دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

تحول علم الترجمة في ظل الذكاء الاصطناعي :قراءة نقدية في ترجمة المصطلحات العلمية بين النظرية والتطبيق

The evolution of translation studies under artificial intelligence: a critical analysis of scientific translation theory and practice

حداد نور اليقين سمية[1] ، قلو ياسمين[2]

[1] معهد الترجمة، جامعة الجزائر2 (الجزائر)، nourelyakine.haddad@univ-alger2.dz

[2] معهد الترجمة، جامعة الجزائر2 (الجزائر)، Yasmine.kellou@univ-alger2.dz

تاريخ الاستلام: 2025/08/30 تاريخ القبول: 2025/10/28 تاريخ النشر 2025/11/20

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف قدرة نماذج الذكاء الاصطناعي على محاكاة دور المترجم في مجال الترجمة العلمية، مع التركيز على إسهامات هذه النماذج وحدودها، وذلك في سياق التحول التكنولوجي الذي يشهده علم الترجمة المعاصر. كما تسعى إلى سد الفجوة البحثية المتعلقة باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في ترجمة النصوص العلمية، وتسليط الضوء على المنعطف المنهجي الذي بدأت تخضع له الدراسات الترجمية، والذي يُعرف بـ "المنعطف التكنولوجي". اعتمدت الدراسة على منهج مزدوج يجمع بين العرض النظري والتحليل التطبيقي؛ حيث تم أولاً شرح خصائص الترجمة العلمية ومتطلباتها في ظل التطورات التقنية، ثم تقديم نماذج من الأدوات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، وتحليل مخرجاتها من خلال مقارنة أدائها بأداء المترجم البشري. كما تم عرض مقتطفات من دراسات حديثة في علم الترجمة تُبرز هذا التحول المنهجي نحو التكنولوجيا. وقد خلصت نتائج التحليل إلى أن الترجمات الآلية، رغم قدرتها على نقل المعنى الحرفي بدقة لغوية، لا تزال عاجزة عن تحقيق الدقة المصطلحية المطلوبة في النصوص العلمية مقارنة بالترجمات البشرية. كما أكدت الدراسة أن علم الترجمة يشهد تحولًا نموذجيا عمليا نحو التكنولوجيا، مما يفتح آفاقًا جديدة للبحث والممارسة في هذا المجال.

كلمات مفتاحية: التحول التكنولوجي، النصوص العلمية، الذكاء الاصطناعي.

Abstract:

This study aims to explore the capacity of artificial intelligence models to simulate the role of the translator in the domain of scientific translation, with a particular focus on both the contributions and limitations of these models. The investigation is situated within the broader

[1] المؤلف المرسل: **حداد نور اليقين سمية**

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

context of the technological transformation currently reshaping the field of translation studies. It also seeks to address a research gap concerning the application of AI-based tools in the translation of scientific texts, while highlighting the methodological shift that translation studies are undergoing commonly referred to as the "technological turn." The study adopts a dual approach, combining theoretical exposition with applied analysis. It begins by outlining the specific characteristics and requirements of scientific translation in light of recent technological developments. Subsequently, it presents selected AI-powered translation tools and evaluates their outputs by comparing them to those produced by human translators. In parallel, the study reviews excerpts from recent scholarly works in translation studies that underscore this paradigmatic shift toward technology.The findings reveal that, although machine-generated translations demonstrate linguistic precision in conveying literal meaning, they fall short in achieving terminological accuracy within scientific discourse when compared to human translations. The study further confirms that translation studies are undergoing a paradigmatic transformation driven by technological advancements, opening new horizons for both research and professional practice in the field.

Key words: technological turn of translation, scientific texts, artificial intelligence

1. مقدمة:

تُعد الترجمة العلمية من أكثر فروع الترجمة تعقيدًا وحساسية، نظرًا لما تتطلبه من دقة اصطلاحية وصرامة معرفية في نقل المفاهيم المتخصصة بين اللغات والثقافات. فهي لا تقتصر على تحويل المصطلحات من لغة إلى أخرى، بل تتجاوز ذلك إلى نقل المعرفة العلمية في سياقها المفاهيمي والمنهجي، مما يجعل المصطلح العلمي وحدة مركزية في عملية التواصل داخل الأوساط الأكاديمية والبحثية. وأي خلل في ترجمة هذا المصطلح قد يؤدي إلى تشويه المعنى أو إرباك الفهم العلمي.

