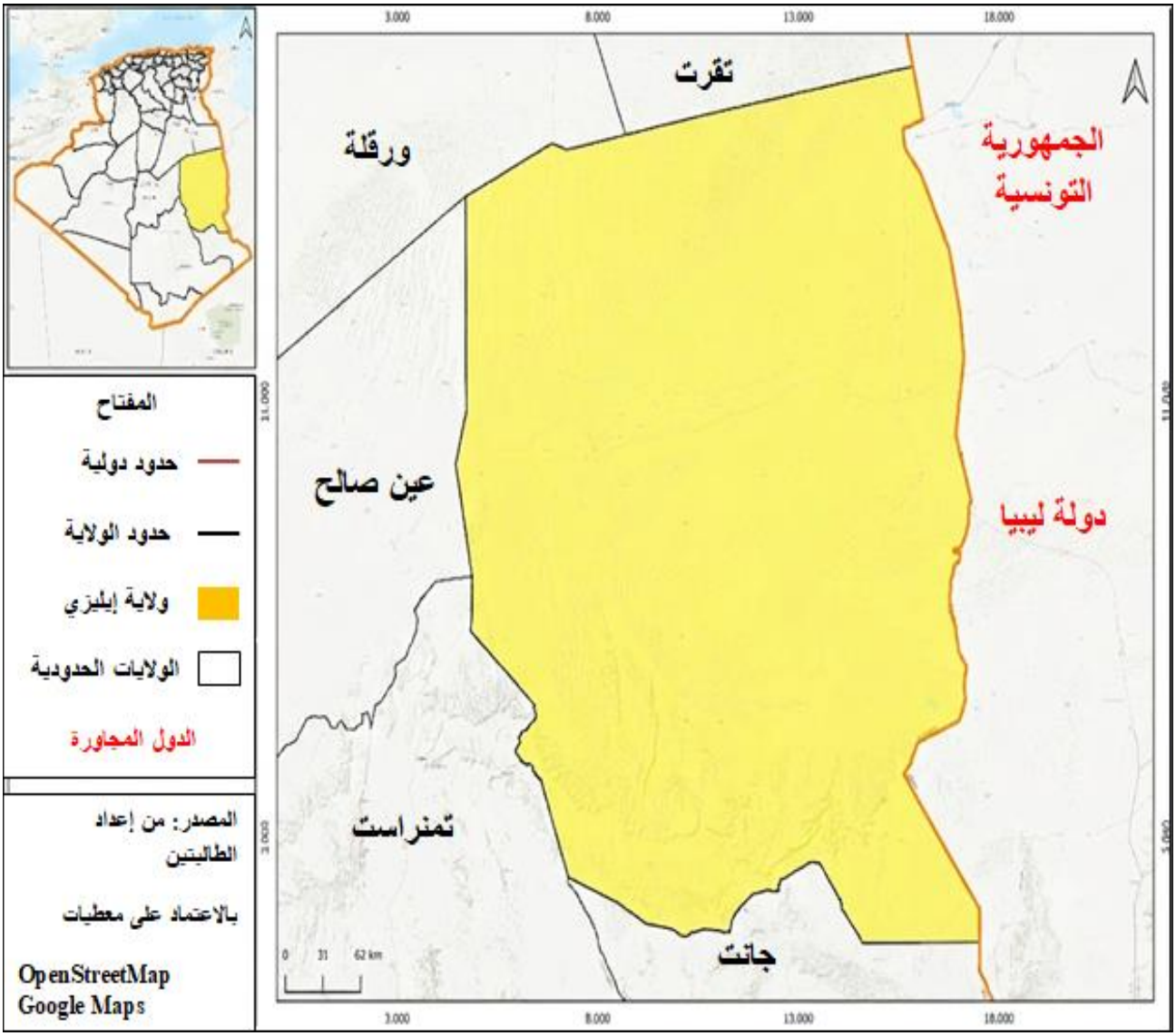
من الغرب : ولاية تمنراست وولاية عين صالح

من الجنوب : ولاية جانت (التي استحدثت كولاية كاملة الصلاحيات بعدما كانت مقاطعة إدارية تابعة لإليزي)

[1] التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين EIE،2022، الفصل 3 : وصف البيئة المحيطة، الصفحات 83-91 (الخصائص الجيومورفولوجية).

[2] القانون رقم 19-12 المؤرخ في 11 ديسمبر 2019، المتعلق بالتنظيم الإقليمي للبلاد، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية.

الخريطة (2): الوضعية الإدارية لولاية إيليزي



المصدر : معطيات OpenStreetMap وGoogle Maps، معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

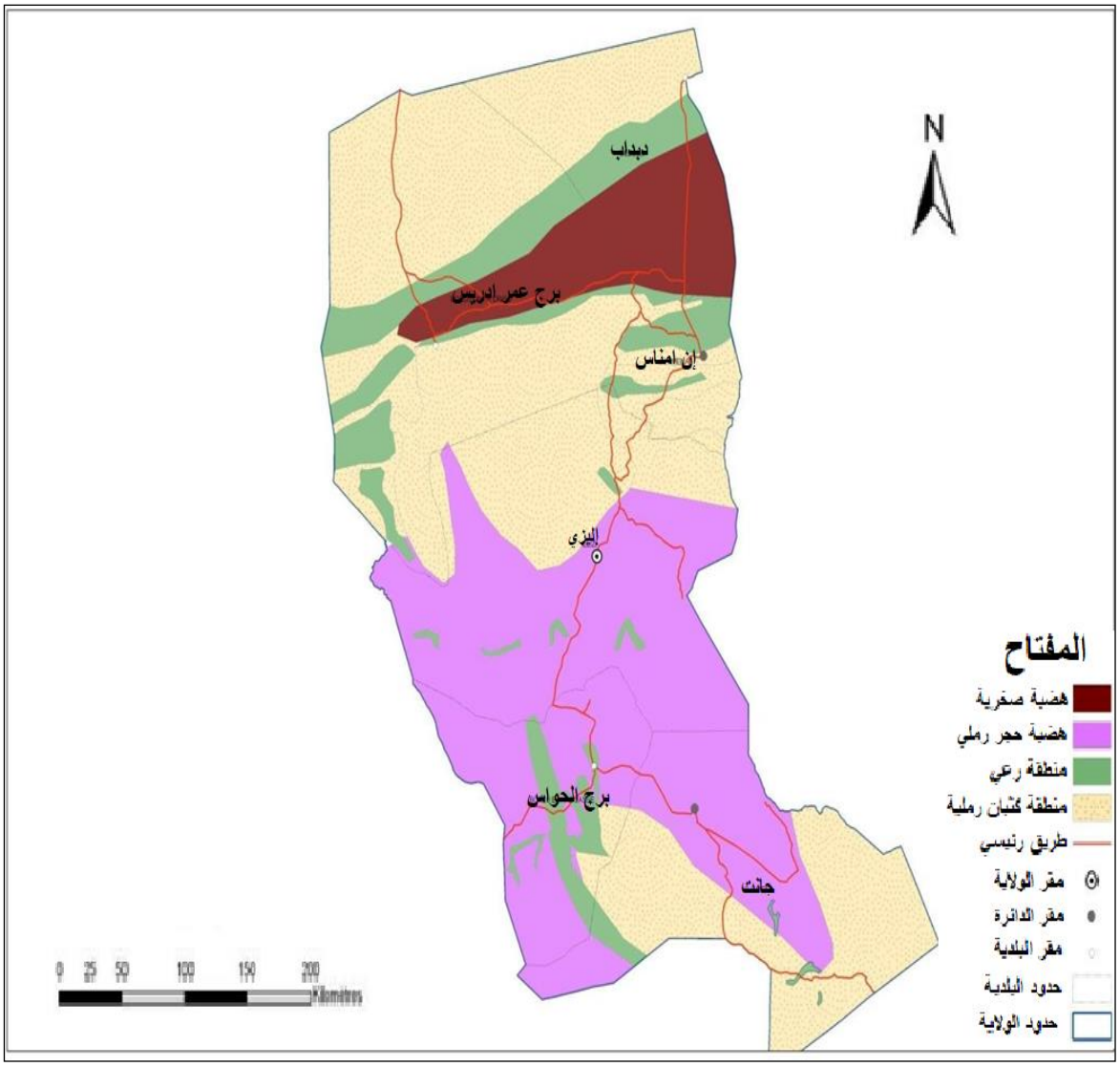
1.1 الخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية لولاية إيليزي

اعتمدت الخريطة (3) في الاسفل على المعطيات الواردة في التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، مع إعادة ترجمة محتواها لى اللغة العربية بما يتوافق مع هذه الدراسة. وتوضح الخريطة الخصائص الطبيعية العامة لولاية إيليزي، حيث تتنوع وحداتها الجيومورفولوجية بين الهضاب الصخرية، وهضاب الحجر الرملي، ومناطق الكثبان الرملية، بالإضافة إلى مناطق الرعي التي تنتشر في بعض أجزاء الولاية. ويبرز هذا التنوع الطبيعة الصحراوية المميزة لإقليم إيليزي واختلاف خصائصه التضاريسية من منطقة إلى أخرى.

كما تبين الخريطة أهم محاور النقل المتمثلة في الطريق الرئيسي، إضافة إلى توزيع المراكز الإدارية، ممثلة في مقر الولاية، ومقرات الدوائر والبلديات، وهو ما يوضح البنية المكانية للولاية ويساعد على تحديد موقع منطقة الدراسة ضمن هذا الإطار الجغرافي.

وتكتسي هذه الخصائص الطبيعية أهمية خاصة في هذه الدراسة، لأنها تؤثر في طبيعة الوسط البيئي واستقبال التأثيرات الناتجة عن الأنشطة الصناعية، كما أن وجود شبكة الطرق والمراكز العمرانية يبرز أهمية ولاية إيليزي باعتبارها مجالًا يحتضن العديد من المشاريع الطاقوية، وعلى رأسها مجمع تيقنتورين بعين أميناس الذي يمثل مجال الدراسة التطبيقية.

الخريطة (3) : استخدامات الأرض لولاية إيليزي



المصدر : دراسة الأثر البيئي لمجمع تيقنتورين عين أميناس 2022

2. التعريف بمنطقة الدراسة الموقع الجغرافي و الإداري

تتطلب دراسة الآثار البيئية الناتجة عن المنشآت الطاقوية اتباع منهجية واضحة تبدأ بالتعريف بالمنطقة الجغرافية والإدارية المحيطة بالمشروع و الانتقال من الإطار الإقليمي العام إلى منطقة الدراسة.

وبما أن بلدية عين أميناس هي الإقليم الذي يقع داخله المجمع الغازي تيقنتورين ، فإن دراسة الخصائص العامة لهذه البلدية، والتعرف على موقعها وحدودها وبنيتها التضاريسية والمناخية، يعد خطوة أساسية لفهم طبيعة المنطقة ومعرفة كيفية توزع و انتشار الغازات المنبعثة من المجمع في الوسط الطبيعي المحيط به.

تعتبر بلدية عين أميناس (In Amenas) من أبرز البلديات الإقليمية الحيوية التابعة إداريا وجغرافيا لولاية إليزي في نطاق الجنوب الشرقي الجزائري، حيث تمثل مركز الدائرة التي تحمل نفس الاسم، وقد تأسست بصفة رسمية بموجب **القانون رقم 84-09** المؤرخ في 4 فيفري 1984 المتعلق بالتنظيم الإقليمي والتقسيم الإداري للبلاد [1].

من الناحية الفلكية، تتمركز بلدية عين أميناس ضمن النطاق الصحراوي المداري الجاف؛ حيث تقع بين خطي عرض °27 و°28 شمالا، وخطي طول °9 و°10 شرقا. وبناء على المعطيات الجغرافية المعتمدة في تقرير الأثر البيئي، يبلغ متوسط ارتفاع مركز البلدية والمناطق المحيطة بها حوالي 562 م فوق مستوى سطح البحر (SONATRACH, 2022).

يفسر هذا الموقع الفلكي مدى تأثر المنطقة بالخصائص الصحراوية المتطرفة المتمثلة في الارتفاع الشديد لدرجات الحرارة، وسيادة الجفاف الشديد، والتعرض الطويل والمكثف للإشعاع الشمسي على مدار فترات السنة.

مساحة بلدية عين أميناس تمنحها بعد استراتيجي واقتصادي هام في الجنوب الشرقي الجزائري، كما تكتسب هذه الأهمية بسبب تموقعها الجغرافي فوق حوض إليزي الرسوبي، الذي يصنف كأحد أهم الأحواض النفطية والغازية في الجزائر، بحيث يضم هذا الحوض مجموعة من الحقول الهيدروكربونية، مثل : حقل زرزايتين، حقل أوهانت، والمجمع الغازي تيقنتورين.

حسب المعطيات الرسمية الواردة في التقرير البيئي فإن عدد سكان بلدية عين أميناس يبلغ 7,340 نسمة بمعدل نمو سكاني يقدر بـ 4.4%. ويتركز أغلب هؤلاء السكان في التجمعات الحضرية للبلدية عين أميناس مركز، وبرج عمر إدريس، مع وجود نسبة من الطوارق الرحل في ضواحي المنطقة [2].

أما من الناحية الإدارية، فيتشكل الإطار الحدودي لبلدية عين أميناس على النحو التالي :

شمالا : بلدية الدبداب

شرقا : الحدود الجزائرية - الليبية

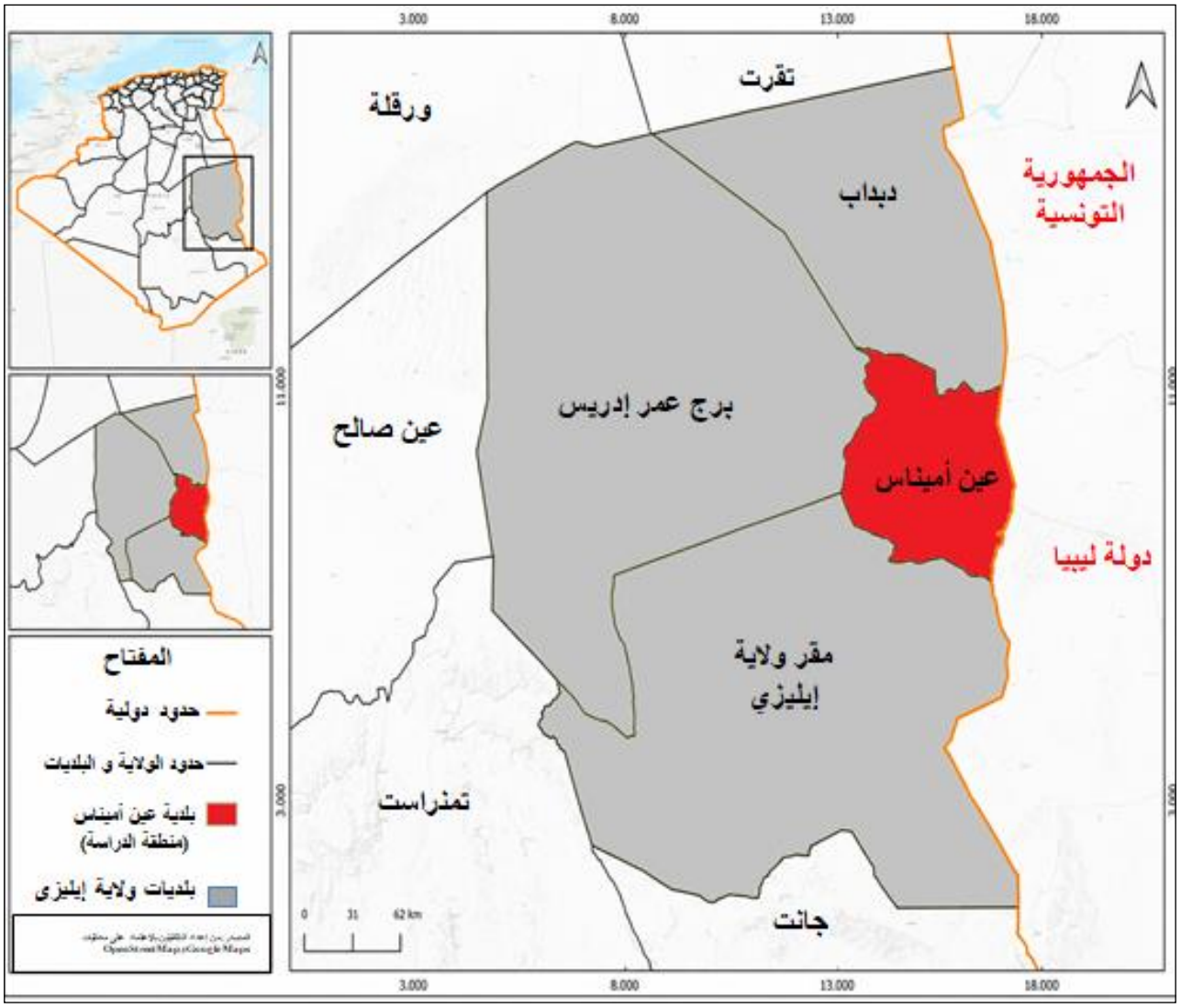
غربا : بلدية برج عمر إدريس

[1] القانون رقم 84-09 المؤرخ في 4 فيفري 1984 المتعلق بالتنظيم الإقليمي والتقسيم الإداري للبلاد، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية.

[2] التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين ((EIE، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة، الصفحات 247-248 (الجانب السوسيو-اقتصادي).

جنوبا : ولاية إليزي

الخريطة (4) : الحدود الإدارية لبلدية عين أميناس (منطقة الدراسة)



المصدر : معطيات OpenStreetMap / Google Maps معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

3. دراسة الخصائص المناخية لبلدية عين أميناس

تعد دراسة الخصائص الطبيعية والمناخية خطوة أساسية لتحديد الإطار البيئي لبلدية عين أميناس، وفهم مدى تأثير هذه العوامل على إقليم المنطقة. ونظراً لتموقع البلدية ضمن النطاق الصحراوي الجاف، فإن المنطقة تتميز بخصائص مورفولوجية ومناخية قارية، تؤثر بشكل مباشر على المشاريع والصناعات الطاقوية المتواجدة بها.

درجة الحرارة

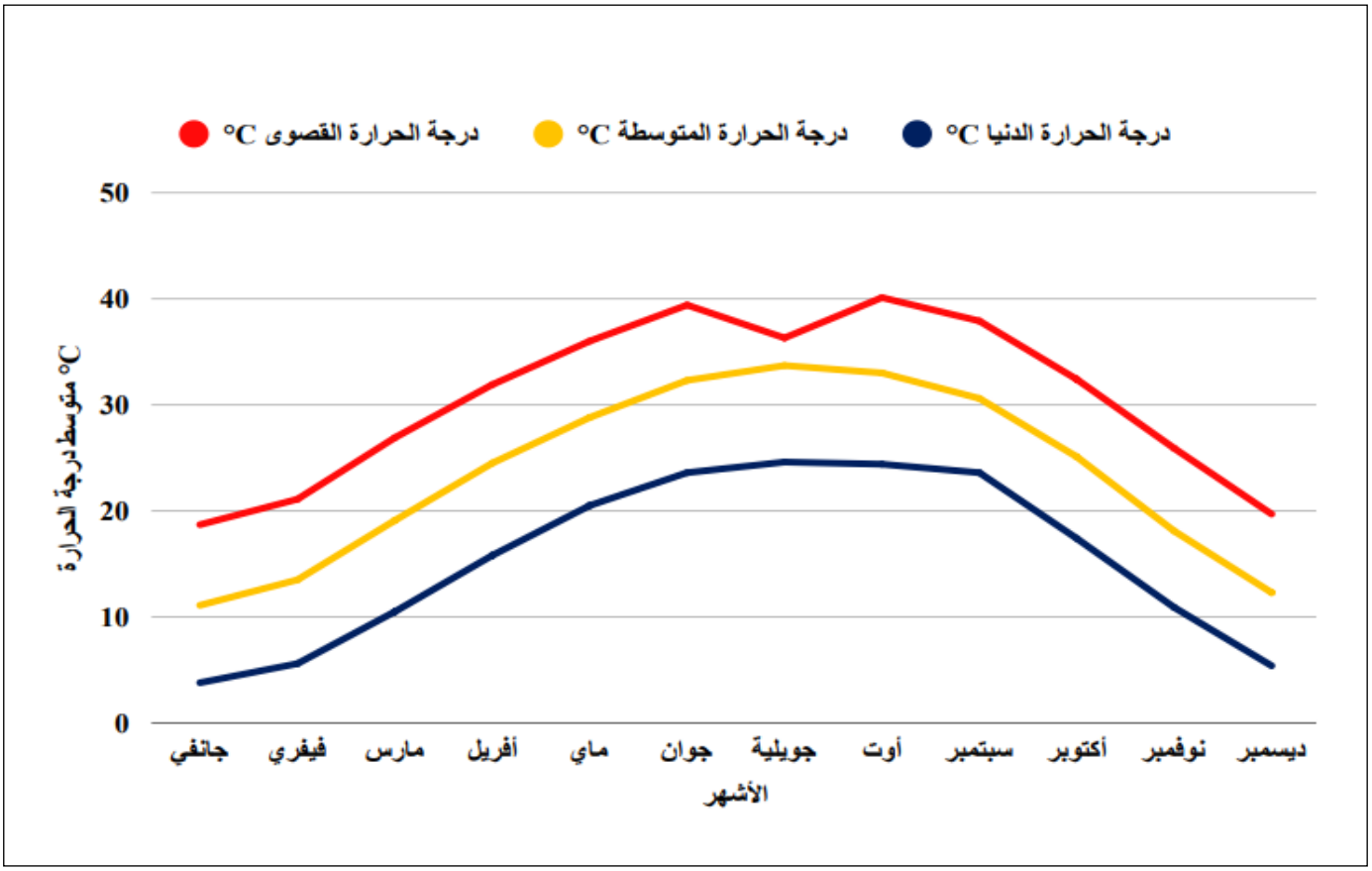
تمت دراسة درجات الحرارة ضمن الخصائص المناخية لأنها تعد من أهم العناصر المؤثرة في طبيعة المناخ بمنطقة الدراسة، كما أن لها دورًا في التأثير على ظروف تشغيل المجمع وعلى كيفية انتشار الانبعاثات الغازية في الوسط المحيط، لذلك كان من الضروري التطرق إليها لفهم العلاقة بين الظروف المناخية والنشاط الغازي.

الجدول (1) : متوسط درجات الحرارة الشهرية ببلدية عين أميناس الفترة (2010-2019)

الأشهر	درجة الحرارة القصوى °C	درجة الحرارة المتوسطة °C	درجة الحرارة الدنيا °C
جانفي	18,7	11,1	3,8
فيفري	21,1	13,5	5,6
مارس	26,9	19,1	10,5
أفريل	31,9	24,5	15,8
ماي	36	28,8	20,5
جوان	39,4	32,3	23,6
جويلية	36,3	33,7	24,6
أوت	40,1	33	24,4
سبتمبر	37,9	30,6	23,6
أكتوبر	32,4	25,1	17,4
نوفمبر	25,9	18,1	10,9
ديسمبر	19,7	12,3	5,4

المصدر : التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة

الشكل (3) : متوسط درجات الحرارة الشهرية في بلدية عين أميناس الفترة (2010-2019)



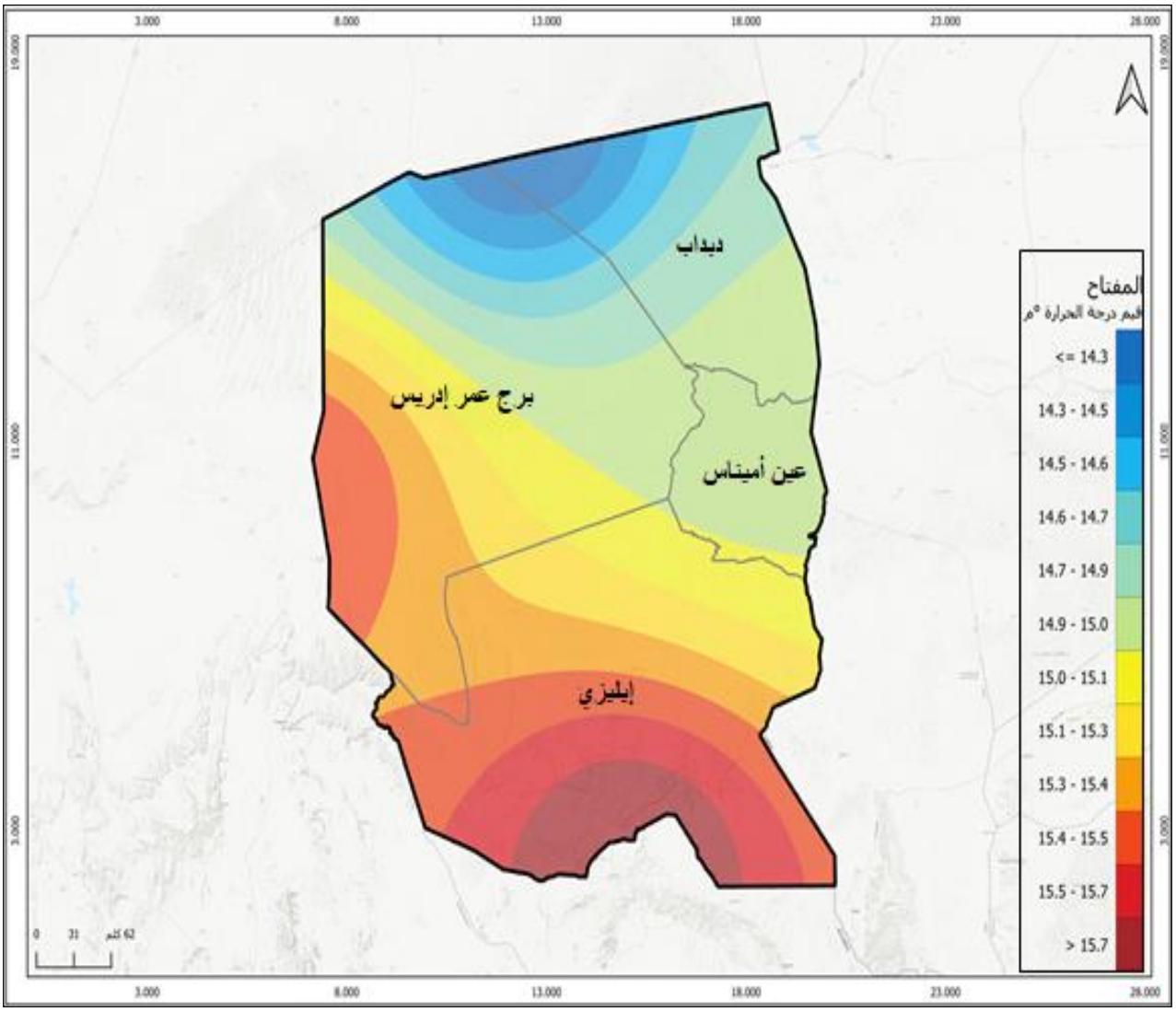
المصدر : معطيات التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة

نلاحظ من خلال المعطيات الممثلة في الجدول (1) والشكل (3) وجود فصلين حراريين : أحدهما حار، والآخر بارد، على مدار السنة حيث :

- **الفصل الحار :** يمتد من شهر ماي إلى شهر أكتوبر، شهدت هذه الفترة ارتفاعا تدريجيا في درجات الحرارة لتبلغ ذروتها في شهر جويلية حيث تتجاوز الحرارة القصوى عتبة 44 C° تحت الظل، ما يعكس شدة الحرارة في هذه الأشهر الصيفية. كذلك ترتفع درجة الحرارة المتوسطة لتصل إلى حوالي 34 C° ، وتبقى درجة الحرارة الدنيا مرتفعة نسبيا.
- **الفصل البارد :** يمتد من شهر نوفمبر إلى شهر أفريل، تتميز هذه الفترة بانخفاض تدريجي في درجات الحرارة، لتبلغ أدنى مستوياتها في شهر جانفي أين تسجل الحرارة الدنيا أدنى قيمة لها تقدر بـ 4 C° ، مما يجعله أبرد شهر في السنة. أما بالنسبة للحرارة القصوى فتبقى معتدلة، بينما تتراجع الحرارة المتوسطة لتصل إلى حدود 12 C°.