في ظل التطورات المتسارعة التي يشهدها العالم الرقمي، برز الذكاء الاصطناعي كعامل مؤثر في مختلف المجالات، ومنها مجال الترجمة. فقد انتقلت الترجمة الآلية من نماذج تقليدية قائمة على القواعد إلى نماذج أكثر تطورًا تعتمد على الشبكات العصبية، ما أتاح إمكانيات جديدة في معالجة النصوص وترجمتها. وقد انعكس هذا التحول بشكل خاص على الترجمة العلمية، حيث بدأت أدوات الذكاء الاصطناعي تقدم حلولًا تقنية لترجمة المصطلحات العلمية، مما يطرح تساؤلات حول مدى دقة هذه الأدوات وفعاليتها مقارنة بالترجمة البشرية.

انطلاقًا من هذا السياق، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل إسهامات الذكاء الاصطناعي في ترجمة المصطلح العلمي، مع الوقوف عند حدود هذه الإسهامات وإشكالياتها، وذلك في إطار التحول التكنولوجي الذي يشهده علم الترجمة المعاصر. كما تسعى إلى إبراز المنعطف المنهجي الذي بدأت تخضع له الدراسات الترجمية، والذي يُعرف بـ "المنعطف التكنولوجي"، من خلال الجمع بين العرض النظري والتحليل التطبيقي، واستعراض نماذج من أدوات الذكاء الاصطناعي ومقارنتها بأداء المترجم البشري.

Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

وتكمن أهمية هذه الدراسة في مساهمتها في سد فجوة بحثية قائمة، وفي تقديم رؤية نقدية حول واقع الترجمة العلمية في ظل هذا التحول الرقمي، بما يعزز فهمنا لإمكانات الذكاء الاصطناعي وحدوده، ويؤكد على ضرورة التكامل بين الأدوات التقنية والمهارات البشرية لتحقيق ترجمة علمية دقيقة وفعالة.

2. المفاهيم الأساسية الخاصة بالذكاء الاصطناعي والترجمة العلمية:

1.2 الترجمة العلمية والأداة التكنولوجية:

يعنى بالترجمة العلمية ترجمة العلوم كالرياضيات والفيزياء والطب ... الخ. و تتميز بالدقة و الوضوح في المعنى مع صحة المصطلح و سلامة اللغة و يشترط في المترجم إتقان اللغة المترجم منها والمترجم إليها بالإضافة إلى الاختصاص في المادة العلمية فالطب لا يترجمه غير المتطلع على المجال الطبي (الخوري، 1989) ومن خلال قراءتنا للموضوع وجدنا رأيين، الأول يعتبر الترجمة العلمية من أسهل الترجمات لأن النص العلمي لا ينطوي على الخيال و لا يحتمل عدة قراءات لوضوح و دقة لغته، والثاني يعتبرها من أصعب أشكال الترجمة على الإطلاق فهي لا تحتاج فقط إلى المعجم كأداة لمساعدة المترجم في أداء مهمته مثلما يحدث مع النصوص الأخرى العادية، كما لا يكفي فيها الإلمام فقط بالقواعد اللغوية بل يتطلب الأمر مهارات و مقومات خاصة ينبغي توفرها لدى المترجم للإيفاء بمتطلبات الترجمة العلمية و أدائها على النحو المطلوب (إسماعيل، 2006)و أهم هذه المهارات هو التخصص العلمي (الطب الرياضيات، الهندسة... وغيرها من التخصصات) إضافة إلى التكوين الفني واللغوي للمترجم.