يفسر هذا الاختلاف بارتفاع المدى الحراري السنوي للمنطقة الناتج عن موقعها القاري في عمق الصحراء بعيدا عن المؤثرات البحرية، إلى جانب جفاف الجو وغياب الغطاء النباتي مما يساعد على ارتفاع درجة الحرارة نهارا وصيفا وانخفاضها ليلا وشتاء انظر الشكل (3) .

الخريطة (5) : التوزيع المجالي لمعدلات درجات الحرارة السنوية بولاية إيليزي



المصدر : معطيات (ERA5) و (MODIS) Google Earth Engine ، معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

بما أن بلدية عين أميناس كمنطقة دراسة تمثل جزءا مجالي صغير يقع ضمن النطاق الجغرافي والإداري الأكبر لولاية إيليزي، ونظرا لانتمائهما معا إلى نفس الإقليم المناخي الصحراوي والجاف، فإن التوزيع المجالي للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة الموضح في الخريطة رقم (5) يعكس بدقة المناخ العام المهيمن على البلدية.

وحسب ما تبينه معطيات الخريطة، يتضح وجود تدرج متجانس لدرجات الحرارة؛ حيث تسجل المناطق الشمالية للولاية والتي تضم عين أميناس ودبداب معدلات سنوية عامة معتدلة نسبيا تتراوح بين 14.6 C° و 14.9 C° ، لترتفع هذه المعدلات تدريجيا كلما اتجهنا جنوبا نحو عمق الصحراء لتتجاوز عتبة 15.7 C° عند مقر الولاية.

هذا التشابه الإقليمي والتدرج المنتظم يبرر التوافق التام بين المعطيات الشهرية المحلية لبلدية عين أميناس (الممثلة في الجدول والمنحنى البياني) والتي تظهر تباين الفصول، وبين التوزيع السنوي للولاية ككل.

التساقط

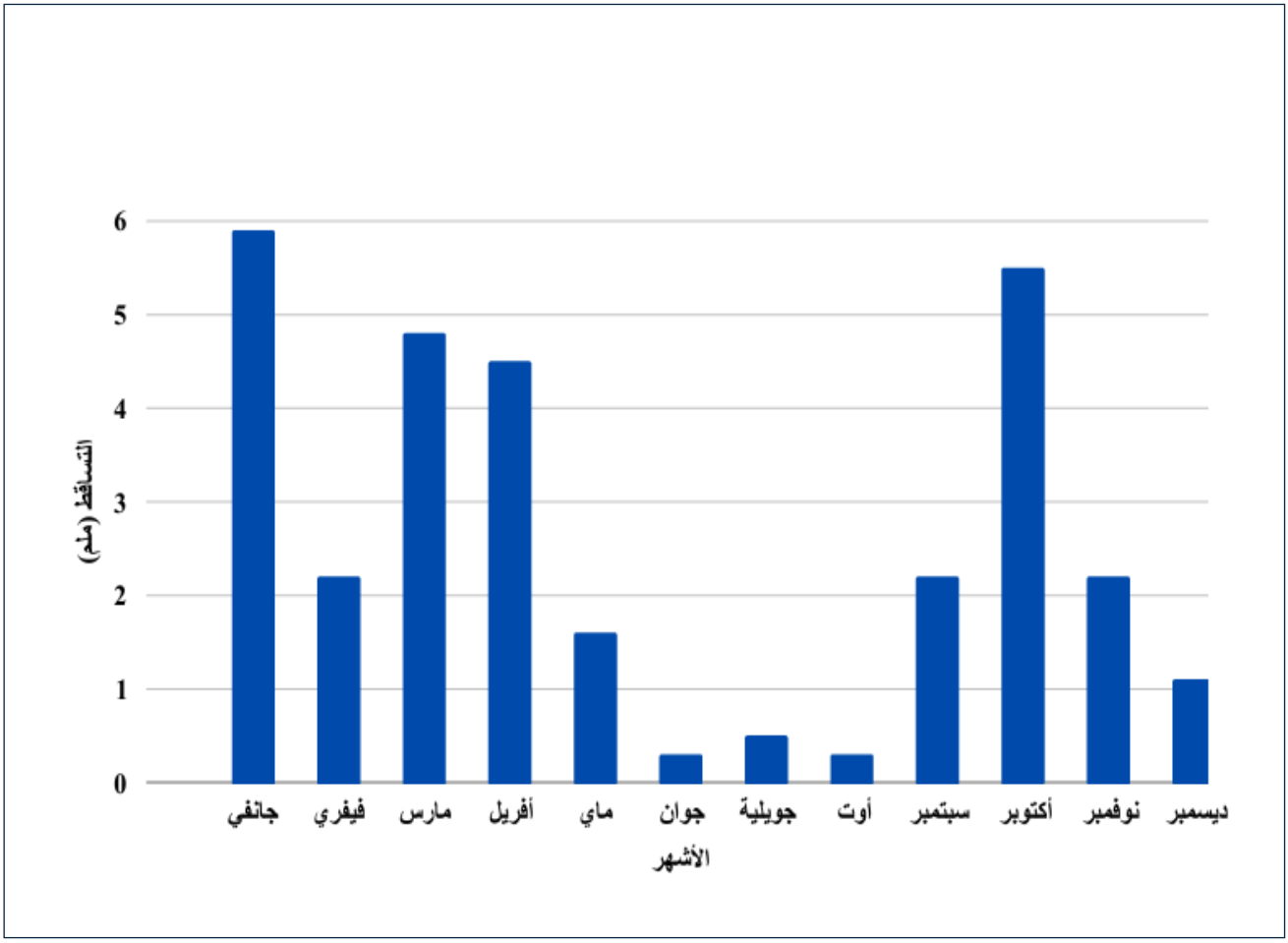
تم إدراج دراسة التساقط باعتباره أحد العناصر المناخية الأساسية التي تميز منطقة الدراسة، حيث يساهم في فهم الظروف البيئية السائدة، كما يؤثر في ترسيب بعض الملوثات وتنظيف الغلاف الجوي، رغم أن كميات التساقط بالمنطقة تبقى ضعيفة بحكم طبيعتها الصحراوية.

الجدول (2) : متوسط كميات التساقط الشهرية ببلدية عين أميناس للفترة (2010-2019)

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجموع
التساقط (ملم)	5,9	2,2	4,8	4,5	1,6	0,3	0,5	0,3	2,2	5,5	2,2	1,1	31.1

المصدر : التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة

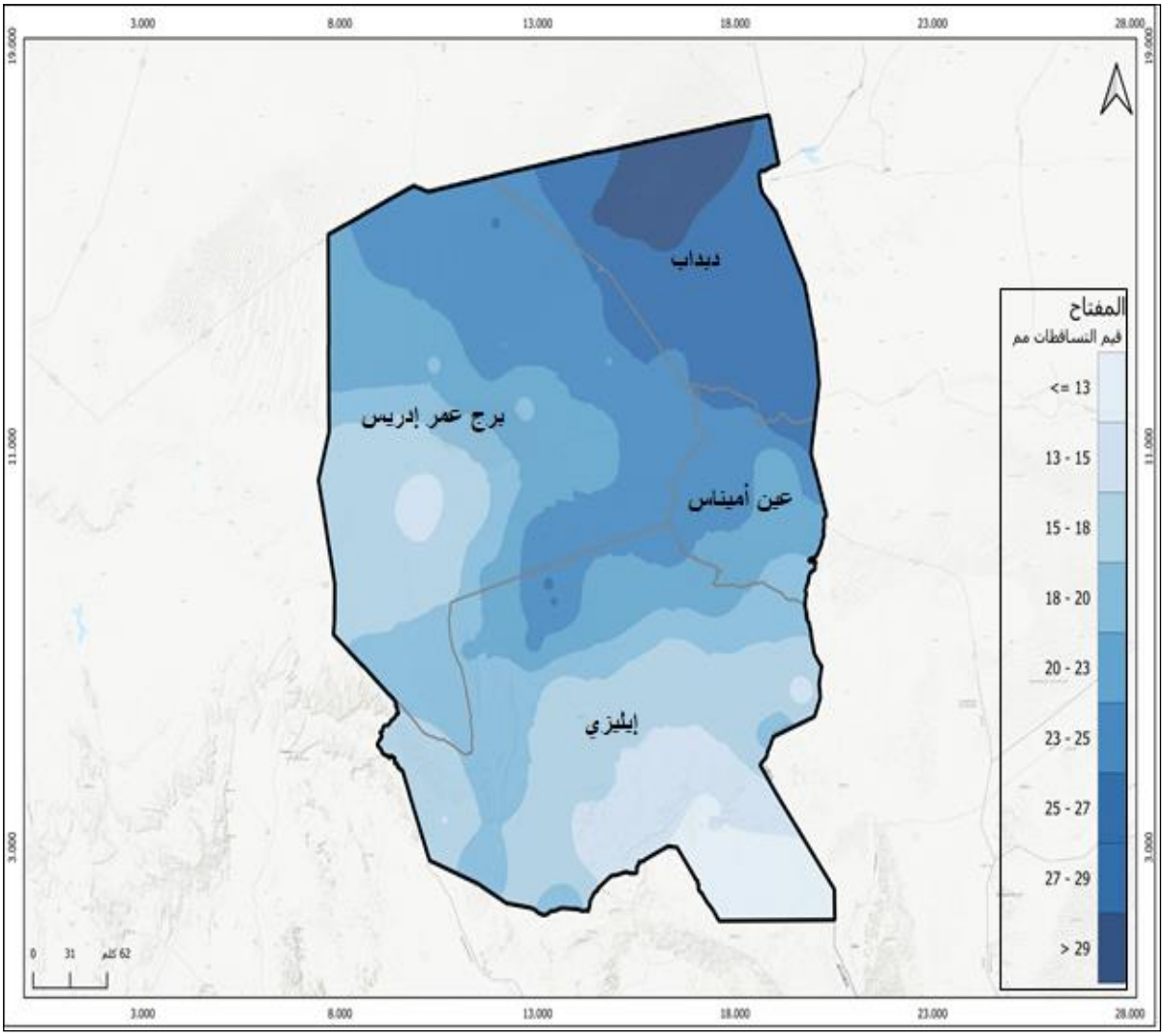
الشكل (4) : التطور الشهري لكميات التساقط في بلدية عين أميناس (2010-2019)



المصدر : معطيات التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة

من خلال المعطيات الإحصائية والشكل البياني الممثل لها، يتضح الضعف الشديد والندرة الكبيرة في كميات الأمطار المسجلة ببلدية عين أميناس ، حيث بلغ المجموع السنوي الإجمالي 31.1 ملم فقط ، وهو ما يؤكد الجفاف بالمنطقة. وتتوزع هذه الكميات بشكل غير منتظم على مدار السنة؛ حيث سجلت أعلى كمية تساقط شهري خلال شهر جانفي بـ 5.9 ملم يليه شهر أكتوبر بـ 5.5 ملم ، في حين تنعدم الأمطار تقريبا خلال فصل الصيف خاصة في شهري جوان وأوت أين تنخفض إلى أدنى قيمها بـ 0.3 ملم.

الخريطة (6) : التوزيع المجالي لمعدلات التساقط السنوي بولاية إيليزي



المصدر : معطيات (ERA5) و Google Earth Engine(CHIRPS) ، معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

بما أن بلدية عين أميناس تنتمي لولاية إيليزي وتتشارك معها نفس المناخ الصحراوي الجاف، فإن الخريطة رقم (6) تعكس هذا الواقع المناخي في المنطقة.

حيث يتضح من معطيات الخريطة أن ندرة الأمطار شملت مستوى الولاية كاملة، بمعدلات سنوية قليلة جدا تتراوح بين أقل من 13 ملم و29 ملم، وهو ما يضع المنطقة في نطاق شديد الجفاف.

هذا التوافق الإقليمي ينسجم تماما مع المعطيات الشهرية لبلدية عين أميناس (الممثلة في الجدول والأعمدة البيانية أعلاه)، والتي تظهر مجموعا سنويا يقدر بـ 31.1 ملم مع تباين توزيعه عبر فصول السنة. حيث يوضح هذا الرقم تقارب كبير مع النطاق العام لولاية إيليزي الموضح في الخريطة، مما يؤكد وجود امتداد مناخي متجانس بينهما؛ فبلدية عين أميناس تعكس بوضوح نفس خصائص الجفاف والندرة التي تميز الولاية ككل، ليثبت هذا الانسجام أن الخصائص المناخية المحلية للمنطقة ما هي إلا جزء لا يتجزأ من الإطار البيئي والمناخي الشامل للولاية.

مؤشر الجفاف لبانيول وغوسن (Bagnouls & Gaussen)

يستخدم مؤشر بانيول وغوسن كمعيار مناخي أساسي لتحديد فترات الجفاف طوال السنة. ويعتمد هذا المؤشر على المقارنة الرياضية بين المعدلات الشهرية للتساقط (P) ودرجات الحرارة (T) وفق المعادلة التالية :

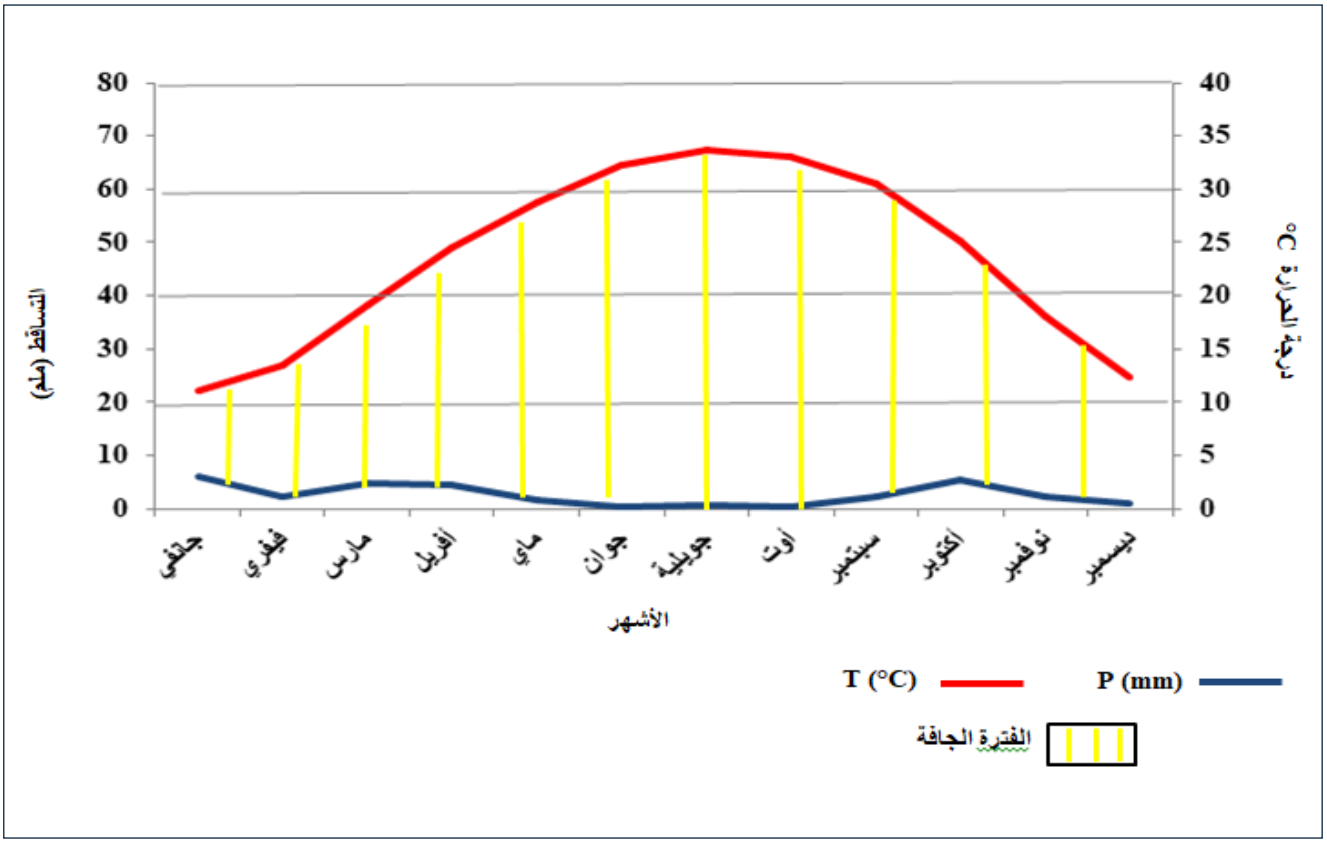
$$p \leq 2T$$

الجدول (3) : متوسط التساقط و درجة الحرارة الشهرية في بلدية عين أميناس (2010-2019)

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
التساقط (ملم)	5,9	2,2	4,8	4,5	1,6	0,3	0,5	0,3	2,2	5,5	2,2	1,1
درجة الحرارة °C	11,1	13,5	19,1	24,5	28,8	32,3	33,7	33	30,6	25,1	18,1	12,3

المصدر : التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة

الشكل (5) : (Diagramme Ombrothermique) لبلدية عين أميناس (2010-2019)



المصدر : معطيات التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022، الفصل 3: وصف البيئة المحيطة

يوضح الإسقاط البياني لمعطيات بلدية عين أميناس على المنحنى Ombrothermique الشكل (5)، وبتطبيق قاعدة غوسن ($P \leq 2T$)، يظهر أن تواجد منحنى درجات الحرارة المتوسطة فوق منحنى التساقطات الشهرية بفارق شاسع، مما يؤكد خضوع المنطقة لـفترة جفاف دائم ومستمر يمتد على مدار الـسنة (من جانفي إلى ديسمبر) مع انعدام كلي لأي فترة رطبة، وهو ما يعكس الطابع الصحراوي الحاد والقاحل للمنطقة.

معامل أومبارجي (Emberger)

معامل أومبارجي (Indice d'Emberger)،أو ما يعرف بالمعامل المطري الحراري، هو مؤشر مناخي بيئي يستخدم لتحديد النطاقات والطوابق البيومناخية، وخاصة في مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط، لتوضيح العلاقة بين المناخ وتوزيع الغطاء النباتي، وفق الصيغة الرياضية التالية :

$$Q2 = \frac{(3.43 \times P)}{(M - m)}$$

حيث أن :

P : المجموع السنوي للتساقط (بالملم mm)

M : متوسط أقصى درجات الحرارة في الشهر الأكثر حرارة (بالكلفن K)

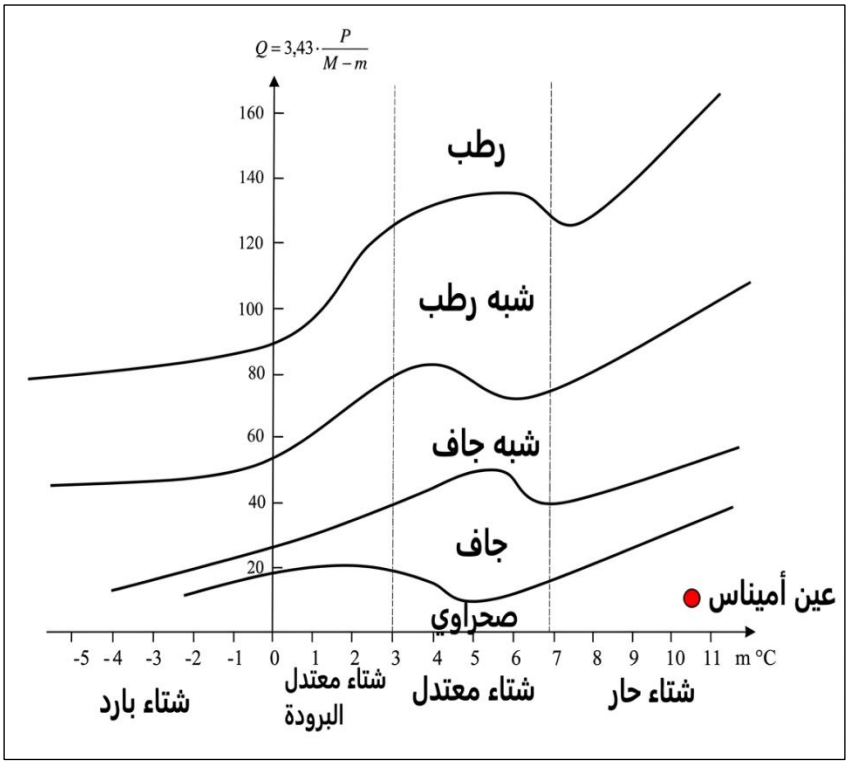
m : متوسط أدنى درجات الحرارة في الشهر الأكثر برودة (بالكلفن K).

الجدول (4) : معامل أومبارجي لمنطقة عين أميناس (2010-2019)

المنطقة	التساقط (مم)	متوسط أقصى درجات الحرارة	متوسط أدنى درجات الحرارة	Q2
عين أميناس	**31.1**	**33.7**	**11.1**	**4.72**

بعد تطبيق المعادلة على المعطيات المناخية لبلدية عين أميناس، سجلت قيمة المعامل الخاصة بها بـ (Q2 = 4.72). وبناء على هذه النتيجة تصنف المنطقة مباشرة ضمن النطاق البيومناخي الصحراوي ذو الشتاء الحار وفقا لمخطط أومبارجي.

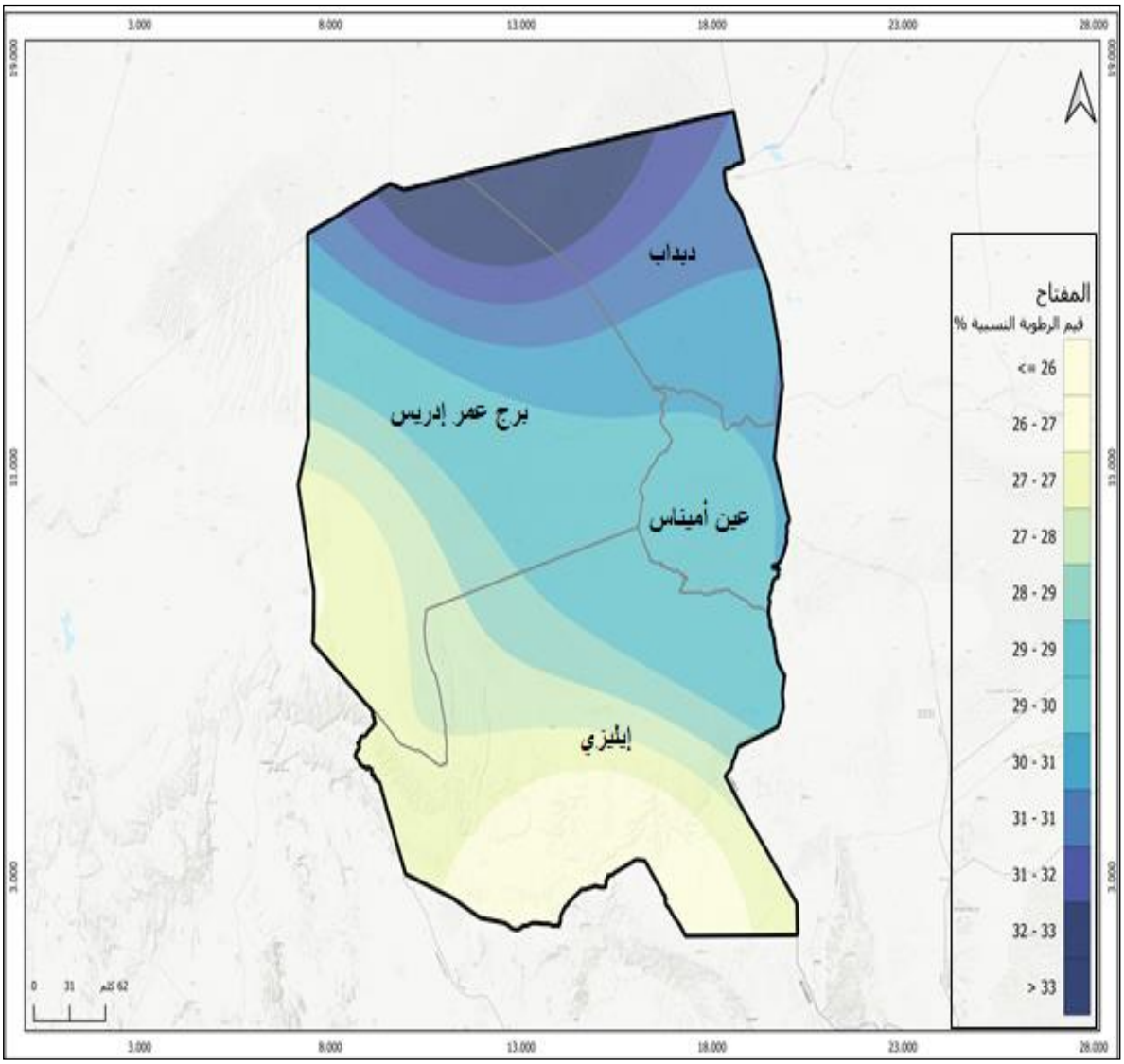
الشكل (6) : إسقاط بلدية عين أميناس على مخطط أومبارجي البيومناخي



الرطوبة

تتميز بلدية عين أميناس بمعدلات رطوبة منخفضة جدا على مدار السنة، وهي خاصية جغرافية مميزة للمناطق الواقعة في عمق الإقليم الصحراوي الجاف؛ حيث يبلغ المتوسط السنوي العام للرطوبة بالمنطقة حوالي 31.3%. وتتأثر هذه النسب بالدورة الحرارية السنوية (تغير درجات الحرارة وتتابعها المنتظم بين فصول السنة)، إذ تسجل الرطوبة أعلى مستوياتها النسبية خلال فصل الشتاء في شهر ديسمبر لتصل إلى 48% نتيجة لانخفاض درجات الحرارة وتراجع معدلات التبخر، بينما تنخفض إلى أدنى مستوياتها الجافة خلال فصل الصيف في شهر جوان أين تسجل 19% فقط بفعل الارتفاع الشديد في درجات الحرارة (SONATRACH, 2022).

الخريطة (7) : التوزيع المجالي لمعدلات الرطوبة النسبية السنوية بولاية إيليزي



المصدر : معطيات (ERA5) و (NASA POWER) معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

توضح الخريطة رقم (07) انخفاض معدلات الرطوبة على كامل ولاية إيليزي، حيث تظهر المؤشرات السنوية انخفاضا حادا في نسب الرطوبة النسبية، والتي تنحصر بين أقل من 26% و33% كحد أقصى، مما يعكس الخصائص القاسية للمناخ الصحراوي السائد.