ومن هذا المنطلق فإن المترجم العلمي يواجه يوميا لغات متخصصة وكما هائلا من المصطلحات، ويحتاج إلى إيجاد أو وضع مقابل لها في اللغة التي يترجم إليها، ولهذا يتعين عليه الاستعانة بالمعاجم العلمية المتخصصة من أجل التحقق من انتماء المصطلحات التي يستخدمها إلى العلم الذي ينتمي إليه النص، وقد تسعفه المعاجم والقواميس في ذلك وقد تخذله، وربما يسأل أهل العلم والاختصاص أو يضطر إلى وضع ما يقابلها. وإن لكل لغة علمية أو مختصة مصطلح وأسلوب خاصين بها، فالمترجم العلمي العربي يواجه في كثير من الأحيان نصوصا حررها مختصون يستخدمون للحديث عن مجال تخصصهم أداة مفهومية يرون أنها ضرورية لنجاح تحليلهم، ويلجؤون أيضا إلى عبارة مختصة توفر للمعلومة العلمية الصرامة المطلوبة. ترى فائزة القاسم أن المترجم إلى اللغة العربية يتعرف خلال مرحلة كتابة النص على ثغرات معجمه فيلجأ إلى الخطوات التالية : العمل على النص الذي يحاول فيه المترجم امتلاك الأدوات المفهومية، وتحمل توقعات المتلقي الأخير الذي يضيف فيه معلومات لتأمين وضوح الرسالة، وتعد بلاغة تقنية تنم عن نظام متكامل من الإحالات الثقافية ليجعل الرسالة مفهومة لدى جمهور كبير، ومسار المترجم الذي يلجأ فيه إلى الصياغات الجديدة بطريقة النسخ عن الأصل الأجنبي، وإلى استخدام مصطلحات اللغة الدارجة لتسمية مفاهيم غير معروفة وابتداع المصطلحات مع مراعاة قوانين اللغة العربية الفصحى، وإلى التأويل والشرح والنحت واختيار المنهجية المناسبة التي تتضمن معرفة الموضوع والاستعداد للتحليل والتركيب, والفهم الجيد للغة الأجنبية وإجادة استخدام اللغة الأم, وإنشاء بطاقات مصطلحية (القاسم، 2000).

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

لابد للمترجم أن ينمي هذه الكفاءات من خلال التواصل الكتابي والشفوي في مختلف السياقات المهنية والشخصية إلى جانب امتلاك مهارات الترجمة المطلوبة ناهيك عن إتقان استعمال الأدوات التكنولوجية بما فيه أجهزة الكمبيوتر وأحدث التطبيقات التي لا غنى عنها في عملية الترجمة وبالتالي هناك ضرورة لدمج التكنولوجيا مع ممارسات الترجمة التقليدية مما أدى في السنوات الأخيرة إلى ظهور تخصص علمي جديد يشار إليه باسم تكنولوجيا الترجمة (awadh, 2024) يندرج تحت مسماه أدوات الترجمة الآلية (MT) والترجمة بمساعدة الكمبيوتر (CAT)وذاكرات الترجمة (TMs)، كما شهدت التطورات الأخيرة قيام المترجمين بشكل متزايد بدمج تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي ساهمت بشكل فعال في تحسين جودة عملية الترجمة العلمية وتقليص ساعات العمل فاكتسبت بذلك مكانة بارزة باعتبارها من أكثر الأدوات استخدامًا في السوق المعاصرة ومع ذلك، من الضروري الاعتراف بأن أدوات الترجمة والتطبيقات التي تستفيد من الذكاء الاصطناعي لا تمتلك قدرات المترجمين البشريين وليست مهيأة لتحل محلهم.

إن دمج الذكاء الاصطناعي في مجالات الترجمة يكشف عن إمكانيات واسعة ويوفر فوائد رائعة تعمل على تحسين الجودة والكفاءة الشاملة لهذه العمليات بشكل كبير .الميزة الجديرة بالذكر، بشكل خاص، لمثل هذه التطورات هي السرعة غير العادية التي تعمل بها هذه الأدوات إذ تمتلك الأدوات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي القدرة على تحليل وتحويل كميات كبيرة من النصوص في غضون لحظات فقط، متجاوزة بشكل كبير المدة التي يتطلبها المترجم البشري .وتعد هذه السرعة الملحوظة أمرًا حيويًا بشكل خاص في المهام التي تتطلب خدمات الترجمة فوريا.