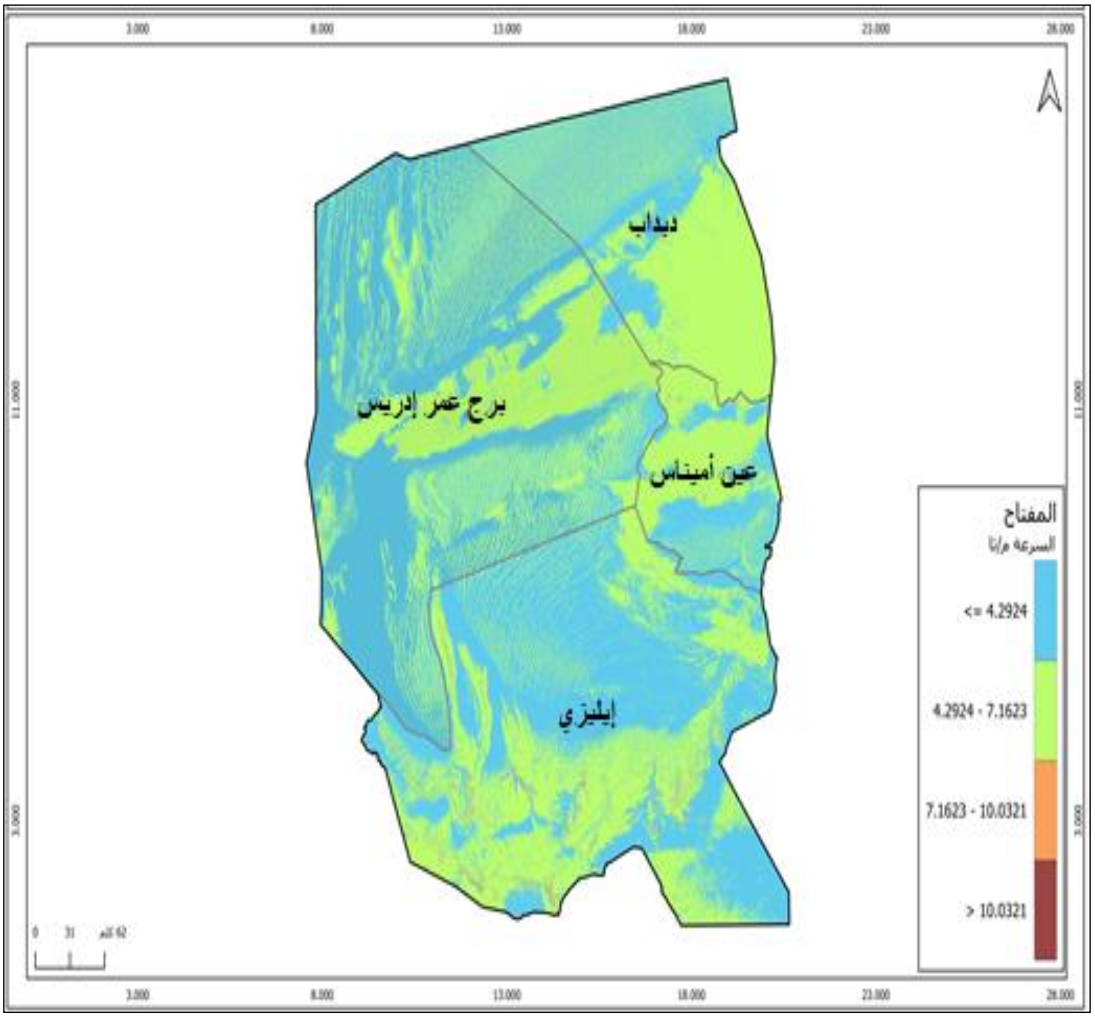
وهذا الوضع الجغرافي يتماشى بشكل واضح مع الأرقام المسجلة محليا في بلدية عين أميناس؛ حيث يتوافق متوسطها السنوي العام المقدر بـ 31.3% ضمن هذا النطاق السنوي المنخفض للولاية، بالرغم من تباينه الواضح بين فصول السنة (بين ذروة شتوية تصل لـ 48% وأدنى قيمة صيفية بـ 19%.

هذا التوافق يؤكد أن الخصائص البيئية لبلدية عين أميناس ليست معزولة، بل هي امتداد واقعي وطبيعي لظاهرة جفاف الجو الشاملة التي تميز إقليم الولاية ككل.

الرياح

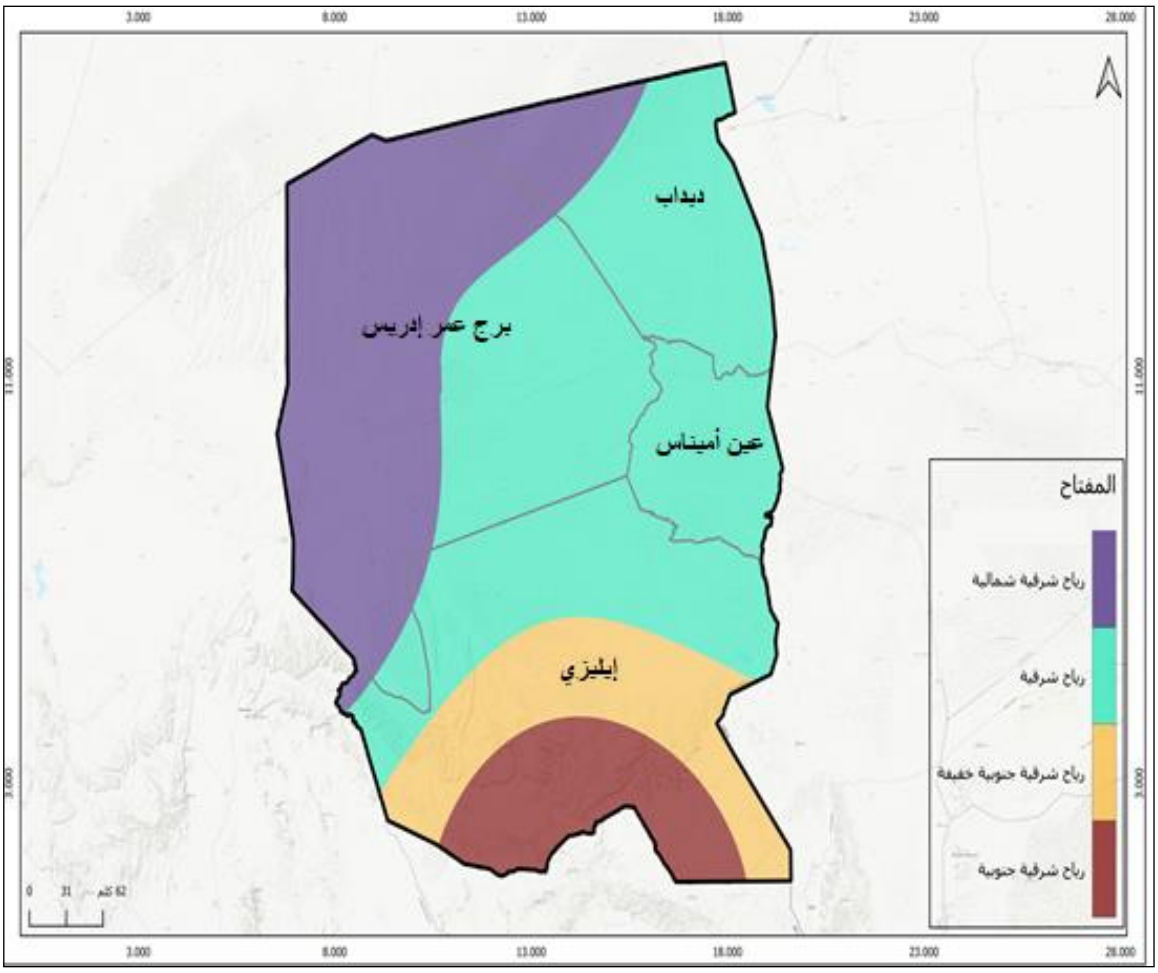
تعتبر الرياح من العناصر المناخية الديناميكية الأكثر نشاطا وتأثيرا في إقليم بلدية عين أميناس، حيث يبلغ متوسط سرعتها السنوية حوالي 16.5 كم/سا. ويظهر التحليل الجغرافي لنظام هبوب الرياح وجود ذروة نشاط قوية خلال أواخر فصل الربيع وبداية فصل الصيف (خاصة في شهري ماي وجوان بمعدل يفوق 20 كم/سا)، وهي الفترة التي تشهد هبوب الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية الحارة والجافة المعروفة محليا بـ (السيروكو)، والتي تكون محملة بزوابع رملية تؤدي إلى انخفاض مستوى الرؤية الأفقية، في حين تتراجع حدة هذه الرياح إلى أدنى معدلاتها السنوية خلال فصل الشتاء في شهر ديسمبر بمعدل 13.3 كم/سا (SONATRACH, 2022).

الخريطة (8) : التوزيع المجالي لسرعة الرياح السنوية بولاية إيليزي



المصدر : معطيات (NASA POWER) معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

الخريطة (9) : التوزيع المجالي لإتجاهات الرياح السنوية السائدة بولاية إيليزي



المصدر : معطيات (NASA POWER) معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

من خلال معطيات الخريطتين (08) و(09)، يتضح التوزيع الجغرافي لحركة الرياح على مستوى ولاية إيليزي؛ بحيث سجلت سرعة الرياح السنوية مجالا يتراوح بين أقل من 4.29 م/ثا (أي ما يعادل 15.44 كم/سا) وأكثر من 7.16 م/ثا (ما يعادل 25.77 كم/سا)، مع هيمنة واضحة للرياح الشرقية في النطاق الشمالي للولاية.

ويكشف هذا الترابط الجغرافي عن توافق تام بين المعطيات المحلية والإقليمية؛ إذ يقع المتوسط السنوي لبلدية عين أميناس (16.5 كم/سا) بدقة داخل النطاق العام الموضح في الخريطتين، مما يثبت علميا أن نظام الرياح ونظام هبوبها محليا ما هو إلا انعكاس مباشر وجزء لا يتجزأ من النطاق المناخي الشامل الذي يميز إقليم الولاية ككل.

4. الخصائص الجيومورفولوجية والهيدروغرافية

1.4 طبيعة السطح والتضاريس

نظرا لوقوع بلدية عين أميناس ضمن نفس النطاق الجيومورفولوجي لولاية إيليزي، يتميز المظهر الطبوغرافي للمنطقة باستواء السطح بصفة عامة، حيث يتراوح متوسط الارتفاع بين 550 و600 م، مع انتشار واضح لـبنيات الحمادة الصخرية التي تتداخل مع التجمعات الرملية التابعة للأطراف الجنوبية للعرق الشرقي الكبير [1].

وقد ساهمت هذه الخصائص بشكل مباشر في تسهيل مد شبكات أنابيب نقل الغاز عبر مسارات مستقيمة وممتدة، ووفرت الاستدامة الجيوتقنية اللازمة و صلابة البنية لإقامة وتركيز المنشآت الصناعية والطاقوية المتواجدة في المنطقة وحمايتها من مخاطر الانجراف، بالإضافة إلى تسهيل شبكة الطرق البرية التي تربط بين مختلف المنشآت الإنتاجية و قواعد الحياة.

2.4 الموارد المائية السطحية

نظرا للمناخ الصحراوي المتطرف السائد في إقليم بلدية عين أميناس، تفتقر المنطقة تماما لأي شبكة هيدروغرافية نشطة أو أودية دائمة الجريان. وتقتصر المجاري المائية السطحية على أودية جافة ومؤقتة تشهد فيضانات فجائية وعنيفة لفترات زمنية وجيزة عقب تساقط الأمطار الرعدية النادرة التي لا يتعدى معدلها السنوي 31.1 ملم.

ونتيجة لمعدلات التبخر الشديدة وعملية الترشيح السريع السائدة بالمنطقة داخل التجمعات الرملية النفوذة التابعة للأطراف الجنوبية للعرق الشرقي الكبير، فإن هذه المياه المؤقتة تختفي بسرعة وتصبح شديدة الملوحة بمجرد استقرارها في المنخفضات المغلقة كالسبخات والشطوط المحلية بسبب ارتفاع مستويات التبخر.

وحسب التحاليل المخبرية الفيزيائية والكيميائية الموثقة في تقرير الأثر البيئي، أظهرت العينات المأخوذة ارتفاعا حادا في قدرة المياه على نقل الأملاح وزيادة مفرطة في نسبة الكبريتات والمعادن الذائبة الكلية، وذلك بسبب جرف مياه الأمطار للأملاح والمعادن المتواجدة في التربة الصحراوية المحلية، مما يؤكد عدم صلاحية هذه المياه السطحية للاستغلال أو الاعتماد عليها في الشرب أو أي نشاط صناعي [1].

3.4 الموارد المائية الجوفية

أمام الانعدام التام لمصادر المياه السطحية، تمثل الخزانات الجوفية العميقة المورد الاستراتيجي والبديل الوحيد لتأمين المياه بالإقليم. وحسب الدراسات التقنية والبيئية الموثقة، تنقسم هذه البنية هيدروجيولوجيا إلى خزانين جوفيين رئيسيين :

- **الطبقة السطحية (Plio-Miocène) :** تتواجد هذه الطبقة على مستويات قريبة من السطح (قليلة العمق)، وتتكون جيولوجيا من الترسبات الرملية والحصى النفوذ. وتعتمد في تغذيتها بشكل أساسي على الترشيح المباشر والبطيء لمياه الأمطار الرعدية النادرة ومياه جريان الأودية المؤقتة. ورغم نفوذيتها السريعة، إلا أن مياهها تعاني من نسبة ملوحة

[1] التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين EIE ، 2022، الفصل 3 : وصف البيئة المحيطة

مرتفعة جدا بسبب ارتفاع مؤشر TDS (Total Dissolved Solids) وهو إجمالي المواد الصلبة الذائبة؛ بالمعنى العلمي هي كمية جميع الأملاح و المعادن و المواد العضوية و غير العضوية الذائبة في الماء، وذلك نتيجة قربها من السطح وتأثرها الشديد بمعدلات التبخر العالية، إلى جانب طبيعة الصخور الصحراوية المحلية الغنية بالأملاح؛ مما يجعل استغلالها الميداني محدودا جدا، حيث يصعب استخدامها للشرب أو في عمليات الإنتاج [1].

- **الطبقة العميقة (Albien / Continental Intercalaire) :** وتصنف كأهم خزان جوفي استراتيجي في حوض إيليزي الرسوبي. توجد المياه في هذه الطبقة على أعماق كبيرة تتراوح بين 200 و 300 متر داخل تكوينات الحجر الرملي النفوذ (Grès). وتعتمد عليها المنشآت الصناعية بشكل كلي لتلبية حاجتها من المياه الضرورية لعمليات الإنتاج والاستخراج [1].

وحسب بيانات التحليل الكيميائي والفيزيائي الصادرة عن المختبرات المعتمدة في التقرير مثل تحاليل EXPRO ، تتميز مياه هذه الطبقة باستقرار خصائصها المعدنية؛ حيث تستغل لتزويد قواعد الحياة ومخيمات العمال بالماء الصالح للشرب بعد تمريرها عبر محطات تصفية منشأة داخل الموقع لنزع الملوحة والمعادن الزائدة، مع إخضاعها لمراقبة دورية صارمة تقاس عبر مؤشر تلوث المياه IPO (Indice de Pollution Organique) وهو مقياس مخبري لتحديد مدى خلو المياه من الملوثات العضوية لضمان مطابقتها للمواصفات الوطنية القياسية (المرسوم التنفيذي 14-96) [1] الذي يحدد المعايير القانونية الجزائرية لجودة مياه الشرب وتوجيهات المنظمة العالمية للصحة (OMS) التي تحدد معايير توجيهية لكل دول العالم حول الخصائص الصحية والفيزيائية للمياه لحماية الصحة العامة من الأوبئة أو التسمم بالمعادن الثقيلة.

[1] المرسوم التنفيذي رقم 14-96 المؤرخ في 2014، المتعلق بجودة مياه الشرب، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية

5. تقديم المجمع الغازي تيقنتورين

يعد مجمع تيقنتورين الغازي أحد أكبر منشآت إنتاج الغاز الرطب في الجزائر؛بحيث يحتل موقعا استراتيجيا في عمق الجنوب الشرقي في الصحراء الجزائرية ضمن حوض إيليزي الرسوبي وفي النطاق الإداري لبلدية عين أميناس ولاية إيليزي.

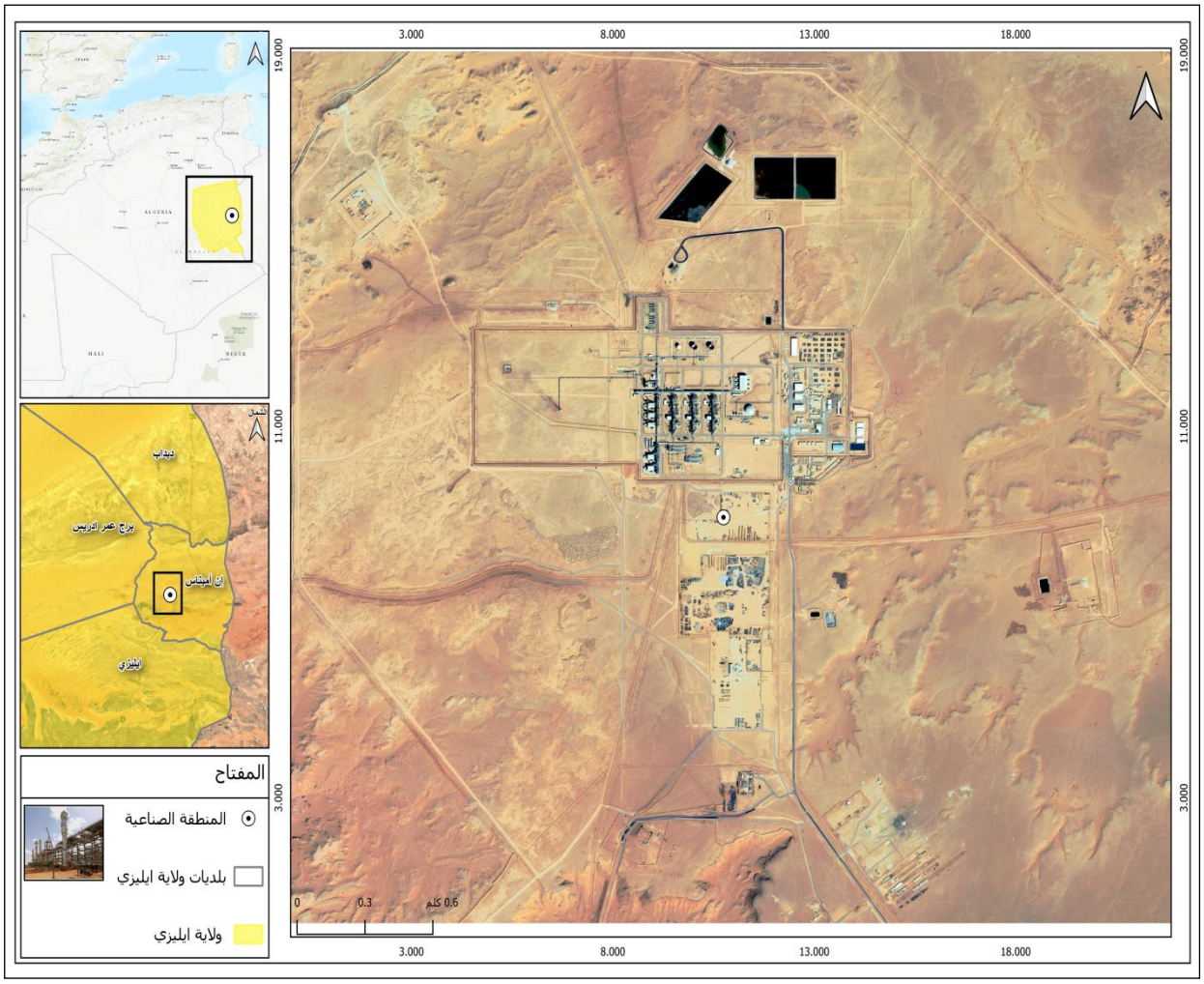
تشرف على تسيير هذا المجمع الطاقوي شراكة استراتيجية (Joint-Venture) تجمع بين الشركة الوطنية **سوناطراك (SONATRACH)** وشريكيها الدوليين **إيني الإيطالية (ENI)** و**إيكوينور النرويجية (EQUINOR)** ، وهو خاضع لإتفاقية مشاركة الإنتاج PSC (Production Sharing Contract) (وهي صيغة تعاقدية يساهم فيها الشركاء الأجانب بالتمويل والتكنولوجيا مقابل حصة محددة من الغاز المستخرج لاسترجاع التكاليف وتحقيق الأرباح) المعتمدة بموجب المراسيم الرئاسية الصادرة في الجريدة الرسمية لتغطي مساحة استغلال واسعة تشمل حقل تيجنتورين بكامل مساحته.

ويعود الفارق الزمني بين إطلاق المشروع واستغلاله إلى طبيعة المشاريع الطاقوية الكبرى في الصحراء الجزائرية، والتي تتطلب فترات طويلة تفصل بين توقيع العقد الأول والبداية الفعلية للإنتاج؛ حيث تم توقيع الاتفاقية الأولية سنة 1998 لبدء الدراسات وأعمال المسح الجيوفيزيائي وحفر الآبار التقييمية (هي التي يتم حفرها بعد أن تكتشف الشركة وجود الغاز أو النفط في مكان ما) التي استمرت مع بداية سنة 2000، لتأتي بعدها انطلاق الأشغال الإنشائية الكبرى وتشييد قاعدة المعالجة المركزية (CPF) ومد شبكات الأنابيب سنة 2004، وصولا إلى استكمال كافة التجارب التقنية وضخ أول تدفق رسمي للغاز في السوق مع بداية سنة 2006.

ومن الناحية الاقتصادية والإنتاجية، تبرز المكانة الاستراتيجية للمجمع على المستوى الوطني باعتباره أكبر مشروع لإنتاج الغاز الرطب في الجزائر؛ حيث تشير التقارير البيئية والتقنية للمشروع إلى أن قدرته الإنتاجية السنوية الإجمالية تتراوح ما بين 7 إلى 9 مليارات متر مكعب من الغاز الخام، والتي تصفى لتضخ ما يقارب 5 مليارات متر مكعب من الغاز الطبيعي الجاف سنويا الموجه للاستهلاك و التصدير. بالإضافة إلى ما يقارب 50 ألف برميل يوميا من المكثفات (SONATRACH, 2022).

وعند وضع هذه المؤشرات في إطارها الوطني، تظهر الأهمية الاستراتيجية للمجمع إذ يحتل مرتبة متقدمة تضعه في صدارة المجمعات الغازية الأكثر إنتاجا في الجزائر، ليأتي كدعامة أساسية تضاف إلى حقل حاسي الرمل (ولاية الأغواط) في صدارة المنشآت الطاقوية الأكثر إنتاجا وتنافسية في السوق الدولية للغاز. وتقوم قاعدة الإنتاج المركزية (CPF) المتواجدة في مجمع تيقنتورين بمعالجة وتصفية الغاز الخام المستخرج من الآبار الإنتاجية، لتسجل متوسط إنتاج يومي من الغاز الطبيعي الجاف الموجه للتوزيع والاستهلاك يتراوح ما بين 25 إلى 27 مليون متر مكعب في اليوم، بالإضافة إلى حصة يومية من غاز البترول المسال (GPL) تتراوح ما بين 2,000 إلى 2,630 طن، وحوالي 4,000 إلى 4,460 طن من المكثفات (Condensat) (SONATRACH, 2022).

الخريطة (10) : الموقع الجغرافي للمجمع الغازي تيقنتورين ببلدية عين أميناس



المصدر : معطيات OpenStreetMap / GPS معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

الحقول التابعة للمجمع وطبيعة إنتاجها

التقرير البيئي للمجمع يذكر أربعة حقول أساسية تابعة لرخصة امتياز مجمع تيقنتورين في منطقة عين أميناس، وهي حقول غازية بالدرجة الأولى تنتج الغاز الطبيعي والمكثفات :

حقل تيقنتورين (Tiguentourine) الحقل الرئيسي والأكبر في المجمع، مخصص لإنتاج الغاز الطبيعي والمكثفات.

حقل حاسي فريدة (Hassi Farida) حقل غازي تابع للمجمع يساهم في تموين مصنع المعالجة المركزي.

حقل وان تاراترت (Ouan Taredert) حقل لإنتاج الغاز والمكثفات.

حقل حاسي وان عبشو (Hassi Ouan Abecheu) حقل غازي مكمل لشبكة الإنتاج الخاصة بالمنشأة.

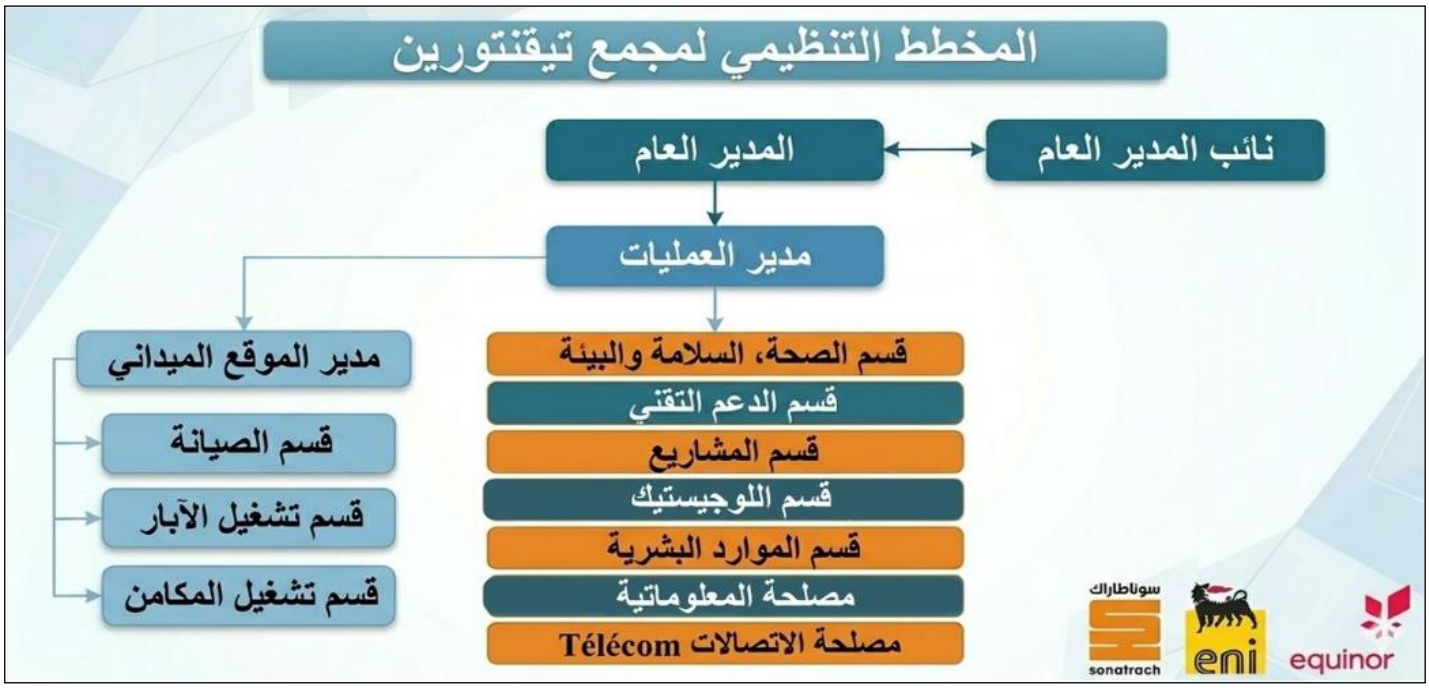
الصورة (1) : وحدة المعالجة المركزية (CPF) بمجمع تيقنتورين

المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 03-05-2026

1.5 المخطط التنظيمي للمجمع

يعتمد مجمع تيقنتورين على هيكل تنظيمي يضمن التنسيق الكامل بين مختلف المديريات والأقسام التقنية والإدارية. ويتميز بوجود قيادة مشتركة على رأسها المدير العام والمدير العام النائب (أجنبي) على نفس المستوى الإداري للإشراف على سير عمليات داخل المجمع، من خلال المقابلات الميدانية مع إطارات قسم الموارد البشرية بمجمع تيقنتورين، تحصلنا على المخطط التالي :

الشكل (7) : المخطط التنظيمي لمجمع تيقنتورين



المصدر: التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 29-04-2026

من خلال المخطط التنظيمي الموضح في الشكل رقم (7)، يتضح أن التسيير الإداري للمجمع ت ينقسم إلى مستويين أساسيين :

- **مستوى القيادة العليا :** ويتمثل في سلطة قرار مشتركة ومتوازنة تجمع بين المدير العام والمدير العام النائب (أجنبي) على نفس الخط الهرمي للإشراف الشامل على المجمع.
- **مستوى التسيير التنفيذي والأقسام (تحت إشراف مدير العمليات مباشرة) :** وينقسم إلى :

- **الإدارة الميدانية (مدير الموقع الميداني) :** يتولى الإشراف الميداني والتنسيق بين الأقسام التقنية والإنتاجية التابعة له، وهي :
  - **قسم الصيانة :** المسؤول على الصيانة الدورية وإصلاح الآلات والمعدات لضمان استمرار الإنتاج بلا توقف.
  - **قسم تشغيل الآبار :** المسؤول على مراقبة ضغط وتدفق الغاز والمكثفات الخارجة من الآبار ومتابعة الإنتاج اليومي.
  - **قسم تشغيل المكامن :** المسؤول على دراسة الطبقات الجيولوجية وحركة الغاز والبترول تحت الأرض لضمان استغلال المنشأة لأطول فترة.