2.2 الذكاء الاصطناعي:

يعد الذكاء الاصطناعي مجالا من مجالات علوم الحاسب يركز على بناء أنظمة قادرة على أداء مهام تتطلب عادة ذكاء بشريا مثل :التعلم والاستدلال والتطوير الذاتي. ويطلق عليه أيضا "ذكاء الآلة" (الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، 2024) تمكن هذه التقنية الحواسيب والآلات من محاكاة التعلم البشري والفهم وحل المشكلات واتخاذ القرارات والإبداع والاستقلالية ويعد من أهم التقنيات الحديثة التي تسهم بشكل ملحوظ في التطور التقني السريع وزيادة فرص الابتكار والنمو في مختلف المجالات، ويؤدي الذكاء الاصطناعي دوراً مهما في رفع الجودة، وزيادة الإمكانات وكفاءة الأعمال وتحسين الإنتاجية. ومع الانتشار الواسع لتقنيات الذكاء الاصطناعي وكثرة الحديث عن قدراتها، إلا أنها محفوفة بالغموض أو المبالغة التي قد ترفع مستوى التوقعات وتكون صورة غير واقعية، وهذا يجعل فهم الذكاء الاصطناعي وتقنياته وحقيقة إمكاناته غير واضحة المعالم لدى الكثير (IBM، 2025).

3.2. برامج الذكاء الاصطناعي.

تسمح هذه البرامج بترجمات أكثر تماسكًا مقارنة بالطرق التقليدية، على الرغم من أنه قد لا يزال يواجه تحديات مع الكلمات خارج السياق .علاوة على ذلك، تتيح لنا التطبيقات المدعومة بالذكاء الاصطناعي التواصل الفوري عبر العالم بعدة لغات مما

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

يجعل المحادثات سلسة وفورية .هذه الوظيفة مفيدة بشكل خاص في البيئات الديناميكية حيث تكون الترجمة في الوقت المناسب ضرورية .ومنه فإن الجمع بين الفهم الدلالي وتقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة يساهم بشكل كبير في تعزيز دقة وكفاءة أنظمة الترجمة الحديثة .تعتمد هذه التقنية على الشبكات العصبية العميقة لتقديم ترجمات دقيقة وسلسة أقرب للطبيعة البشرية، مثل خدمات: Chat GPT / Google Translate/ DeepL والتي تطورت بشكل كبير(alkheikhidris, 2024)

أولا:ChatGPT : هو نظام ذكاء اصطناعي تم تطويره من قبل (Open AI) باستخدام بنية (GPT) Generative Pre- trained Transformer يعتمد هذا النموذج على الشبكات العصبية وتقنيات التعلم العميق لتحليل النصوص وتوليدها بطريقة تشبه التفاعلات البشرية. تعتمد عملية التدريب المسبق على كم هائل من البيانات النصية التي تعزز قدرة النموذج على توقع الكلمات التالية وفهم الأنماط اللغوية المختلفة. في حين يستخدم ChatGPT في مجموعة من التطبيقات مثل الترجمة، فهم اللغة، تطوير روبوتات الدردشة، وغيرها من مجالات معالجة اللغات الطبيعية.(sukhpal singh gill, 2023)

تعد ChatGPT واحدة من أحدث التقنيات التي يمكن أن تساعد في تحسين عملية الترجمة. حيث إنها عبارة عن نموذج لغة كبير تم تدريبه على مجموعة بيانات ضخمة من النصوص والشفرات ويمكن لـ ChatGPT إنشاء نص وترجمة اللغات وكتابة أنواع مختلفة من المحتوى الإبداعي (ask2learn, 2025)

ثانيا: Google Translate: تعد (Google Translate) خدمة مجانية من جوجل لترجمة النصوص والصور والصوت والكلام والمواقع الإلكترونية من لغة إلى أخرى، وتتوفر عبر الويب كتطبيق على الأجهزة المحمولة وتدعم أكثر من 250 لغة. تستخدم الخدمة شبكات عصبية لتحسين الدقة، وتسمح بالمحادثات المترجمة، والترجمة الفورية باستخدام الكاميرا، وحتى الترجمة دون الحاجة لاتصال بالإنترنت بعد تنزيل اللغات (google translate, s.d.)