- **مستوى أقسام الدعم والخدمات اللوجستية والتقنية**

- **قسم الصحة، السلامة والبيئة :** مسؤول على تطبيق معايير السلامة لحماية العمال من حوادث العمل ومراقبة

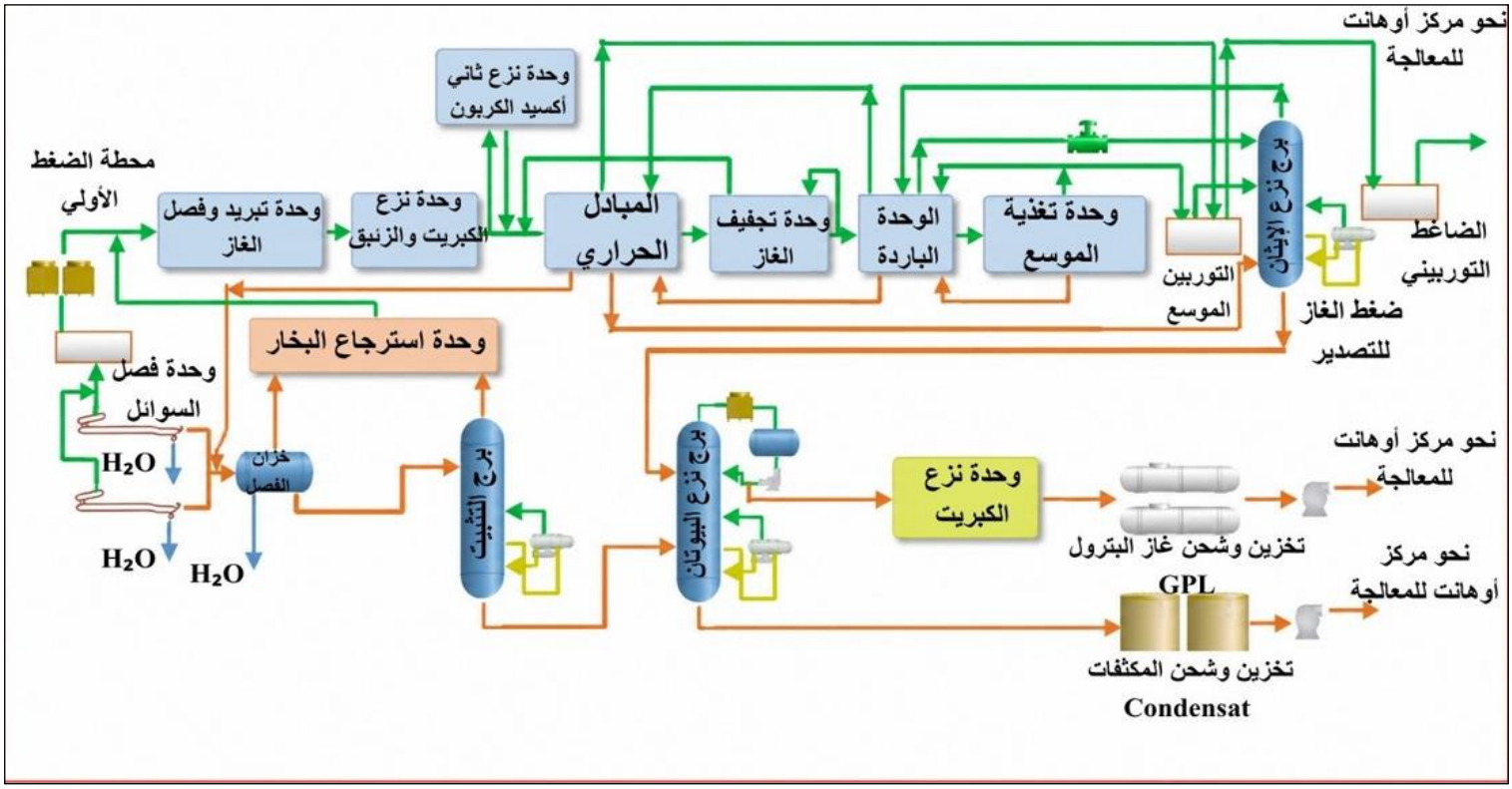
الانبعاثات لحماية البيئة.

- **قسم الدعم التقني :** يقدم الحلول الهندسية ويتابع كفاءة وأداء المنشآت لمعالجة أي خلل تقني في المصنع.
- **قسم المشاريع :** مسؤول على دراسة وتجهيز مشاريع التوسعة والتحديث الهندسي داخل المجمع.
- **قسم اللوجيستيك :** مسؤول على تموين الحقل بالسلع، تسيير وسائل النقل، وإدارة الإطعام والإيواء في قاعدة الحياة.
- **قسم الموارد البشرية:** مسؤول على تسيير شؤون الموظفين، وتنظيم مخططات المناوبة، والعقود والتربصات.
- **مصلحة المعلوماتية :** مسؤولة على إدارة الشبكة الداخلية، صيانة الحواسيب، وحماية الأنظمة وقواعد البيانات.
- **مصلحة الاتصالات :** مسؤولة على ضمان عمل أجهزة اللاسلكي والاتصالات بين والإدارة والفرق الميدانية داخل المجمع.

2.5 مراحل معالجة الغاز في مجمع تيقنتورين

من أجل فهم آليات وديناميكية عملية الإنتاج داخل المنشأة، يوضح المخطط الوظيفي أدناه تسلسل الغاز الطبيعي وفصل المركبات الهيدروكربونية من مرحلة الاستقبال الأولي وصولا إلى عمليات الشحن النهائي :

الشكل (8) : المخطط الوظيفي لقاعدة المعالجة المركزية (CPF) للمجمع الغازي تيقنتورين



المصدر : التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين، 2022

يعتمد الهيكل الهندسي لقاعدة المعالجة المركزية (CPF) بالمجمع على نظام معقد ومتكامل من الوحدات التشغيلية المصممة تكنولوجيا لإخضاع المزيج الهيدروكربوني المستخرج لسلسلة من التحولات الفيزيائية والكيميائية؛ بهدف فرز المكونات، رفع الجودة الطاقوية للمنتجات النهائية، وضمان السلامة الهندسية للمنشأة من خلال ثلاثة مسارات متوازية :

I. المسار الأول : مرحلة الاستقبال والفصل الأولي (Réception et Séparation (Primaire

- **محطة الضغط الأولي (Compression d'admission) :** تستقبل المنشأة تدفقات الغاز الخام بضغط مرتفع بدرجات متفاوتة، حيث تعمل هذه الوحدة على ضبط وتثبيت مستوى الضغط ومعدل التدفق، لضمان تغذية الوحدات اللاحقة بصفة مستقرة ومنتظمة.
- **وحدة فصل السوائل (Slug catcher) :** تمثل خط الدفاع الأول للمحطة، حيث صممت هندسيا لاستيعاب التغيرات المفاجئة في تدفق الأحجام السائلة الكبيرة و حماية المعدات من التلف، تقوم هذه الوحدة بفصل الغاز طبيعيا عن السوائل والماء المصاحب (H_2O) بالاعتماد على الوزن والجاذبية، حيث تسحب السوائل والمياه من القاع وتوجه نحو محطة المعالجة قبل إعادة حقنها في الطبقات الجيولوجية لمنع تلوث المياه الجوفية.، بينما يتجه الغاز نحو مرحلة المعالجة و التصفية.

II. المسار الثاني : معالجة الغاز (Train de Traitement de Gaz)

بعد خروج الغاز من وحدة فصل السوائل، يمر مباشرة إلى هذه المحطات للتخلص من الغازات و المياه المصاحبة وتجفيفه :

- **وحدة تبريد وفصل الغاز (Refroidissement / Séparation gaz) :** يتم فيها خفض درجة الحرارة مبدئيا لتحفيز تكثيف السوائل الهيدروكربونية الأولية واستخلاصها قبل توجيه الغاز إلى مراحل المعالجة التالية.
- **وحدة نزع ثاني أكسيد الكربون (CO_2 Suppression) :** تستهدف هذه الوحدة خفض نسبة غاز ثنائي أكسيد الكربون في الغاز الطبيعي إلى مستويات دقيقة جدا أقل من 50 جزء في المليون (PPM : Parties Par Million) وتعني جزء في المليون، أي ما يعادل تركيزا ضئيلا جدا بنسبة 0.005%، وتتم العملية عبر امتصاص كيميائي باستخدام محلول الأمينات (Amines) . تعد هذه المرحلة إلزامية لحماية الجودة الطاقوية للغاز، وتفادي تجمد غاز (CO_2) وتحوله إلى جزيئات صلبة عند دخوله إلى الوحدة الباردة، مما يحمي الأنابيب والمبادلات الحرارية من خطر الانسداد وتوقف الإنتاج.
- **وحدة نزع الكبريت والزئبق (H_2S/Hg Suppression) :** هذه المرحلة بالغة الأهمية بيئيا؛ بحيث تعمل هذه الوحدة على امتصاص غاز كبريتيد الهيدروجين السام والزئبق لحماية المبادلات الحرارية المصنوعة من الأليمنيوم من التآكل، ولضمان خروج غاز نظيف يقلل من انبعاثات أكسيد الكبريت أثناء الاستهلاك.

- **المبادل الحراري (Échangeur de chaleur) :** يعتمد تشغيل هذا الجهاز على تكنولوجيا التبادل الحراري العكسي والمتقاطع (À contre-courant)؛ حيث صمم هندسيا ليسمح بمرور تيارين من الغاز داخل قنوات وممرات متوازية ومتعاكسة الاتجاه دون أن يمتزجا كيميائيا. التيار الأول هو الغاز الجاف المعالج والمغادر من الوحدة الباردة والذي يتميز ببرودة شديدة جدا (تحت الصفر)، والتيار الثاني هو الغاز الخام الداخلي الذي يكون دافئا ويحتاج إلى تبريد عميق.
- **وحدة تجفيف الغاز (Séchage Gaz) :** يتم في هذه المرحلة تمرير الغاز عبر ممرات كبيرة تحتوي على مصافي جزيئية صلبة (Tamis moléculaires) عالية الامتصاص، وذلك لاستخلاص الرطوبة وآثار بخار الماء المتبقية في الغاز وخفض تركيزها إلى أدنى المستويات القياسية المسموح بها هندسيا والتي تقاس بأجزاء من المليون (PPM). وتعد هذه العملية خطوة وقائية إلزامية وحتمية لتفادي تشكل هيدرات الغاز (Hydrates de gaz)، وهي مركبات بلورية صلبة تشبه الجليد تظهر عند اتحاد جزيئات الماء مع الغاز في درجات الحرارة المنخفضة، مما يضمن حماية شبكة الأنابيب والصمامات من خطر الانسداد التام ويؤمن تدفق آمن نحو الوحدات شديدة البرودة التي تليها
- **الوحدة الباردة (Boîte froide) :** تعتمد هذه الوحدة التشغيلية على تكنولوجيا التبريد العميق (Cryogénique)، حيث يمر تيار الغاز عبر مبادلات حرارية دقيقة ذات صفائح رقيقة مصنوعة من الأليمنيوم (Échangeurs à plaques en aluminium brasé) مدمجة داخل هيكل معزول حراريا. تستهدف هذه المرحلة خفض درجة حرارة الغاز إلى مستويات قياسية تحت الصفر، مما يسمح بإسالة وفصل المركبات الهيدروكربونية الثقيلة والمكثفات المصاحبة للغاز، وعزلها عن تيار الغاز الجاف الأساسي تمهيدا لتوجيهها نحو أبراج الفصل اللاحقة.
- **وحدة تغذية الموسع والتوربين الموسع (Alimentation expandeur / Turbo-expandeur) :** يستقبل هذا النظام الديناميكي تيار الغاز القادم من الوحدة الباردة لإجراء عملية تمدد فجائي وهبوط حاد في الضغط (Détente)، مما يؤدي إلى خفض إضافي في درجة الحرارة وإنتاج طاقة ميكانيكية. يستغل هذا الانخفاض الحراري في التكثيف النهائي والكامل لما تبقى من المركبات الهيدروكربونية وتحويلها إلى حالة سائلة لسهولة فصلها وعزلها.
- **برج نزع الإيثان (Dééthaniseur) :** عبارة عن عمود فصل حراري يستقبل التدفقات الهيدروكربونية المسالة القادمة من وحدة التبريد والتمدد الفجائي، حيث يتم فصل وتصريف غاز الإيثان كمكون خفيف من أعلى البرج، بينما تتجه المركبات الأكثر ثقلا (البروبان، البيوتان، والمكثفات) نحو قاع البرج ليتم توجيهها مباشرة إلى مسار معالجة واستقرار السوائل.
- **الضاغط التوربيني / ضغط الغاز للتصدير (Turbo-compresseur) :** يمثل المحطة الختامية لتيار الغاز الجاف المعالج، حيث يتم استقبال غاز الميثان الصافي من أعلى أبراج الفصل، وتمريره عبر ضواغط توربينية كبيرة جدا تعمل على رفع ضغطه إلى مستويات الشحن القياسية المعتمدة. هذا الرفع في الضغط ضروري لتوفير القوة الديناميكية اللازمة لضخ الغاز ودفعه عبر شبكة أنابيب النقل الوطنية نحو مركز أوهانت للمعالجة.

III. المسار الثالث : معالجة واستقرار السوائل (Traitement et Stabilisation des Liquides)

يخضع هذا المسار التدفقات السائلة والمكثفات لعمليات خفض الضغط والفصل الحراري لإنتاج منتجات مستقرة ومطابقة لمواصفات الشحن من خلال هذه الوحدات :

- **خزان الفصل (Flash) :** يستقبل هذا الوعاء السوائل والمكثفات المستخلصة من مختلف مراحل الفصل والمعالجة السابقة ذات الضغط المرتفع. تعتمد آلية تشغيله على خفض الضغط بشكل فجائي ومحسوب (Détente flash)، مما يؤدي مباشرة إلى تبخر جزئي للمركبات الهيدروكربونية والغازات الخفيفة الذائبة في السائل المتبقي و عزلها تماما عنه، ليتم سحب البخار المتصاعد من أعلى الخزان وتوجيهه نحو وحدة استرجاع البخار، بينما يتجمع السائل المتبقي في القاع ليوجه إلى مراحل التثبيت اللاحقة.
- **وحدة استرجاع البخار (Unité récupération vapeur) :** تستقبل هذه الوحدة الغازات الخفيفة و البخار المتصاعد من قمة خزان الفصل والخزانات الأخرى، حيث تعتمد على ضواغط مخصصة لإعادة رفع ضغط هذه الغازات وتدويرها بالكامل داخل المنشأة، مما يمنع ضياعها ويحد من عمليات الحرق في الشعلة لخفض الانبعاثات الكربونية.
- **برج التثبيت (Stabiliseur) :** يستقبل هذا العمود السوائل القادمة من قاع خزان الفصل، حيث يخضعها لعملية تقطير حراري تحت ظروف محددة عن طريق إعادة الغليان في القاع، وذلك لانتزاع ما تبقى من المركبات الغازية الخفيفة وتثبيت ضغط بخار المكثفات، لتصبح آمنة ومطابقة للمواصفات القياسية المطلوبة للتخزين والشحن نحو مركز أوهانت.
- **برج نزع البيوتان (Débutaniseur) :** هو عمود تقطير يستقبل السوائل القادمة من برج التثبيت؛ يعمل حراريا على فصل مزيج غاز البترول المسال (GPL) المتكون من البروبان والبيوتان وسحبه من أعلى البرج بفضل انخفاض درجة غليانه، بينما تتجمع المركبات الهيدروكربونية الثقيلة والمكثفات في قاع البرج نظرا لارتفاع درجة غليانها ليتم سحبها مباشرة نحو التبريد والتخزين.
- **وحدة نزع الكبريت (Suppression H_2S) :** تستقبل هذه الوحدة منتج غاز البترول المسال القادم من أعلى برج نزع البيوتان، وتعمل على إزالة المركبات الكبريتية والغازات الحمضية المتبقية فيه، لضمان مطابقته للمواصفات البيئية والتجارية قبل توجيهه إلى خزانات الشحن وضخه عبر شبكة الأنابيب المتجهة نحو مركز أوهانت للمعالجة.

يشكل التكامل بين مسارات الفصل، ومعالجة الغاز، واستقرار السوائل الركيزة الأساسية لعمل منشأة المعالجة المركزية (CPF). حيث تضمن هذه العمليات المتتالية تحويل التدفقات الخام إلى منتجات طاقوية عالية الجودة ومطابقة للمواصفات التجارية والبيئية، مما يسمح بشحنها وضخها بأمان وكفاءة كاملة نحو شبكة النقل المتجهة إلى مركز أوهانت [1].

[1] التقرير البيئي لمجمع تيقنتورين(EIE) ، 2022، الفصل 4: تقديم المشروع، (وصف محطة المعالجة المركزية CPF وعملياتها)

الصورة (2) : وحدة معالجة الغاز (Gas Processing Train) بمجمع تيقنتورين

المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 03-05-2026

6. الدراسة السوسيو-اقتصادية لمجمع تيقنتورين

يهدف هذا الجزء إلى تسليط الضوء على الخصائص السوسيو-اقتصادية والموارد البشرية العاملة بمجمع تيقنتورين. فإن فهم بنية القوى العاملة من حيث (الجنس، الفئات العمرية، والرتب المهنية، ولاية الإقامة) يساهم بشكل أساسي في تحليل بيئة العمل، ومعرفة مدى استقطاب هذا المجمع الطاقوي الحيوي للكفاءات الوطنية، وتأثيره التنموي والاجتماعي على المنطقة.

تم الحصول على المعطيات الواردة في هذا الجزء من خلال المقابلات الميدانية التي أُجريت مع قسم الموارد البشرية بمجمع تيقنتورين.

1.6 توزيع العمال حسب الجنس (النوع الاجتماعي)

خلال فترة التربص في المجمع الممتدة من 24 أفريل إلى 11 ماي 2026، تم الحصول على بيانات توزيع العمال حسب الجنس من مصلحة الموارد البشرية بالمجمع، بالاعتماد على الإحصائيات الداخلية لسنة 2026 الخاصة بالموارد البشرية. ويهدف عرض هذه البيانات إلى التعرف على التركيبة البشرية للمجمع من حيث توزيع العمال بين الذكور والإناث، كما يوضحه الجدول الآتي.

الجدول (5) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الجنس

الجنس	العدد	النسبة المئوية
رجال	568	94,2%
نساء	35	5,8%
المجموع	603	100%

المصدر: التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 29-04-2026

من خلال معطيات الجدول (5)، نلاحظ أن الفئة الذكورية تمثل النسبة الأكبر داخل مجمع تيقنتورين بـ 568 عاملا (أي بنسبة 94.2%)، في حين تبلغ فئة الإناث 35 عاملة (بنسبة تقدر بـ 5.8%) من إجمالي العمال البالغ عددهم 603 عامل.

ويعود هذا التفاوت بين الجنسين إلى طبيعة النظام المهني والجغرافي للمجمع؛ حيث يطبق نظام العمل الدوري (Système 4x4)، والذي يتضمن العمل المتواصل لمدة 4 أسابيع تليها 4 أسابيع راحة. كما يخضع العمال لبرنامج عمل يومي محدد بـ 10 ساعات، يمتد من الساعة 06:00 إلى 11:00 صباحا، ومن الساعة 13:00 زوالا إلى 18:00 مساء، بما في ذلك أيام عطل نهاية الأسبوع لضمان استمرار الإنتاج، بإستثناء يوم الجمعة يتغير برنامج الفترة المسائية حيث تؤجل إلى الساعة 14 زوالا ليتوافق مع أداء الصلاة.

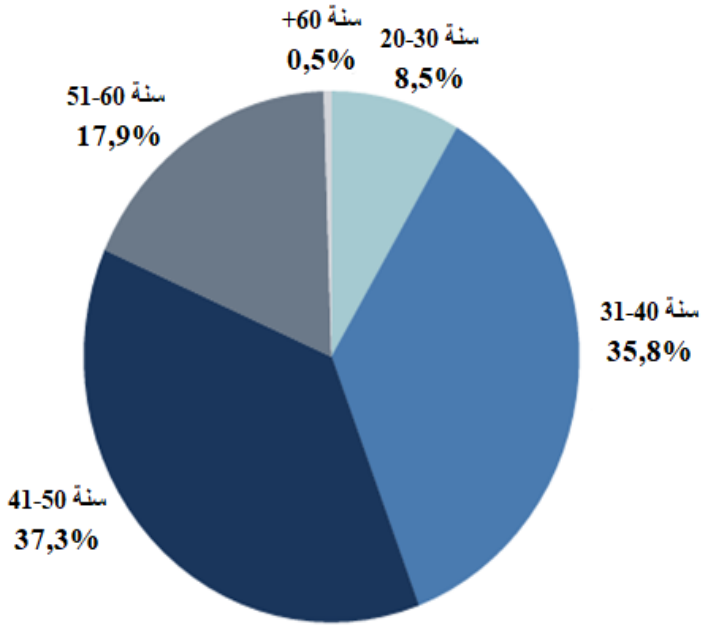
ورغم هذه الظروف الميدانية الصعبة، إلا أن تواجد فئة الإناث لا يقتصر على الوظائف الإدارية فقط، بل يشمل أيضا مناصب تقنية وميدانية حساسة داخل منشأة معالجة الغاز المركزية (CPF) وفي مواقع الآبار، مما يفسر مشاركة كلا الجنسين في الجانب الميداني و التقني للمجمع رغم تفوق نسبة اليد العاملة الذكورية نظرا لطبيعة وموقع المنشأة.

2.6 توزيع العمال حسب الفئات العمرية

يمثل توزيع العمال حسب الفئات العمرية أحد المؤشرات المهمة التي تسمح بالتعرف على البنية العمرية للموارد البشرية داخل المجمع، وإبراز الفئة العمرية الأكثر تمثيلًا، وهو ما يساهم في تقييم خصائص اليد العاملة بالمؤسسة. ويبين الجدول (6) والشكل (9) هذا التوزيع.

الجدول (6) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الفئات العمرية

الفة العمرية	العدد	النسبة المئوية
30-20 سنة	51	8,5%
40-31 سنة	216	35,8%
50-41 سنة	225	37,3%
60-51 سنة	108	17,9%
60+ سنة	3	0,5%
المجموع	603	100%



الشكل (9) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الفئات العمرية

المصدر: التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 29-04-2026

تظهر معطيات الجدول (6) والشكل البياني رقم (9) أن فئة العمال الذين تتراوح أعمارهم بين 31 و50 سنة هي القوة الأساسية والمهيمنة في المجمع؛ حيث تمثل فئة (41-50 سنة) النسبة الأكبر بـ 37.3% (225 عامل)، تليها مباشرة فئة (31-40 سنة) بنسبة 35.8% (216 عامل). وهذا يعني أن أكثر من 73% من إجمالي العمال هم في مرحلة النضج المهني والنشاط العالي.

في المقابل، تمثل فئة الشباب الأقل من 30 سنة نسبة 8.5% فقط (51 عامل)، بينما تشكل الفئات الأكبر سنا (من 51 إلى أكثر من 60 سنة) نسبة 18.4% من المجموع الكلي (111 عامل).

ويعود هذا التوزيع المتمركز في الفئات الوسطى إلى أن مجمع تيقنتورين منشأة طاقوية غازية حساسة جدا، يتطلب

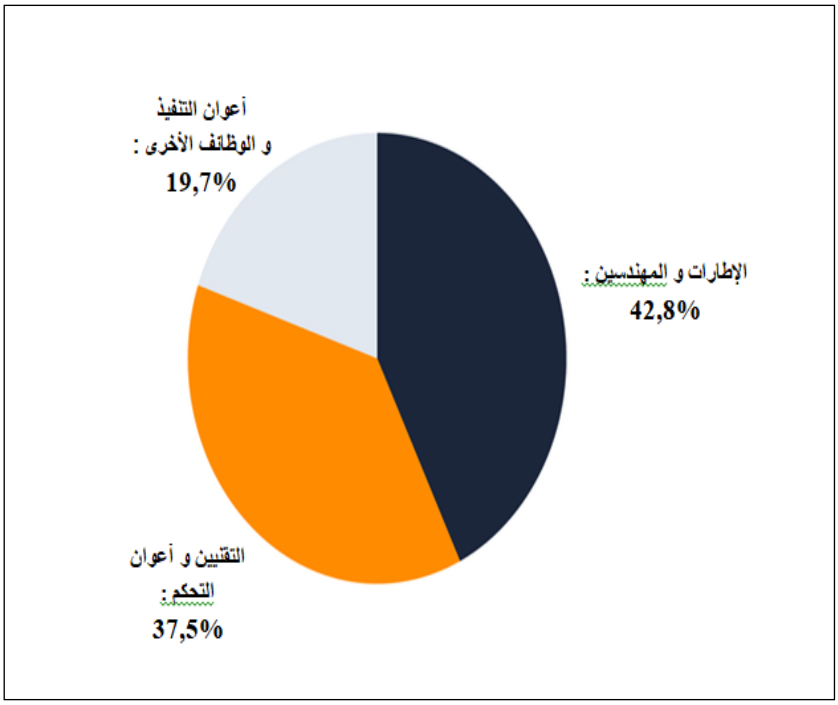
تسييرها خبرات ميدانية وتقنية لا تتوفر عادة إلا لدى العمال الذين قضوا سنوات طويلة في الميدان، مما يفسر الاعتماد الكبير على أصحاب الخبرة (بين 31 و50 سنة) لضمان استقرار عمليات الإنتاج والسلامة داخل المجمع.

3.6 توزيع العمال حسب الرتب المهنية

يعكس توزيع العمال حسب الرتب المهنية الهيكل التنظيمي للمجمع، كما يسمح بالتعرف على مختلف الفئات الوظيفية التي تساهم في سير النشاط، سواء تعلق الأمر بالإطارات، أو أعوان التحكم، أو أعوان التنفيذ. ويكتسي هذا المؤشر أهمية في إبراز طبيعة الموارد البشرية بالمجمع ومدى تنوعها حسب المهام والمسؤوليات. ويوضح الجدول (7) والشكل (10) توزيع العمال حسب الرتب المهنية.

الجدول (7) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الرتب المهنية

الرتبة	العدد	النسبة المئوية
الإطارات و المهندسين	258	42,8%
التقنيين و أعوان التحكم	226	37,5%
أعوان التنفيذ والوظائف الأخرى	119	19,7%
المجموع	603	100%



الشكل (10) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الرتب المهنية

المصدر: التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 29-04-2026

تظهر المعطيات الإحصائية للجدول (7) والشكل البياني رقم (10) هيمنة فئة الإطارات العليا على الهيكل التنظيمي لمجمع تيقنتورين بنسبة 42.8% (أي 258 عامل). وتضم هذه الفئة الطاقم القيادي والتسييري للموقع، مثل المدراء، مدير العمليات(Ops Manager) ، مدير الموقع الميداني (Field Manager)، ورؤساء الأقسام (Chefs de divisions)، والذين من بينهم 17 مهندس يتولون مهام التخطيط والرقابة والإشراف العام.

في المرتبة الثانية، تأتي فئة التقنيين وأعوان التحكم بنسبة 37.5% (226 عامل)، وهم المسؤولون مباشرة عن تشغيل المنشآت و عمليات الصيانة. بينما تمثل فئة أعوان التنفيذ والوظائف الأخرى النسبة الأقل بـ 19.7% (بواقع 119 عامل).

ويعود هذا الارتفاع الكبير في نسبة الإطارات العليا والتقنيين إلى طبيعة المجمع كونه منشأة طاقوية إستراتيجية معقدة؛ حيث يتطلب تسييرها هرم إداري وقيادي لضمان اتخاذ القرارات الحاسمة، وإشراف تقني عالي المستوى لمراقبة الإنتاج، مما يفسر تركز اليد العاملة في مناصب الإدارة العليا والتشغيل والتحكم لضمان التسيير الجيد للمجمع.

4.6 توزيع العمال حسب ولاية الإقامة

يسمح توزيع العمال حسب ولاية الإقامة بالتعرف على الامتداد الجغرافي للموارد البشرية العاملة بالمجمع، وإبراز مدى مساهمة الولايات الصحراوية مقارنة بباقي ولايات الوطن. وتجدر الإشارة إلى أن المعطيات المتوفرة من مصلحة الموارد البشرية لم تتضمن التوزيع التفصيلي حسب كل ولاية، وإنما اقتصرت على تصنيف العمال إلى فئتين: الولايات الصحراوية وباقي الولايات. ويبين الجدول (8) هذا التوزيع.

الجدول (8) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب ولاية الإقامة

ولاية الإقامة	عدد العمال	النسبة المئوية
الولايات الصحراوية	**244**	**40.5%**
باقي الولايات	**359**	**59.5%**
المجموع	**603**	**100%**

المصدر: التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 29-04-2026

تظهر البيانات الإحصائية الموضحة في الجدول (8) أن نسبة العمال المنحدرين من باقي ولايات الوطن تمثل الحصة الأكبر بـ 59.5% (بواقع 359 عامل)، في حين تمثل فئة العمال القادمين من الولايات الصحراوية نسبة 40.5% (بواقع 244 عامل).

ويعود هذا التوزيع الجغرافي إلى طبيعة الكفاءات المطلوبة لتشغيل هذا المجمع الطاقوي؛ حيث يتطلب تشغيله وإدارته استقطاب إطارات ومهندسين وتقنيين في تخصصات طاقوية دقيقة من مختلف المعاهد والجامعات عبر التراب الوطني وهو ما يفسر تفوق نسبة الولايات الأخرى.

وفي المقابل، تعكس نسبة الـ 40.5% المخصصة للولايات الصحراوية دور المجمع في إدماج وتوظيف اليد العاملة المحلية التابعة لمناطق الجنوب ، سواء في الأقسام التقنية، أو وظائف التحكم، أو الخدمات اللوجستية وقاعدة الحياة.

بناء على ما سبق، نستنتج أن البنية البشرية لعمال مجمع تيقنتورين تتميز بخصوصية مهنية تفرضها طبيعة النشاط الطاقوي للمنشأة وموقعها الجغرافي؛ حيث يظهر تركيز واضح على الفئة الذكورية، وعلى نسبة الإطارات العليا والتقنيين ذوي الخبرة (بين 31 و50 سنة) لضمان استمرار واستقرار عمليات الإنتاج، مع توازن نسبي في توزيع العمال بين ولايات الجنوب وباقي ولايات الوطن.

❖ الشركات الفرعية المتعاقدة (Les Sous-traitants)

يعتمد المجمع في تسيير عملياته اليومية وخدمات الدعم على مجموعة من الشركات الفرعية المتعاقدة المتخصصة، والتي تساهم بشكل مباشر في ضمان استمرارية الإنتاج وتوفير البيئة الملائمة للعمل داخل محيط العمل.

وتتمثل هذه الشركات فيما يلي :

شركة (CIEPTAL) : هي شركة جزائرية رائدة متخصصة في إدارة قواعد الحياة والفندقة والإطعام.

شركة (SARPI) : تختص بجميع عمليات الصيانة الدورية، التدخلات التقنية، والهندسة الميكانيكية والكهربائية للمنشآت.

شركة (TRANS AIDLI) : المكلفة بالخدمات اللوجستية، و نقل العمال.

شركة (MEDIC) : وتتولى التغطية الصحية، الرعاية الطبية الاستعجالية، والإشراف على السلامة المهنية للعمال داخل الموقع.

7. الأهمية الاقتصادية لمجمع تيقنتورين

تعتبر المركبات الطاقوية ركيزة أساسية تدعم المنظومة الاقتصادية للبلاد، حيث يمثل مجمع تيقنتورين مثال واقعي للمنشآت الصناعية الكبرى التي لها دور فعال في التنمية المحلية والوطنية. ومن هذا المنطلق، يمكن تحديد الأهمية الاقتصادية للمجمع في :

➢ دور المجمع في الاقتصاد الوطني

يعد مجمع تيقنتورين قاعدة استراتيجية هامة للخزينة العمومية الجزائرية، حيث يساهم بشكل مباشر في تأمين ورفع المداخيل الوطنية إلى العملة الصعبة عن طريق صادرات الغاز الطبيعي، حيث تمثل العوائد المالية الناتجة عن مبيعاته جزء هام من عائدات المحروقات الوطنية التي تعتمد عليها الجزائر. وإلى جانب ذلك، يساهم المجمع في دعم الاقتصاد المحلي من خلال توفير مناصب عمل للكفاءات واليد العاملة الوطنية، مما يدفع عجلة التنمية في المنطقة.

➢ مساهمة المجمع في قطاع الطاقة

وفقا للمعطيات التقنية الواردة في التقرير البيئي للمجمع، يمثل المجمع أضخم مشروع للغاز الرطب في الجزائر. وتظهر الأهمية الإنتاجية لهذا المجمع في قدرته على ضخ حجم إنتاج يصل إلى حوالي 9 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي سنويا. وتبرز أهميته التقنية من خلال تجسيد الشراكة الاستراتيجية بصيغة (Joint-Venture) التي تجمع بين الشركة الوطنية سوناطراك (SONATRACH) والشركاء الأجانب إيني (ENI) وإيكوينور (EQUINOR)؛ وهي الشراكة التي تتيح بصفة مستمرة تبادل الخبرات التقنية، ونقل التكنولوجيا الحديثة بين الإطارات المهنية الوطنية والأجنبية في مجالات التنقيب، المعالجة، والتشغيل، مما يسمح لقطاع الطاقة بالالتزام بالعقود المتفق عليها.

➢ الإهتمام المتزايد على الطاقة ودور الجزائر في سوق الغاز

أدت الأزمة الجيوسياسية والأمنية الأخيرة التي شهدها العالم إلى حدوث نقص حاد وغير مسبوق في إمدادات الغاز المتوجهة نحو الأسواق الأوروبية، مما أعاد توجيه الأنظار دوليا نحو الجزائر كشريك استراتيجي آمن وموثوق جغرافيا لتعويض هذا العجز، لا سيما لبلدان حوض البحر الأبيض المتوسط. وفي ظل هذا الطلب المتزايد، اكتسب المجمع أهمية مضاعفة؛ حيث ساهمت مستويات إنتاجه المستقرة رغم الانخفاض التدريجي الطبيعي لطاقة الحقول في تمكين الدولة الجزائرية من الحفاظ على حجم ضخ الغاز عبر الأنابيب العابرة للقارات والالتزام بعقود التصدير، مما عزز المكانة الاستراتيجية للجزائر في سوق الطاقة الدولية (People's Daily Online, 2026).

خاتمة الفصل

من خلال دراسة الخصائص الطبيعية، والبشرية، والتقنية لمنطقة الدراسة، تبين أن بلدية عين أميناس تتميز بمجموعة من المقومات الجغرافية التي جعلتها من أهم الأقطاب الطاقوية في الجنوب الشرقي الجزائري، حيث ساهم موقعها الجغرافي وخصائصها الطبيعية، خاصة طبيعة التضاريس، والمناخ الصحراوي، وتوفر الموارد المائية الجوفية، في تهيئة الظروف الملائمة لإنشاء واستغلال مجمع تيقنتورين الغازي.

كما أظهرت الدراسة أن المجمع يعتمد على بنية تقنية متطورة تضم مختلف مراحل معالجة الغاز الطبيعي، انطلاقًا من الاستقبال والمعالجة والفصل، وصولًا إلى التصدير، وهو ما يعكس أهميته الاقتصادية ودوره في دعم الإنتاج الوطني من الغاز الطبيعي. وفي المقابل، يتطلب هذا النشاط تشغيل موارد بشرية متنوعة، وتنظيمًا إداريًا وتقنيًا يضمن استمرارية العمليات الإنتاجية داخل المجمع.

ومن جهة أخرى، أبرزت دراسة الخصائص المناخية والطبيعية للمنطقة أهمية هذه العناصر في فهم طبيعة الوسط المستقبل، باعتبارها تؤثر في الظروف البيئية المحيطة بالمجمع، كما يمكن أن تلعب دورًا في انتقال وانتشار بعض التأثيرات الناتجة عن النشاط الغازي .

وعليه، فإن المعطيات التي تم التوصل إليها في هذا الفصل تمثل قاعدة أساسية لفهم العلاقة بين الوسط الجغرافي والنشاط الصناعي بالمجمع، وتشكل منطلقًا للانتقال إلى الفصل الثالث، الذي سيتم فيه تقييم وتحليل التأثيرات البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين، مع إبراز أهم الجوانب البيئية والانبعاثات والإجراءات المعتمدة للحد من آثارها.

الفصل الثالث

تحديد و تقييم آثار المجمع الغازي تيقنتورين بعين أميناس على البيئة و المناخ

مقدمة الفصل

بعد دراسة الخصائص الطبيعية والاقتصادية لمنطقة الدراسة في الفصل السابق، يركز هذا الفصل على الجانب التطبيقي للبحث، والذي اعتمد على التربص الميداني المنجز في مجمع تيقنتورين الغازي (عين أميناس).

سمح هذا التربص بمتابعة مختلف مراحل الإنتاج والمعالجة، والاطلاع على الإجراءات المطبقة لحماية البيئة ومراقبة آثار النشاط الغازي على المحيط الصحراوي.

تم جمع البيانات التقنية الخاصة بهذا الفصل من خلال المقابلات والاستفسارات المباشرة مع مهندسي وإطارات المجمع، بالإضافة إلى استغلال الوثائق الرسمية المتوفرة. وتشمل هذه المعطيات مصادر الانبعاثات والنفايات الناتجة عن الوحدات التشغيلية، وطرق تقييم خطورتها والحد منها.

يتضمن الفصل تحديد وتصنيف الانبعاثات الغازية والملوثات حسب الوسط البيئي المتأثر و تحديد أسباب هذه الانبعاثات ودراسة مستويات خطورتها بالاعتماد على سجلات المجمع (ملفات البيانات). وأخيرا، عرض طرق المراقبة الميدانية والحلول التقنية المطبقة لخفض نسب التلوث والحد من انبعاث الغازات الدفيئة لتحقيق التسيير البيئي المستدام.

1. منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على منهج وصفي تحليلي بهدف تحديد وتقييم الآثار البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين. وقد استندت عملية جمع المعطيات على التربص الميداني المنجز على مستوى قسم الصحة والبيئة و السلامة (Division HSE) ، حيث تم الاطلاع على مختلف الوثائق والتقارير التقنية المتعلقة بالتسيير البيئي للمجمع.

- **المقابلات الميدانية**

من أجل تدعيم المعطيات التقنية وفهم آليات التسيير البيئي المعتمدة داخل المجمع، تم إجراء مجموعة من المقابلات والاستفسارات المباشرة مع إطارات ومهندسي قسم الصحة والبيئة و السلامة (Division HSE). وتمحورت هذه المقابلات حول تحديد الجوانب البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي، ومصادر الانبعاثات والنفايات، وطرق تقييم الآثار البيئية، بالإضافة إلى الإجراءات المطبقة للحد من المخاطر والتأثيرات المحتملة على البيئة والمناخ (انظر دليل المقابلة في الملحق رقم 1).

- **مصادر جمع البيانات**

اعتمدت الدراسة على مجموعة من الوثائق والبيانات التقنية التي تم الحصول عليها من قسم الصحة والبيئة و السلامة، والمتمثلة في :

- سجل الجوانب والآثار البيئية الخاص بالمجمع (IA Aspects Register) (2025).
- قاعدة بيانات مشاريع خفض انبعاثات الغازات الدفيئة وترشيد استهلاك الطاقة (GHG Energy Saving Actions) (2025).
- التقرير البيئي الرسمي لمجمع تيقنتورين (2022)، والذي يتضمن مختلف المعطيات المتعلقة بالأداء البيئي، ومصادر الانبعاثات، وإجراءات المراقبة والحماية البيئية المعتمدة داخل المنشأة.

- **معالجة وتحليل البيانات**

شملت هذه المرحلة تصنيف وتنظيم المعطيات الميدانية والتقنية، ومقارنتها بمصفوفة المخاطر البيئية المعتمدة في المجمع لتحديد درجة خطورة كل جانب بيئي، ثم تقييم مدى فاعلية الحلول المطبقة داخل المنشأة للتقليل من الانبعاثات والملوثات.

بعد جمع المعطيات الميدانية وتحليل الوثائق التقنية الخاصة بالمجمع، أصبح من الممكن تحديد مختلف الجوانب البيئية المرتبطة بالنشاط الغازي وتصنيفها وفق طبيعة تأثيرها على الأوساط البيئية. وتكتسب هذه المرحلة أهمية خاصة باعتبارها تمثل الأساس الذي تعتمد عليه المؤسسة في التعرف على مصادر التأثير البيئي المحتملة وتقييم درجة خطورتها.

ومن خلال سجل الجوانب والآثار البيئية المعتمد من طرف قسم الصحة والبيئة و السلامة، تم تحديد مختلف الجوانب البيئية الناتجة عن الأنشطة الصناعية للمجمع وتصنيفها حسب الوسط المتأثر، والمتمثل أساسا في الهواء والمياه والتربة، بالإضافة إلى الجوانب المرتبطة باستهلاك الموارد الطبيعية والطاقة.

2. تحديد وتقييم الجوانب والآثار البيئية بمجمع تيقنتورين

يمثل تقييم الأثر البيئي (Environmental Impact Assessment) القاعدة الأساسية التي تقوم عليها إستراتيجية التسيير البيئي المستدام داخل مجمع تيقنتورين لإنتاج ومعالجة الغاز.

إن الطبيعة الصناعية المعقدة للمجمع، وما يرافقها من عمليات يومية كمعالجة الغاز الطبيعي وفصل السوائل النفطية وضغط الغاز، تؤدي حتما إلى ظهور عدة جوانب بيئية تتداخل مع محيطها الطبيعي والصحراوي بشكل مباشر أو غير مباشر.

ولتحقيق تشخيص علمي دقيق، فإن العمل لا يقتصر فقط على الوصف الظاهري للمخلفات والانبعاثات، بل يتجاوزه إلى اعتماد منهجية تحليلية كمية ونوعية تهدف إلى تحديد الجوانب البيئية بدقة أولا، ثم تتبع طبيعة آثارها المحتملة على أوساط البيئية الأساسية، بعد ذلك يتم إدخال هذه المؤشرات في آلية التنقيط العددي لمصفوفة تقييم الخطورة (Matrix Risk) المعتمدة في السجل البيئي للمجمع لتقدير مستوى خطورة كل أثر (Significance) بناء على معايير الشدة، التكرار، والامتثال القانوني، وهو ما يسمح في النهاية بترتيب أولويات التحكم التقني وضبط خطط تقليل الانبعاثات والنفايات داخل المنشأة.

3. منهجية حساب مستويات الخطورة

تعتمد آلية تحديد مستويات الخطورة في السجل البيئي لمجمع تيقنتورين على دليل كمي ونوعي صارم، مستمد من نظام الإدارة البيئية **(Environmental Management System)** وهو الإطار العام والمنهجية التي تضعها الشركة لإدارة كل ما يتعلق بالبيئة، من مرحلة وضع السياسات إلى مرحلة التنفيذ والمراجع، و**الإجراء الداخلي رقم 99331** (هو الوثيقة الداخلية التي تشرح بالتفصيل الخطوات والمعايير المتبعة لتقييم الجوانب والآثار البيئية، بما فيها معادلة حساب الخطورة).

يتم إسناد درجات الخطورة وفق عملية تنقيط عددية لكل معيار من المعايير الأربعة الأساسية :

(البيئة، الأشخاص، القانون، السمعة)، بالإضافة إلى معامل التكرار ومستوى التحكم، وذلك وفق المعادلة الرياضية التالية :

$$\textbf{الأهمية } (\boldsymbol{Sign}\textbf{ificance}) = \frac{\boldsymbol{max}\,(\boldsymbol{E}, \boldsymbol{P}, \boldsymbol{L}, \boldsymbol{R}) \times \boldsymbol{F}}{\boldsymbol{C}}$$

حيث :

- **E : شدة الأثر على البيئية (Environmental)**
- **P : شدة الأثر على الأشخاص (People)**
- **L : شدة مخاطر الامتثال القانوني والمتطلبات الأخرى (Legal & other)**
- **R : شدة تأثير السمعة والتكلفة (Reputation & Cost)**
- **F : التكرار (Frequency)**
- **C : مستوى التحكم (Control)**

ويتم تحديد قيم هذه المعايير وفق الضوابط التالية المستمدة من مصفوفة التقييم المعتمدة في المجمع :

الجدول (9) : مصفوفة شدة الأثر حسب المعايير الأربعة (البيئة، الأشخاص، القانون، السمعة)

الدرجة	البيئة (E)	الأشخاص (P)	القانون (L)	السمعة (R) التكلفة (C)
1	أثر عابر ومحدود النطاق (مدة بقاء أو معالجة الأثر أقل من 30 يوما).	لا يوجد تأثير صحي.	احتمال منخفض لعدم الامتثال للقوانين.	تكلفة أقل من 1 مليون دولار ضرر ضئيل على السمعة.
2	أثر موضعي ممتد (مدة بقاء أو معالجة الأثر من 30 يوما إلى 6 أشهر).	تأثير صحي محلي محتمل.	احتمال متوسط لعدم الامتثال للقوانين.	تكلفة بين 1 و10 ملايين دولار تأثير طويل الأمد على السمعة.
3	تأثير إقليمي أو عالمي (مدة بقاء أو معالجة الأثر تتجاوز 6 أشهر).	وفيات أو تأثير صحي واسع النطاق.	احتمال مرتفع لعدم الامتثال للقوانين.	تكلفة تتجاوز 10 ملايين دولار ضرر دائم على السمعة.

المصدر: (Aspects Scoring Matrix) (2025) – مجمع تيقنتورين عين اميناس

يوضح الجدول (9) كيفية تقييم شدة الأثر على كل من البيئة والأشخاص والقانون والسمعة، حيث تتراوح الدرجات بين 1 (تأثير محدود) و3 (تأثير شديد). ويستخدم أعلى قيمة من بين هذه المعايير الأربعة في معادلة حساب الخطورة، لضمان أن التقييم النهائي يركز على الجانب الأكثر تأثيرا.

الجدول (10) : معايير تقييم التكرار (F) حسب طبيعة ظروف التشغيل

درجة التكرار	الظروف العادية	الظروف غير العادية	حالات الطوارئ
1	نادر الحدوث (نشاط عابر يحدث أقل من مرة في السنة).	عطل تقني أو توقف مبرمج يحدث أكثر من مرة كل 5 سنوات.	حادث نادر جدا ما يقع، بمعدل أكثر من 5 سنوات بين الحادث والآخر. مثل : انفجار خزان الغاز الرئيسي
2	يتكرر بانتظام (نشاط دوري يتكرر شهريا أو أسبوعيا).	عطل أو خلل تقني يتكرر بين 6 أشهر وسنة.	حادث متوسط التكرار يقع بين سنة و 5 سنوات.
3	مستمر طوال الوقت (نشاط يعمل على مدار الساعة 7/24 دون توقف).	عطل أو تذبذب في التشغيل يتكرر بكثرة في مدة أقل من 6 أشهر.	حادث متكرر يقع مرة أو أكثر في السنة الواحدة.

المصدر: (Aspects Scoring Matrix) (2025) – مجمع تيقنتورين عين اميناس

يصنف الجدول (10) تكرار النشاط حسب ظروف التشغيل، سواء كانت عادية أو غير عادية أو طارئة. وتتراوح درجات التكرار بين 1 (نادر) و3 (مستمر)، حيث يساهم التكرار المرتفع في رفع درجة الخطورة، خاصة في الأنشطة التشغيلية المستمرة التي تعمل على مدار الساعة.

الجدول (11) : معايير تقييم مستوى التحكم

درجة التحكم	مستوى الفعالية	أمثلة تطبيقية من داخل المجمع
1	ضوابط ضعيفة – غير فعالة	غياب حملات الكشف الدوري عن التسربات (سابقا)
2	ضوابط متوسطة – فعالة جزئيا	أحواض تبخير المياه المنتجة وهي المياه الجوفية المصاحبة للغاز أثناء الإنتاج (طبقة عازلة لكن مراقبتها غير مستمرة)
3	ضوابط كافية – فعالة تماما	توربينات GTG (صيانة وقائية + مراقبة + نظام إدارة تغيير الذي هو إجراء رسمي لدراسة أي تعديل تقني قبل تنفيذه لضمان السلامة والبيئة)

المصدر: (Aspects Scoring Matrix) (2025) – مجمع تيقنتورين عين اميناس

يحدد الجدول (11) مستوى التحكم المطبق على كل جانب بيئي، وتتراوح درجاته بين 1 (تحكم ضعيف) و3 (تحكم فعال تماما). وكلما ارتفع مستوى التحكم، انخفضت درجة الخطورة في المعادلة، مما يبرز أهمية الإجراءات الوقائية والرقابية في تقليل التأثيرات البيئية.

1.3 سلم تصنيف درجات الخطورة

بعد تحديد المعادلة الأساسية لحساب الأهمية البيئية، تبرز الحاجة إلى وضع سلم تصنيف دقيق لتفسير النتائج العددية المستخرجة. واعتمادا على مصفوفة التقييم البيئي المعتمدة في المجمع تم تحديد العتبات التالية بناء على المنطق الرياضي للمصفوفة والأمثلة التطبيقية الواردة فيها.

أدنى قيمة نظرية في المصفوفة هي **(0.33)**، وتتحقق هذه القيمة في أفضل السيناريوهات البيئية عندما تسجل المؤشرات أدنى قيمها، حيث تكون :

المعايير الأربعة : $(E,P,L,R) = 1$

تكرار النشاط : $F = 1$

مستوى التحكم : $C = 1$ تحكم قوي جدا

وبتطبيقها في المعادلة نتحصل على : $\frac{1\times1}{3} = 0.33$

أعلى قيمة نظرية يمكن بلوغها في هذه المعادلة هي **(9)**، وذلك في أسوأ السيناريوهات المحتملة عندما تبلغ المؤشرات قيمتها القصوى كالآتي :

المعايير الأربعة : $(E,P,L,R) = 3$

تكرار النشاط : $F = 3$ مما يعني أنه نشاط مستمر

مستوى التحكم : $C = 1$ والذي يمثل نظام تحكم ضعيف جداً أو منعدم

بتطبيق هذه المعطيات في المعادلة نتحصل على : $\frac{3\times3}{1} = 9$

باستثناء جانب **"بيع المنتجات (Sale of products)"** الذي سجل درجة تحكم **C=1** ودرجة خطورة **(9)**، والذي يعكس انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن حرق المنتجات من قبل المستخدم النهائي (وهو جانب لا يقع ضمن نطاق التحكم المباشر للمنشأة). أما بالنسبة للجوانب التشغيلية الخاضعة للتحكم المباشر، فإن أقل مستوى تحكم مسجل هو **C=2**، حيث لم تسجل أي وحدة تشغيلية أو نشاط بمستوى تحكم **C=1** نظرا لصرامة أنظمة الأمان في المجمع.