ثالثا: DeepL يُعتبر DeepL من أبرز أدوات الترجمة الآلية الحديثة، حيث تم إطلاقه في عام 2017 لتقديم ترجمات دقيقة وعالية الجودة. حيث يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي والشبكات العصبية العميقة، مما يمكنه من فهم النصوص بشكل عميق. ويسعى إلى توفير ترجمات قريبة من السياق الأصلي، مما يعزز من دقتها مقارنةً بالأنظمة الأخرى في السوق (DeepL, s.d.) يعتمد DeepLعلى نموذج تعلم عميق متطور يعتمد على الشبكات العصبية وتقنية Transformer مما يعزز قدرته على فهم العلاقات السياقية بين الكلمات وهذا ما يساهم في تحسين جودة الترجمة، كما يحلل كميات ضخمة من البيانات اللغوية، مما يساعده على التعامل بدقة مع التعابير الاصطلاحية والفروق الثقافية (DeepL, s.d.)

تتضمن العملية أيضًا تقنية التعلم النشط، حيث يتلقى DeepL ملاحظات من المستخدمين لتحسين أدائها باستمرار (DeepL, s.d.) يتميز DeepL بمرونة استخدامه في مجالات متعددة، مثل الأعمال والأكاديمية والتقنية، مما يجعله أداة مثالية للمترجمين المحترفين. كما يساعد على تقديم ترجمات دقيقة وسريعة، ويعد آداة قيمة للباحثين والطلاب الذين يحتاجون لترجمة نصوص أكاديمية.

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

كما يُعزز من إنتاجية المستخدمين من خلال خيارات مثلDeepL Pro، التي توفر ترجمات غير محدودة وميزات أمان بيانات متقدمة.

3. عرض بعض النماذج التطبيقية لترجمات أدوات الذكاء الاصطناعي للمصطلح العلمي:

من خلال هذه الجزئية سيتم تحليل ومقارنة الترجمة البشرية بمختلف أدوات الذكاء الاصطناعي، حيث لا تقتصر على عرض الترجمة فقط، بل تمتد إلى تحليلها من أربع أبعاد أساسية البعد الاصطلاحي، البعد الأسلوبي، البعد الدلالي، والبعد التداولي.

1.3 المثال الأول:

يركز هذا المثال على تحليل نص علمي يتناول بيانات أنوية الجليد وعلاقتها بالغازات الدفيئة، تمت مقارنة الترجمات البشرية بترجمات أدوات الذكاء الاصطناعي (Chat GPT- Google Translate- DeepL)

النص الأصلي بالإنجليزية:

Ice core data provide scientists with valuable information about past climate conditions, including temperature fluctuations and the concentration of greenhouse gases trapped in ancient layers of ice. By analyzing these samples, researchers can better understand the link between greenhouse gas emissions and global warning over thousands of years (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY: A COLDEX PARTNER center for oldest ice exploration, 2004)

1: **الترجمة البشرية:**

تمنح بيانات أنوية الجليد العلماء معلومات قيّمة حول الظروف المناخية الماضية، بما في ذلك تقلبات درجات الحرارة وتركيز الغازات الدفيئة المحبوسة في الطبقات الجليدية القديمة .ومن خلال تحليل هذه العينات، يستطيع الباحثون فهم العلاقة بشكل أفضل بين انبعاثات الغازات الدفيئة والاحتباس الحراري على مدى آلاف السنين. نلاحظ في الترجمة البشرية استعمال مصطلحات متخصصة، كمصطلح "انوية الجليد" ومصطلح "الغازات الدفيئة" تعبر عن المعنى بدقة، يحافظ على المعنى ويكون أنسب أكاديميا.

2. Chat GPT:

توفّر بيانات نوى الجليد للعلماء معلومات قيّمة حول ظروف المناخ في الماضي، بما في ذلك تقلبات درجات الحرارة وتركيز غازات الدفيئة المحبوسة في الطبقات الجليدية القديمة. ومن خلال تحليل هذه العينات، يستطيع الباحثون فهم العلاقة بين انبعاثات غازات الدفيئة والاحترار العالمي على مدى آلاف السنين بشكل أفضل (CHATGPT, s.d.)