القيمة القصوى الفعلية في المجمع هي **(4.5)** بناء على المعطيات الميدانية السابقة، تصبح أعلى قيمة يمكن أن تسجلها أي وحدة تشغيلية أو نشاط في مجمع تيقنتورين هي :

$$\frac{3\times3}{2} = \frac{9}{2} = 4.5$$

ونظرا لأن هذه القيمة **(4.5)** تمثل نصف القيمة القصوى النظرية **(9)**، وهي أعلى درجة خطورة يمكن تسجيلها

فعليا في المجمع، فقد تم اعتمادها كنقطة بداية لنطاق الخطورة العالية. وبناء على ذلك، تم وضع السلم التالي لتصنيف درجات الخطورة وتحديد أولويات التدخل البيئي :

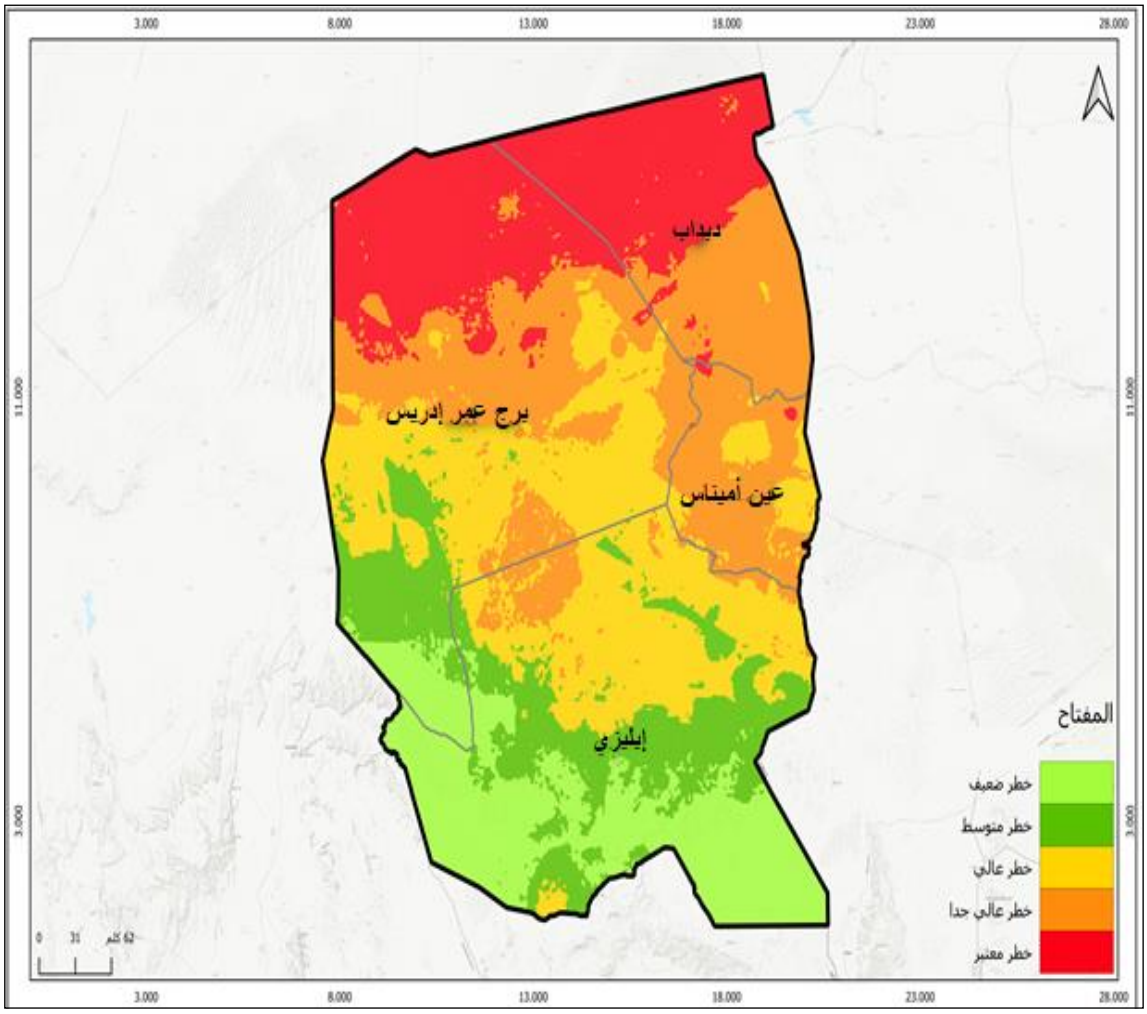
الجدول (12) : سلم تصنيف درجات الخطورة

قيمة الأهمية البيئية	مستوى التصنيف	درجة الخطورة	الإجراء البيئي المطلوب
$[0.33 \leq \text{الأهمية} < 2.5]$	منخفضة	خطورة ضعيفة ولا تشكل أي تهديد	يكتفى فقط بالمراقبة الدورية والتدقيق الدوري المستمر
$[2.5 \leq \text{الأهمية} < 4.5]$	متوسطة	خطورة متوسطة تستوجب المراقبة والتخفيف	يجب وضع إجراءات تخفيف محددة ومتابعة مستمرة
$[\text{الأهمية} \geq 4.5]$	عالية	خطورة عالية تستدعي تدخل فوري	إلزامية التدخل الفوري لتصحيح الوضع

2.3 التوزيع المجالي لمستويات التعرض للخطر المرتبط بالنشاط الغازي

بهدف توضيح اختلاف مستويات التعرض للخطر الناتج عن النشاط الغازي لمجمع تيقنتورين، تم اعتماد تمثيل خرائطي يوزع درجات الخطر داخل مجال الدراسة. وتسمح هذه الخريطة بإبراز توزيع المناطق حسب مستويات التعرض، بالاعتماد على العوامل المؤثرة في انتشار الملوثات الصادرة عن المجمع، خاصة العوامل المناخية المرتبطة بحركة الرياح، مما يساعد في تحديد المناطق الأكثر حساسية للتأثيرات البيئية. كما يظهر التوزيع المكاني للخطر العلاقة بين قرب المنشآت الصناعية للمجمع وشدة التأثير، حيث تتراجع درجات الخطر كلما ابتعدنا عن مصادر الانبعاثات، وهو ما يعكس دور المسافة والعوامل الطبوغرافية في تشتت الملوثات.

الخريطة (11) : توزيع المناطق المعرضة للخطر البيئي حول مجمع تيقنتورين



المصدر : معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS + Analyse multicritère

تظهر الخريطة تباين واضح في توزيع مستويات التعرض للخطر داخل مجال الدراسة، حيث تتركز أعلى المستويات في الجزء الشمالي، وتحديدا في دبداب و عين أميناس، رغم اختلاف بعدهما عن مصدر النشاط الغازي. ويرجع هذا إلى تأثير العوامل المناخية، خاصة اتجاه الرياح السائدة التي تحدد مسار انتشار الملوثات.

في المقابل، تسجل المناطق الجنوبية مستويات خطر أقل، مما يشير إلى أن التوزيع المكاني للخطر لا يرتبط فقط بالقرب من المصدر، بل يتأثر بشدة بالعوامل الطبوغرافية والمناخية المتحكمة في تشتت الملوثات. ويعكس هذا التوزيع الحاجة إلى أخذ هذه العوامل بعين الاعتبار عند تقييم التأثيرات البيئية للنشاط الغازي.

تم اعداد خريطة توزيع المناطق المعرضة للخطر(الخريطة 10) بالاعتماد على منهجية التحليل متعدد المعايير (Multi-Criteria Analysis) في برنامج (ArcGIS)، تمثلت المنهجية في :

1. إعداد البيانات المكانية

في البداية، تم جمع جميع الخرائط التي تدخل في إعداد خريطة الخطر، والمتمثلة في خريطة تركيز الغازات، وخريطة سرعة واتجاه الرياح، وخريطة درجات الحرارة، وخريطة التساقطات المطرية، ثم تم إدخالها إلى برنامج ArcGIS. بعد ذلك، تم التأكد من أن جميع الخرائط تستعمل نفس نظام الإحداثيات ونفس المجال الجغرافي حتى يمكن دمجها دون حدوث أخطاء أثناء التحليل.

2. إعادة تصنيف الطبقات (Reclassification)

بعد تجهيز الخرائط، تم إعادة تصنيف كل خريطة إلى خمس درجات تعبر عن مستوى التأثير أو الخطورة. حيث أعطيت القيم المرتفعة للمناطق التي تمثل خطورة أكبر، بينما منحت القيم المنخفضة للمناطق الأقل تأثيرًا، حتى تصبح جميع الخرائط قابلة للمقارنة فيما بينها.

3. تحديد الأوزان النسبية للعوامل

بعد إعادة التصنيف، تم تحديد وزن لكل عامل حسب درجة تأثيره في مستوى الخطر البيئي. فالعوامل التي يكون تأثيرها أكبر على البيئة أعطيت وزنًا أعلى، في حين منحت العوامل الأقل تأثيرًا وزنًا أقل، وذلك للحصول على نتائج أكثر دقة.

4. إجراء التراكب الموزون(Weighted Overlay)

بعد الانتهاء من إعادة التصنيف وتحديد الأوزان، استعملت أداة Weighted Overlay داخل برنامج ArcGIS لدمج جميع الخرائط في خريطة واحدة. حيث قامت هذه الأداة بحساب تأثير كل عامل وفق وزنه المحدد، ثم إنتاج خريطة تبين مستوى الخطر في مختلف أجزاء منطقة الدراسة.

5. تصنيف خريطة الخطر النهائية

بعد الحصول على الخريطة النهائية، تم تقسيمها إلى خمس درجات للخطر البيئي، وهي:

خطر ضعيف .

خطر متوسط .

خطر عالي .

خطر عالي جدا .

خطر معتبر .

وذلك لتسهيل قراءة النتائج وتحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر.

6. الإخراج الكارتوغرافي النهائي

في المرحلة الأخيرة، تم إعداد الخريطة في شكلها النهائي، من خلال إضافة العناصر الكارتوغرافية الأساسية، والمتمثلة في عنوان الخريطة، ومفتاح الرموز، ومقياس الرسم، وسهم الشمال، والإحداثيات، حتى تصبح جاهزة للتحليل والعرض داخل الدراسة.

4. التأثيرات البيئية للنشاط الغازي على الهواء

يشكل الهواء أكثر الأوساط البيئية تأثراً بالنشاط الغازي داخل مجمع تيقنتورين، نظراً لارتباط معظم مراحل المعالجة والإنتاج بعمليات الاحتراق ونزع الغازات الحمضية وتشغيل التوربينات والشعلات الصناعية. وتؤدي هذه الأنشطة إلى إطلاق عدة ملوثات وانبعاثات غازية تختلف من حيث مصدرها ودرجة تأثيرها، حيث تسجل ضمن السجل البيئي للمجمع باعتبارها جوانب بيئية تستوجب التقييم والمراقبة المستمرة.

ويعرض الجدول التالي أهم الجوانب والآثار البيئية المرتبطة بالهواء التي تم تسجيلها على مستوى المنشأة.

الجدول (13) : التأثيرات البيئية المرتبطة بالهواء بمجمع تيقنتورين

المصدر	الجانب البيئي *(l'Aspect)*	الأثر البيئي *(l'Impact)*	ظروف التشغيل
إنتاج الطاقة من التوربينات	الغازات الناتجة عن حرق الوقود في التوربينات الغازية	زيادة الغازات الدفيئة (CO_2، CH_4) مع تأثيرات مناخية ومحلية على جودة الهواء	**عادية**
أفران تسخين الزيت	احتراق غاز الوقود في أفران الزيت الناقل للحرارة	تلوث هوائي بـ (CO_2) و (Nox) + مساهمة في التغير المناخي نتيجة استهلاك غاز الوقود	**عادية**
تحرير غاز (CO_2) من وحدة المعالجة	إزالة (CO_2) من الغاز المعالج وطرحه في الجو	زيادة الاحتباس الحراري نتيجة انبعاث غاز(CO_2) المصحوب بشوائب من غاز الميثان CH_4	**عادية**
حرق الشعلة	انبعاثات الغاز الناتجة عن الاحتراق غير الكامل بالشعلة	تلوث الهواء المحلي بانبعاثات الكربون الأسود (السخام) والمساهمة في الاحتباس الحراري	**غير عادية**
حرق الشعلة في حالة الطوارئ	تحرير الغازات في الحالات الطارئة (انقطاع التيارأو زيادة الضغط)	انبعاثات مكثفة للغازات الدفيئة مع ضوضاء وتلوث بصري مؤقت	**طارئة**
محارق النفايات (Incinérateur)	انبعاث غازات الاحتراق والجسيمات الدقيقة	انبعاث جسيمات (PM)، مركبات عضوية متطايرة (VOCs)، بالإضافة إلى الغازات الحمضية	**عادية**
الانبعاثات الهاربة (Fugitive Emissions)	تسرب غير مقصود للهيدروكربونات من الصمامات أو المضخات	احتباس حراري شديد لأن قدرة غاز الميثان تفوق غاز (CO_2) بـ 28 مرة	**عادية**
مولدات الديزل المستقلة	انبعاثات احتراق الديزل (CO_2، NOx، SO_2، PM)	تدهور جودة الهواء والمساهمة في زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة والتأثير على المناخ	**عادية**
حرق الغاز على مستوى آبار الإنتاج	انبعاثات غازية ناتجة عن عملية الحرق	المساهمة في التغيرات المناخية وتدهور نوعية الهواء بالمحيط القريب من الآبار	**عادية**
تسرب من خطوط الأنابيب	تسرب مفاجئ للهيدروكربونات نتيجة تآكل أو كسر الأنبوب	تلوث هوائي حاد (ميثان مركز) + خطر حرائق/انفجارات وتلوث تربة إن كان تسربا سائلا	**طارئة**
النقل البري واستعمال المركبات	انبعاث الغاز المحترق من محركات الشاحنات والسيارات	تدهور جودة الهواء بسبب الغبار وزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة،	**عادية**
استغلال مادة "التوف" في أشغال البناء وصيانة الطرق	انبعاث الغبار واستغلال الموارد الطبيعية	تدهور جودة الهواء المحلي واستنزاف الموارد الطبيعية	**عادية**

المصدر: سجل الجوانب والآثار البيئية (IA Aspects Register) (2025)

الصورة (3) : شعلة الحرق بمجمع تيقنتورين

المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 03-05-2026

الصورة (4) : محارق النفايات (Incinérateur)

المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 29-04-2026

1.4 تقدير درجة الخطورة لأهم مصادر انبعاثات الهواء

بتطبيق المعادلة السابقة على المصادر المحددة في جدول (13)، تم الحصول على درجات الخطورة المبينة في الجدول (14).

الجدول (14) : حساب درجة الخطورة لأهم مصادر انبعاثات الهواء

المصدر	أقصى قيمة (E,P,L,R)	التكرار (F)	التحكم (C)	درجة الخطورة	التصنيف
تحرير (CO_2) (وحدة معالجة الغاز)	3	3	2	**4.5**	عالية
توربينات توليد الطاقة	3	3	3	**3.0**	متوسطة
أفران تسخين الزيت	2	3	2	**3.0**	متوسطة
محارق النفايات	2	3	2	**3.0**	متوسطة
حرق الشعلة (غير عادية)	2	3	3	**2.0**	منخفضة
الانبعاثات الهاربة	1	3	2	**1.5**	منخفضة
حرق الغاز على مستوى آبار الإنتاج	2	1	2	**1.0**	منخفضة

يبين الجدول (14) أن أعلى درجات الخطورة في المنشأة بلغت **(4.5)**، وقدرت كخطورة عالية تستدعي تدخل فوري لمصدر رئيسي وهو :

تحرير (CO_2) (وحدة معالجة الغاز)

وتعود هذه القيمة إلى عاملين أساسيين :

أولا **(F=3)** بمعنى استمرارية هذه الانبعاثات على مدار الساعة دون انقطاع

ثانيا الطبيعة التقنية للمصدر، حيث يرتبط تحرير وحدات المعالجة من الكميات الكبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون المنفصل، بالإضافة إلى احتوائه على شوائب من غاز الميثان (CH_4) الذي يفوق (CO_2) في قدرته على الاحتباس الحراري بـ 28 مرة.

كما أن مستوى التحكم الحالي **(C=2)** يظل جزئيا وغير كافي للسيطرة الكاملة، مما يستوجب حلول تقنية عاجلة لتصحيح الوضع.

أما المصادر التي صنفت ضمن الخطورة المتوسطة **(3.0)**، مثل توربينات توليد الطاقة (GTG)، وأفران تسخين الزيت، ومحارق النفايات، فهي تستوجب المراقبة والتخفيف مع استمرار تنفيذ الحلول التقنية المتاحة.بما في ذلك المشاريع

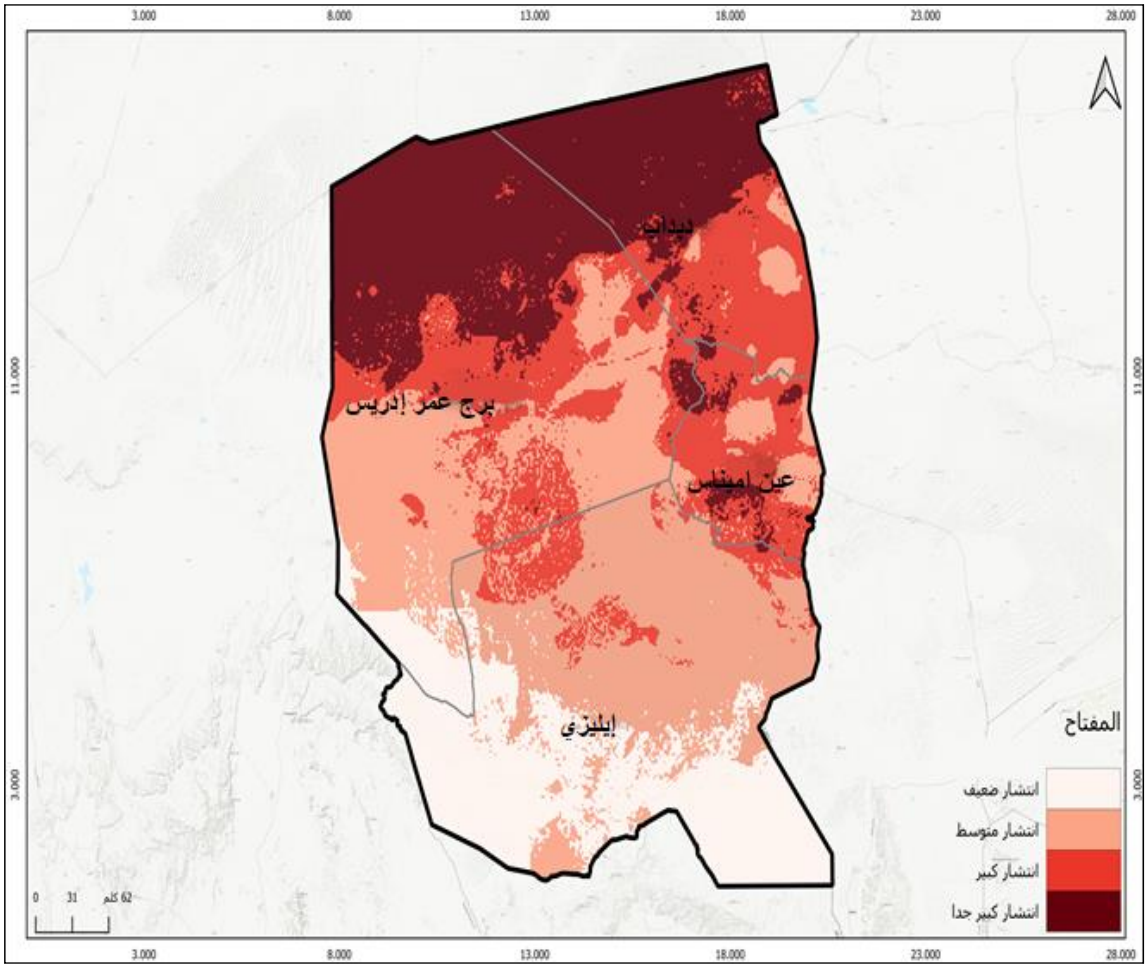
البيئية المطبقة في المجمع.

في المقابل، تقع بقية المصادر مثل حرق الشعلة في الظروف غير العادية، حرق آبار الإنتاج، تسرب الأنابيب، النقل البري، واستغلال مادة "التوف" ضمن نطاق الخطورة المنخفضة، إذ تراوحت درجاتها بين **1.0** و **2.0** (وفقا لمقياس التقييم المعتمد في المصفوفة البيئية للمجمع)، وهي قيم تقع تماما في المجال الأدنى للسلم (0.33 – 2.5). وبناء على ذلك، فهي لا تشكل تهديدا كبيرا ولا تستوجب أولوية في التدخل، ويكتفى بإدراجها ضمن برامج المراقبة والمتابعة المستمرة.

2.4 التوزيع المكاني لانتشار الملوثات المرتبطة بالنشاط الغازي

تمثل دراسة انتشار الملوثات خطوة أساسية لفهم مدى امتداد التأثيرات الناتجة عن النشاط الغازي لمجمع تيقنتورين خارج مصدر الانبعاث، حيث لا يقتصر تأثيرها على موقع النشاط فقط، بل يتأثر بالعوامل المتحكمة في انتقالها داخل المجال المحيط. ولهذا تم اعتماد هذه الخريطة رقم (12) أدناه لإبراز توزيع الملوثات وتحديد المناطق التي تظهر مستويات انتشار مختلفة.

الخريطة (12) : توزيع شدة انتشار الملوثات في محيط مجمع تيقنتورين



المصدر : معطيات المناخ و الانبعاثات +Modélisation (AERMOD , CALPUFF) معالجة الطالبتين باستخدام برنامج ArcGIS

يظهر توزيع مستويات انتشار الملوثات الهوائية في منطقة الدراسة وجود تباين مكاني واضح، حيث سجلت أعلى مستويات الانتشار في الأجزاء الشمالية من المجال، خاصة على مستوى بلدية دبداب والأجزاء الشمالية من كل من بلديتي برج عمر إدريس وعين أميناس.

ويرتبط هذا التوزيع بتمركز مجمع تيقنتورين والمنشآت المرتبطة به، والتي تمثل المصدر الرئيسي للانبعاثات الناتجة عن عمليات الإنتاج والمعالجة.

في المقابل، يلاحظ انخفاض تدريجي في شدة انتشار الملوثات باتجاه المناطق الجنوبية، خاصة نحو بلدية إيليزي، ويرتبط ذلك بتباعد مصادر الانبعاثات. كما تلعب الظروف المناخية السائدة، وخاصة اتجاهات الرياح، دورا مهما في تحديد مسار انتقال الملوثات وتوزيعها داخل مجال الدراسة.

توضح هذه الخريطة المجال الجغرافي المحتمل لانتشار الملوثات الهوائية الناتجة عن النشاط الغازي، غير أنها تعكس نطاق الانتقال والانتشار فقط، ولا تحدد بالضرورة درجة تأثر المناطق بهذه التأثيرات.

تختلف خريطة توزيع المناطق المعرضة للخطر (الخريطة 10) عن خريطة انتشار الملوثات (الخريطة 11) في الهدف والمنهجية؛ فالأولى تهدف إلى تحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر بناء على مجموعة من العوامل المكانية (موقع المجمع، التضاريس، اتجاه الرياح، شبكة الطرق)، وتظهر توزيع المناطق حسب مستوى الخطر. أما الثانية فتهتم بتحليل مسار انتشار الملوثات في الغلاف الجوي، وتظهر شدة تركزها في مختلف المناطق، استنادا إلى نمذجة تشتت الملوثات ومعطيات الانبعاثات. وبذلك، تقدم خريطة الخطر رؤية شاملة للمناطق التي قد تتأثر، بينما تركز خريطة الانتشار على مسار انتشار الملوثات في المجال المحيط بالمجمع.

5. التأثيرات البيئية للنشاط الغازي على الماء

يعتبر الماء مورد استراتيجي محدود في المحيط الصحراوي، خاصة في منطقة عين أميناس التي تعتمد بشكل شبه كلي على الطبقات الجوفية العميقة (الطبقة الألبية (Complexe terminal/Continental intercalaire) لتأمين احتياجاتها من المياه الصالحة للاستخدام الصناعي و المنزلي.

يرتبط النشاط الغازي في مجمع تيقنتورين باستهلاك كميات كبيرة من هذه المياه الجوفية غير المتجددة، بالإضافة إلى إنتاج مياه ملوثة (المياه المنتجة) التي قد تشكل خطرا على البيئة إذا لم تعالج وتصرف بشكل صحيح. كما أن تسرب هده المياه أو المياه المنتجة قد يؤدي إلى تدهور جودة التربة والمياه الجوفية غير المتجددة.

و بالتالي يلخص الجدول (15) أهم الجوانب البيئية المرتبطة بالمياه في المجمع.

الجدول (15) : التأثيرات البيئية المرتبطة بالماء بمجمع تيقنتورين

المصدر	الجانب البيئي *(l'Aspect)*	الأثر البيئي *(l'Impact)*	ظروف التشغيل
ضخ المياه الجوفية	استغلال المياه من الطبقة الألبية العميقة	استنزاف مورد طبيعي غير متجدد، انخفاض محتمل في منسوب المياه الجوفي	**عادية**
المياه المنتجة (Produced Water)	تصريف المياه المصاحبة للغاز في أحواض خاصة لفصل المياه المصاحبة (أحواض التبخير)	تلوث التربة والمياه الجوفية بالمعادن الثقيلة والأملاح في حال نفاذية أو تسرب طبقة الحوض العازلة	**عادية**
محطات معالجة المياه المنزلية (STP)	تصريف مياه الصرف غير المطابقة للمواصفات التقنية	تدهور جودة التربة، مخاطر صحية، وانبعاث روائح مزعجة	**غير عادية**
تخزين النفايات الخطرة (JK Yard)	تخزين النفايات الخطرة (كيماويات، بطاريات، فلاتر)	تلوث كيميائي حاد للتربة والمياه الجوفية في حالة حدوث تسرب	**عادية (طارئة عند التسرب)**
مخلفات حفر الآبار (الحصى والصخور)	تخزين المخلفات الملوثة بزيوت الحفر عن طريق حفر أرضية معزولة	تلوث التربة والمياه الجوفية بالمواد النفطية في حالة تمزق البلاستيك العازل	**طارئة**

المصدر: سجل الجوانب والآثار البيئية (IA Aspects Register) (2025)

1.5 تقدير درجة الخطورة لأهم الجوانب البيئية المرتبطة بالماء

الجدول (16) : حساب درجة الخطورة لأهم الجوانب البيئية المرتبطة بالوسط المائي

المصدر	أقصى قيمة (E,P,L,R)	التكرار (F)	التحكم (C)	درجة الخطورة	التصنيف
تخزين النفايات الخطرة (طارئ)	3	3	2	**4.5**	عالية 🔴
مخلفات حفر الآبار (الحصى والصخور)	2	2	1	**4.0**	عالية 🔴
ضخ المياه الجوفية	2	3	2	**3.0**	متوسطة 🟠
المياه المنتجة	2	3	2	**3.0**	متوسطة 🟠
مياه الصرف الصحي (غير المطابقة للمواصفات التقنية)	2	3	2	**3.0**	متوسطة 🟠
تخزين النفايات الخطرة (عادي)	2	2	2	**2.0**	منخفضة 🟢

يبين الجدول (16) أن أعلى درجات الخطورة في الجوانب المائية سجلت لمصدرين رئيسيين :

تخزين النفايات الخطرة في الحالات الطارئة **(درجة 4.5)**، حيث يمكن أن يؤدي تسرب هذه النفايات إلى تلوث

خطير للتربة والمياه الجوفية.

مخلفات حفر الآبار (الحصى والصخور) **(درجة 4.0)**، حيث تم تصنيفها بخطورة عالية نظرا لمستوى التحكم الضعيف **C=1** في هذه الحفرة العازلة، مما يجعلها عرضة للتسرب في حالة تلف الطبقة العازلة.

أما المصادر ذات الخطورة المتوسطة **(3.0)**، مثل ضخ المياه الجوفية (استنزاف مورد غير متجدد)، المياه المنتجة (تلوث محتمل من أحواض التبخير)، ومياه الصرف الصحي غير المطابقة للمواصفات، فهي تتطلب متابعة دورية وإجراءات تخفيف مستمرة، خاصة في ظل استمراريتها **F=3** ومستوى التحكم الجزئي2=C.

في المقابل، يصنف تخزين النفايات الخطرة في الظروف العادية ضمن الخطورة المنخفضة **(2.0)**، نظرا لانخفاض تكرار حدوث التسربات في الظروف التشغيل العادية.

2.5 إجراءات المجمع لحماية الموارد المائية

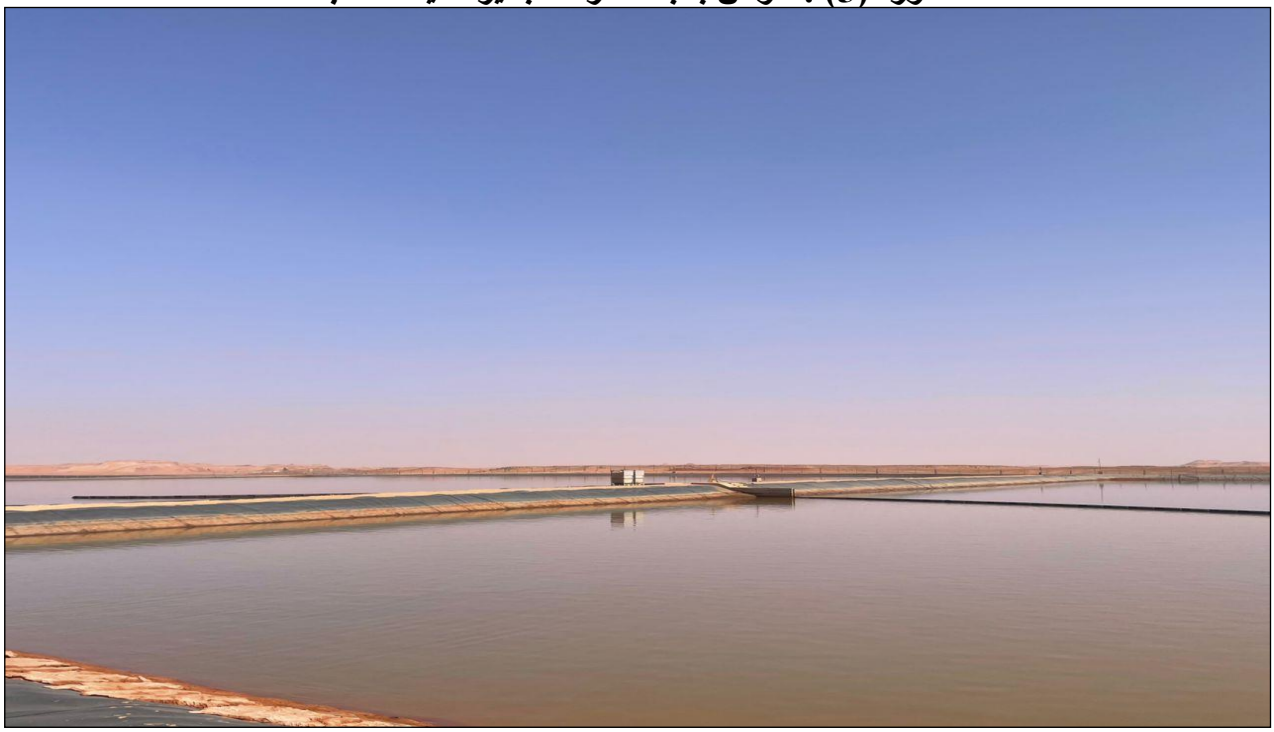
يلخص الجدول (17) أدناه أبرز الإجراءات التقنية والتنظيمية المطبقة في المجمع لحماية الموارد المائية والحد من تأثيرات النشاط الغازي عليها.

الجدول (17) : الإجراءات المعتمدة من المجمع لحماية الوسط المائي

الإجراء	الهدف من الاجراء	الحالة
أحواض تبخير المياه المنتجة ذات الطبقة العازلة	منع تسرب المياه الملوثة إلى الطبقة الجوفية الألبية	**مطبق**
منطقة JK Yard المغلقة لتخزين النفايات الخطرة	منع تسرب المواد الخطرة إلى التربة والمياه	**مطبق**
حفرة OBM ذات الطبقة العازلة	تخزين مؤقت لنفايات الحفر قبل المعالجة	**مطبق لكن بتحكم ضعيف (C=1)**
عقود مع شركات متخصصة لنقل ومعالجة النفايات الخطرة خارج الموقع	ضمان التخلص الآمن من النفايات	**مطبق**
تثبيت مخلفات الحفر (Solidification)	تحويل مخلفات الحفر إلى كتل صلبة تمنع تسرب الملوثات إلى المياه الجوفية	**مطبق**
خزانات صرف صحي مطابقة للمعايير	معالجة مياه الصرف الصحي قبل التصريف	**مطبق**
خطة التدخل في حالة التسربات	احتواء التسربات الطارئة ومنع انتشارها	**مطبق**

المصدر: سجل الجوانب والآثار البيئية (2025) + تقرير دراسة الأثر البيئي (Cabinet Guerrak) (2022)

الصورة (5) : حوض بطبقة عازلة لتبخير المياه المنتجة



المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 2026-04-29

6. التأثيرات البيئية للنشاط الغازي على التربة وإدارة النفايات

ترتبط التربة في المناطق الصحراوية ارتباطا وثيقا بالنشاط الغازي، حيث تتعرض للتلوث من خلال التسربات غير المتوقعة للهيدروكربونات والمواد الكيميائية، ومن خلال التخزين غير الآمن للنفايات الخطرة، ومن خلال تراكم رماد المحارق وبقايا الحفر. وعلى الرغم من أن التربة الصحراوية تتمتع بقدرة طبيعية على الترميم الذاتي بفعل الرياح والرمال، إلا أن التلوث المركز قد يستمر لسنوات ويشكل خطر على المياه الجوفية.

لذلك يلخص الجدول (18) أهم الجوانب البيئية المرتبطة بالتربة والنفايات في المجمع

الجدول (18) : التأثيرات البيئية المرتبطة بالتربة والنفايات

المصدر	الجانب البيئي *(l'Aspect)*	الأثر البيئي *(l'Impact)*	ظروف التشغيل
تخزين النفايات الخطرة (JK Yard)	تخزين النفايات الخطرة (مثل الكيماويات)	تلوث مباشر للتربة في حالة التسرب، بالأضافة إلى تراكم الملوثات	**عادية / طارئة**
تسرب من خطوط الأنابيب	تسرب الغاز أو المكثفات السائلة الناتجة عن التآكل أو الأعطال الميكانيكية	تلوث التربة بالمركبات الهيدروكربونية السائلة وحدوث تغيير في خصائصها الفيزيائية	**طارئة**
خزانات الوقود والمواد الكيميائية	تصريف مياه الصرف غير المطابقة للمواصفات التقنية	تسرب مفاجئ للوقود أو المواد الكيميائية من خزانات التخزين الرئيسية	**طارئة**
حاويات المواد الكيميائية الصغيرة	تسرب غير متوقع أثناء عمليات النقل والاستعمال اليومي	تلوث موضعي ومباشر للتربة في محيط العمل	**طارئة**
الآبار القديمة والمغلقة	آبار مهجورة داخل أو بالقرب من محيط المجمع	تلوث محتمل للتربة في حالة فقدان السلامة	**طارئة**

المصدر: سجل الجوانب والآثار البيئية (IA Aspects Register) (2025)

1.6 تقدير درجة الخطورة لأهم مصادر تلوث التربة

الجدول (19) : حساب درجة الخطورة لأهم مصادر تلوث التربة

المصدر	أقصى قيمة (E,P,L,R)	التكرار (F)	التحكم (C)	درجة الخطورة	التصنيف
تخزين النفايات الخطرة (JK Yard)	3	3	2	**4.5**	عالية
تسرب من خطوط الأنابيب	3	2	2	**3.0**	متوسطة
تسرب من خزانات الوقود والمواد الكيميائية الكبيرة	3	2	3	**2.0**	منخفضة
تسرب من الحاويات الصغيرة	1	3	2	**1.5**	منخفضة
الآبار القديمة	3	1	2	**1.5**	منخفضة

المصدر: سجل الجوانب والآثار البيئية (IA Aspects Register)

يبين الجدول (19) أن أعلى درجة خطورة في الجوانب الخاصة بالتربة سجلت لـ تخزين النفايات الخطرة في

الحالات الطارئة **(درجة 4.5)**، حيث يمكن أن يؤدي تسرب هذه النفايات إلى تلوث خطير للتربة والمياه الجوفية.

أما المصادر ذات الخطورة المتوسطة **(3.0)**، فتمثلها تسربات خطوط الأنابيب، حيث أن تسرب المكثفات السائلة يؤدي إلى تلوث مباشر للتربة، و تتطلب وضع إجراءات تخفيف محددة تتضمن الفحص الدوري للخطوط، تركيب أنظمة كشف التسرب المبكر، وخطط تدخل سريع لاحتواء للمواد المتسربة ومنع انتشارها في التربة، مع متابعة مستمرة لجودة التربة في المناطق المحيطة.

في المقابل، تصنف بقية المصادر ضمن الخطورة المنخفضة، مثل التسربات من الخزانات الكبيرة **(2.0)** بفضل وجود تحكم فعال **(C=3)**، والتسربات من الحاويات الصغيرة **(1.5)** بسبب محدودية الكميات، والآبار القديمة **(1.5)** بسبب ندرة حدوث المشاكل فيها **(F=1)**.

2.6 إجراءات المجمع لحماية التربة

يلخص الجدول (20) الإجراءات التقنية والتنظيمية المطبقة في المجمع لحماية التربة من تأثيرات النشاط الغازي.

الجدول (20) : الإجراءات المعتمدة من المجمع لحماية التربة

الإجراء	الهدف من الاجراء	الحالة
أحواض تجميع ثانوية تحت خزانات الوقود والمواد الكيميائية الكبيرة	احتجاز أي تسرب قبل وصوله إلى التربة	**مطبق**
منطقة JK Yard المغلقة لتخزين النفايات الخطرة	منع تسرب المواد الخطرة إلى التربة	**مطبق**
منطقة التجميع المركزي للنفايات (CWAA)	تجميع، فرز، ومعالجة أولية للنفايات (بما فيها النفايات السائلة) قبل نقلها	**مطبق**
أرضيات صلبة (خرسانية) لمناطق تخزين المواد الكيميائية	منع تسرب المواد الكيميائية إلى التربة	**مطبق**
حفر وإزالة التربة الملوثة	إزالة التربة الملوثة بعد التسربات	**مطبق**
إغلاق وتأمين الآبار القديمة	منع أي تسرب مستقبلي من الآبار المهجورة	**مطبق**
خطة التدخل في حالة التسربات	احتواء التسربات ومنع انتشارها في التربة	**مطبق**

المصدر: سجل الجوانب والآثار البيئية (2025) + تقرير دراسة الأثر البيئي (2022)

الصورة (6) : منطقة JK Yard لتخزين النفايات الخطرة

المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 02-05-2026

الصورة (7) : منطقة تجميع النفايات (CWAA)

المصدر : التحقيق الميداني في مجمع تيقنتورين بتاريخ 02-05-2026

أظهر تقييم الجوانب البيئية الثلاث (هواء، ماء، تربة) في مجمع تيقنتورين أن أعلى درجات الخطورة **(4.5)** سجلت في كل من الهواء (تحرير CO_2)، والماء والتربة (تخزين النفايات الخطرة في الحالات الطارئة)، بسبب استمرارية هذه الأنشطة وضعف مستوى التحكم الجزئي.

ويعد الماء أكثر الأوساط حساسية نظرا لاعتماد المنطقة على المياه الجوفية غير المتجددة، يليه التربة التي تتأثر بتسربات خطوط الأنابيب والمواد الكيميائية، ثم الهواء الذي أثبتت المشاريع البيئية فعاليتها في خفض انبعاثاته.

تتطلب المصادر ذات الخطورة المتوسطة **(3.0)** متابعة دورية وإجراءات تخفيف محددة، مثل تحسين التحكم في تحرير (CO_2)، وتعزيز برامج كشف التسربات، وتركيب أنظمة كشف التسرب المبكر على خطوط الأنابيب، مع استمرار برامج المراقبة لضمان استدامة الأداء البيئي.

7. التأثيرات المناخية للنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين

يتسبب النشاط الصناعي بمجمع تيقنتورين في انبعاث كميات معتبرة من الغازات الدفيئة (GHG)، والتي تشكل الدافع الأساسي لظاهرة الاحتباس الحراري والتغير المناخي محليا وعالميا. وتتركز هذه الانبعاثات أساسا في غازي ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4)؛ حيث يتميز الأخير بقدرة احتباس حراري تفوق غاز (CO_2) بـ 28 مرة وفقا لبيانات نظام المتابعة (GHG Tracker). وتتوزع هذه الانبعاثات على هذه المصادر الرئيسية : توربينات توليد الطاقة، أفران تسخين الزيت، وحدة تحرير الغاز، بالإضافة إلى عمليات حرق الغاز في الشعلة.

1.7 المصادر الرئيسية لانبعاثات الغازات الدفيئة

اعتمادا على الحسابات الكمية الواردة في دراسة التأثير البيئي الخاصة بالمشروع، تم تقدير مساهمة كل غاز من الغازات الدفيئة في الاحتباس الحراري، كما هو مبين في الجدول (21).

الجدول (21) : أهم الغازات المنبعثة من المجمع ومساهمتها في الاحتباس الحراري

الغاز المنبعث	مصدره الرئيسي	نسبة المساهمة في الاحتباس الحراري
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	احتراق الوقود في التوربينات والأفران، تنفيس وحدات المعالجة	**89.41%**
أكاسيد النيتروجين (NOx)	عمليات الاحتراق ذات درجة الحرارة العالية	**9.76%**
الهيدروكربونات (HC)	الاحتراق غير الكامل للوقود	**0.42%**
أول أكسيد الكربون (CO)	الاحتراق غير الكامل للوقود	**0.32%**
المركبات العضوية المتطايرة (VOC)	التسربات، التبخر من أحواض التخزين	**0.08%**
الميثان (CH_4)	التسريبات الهاربة، تنفيس وحدات المعالجة، الاحتراق غير الكامل في الشعلة	**0.02%**

المصدر : دراسة التأثير البيئي لمجمع تيقنتورين (2022)، الجدول 137، الصفحة 385

يبين الجدول (21) أن ثاني أكسيد الكربون **(CO_2)** هو الغاز الأكثر مساهمة في الاحتباس الحراري بنسبة **89.41%**، يليه أكاسيد النيتروجين **(NOx)** بنسبة **9.76%**، بينما لا تتجاوز مساهمة باقي الغازات **1%.**

ورغم أن غاز الميثان **(CH_4)** يمتلك معامل احتباس حراري مضاعف جدا، إلا أن مساهمته الإجمالية لا تتجاوز **0.02%**، وذلك يعود إلى صغر الكميات المنبعثة منه في المجمع. وهذا يتوافق مع تقييم سجل الجوانب البيئي الذي صنف الانبعاثات الهاربة (المصدر الرئيسي للميثان) بدرجة خطورة منخفضة (1.5).

2.7 إجراءات خفض الغازات الدفيئة

اعتمادا على قاعدة بيانات خفض الغازات الدفيئة المعتمدة في المجمع منذ سنة 2020، تم تنفيذ عدة مشاريع بيئية ساهمت بشكل فعال في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. يوضح الجدول (19) أهم هذه الإجراءات مع التوفير السنوي المحقق لكل منها :

الجدول (22) : الإجراءات والمشاريع المعتمدة في مجمع تيقنتورين لخفض انبعاثات الغازات الدفيئة للتقليل من مستويات البصمة الكربونية

الإجراء	الهدف من الاجراء	الحالة	التوفير السنوي (طن CO_2)
إعادة حقن (CO_2) في المكمن	تقليل انبعاثات (CO_2) عبر إعادة حقنه في المكمن	**قيد الانتظار**	**290905 طن مكافئ CO_2/سنة**
التنظيف الكيميائي للسخانات ووحدات استرجاع الحرارة	تحسين كفاءة المعدات وتقليل استهلاك الوقود	**قيد التنفيذ**	**33850 طن مكافئ CO_2/سنة**
تشغيل ضواغط إعادة تدوير الغاز بنظام الدورة المركبة	تحسين كفاءة الضواغط وتقليل استهلاك الطاقة	**منجز**	**30640 طن مكافئ CO_2/سنة**
تخفيض ضغط تصدير الغاز	تقليل استهلاك وقود التشغيل بتخفيض ضغط التصدير إلى الحد المطلوب	**منجز**	**28251 طن مكافئ CO_2/سنة**
استعمال الآزوت في التطهير	تقليل استهلاك غاز الوقود وخفض الانبعاثات	**قيد الانتظار**	**27375 طن مكافئ CO_2/سنة**
تشغيل سخان واحد	تقليل استهلاك الوقود أثناء التشغيل	**منجز**	**17767 طن مكافئ CO_2/سنة**
تحسين كفاءة أبراج تجفيف الغاز	رفع كفاءة التجفيف لتقليل حاجة الأبراج للتسخين المتكرر	**منجز**	**7673 طن مكافئ CO_2/سنة**
تحويل مسار الغاز الفائض	استرجاع الغاز الفائض بدلاً من ي في الشعلة	**قيد التنفيذ**	**6055 طن مكافئ CO_2/سنة**
تثبيت تشغيل مضخة زيت ساخن واحدة	تحسين تشغيل المضخات وتقليل استهلاك الطاقة بتشغيل مضخة واحدة بدلا من اثنتين	**منجز**	**2730 طن مكافئ CO_2/سنة**
تقليل الحرق أثناء أعمال الصيانة	الحد من فقدان الغاز وتقليل عمليات الحرق غير الضرورية	**فكرة جديدة**	**165 طن مكافئ CO_2/سنة**

المصدر : ملف خفض الغازات الدفيئة (GHG Energy Saving Actions Tracker) التابع للمجمع (2025)

من المهم التنبيه إلى أن إجراءات خفض انبعاثات الغازات الدفيئة الواردة في الجدول (22) لا ترتبط فقط بالجانب المناخي، بل تمتد آثارها أيضا إلى تحسين جودة الهواء، باعتبار أن نفس المصادر المسؤولة عن انبعاث الغازات الدفيئة، مثل عمليات الاحتراق واستهلاك الوقود والحرق، تساهم كذلك في التأثير على تركيب الهواء. لذلك فإن هذه الإجراءات تمثل حلول مشتركة تهدف في الوقت نفسه إلى الحد من تأثير النشاط الغازي على الهواء والتخفيف من آثار التغيرات المناخية. لذلك، مما يبرز العلاقة الوثيقة بين المجالين.

استنادا إلى ملف خفض انبعاثات الغازات الدفيئة (2025) المعتمد في مجمع تيقنتورين، وبالاعتماد على الجدول (22) أعلاه، تم حصر أهم الإجراءات والمشاريع البيئية التي تم تنفيذها او التي هي قيد التنفيذ او الانتظار الهادفة إلى تقليل انبعاثات الغازات الدفيئةو التقليل من الانبعاثات الكربونية وتحسين الأداء الطاقوي للمجمع. وتتنوع هذه الإجراءات بين تحسين كفاءة المعدات، تقليل استهلاك الوقود، والحد من عمليات الحرق، حيث تختلف مساهمة كل إجراء حسب طبيعته ومستوى تقدمه.

1. **إعادة حقن ثاني أكسيد الكربون في المكمن (CO_2 re-injection into the reservoir)**

يهدف هذا الإجراء إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال إعادة حقنه في المكمن بدل إطلاقه إلى الغلاف الجوي، ويعد من أكبر المشاريع من حيث مساهمته في خفض الانبعاثات، بتوفير سنوي يقدر بـ **290905 طن مكافئ CO_2/سنة**، إلا أنه لا يزال في حالة انتظار التنفيذ.

2. **التنظيف الكيميائي للسخانات ووحدات استرجاع الحرارة (Chemical cleaning of Fire Heaters and WHRUs coils)**

يهدف إلى تحسين كفاءة المعدات من خلال إزالة الترسبات المتراكمة، مما يسمح بتقليل استهلاك الوقود وخفض الانبعاثات، حيث يقدر التوفير السنوي بحوالي **33850 طن مكافئ CO_2/سنة**، وهو إجراء قيد التنفيذ.

3. **تشغيل ضواغط إعادة تدوير الغاز بنظام الدورة المركبة (RGCs in Combined Cycle Mode)**

يهدف هذا الإجراء إلى تحسين كفاءة استغلال الطاقة وتقليل استهلاك الوقود، مما يساهم في خفض الانبعاثات بمقدار **30640 طن مكافئ CO_2/سنة**، بحيث أن في التشغيل العادي، التوربين الغازي يحرق الغاز لإنتاج الكهرباء وتخرج منه غازات ساخنة (حرارة كبيرة)، أما في نظام الدورة المركبة يتم استرجاع هذه الحرارة واستعمالها لإنتاج طاقة إضافية، وبالتالي :

إنتاج طاقة أكثر بنفس كمية الوقود

تقليل استهلاك الغاز

انخفاض انبعاثات الغازات الدفيئة

4. **خفض ضغط التحكم في تصدير الغاز (Gas export control pressure reduction)**

يتمثل في تحسين ظروف تشغيل نظام تصدير الغاز بهدف تقليل استهلاك الطاقة والوقود، مما يحقق خفضا يقدر بـ **28251 طن مكافئ CO_2/سنة.**

5. **استعمال غاز الآزوت في عمليات التطهير (Nitrogen purge gas)**

هو إجراء وقائي يعتمد على ضخ غاز الآزوت الخامل داخل خطوط الأنابيب والمعدات لطرد الغاز الطبيعي القابل للاشتعال والأكسجين، مما يخلق بيئة آمنة غير قابلة للانفجار للعمال قبل بدء عمليات الصيانة أو الإصلاح، بتوفير سنوي قدره **27375 طن مكافئ CO_2/سنة**.

6. **تشغيل سخان واحد (Single Fire Heater)**

إجراء تشغيلي يهدف إلى ترشيد استهلاك غاز الوقود عن طريق إيقاف أحد السخانات والاعتماد على سخان واحد فقط عند انخفاض الطاقة الإنتاجية، مما يحقق توفيرا في استهلاك الوقود ويخفض الانبعاثات بمقدار 17767 طن مكافئ CO_2/سنة.

7. تحسين تسلسل عملية تجفيف الغاز بوحدات التجفيف (Deep review of Mol Sieve Dehydration sequence)

يهدف هذا الإجراء إلى تحسين تسلسل تشغيل وحدات تجفيف الغاز من خلال تقليل عدد ومدة عمليات إعادة التسخين اللازمة لتجديد وحدات التجفيف. ويسمح ذلك بخفض استهلاك غاز الوقود وتحسين كفاءة العملية، مما يساهم في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة بحوالي **7673 طن مكافئ CO_2/سنة**.

8. تشغيل مضخة واحدة للزيت الساخن (Hot oil pumps – single pump operation)

إجراء تشغيلي يتم تطبيقه عندما تسمح قدرة الإنتاج بذلك، حيث يتم إيقاف مضخة زيت ساخن والاعتماد على مضخة واحدة فقط، مما يحقق توفيرا في استهلاك الكهرباء والوقود المستخدم لتوليدها، ويؤدي بالتالي إلى خفض انبعاثات الغازات الدفيئة ويوفر حوالي **2730 طن مكافئ CO_2/سنة.**

9. تقليل عمليات الحرق أثناء أعمال الصيانة (Reduce flaring during CPF maintenance work)

هذا الإجراء هو فكرة جديدة تهدف إلى تقليل حرق الغاز أثناء أعمال صيانة محطة المعالجة المركزية (CPF)، من خلال تحسين تسيير الغاز المتسرب أو الفائض أثناء فترة الصيانة، مما يساهم في الحد من الانبعاثات الناتجة عن عمليات الحرق، بتوفير يقدر بـ **165 طن مكافئ CO_2/سنة**.

اعتمد ملف خفض انبعاثات الغازات الدفيئة (2025) في مجمع تيقنتورين على مؤشر GHG Annual Saving الذي يعبر عن كمية خفض انبعاثات الغازات الدفيئة سنويا. وتم تحويل هذه القيم إلى وحدة طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون (tCO_2e/year)، وهي وحدة معيارية تسمح بتجميع ومقارنة تأثير مختلف الغازات الدفيئة من خلال تحويلها إلى تأثير مكافئ لثاني أكسيد الكربون، بحيث لا تقتصر على غاز(CO_2) فقط.

كما يوضح الجدول اختلاف حالة المشاريع بين الإجراءات المنجزة، والتي هي قيد التنفيذ، وقيد الانتظار. حيث تشير حالة قيد التنفيذ إلى أن المشروع بدأ تطبيقه فعليا لكنه لم يكتمل بعد، بينما تعني حالة قيد الانتظار أن المشروع تمت دراسته أو اعتماده مبدئيا لكنه لم يدخل مرحلة التطبيق. أما قيم خفض انبعاثات الغازات الدفيئة المرتبطة بهذه المشاريع فهي تمثل تقديرات نظرية أو حسابات متوقعة تم إعدادها من طرف مهندسي البيئة في المجمع اعتمادا على الأداء المتوقع بعد تنفيذ الإجراء، وليس قياسات فعلية بعد التطبيق الكامل.

تعد البصمة الكربونية من المؤشرات الأساسية المستخدمة لتقييم الأثر المناخي للأنشطة الصناعية، حيث تعبر عن مجموع انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن مختلف العمليات التشغيلية، ويتم التعبير عنها عادة بوحدة طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون (tCO_2e) وتسمح هذه المقاربة بتحديد حجم مساهمة المنشأة في تغير المناخ وتقييم فعالية الإجراءات المتخذة للحد من الانبعاثات.

وفي إطار هذه الدراسة، لم يتم إجراء حساب مباشر للبصمة الكربونية لمجمع تيقنتورين، نظرا لعدم توفر جميع المعطيات الضرورية اللازمة لذلك، خاصة البيانات التفصيلية المتعلقة بكميات الوقود المستهلك، حجم الانبعاثات الفعلية

الناتجة عن مختلف مصادر التشغيل، وكميات الغازات المنبعثة من عمليات الحرق والتسربات. لذلك تم الاعتماد على بيانات خفض الغازات الدفيئة المتوفرة في قاعدة بيانات المجمع (GHG Annual Saving) كمؤشر لتقييم جهود التقليل من البصمة الكربونية.

وتوضح هذه البيانات أن الإجراءات المعتمدة داخل المجمع، مثل تحسين كفاءة المعدات، تقليل استهلاك الوقود، والحد من عمليات الحرق، تساهم في خفض الانبعاثات المحتملة وتحسين الأداء البيئي، غير أن التقييم الدقيق للبصمة الكربونية يتطلب توفر قاعدة بيانات شاملة ومفصلة حول مختلف مصادر الانبعاثات وفق منهجيات حساب معتمدة.

وعليه، فإن تقليل البصمة الكربونية للمجمع يرتبط أساسا بفعالية الإجراءات التشغيلية والتقنية المعتمدة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة.

خاتمة الفصل

تبرز نتائج هذا الفصل تباينا واضحا في مستويات التأثيرات البيئية والمناخية للنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين، حيث يسجل الهواء أعلى درجات الخطورة بفعل تحرير غاز (CO_2) من وحدات المعالجة، يليه الماء والتربة في الحالات الطارئة لتخزين النفايات الخطرة. كما يظهر التقييم المناخي أن انبعاثات (CO_2) تهيمن على مساهمات الغازات الدفيئة بنسبة تفوق 89%، في حين تظل انبعاثات الميثان محدودة بفضل برامج الكشف والإصلاح المطبقة.

من جهة أخرى، تكشف الخرائط المعتمدة أن المناطق الشمالية (دبداب، عين أميناس، برج عمر إدريس) هي الأكثر تعرضا لانتشار الملوثات، متأثرة باتجاه الرياح السائدة، بينما تتراجع شدة التأثير باتجاه الجنوب. كما أظهر تحليل الإجراءات المطبقة لحماية الماء والتربة أنها تغطي الجانب الأكبر من المخاطر، لكنها تظل غير كافية للسيطرة على المصادر ذات الخطورة العالية، خاصة المرتبطة بتخزين النفايات الخطرة في الظروف الطارئة.

وبالمقابل، أظهرت مشاريع وإجراءات خفض الغازات الدفيئة المعتمدة في المجمع إمكانات مهمة لتقليل الانبعاثات، حيث يقدر مجموع التوفير السنوي المتوقع بحوالي 459 ألف طن مكافئ CO_2 وفق البيانات الواردة في قاعدة GHG Annual Saving، مع اختلاف حالة هذه الإجراءات بين المنجزة، وقيد التنفيذ، وقيد الانتظار. ويعكس ذلك توجه المجمع نحو تحسين كفاءة العمليات وتقليل أثره المناخي. ومع ذلك، تبقى بعض التحديات قائمة، خاصة فيما يتعلق بتعزيز المراقبة البيئية وتطوير حلول أكثر استدامة لإدارة الموارد الطبيعية في الوسط الصحراوي، بما يضمن التوازن بين استمرارية النشاط الصناعي وحماية المحيط الصحراوي و السكان المجاورين للمجمع.

الخاتمة العامة

يبرز هذا البحث أهمية دراسة العلاقة بين النشاطات الطاقوية والوسط البيئي، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بهشاشة أنظمتها البيئية وقابليتها للتأثر بمختلف الأنشطة الصناعية. وقد سمحت الدراسة النظرية والتطبيقية بتسليط الضوء على التأثيرات البيئية والمناخية المرتبطة بالنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين بعين أميناس في ولاية إيليزي، من خلال تحليل طبيعة النشاط، مصادر التأثير، وطرق التسيير البيئي المعتمدة.

وبينت نتائج الدراسة أن مختلف مراحل إنتاج وسلسلة معالجة الغاز الطبيعي ترتبط بمجموعة من الجوانب البيئية، خاصة الانبعاثات الناتجة عن عمليات التشغيل مثل الحرق والتنفيس والاحتراق، إضافة إلى التأثيرات المرتبطة باستهلاك المياه الجوفية، الطاقة، والمواد الكيميائية المستخدمة في عمليات المعالجة والإنتاج، وما ينتج عن ذلك من مخلفات سائلة وصلبة.

كما أظهر تحليل انتشار الملوثات وجود تباين مجالي في مستويات التأثير، حيث تلعب العوامل الطبيعية، خاصة اتجاهات الرياح والظروف المناخية، دورا مهما في تحديد مسارات انتقال الملوثات وانتشارها داخل المجال المحيط، حيث تتركز أعلى مستويات التعرض للخطر في المناطق الشمالية (دبداب، عين أميناس) نتيجة اتجاه الرياح السائدة الجنوبية في اتجاه الشمال في ظل غياب التضاريس العالية.

كما سمح تقييم الجوانب البيئية بتحديد مستويات الخطورة المرتبطة بمختلف الأنشطة، حيث سجل الهواء أعلى درجة خطورة **(4.5)** لتحرير (CO_2) من وحدة المعالجة، يليه الماء والتربة في الحالات الطارئة **(4.5)** لتخزين النفايات الخطرة، في حين تراوحت درجات الخطورة للمصادر الأخرى بين **(1.0)** و **(3.0)**. كما أظهرت النتائج أن انبعاثات (CO_2) تهيمن على مساهمات الغازات الدفيئة بنسبة **89.41%**، بينما تظل انبعاثات الميثان محدودة بنسبة (0.02%) بفضل برامج الكشف والإصلاح المطبقة.

وبينت هذه الدراسة أن الإجراءات التقنية والتنظيمية المعتمدة داخل المجمع تساهم في التحكم في بعض التأثيرات، حيث حققت مشاريع خفض الغازات الدفيئة توفير سنوي يقدر ب 459 ألف طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، غير أن مستوى فعالية هذه الإجراءات يظل متفاوت بين العناصر البيئية، حيث سجل الهواء مستوى تحكم مرتفع **(C=3)** مقابل مستوى متوسط في الماء والتربة **(C=2)**، مما يستدعي تعزيز المراقبة البيئية وتطوير حلول أكثر استدامة للوصول إلى تسيير بيئي أكثر فعالية من أجل تقليل البصمة الكربونية.

بناءً على ما سبق ، يمكن الإجابة عن الإشكالية الرئيسية بأن النشاط الغازي بمجمع تيقنتورين يحدث تأثيرات بيئية ومناخية متفاوتة الخطورة، تتراوح بين المنخفضة والمتوسطة والعالية، حيث تختلف شدة هذه التأثيرات حسب طبيعة العمليات التشغيلية، خصائص المجال الصحراوي، ومدى فعالية أنظمة المراقبة والتقليل من الانبعاثات.

خاتمة عامة

في إطار تخصص الجغرافيا، وبالاعتماد على أهمية المعالجة المجالية للظواهر البيئية، تم اقتراح خلال فترة التربص مجموعة من التوجهات التي يمكن أن تساهم في تطوير التسيير البيئي بالمجمع :

- اعتماد نظام مراقبة مستمرة للانبعاثات (CEMS) وهو نظام تقني للمراقبة الآنية والمستمرة للانبعاثات الغازية الصادرة عن المداخن ومصادر الاحتراق، حيث يقوم بسحب عينات من الغازات وتحليلها بشكل فوري لتحديد تركيزات الملوثات مثل (CO_2، SO_2، Nox) والجسيمات الدقيقة، مع إصدار إنذار فوري في حال تجاوز الحدود المسموح بها.
- توظيف نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة الرقمية من خلال ربط المعطيات التشغيلية بالمعطيات المناخية المحلية، خاصة اتجاهات الرياح ودرجات الحرارة، بهدف نمذجة انتشار الملوثات وتحديد المجالات الأكثر عرضة للتأثر.
- دعم مبادئ الاقتصاد الدائري عبر تثمين بعض المخلفات الصناعية مثل الزيوت المستعملة وفق ضوابط بيئية، بما يساهم في تقليل النفايات وتحسين الأداء البيئي للمجمع.

تسمح هذه المقترحات بتعزيز مكانة المجمع الغازي تيقنتورين كنموذج للنشاط الغازي المتوافق مع المعايير البيئية، الذي يجمع بين الاستغلال الطاقوي والحفاظ على التوازن البيئي في الوسط الصحراوي.

وفي ظل هذا التوجه البيئي لتقليل الانبعاثات وخفض البصمة الكربونية، يظل الغاز الطبيعي خيار استراتيجي نظرا لكونه مادة طاقوية صديقة للبيئة مقارنة بالمنتجات البترولية، وهو ما عزز الطلب الأوروبي عليه، خاصة في ظل الأزمة الجيوسياسية الأخيرة التي أثرت على إمدادات الغاز القطري بعد غلق مضيق هرمز وتصاعد التوترات في منطقة الخليج العربي. وفي هذا السياق، سعت الجزائر إلى تعزيز موقعها كشريك موثوق، من خلال توقيع عدة عقود مع إيطاليا لرفع حصص الإنتاج وتأمين احتياجات السوق الأوروبية.

المراجع و المصادر

قائمة المراجع و المصادر

المراجع باللغة العربية

1. المقالات

- الجزيرة (2024) الوقود الأحفوري.. طاقة محدودة غير متجددة على وشك الاندثار

https://www.aljazeera.net/encyclopedia/2016/12/15

- دويتشه فيله (DW) (2024) غاز الميثان القاتل للمناخ كيف يمكن تقليل الانبعاثات

2. التقارير و المنظمات

- الأمم المتحدة (2023) أسباب تغير المناخ وآثاره

https://www.un.org/ar/climatechange/science/causes-effects-climate-change

- البنك الدولي (2021) Pollution Prevention and Abatement Handbook
- الوكالة الوطنية لتطوير وترشيد استخدام الطاقة (2020) التقرير الوطني حول ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي الجزائر
- منظمة الصحة العالمية (2025) Sand and dust storms

https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sand-and-dust-storms

- وكالة حماية البيئة الأمريكية (2023) تكوين الأوزون السطحي والتفاعلات الكيميائية الضوئية

https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics

3. النصوص القانونية و التشريعية

- الجمهورية الجزائرية. (2003). القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 جويلية 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية
- الجمهورية الجزائرية. (2019). القانون رقم 19-12 المتعلق بالتنظيم الإقليمي للبلاد. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية
- المرسوم التنفيذي رقم 07-145. (2007). يحدد مجال التطبيق ومحتوى وكيفيات المصادقة على دراسة التأثير على البيئة. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية

المراجع باللغات الأجنبية

1. الكتب و المقالات

- Andreani-Gerard, C (2025) Modeling the emergent metabolic
- potential of soil microbiomes in Atacama landscapes Environmental Microbiome
- Bouchouicha, K (2023) Estimation of daily global solar radiation and its trend over Algeria International Journal of Ambient Energy
- Kopnina, H. (2019) Human/Environment Dichotomy In H.Callan,The International Encyclopedia of Anthropology
- Panagea I (2015) Evaluation of soil salinity amelioration technologies in Timpaki Crete Solid Earth
- USGS (2024) Illegal dumping of oil and gas wastewater alters arid soil microbial communities Applied and Environmental Microbiology

2. التقارير التقنية

- API (s.d.) Specification 5CT - Casing and Tubing and Specification 10A - Cements and Materials for Well Cementing
- FAO (2023) Pathways towards lower emissions: A global assessment of greenhouse gas emissions https://www.fao.org/about/meetings/global-symposium-on-soil-pollution/background/ar/
- IEA (2023) World Energy Outlook 2023 Paris: International Energy Agency
- https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023
- IPCC (2021) Climate Change 2021 : The Physical Science Basis
- https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/
- IUCN (2025) Tassili n'Ajjer - Conservation Outlook Assessment
- https://worldheritageoutlook.iucn.org/explore-sites/tassili-najjer
- PHMSA (2023) Pipeline Safety. U.S. Department of Transportation
- SONATRACH, ENI, & EQUINOR (2022) Étude d'Impact sur l'Environnement: Compression Phase 3 (Réduction de pression du Slug Catcher) - CPF Tiguentourine In Amenas
- Sonatrach-Eni-Equinor (In Amenas JV) (2026) IA Environmental Aspects and

Impacts Register [Document interne]

- مشروع المياه الجوفية (The Groundwater Project). (s.d.). أهمية المياه الجوفية
- https://gw-project.org/ar/hmy-at-lmyh-ljwfy-at/
- UNEP (2021) Environmental Impact Assessment Training Manual
- UNEP (2022) Emissions Gap Report 2022: The Closing Window
- https://www.unep.org/interactive/emissions-gap-report/2022/
- UNEP(2023) Emissions Gap Report 2023: Broken Record
- https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023
- UNESCO (2021) Tassili n'Ajjer: World Heritage Site
- US EPA (2023) Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2021
- World Bank (2024) Water Management in Oil and Gas Operations: Industry Practice and Policy Guidelines https://iris.who.int/

3. المصادر الإلكترونية

- Clark A. & Stapczynski S (2024) Is Natural Gas a Fossil Fuel Trap or a Bridge to Clean Energy? Bloomberg Green
- Earthworks (s.d.) Air Pollutants https://earthworks.org/issues/air-pollutants/
- People's Daily Online (2026) News Analysis: Algeria emerges as Europe's stable gas partner amid Hormuz risks http://www.china.org.cn/world/Off_the_Wire/2026-04/14/content_118435290.shtml

قائمة المختصرات

HSE Health, Safety and Environment (الصحة، السلامة والبيئة)

IA Impact Assessment / Aspects (الجوانب والآثار البيئية)

EIE Étude d'Impact Environnemental (دراسة الأثر البيئي)

GHG Greenhouse Gases (الغازات الدفيئة)

CO_2 ثاني أكسيد الكربون

CH_4 الميثان

CO أول أكسيد الكربون

NOx أكاسيد النيتروجين

VOC المركبات العضوية المتطايرة

CEMS Continuous Emission Monitoring System (نظام المراقبة المستمرة للانبعاثات)

GTG Gas Turbine Generator (توربين توليد الغاز/وحدة توليد الطاقة)

STP Sewage Treatment Plant (محطة معالجة مياه الصرف الصحي)

API American Petroleum Institute (معهد البترول الأمريكي)

GIS Geographic Information System (نظم المعلومات الجغرافية)

PCVs Pressure Control Valves (صمامات التحكم في الضغط)

JK Yard منطقة تخزين النفايات الخطرة

GHG Tracker نظام متابعة وتسجيل انبعاثات الغازات الدفيئة

قائمة الجداول

الجدول (1) : متوسط درجات الحرارة الشهرية ببلدية عين أميناس الفترة (2010-2019) **50**

الجدول (2) : متوسط كميات التساقط الشهرية ببلدية عين أميناس للفترة (2010-2019) **53**

الجدول (3) : متوسط التساقط و درجة الحرارة الشهرية في بلدية عين أميناس (2010-2019) **55**

الجدول (4) : معامل أومبارجي لمنطقة عين أميناس (2010-2019)..... **56**

الجدول (5) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الجنس..... **73**

الجدول (6) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الفئات العمرية **74**

الجدول (7) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الرتب المهنية **75**

الجدول (8) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب ولاية الإقامة **76**

الجدول (9) : مصفوفة شدة الأثر حسب المعايير الأربعة (البيئة، الأشخاص، القانون، السمعة) **83**

الجدول (10) : معايير تقييم التكرار (F) حسب طبيعة ظروف التشغيل..... **84**

الجدول (11) : معايير تقييم مستوى التحكم..... **84**

الجدول (12) : سلم تصنيف درجات الخطورة..... **86**

الجدول (13) : التأثيرات البيئية المرتبطة بالهواء بمجمع تيقنتورين **89**

الجدول (14) : حساب درجة الخطورة لأهم مصادر انبعاثات الهواء **91**

الجدول (15) : التأثيرات البيئية المرتبطة بالماء بمجمع تيقنتورين **94**

الجدول (16) : حساب درجة الخطورة لأهم الجوانب البيئية المرتبطة بالوسط المائي..... **94**

الجدول (17) : الإجراءات المعتمدة من المجمع لحماية الوسط المائي **95**

الجدول (18) : التأثيرات البيئية المرتبطة بالتربة والنفايات **97**

الجدول (19) : حساب درجة الخطورة لأهم مصادر تلوث التربة..... **95**

الجدول (20) : الإجراءات المعتمدة من المجمع لحماية التربة **98**

الجدول (21) : أهم الغازات المنبعثة من المجمع ومساهمتها في الاحتباس الحراري **99**

الجدول (22) : أهم مشاريع خفض الغازات الدفيئة في مجمع تيقنتورين للتقليل من مستويات البصمة الكربونية ... **102**

قائمة الأشكال

الشكل (1) : مراحل إنتاج الغاز الطبيعي..... **30**

الشكل (2) : مراحل إعداد دراسة الأثر البيئي..... **35**

الشكل (3) : متوسط درجات الحرارة الشهرية في بلدية عين أميناس الفترة (2010-2019) **51**

الشكل (4) : التطور الشهري لكميات التساقط في بلدية عين أميناس (2010-2019) **53**

الشكل (5) : (Diagramme Ombrothermique) لبلدية عين أميناس (2010-2019) **55**

الشكل (6) : إسقاط بلدية عين أميناس على مخطط أومبارجي البيومناخي **57**

الشكل (7) : المخطط التنظيمي لمجمع تيقنتورين..... **67**

الشكل (8) : المخطط الوظيفي لقاعدة المعالجة المركزية (CPF) للمجمع الغازي تيقنتورين..... **68**

الشكل (9) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الفئات العمرية..... **74**

الشكل (10) : توزيع عمال مجمع تيقنتورين حسب الرتب المهنية..... **75**

قائمة الخرائط

الخريطة (1) : خريطة الطاقة في الجزائر - مواقع حقول الغاز وخطوط الأنابيب الرئيسية.....**44**
الخريطة (2) : الوضعية الإدارية لولاية إيليزي.....**49**
الخريطة (3) : استخدامات الأرض لولاية إيليزي **51**
الخريطة (4) : الحدود الإدارية لبلدية عين أميناس (منطقة الدراسة).....**54**
الخريطة (5) : التوزيع المجالي لمعدلات درجات الحرارة السنوية بولاية إيليزي **57**
الخريطة (6) : التوزيع المجالي لمعدلات التساقط السنوي بولاية إيليزي.....**59**
الخريطة (7) : التوزيع المجالي لمعدلات الرطوبة النسبية السنوية بولاية إيليزي.....**63**
الخريطة (8) : التوزيع المجالي لسرعة الرياح السنوية بولاية إيليزي **64**
الخريطة (9) : التوزيع المجالي لإتجاهات الرياح السنوية السائدة بولاية إيليزي.....**65**
الخريطة (10) : الموقع الجغرافي للمجمع الغازي تيقنتورين ببلدية عين أميناس.....**70**
الخريطة (11) : توزيع المناطق المعرضة للخطر البيئي حول مجمع تيقنتورين **93**
الخريطة (12) : توزيع شدة انتشار الملوثات في محيط مجمع تيقنتورين.....**99**

قائمة الصور

الصورة (1) : وحدة المعالجة المركزية (CPF) بمجمع تيقنتورين..... **71**

الصورة (2) : وحدة معالجة الغاز (Gas Processing Train) بمجمع تيقنتورين..... **77**

الصورة (3) : شعلة الحرق بمجمع تيقنتورين **97**

الصورة (4) : محارق النفايات (Incinérateur)..... **97**

الصورة (5) : حوض بطبقة عازلة لتبخير المياه المنتجة..... **102**

الصورة (6) : منطقة JK Yard لتخزين النفايات الخطرة **106**

الصورة (7) : منطقة تجميع النفايات (CWAA) **106**

الفهرس

المقدمة العامة.....6

الإشكالية 7

أهداف الدراسة.....8

أسباب اختيار الموضوع.....9

منهجية البحث.....9

تنظيم المذكرة.....10

الفصل الأول

الإطار النظري و المفاهيمي العام للدراسة

مقدمة الفصل 12

1. مفهوم البيئة 13

1.1 مكونات البيئة 13

المكونات الطبيعية.....13

المكونات البشرية 14

2.1 علاقة الإنسان بالبيئة.....14

2. التغيرات المناخية.....15

1.2 أسباب التغيرات المناخية 15

الأسباب البشرية.....15

الأسباب الطبيعية 16

2.2 مظاهر التغيرات المناخية 17

3. التلوث البيئي و التلوث الصناعي.....19

1.3 التلوث البيئي.....19

1.1.3 أنواع التلوث البيئي في الوسط الصحراوي 19

تلوث الهواء.....19

مصادره في المناطق الصناعية.....20

تلوث المياه 21

تلوث التربة.....21

2.3 التلوث الصناعي وخصائصه في الوسط الصحراوي.....22

1.2.3 مصادر التلوث الصناعي في المناطق الصحراوية.....22

2.2.3 خصوصية التلوث الصناعي في الوسط الصحراوي.....23
4.الأنشطة الطاقوية وأثرها على البيئة.....24
النوع الأول : مصادر الطاقة الأحفورية.....24
النوع الثاني : المصادر المتجددة.....25
5. الأنشطة الغازية.....26
1.5 الغاز الطبيعي تعريفه و خصائصه.....26
1.1.5 مراحل إنتاجه.....27
2.5 التأثيرات البيئية المرتبطة بالأنشطة الغازية.....29
تأثيرات على الغلاف الجوي.....29
التأثيرات على الموارد المائية.....31
التأثيرات على التربة.....32
التأثيرات الجيولوجية و الزلزالية.....33
التأثيرات على التنوع البيولوجي.....33
التأثيرات على الصحة و السلامة العامة.....33
6. دراسة التأثير البيئي.....34
1.6 السند القانوني لدراسة الأثر البيئي.....35
2.6مراحل إعداد دراسة الأثر البيئي.....35
3.6 أهداف دراسة الأثر البيئي.....40
4.6 أهمية دراسة الأثر البيئي في المشاريع الصناعية الكبرى.....40
7.الخصائص الطبيعية للوسط الصحراوي في الجزائر.....41
8.تمركز الأنشطة الغازية في الجزائر.....43
خاتمة الفصل.....46

الفصل الثاني

الدراسة الطبيعية و السوسيو-اقتصادية لمنطقة الدراسة

مقدمة الفصل.....48
1.الموقع الجغرافي و الحدود الإدارية لولاية إيليزي.....49
الحدود الإدارية.....49
1.1الخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية لولاية إيليزي.....51
2.التعريف بمنطقة الدراسة الموقع الجغرافي و الإداري.....53
3.دراسة الخصائص المناخية لبلدية عين أميناس.....54
درجة الحرارة.....55

التساقط..... 58
مؤشر الجفاف لبانيول وغوسن (Bagnouls & Gaussen) 60
معامل أومبارجي (Emberger) 61
الرطوبة 63
الرياح 64
4.الخصائص الجيومورفولوجية والهيدروغرافية..... 67
1.4طبيعة السطح والتضاريس..... 67
2.4الموارد المائية السطحية.. 67
3.4الموارد المائية الجوفية..... 67
5.تقديم المجمع الغازي تيقنتورين..... 69
1.5المخطط التنظيمي للمجمع..... 71
2.5مراحل معالجة الغاز في مجمع تيقنتورين..... 73
6.الدراسة السوسيو-اقتصادية لمجمع تيقنتورين..... 77
1.6 توزيع العمال حسب الجنس (النوع الاجتماعي) 78
2.6 توزيع العمال حسب الفئات العمرية.... 79
3.6 توزيع العمال حسب الرتب المهنية 80
4.6 توزيع العمال حسب ولاية الإقامة..... 81
الشركات الفرعية المتعاقدة (Les Sous-traitants)..... 82
7.الأهمية الاقتصادية لمجمع تيقنتورين..... 82

الفصل الثالث

تحديد و تقييم آثار المجمع الغازي تيقنتورين بعين أميناس على المناخ و البيئة

مقدمة الفصل 86
1. منهجية الدراسة..... 87
2. تحديد وتقييم الجوانب والآثار البيئية بمجمع تيقنتورين..... 88
3.منهجية حساب مستويات الخطورة..... 88
الجدول (9) : مصفوفة شدة الأثر حسب المعايير الأربعة (البيئة، الأشخاص، القانون، السمعة)..... 89
الجدول (10) : معايير تقييم التكرار (F) حسب طبيعة ظروف التشغيل 90
الجدول (11) : معايير تقييم مستوى التحكم..... 90
1.3 سلم تصنيف درجات الخطورة 91
4. التأثيرات البيئية للنشاط الغازي على الهواء 95
1.4 تقدير درجة الخطورة لأهم مصادر انبعاثات الهواء 98

الجدول (14) : حساب درجة الخطورة لأهم مصادر انبعاثات الهواء 98
2.4 التوزيع المكاني لانتشار الملوثات المرتبطة بالنشاط الغازي 99
5. التأثيرات البيئية للنشاط الغازي على الماء 100
1.5 تقدير درجة الخطورة لأهم الجوانب البيئية المرتبطة بالماء..... 101
2.5 إجراءات المجمع لحماية الموارد المائية..... 102
6. التأثيرات البيئية للنشاط الغازي على التربة وإدارة النفايات 103
1.6 تقدير درجة الخطورة لأهم مصادر تلوث التربة..... 104
2.6 إجراءات المجمع لحماية التربة 105
7. التأثيرات المناخية للنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين..... 107
1.7 المصادر الرئيسية لانبعاثات الغازات الدفيئة..... 107
2.7 إجراءات خفض الغازات الدفيئة..... 108
خاتمة الفصل 113

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة 114
قائمة المراجع و المصادر..... 117
قائمة المختصرات 120
قائمة الجداول 121
قائمة الأشكال..... 122
قائمة الخرائط..... 123
قائمة الصور..... 124
قائمة الملاحق..... 131

الملاحق

الملاحق

ملحق رقم (1) : دليل المقابلة

تم إجراء مقابلات شبه موجهة مع إطارات ومهندسي قسم الصحة والبيئة والسلامة (HSE) تحديدا في مصلحة البيئة (Service Environnement) وقسم الموارد البشرية (HR) بالمجمع الغازي تيقنتورين، بالاعتماد على أسئلة مفتوحة لجمع المعطيات اللازمة للدراسة.

1. مع قسم الصحة والبيئة والسلامة (HSE) :

- هل تم إجراء دراسة التأثير البيئي للمشروع ؟
- هل هي محققة ومطبقة في المشروع الحالي ؟
- ما هو محتوى هذه الدراسة ؟
- كيف يتم تحديد الجوانب والآثار البيئية ؟
- ما هي الإجراءات المتخذة للحد من التأثيرات البيئية ؟
- ما هي أبرز الإجراءات التقنية والتنظيمية المطبقة ؟
- هل يوجد برنامج للمتابعة البيئية بعد إنجاز المشروع ؟
- ما هي أبرز التأثيرات البيئية الملاحظة على الموقع ؟
- ما هي أكثر المصادر الملوثة ؟
- كيف يتم تسيير النفايات الصناعية الصلبة والسائلة ؟
- كيف يتم معالجة المياه المستعملة ؟
- ما هي مصادر الانبعاثات الغازية ؟

2. قسم الموارد البشرية (HR) : الجانب الاجتماعي

- ما هو عدد العمال في المجمع ؟
- كيف يتم توزيع العمال حسب الرتب المهنية ؟
- ما هي الأقسام والإدارات الموجودة في المجمع ؟
- من أي ولايات يأتي أغلب العمال ؟

ملحق رقم (2) : ملخص تقرير التربص

Dans le cadre de notre formation en Géographie et Aménagement du Territoire, spécialité Climatologie, Hydrologie et Territoire, un stage pratique a été réalisé au sein de l'Association JV GAS Tiguentourine à In Amenas, Wilaya d'Illizi, au niveau de la division HSE – Service Environnement. Ce stage avait pour objectif de découvrir le fonctionnement du site gazier et d'étudier les impacts des activités gazières sur l'environnement et le climat.

Au cours de cette expérience, nous avons pu découvrir les principales installations du site, notamment le CPF (Central Processing Facility), où le gaz brut est traité afin d'obtenir différents produits finis, ainsi que les différentes étapes du processus de traitement du gaz.

Le stage a également permis d'observer le rôle de la division HSE dans la prévention des risques, la protection de l'environnement et le suivi des aspects environnementaux du site. L'étude a porté sur les principaux impacts liés aux activités gazières, notamment les émissions atmosphériques de gaz à effet de serre, les risques liés aux déchets industriels et les nuisances générées par le fonctionnement des équipements.

Enfin, nous avons étudié les principales mesures mises en place pour réduire ces impacts, telles que la réduction du torchage, la gestion des déchets et la surveillance environnementale. Ce stage nous a permis de mieux comprendre la relation entre l'activité gazière et la protection de l'environnement dans un milieu saharien, ainsi que l'importance d'une gestion durable des ressources énergétiques.

الملخص

تعد الأنشطة الغازية من أهم الأنشطة الاقتصادية في الجزائر، إلا أنها قد تسبب تأثيرات بيئية ومناخية نتيجة الانبعاثات الناتجة عن عمليات الإنتاج والمعالجة. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثيرات البيئية والمناخية للنشاط الغازي بمجمع تيقنتورين بعين أميناس ولاية إيليزي، من خلال دراسة تأثيره على الهواء والماء والتربة و المناخ وتحديد مصادر المخاطر المحتملة. اعتمدت الدراسة على المعاينات الميدانية، تحليل الوثائق التقنية والبيانات المتوفرة حول نشاط المجمع. أظهرت النتائج أن الهواء يمثل أكثر الأوساط تأثرا بسبب انبعاثات الغازات الدفيئة،خاصة ثاني أكسيد الكربون، كما تم التطرق إلى أهم الإجراءات المعتمدة للتقليل من هذه الانبعاثات وتحسين التسيير البيئي بالمجمع.

الكلمات المفتاحية : مجمع تيقنتورين،النشاط الغازي، التأثيرات البيئية و المناخية، الغازات الدفيئة، جودة الهواء،التلوث،التسيير البيئي.

Résumé

Les activités gazières représentent l'un des secteurs économiques importants en Algérie, mais elles peuvent engendrer des impacts environnementaux et climatiques liés aux émissions générées par les opérations de production et de traitement. Cette étude vise à évaluer les impacts environnementaux et climatiques des activités gazières au site gazier de Tiguentourine à In Amenas, à travers l'analyse de leurs effets sur l'air, l'eau et le sol ainsi que l'identification des sources de risques potentiels. L'étude s'appuie sur les observations de terrain et l'analyse des documents techniques et des données disponibles sur l'activité du site. Les résultats montrent que l'air est le milieu le plus affecté en raison des émissions de gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone. L'étud présente également les principales mesures mises en place pour réduire ces émissions et améliorer la gestion environnementale du site.

Mots-clés : Site gazier de Tiguentourine, activités gazières, impact environnementaux et climatiques, gaz à effet de serre, qualité de l'air, pollution, gestion environnementale.

Abstract

Gas activities represent one of the important economic sectors in Algeria; however they may generate environmental and climatic impacts due to emissions resulting from production and processing operations. This study aims to assess the environmental an climatic impacts of gas activities at the Tiguentourine gas site in In Amenas, by analyzing their effects on air, water, and soil and identifying potential risk sources. The study is based on field observations, technical document analysis, and available data related to the site's activities. The results show that air is the most affected component due to greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide. The study also presents the main measures implemented to reduce emissions and improve environmental management at the site.

Keywords : Tiguentourine gas site, gas activities, environmental and climatic impacts, greenhouse gases,air quality, pollution, environmental management.