نلاحظ في الترجمة بواسطة Chat GPT أنه تم استخدام مصطلحات دقيقة وحديثة كمصطلح "نوى الجليد" و "غازات الدفيئة" اللذان استعملا في الترجمة البشرية، محافظا على المعنى بنسبة كبيرة، كما يمكن استعماله في الدراسات الأكاديمية مع المراجعة.

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

3. Google Translate:

تزوّد بيانات عينات الجليد الجليدي العلماء بمعلومات قيّمة عن الظروف المناخية السابقة، بما في ذلك تقلبات درجات الحرارة وتركيز غازات الاحتباس الحراري المحبوسة في طبقات الجليد القديمة. ومن خلال تحليل هذه العينات، يُمكن للباحثين فهم العلاقة بين انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والاحترار العالمي على مدى آلاف السنين بشكل أفضل (Google translate, s.d.)

بالنسبة ل Google translate نجد أنه استعمل مصطلحات مطولة كمصطلح " قلب الجليد" بدلا من مصطلح "أنوية الجليد" و "الغازات المسببة للاحتباس الحراري" بدلا من مصطلح "الغازات الدفيئة"، أقل تداولا وأقل دقة، كما أن الترجمة كانت حرفية مما يؤدي إلى تغيير المعنى، هذا ما يجعله للاستعمال العام فقط.

4. DeepL:

توفر بيانات لب جليد للعلماء معلومات قيمة عن الظروف المناخية في الماضي، بما في ذلك تقلبات درجات الحرارة وتركيز غازات الدفيئة المحبوسة في طبقات الجليد القديمة. ومن خلال تحليل هذه العينات، يمكن للباحثين فهم العلاقة بين انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والاحترار العالمي على مدى آلاف السنين بشكل أفضل (DeepL, s.d.)
بالنسبة ل DeepL نجد أنه استعمل مصطلحات غير شائعة في اللغة العربية كمصطلح "جليد القطب" بدلا من مصطلح "أنوية الجليد" وكذا مصطلح "غازات الاحتباس الحراري" بدلا من مصطلح "الغازات الدفيئة" محافظة على المعنى عامة، لكنه يحتاج إلى تكييف اصطلاحي.

التحليل المقارن:

البعد	البشرية الترجمة	ChatGPT	Google Translate	DeepL
الاصطلاحي	الدفيئة الغازات / الجليد أنوية	غازات / الجليد نوى الدفيئة	غازات / الجليد قلب الحراري الاحتباس	الاحتباس غازات / الجليد لب الحراري
الأسلوبي	رصين أكاديمي	وواضح سلس	الشيء بعض حرفي	الإنجليزية من قريب لكن قوي
الدلالي	100% محافظ	جداً محافظ	لكن صحيح معنى حرفي	أقل اصطلاح لكن صحيح معنى شيوعاً
التداولي	أكاديمياً الأمثل	أكاديمياً جداً جيد	يحتاج لكن مقبول مراجعة	اصطلاحي تكييف مع صالح

الجدول 1: التحليل المقارن للمثال الأول

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

2.3 المثال الثاني:

يهدف هذا المثال على تحليل نص علمي يتناول الاحتباس الحراري، تمت مقارنة الترجمات البشرية بترجمات أدوات الذكاء الاصطناعي(Chat GPT- Google Translate- DeepL)

النص الأصلي بالإنجليزية:

Global warming refers to the long-term increase in Earth's average surface temperature due to human activities, primarily the emission of greenhouse gases such as carbon dioxide and methane. Climate change encompasses not only rising temperatures but also shifts in weather patterns, melting glaciers, sea level rise, and more frequent extreme weather events (SPM _version_report)

1: الترجمة البشرية:

يشير الاحتباس الحراري إلى الارتفاع طويل الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض نتيجة الأنشطة البشرية، ولا سيما انبعاث الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان .أما تغير المناخ فيشمل، إضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة، تغيّرات في أنماط الطقس، وذوبان الأنهار الجليدية، وارتفاع مستوى سطح البحر، وزيادة تواتر الظواهر الجوية المتطرفة.

نلاحظ في الترجمة البشرية استعمال مصطلحات متخصصة، كمصطلح "الاحتباس الحراري" ومصطلح "الغازات الدفيئة" تعبر عن المعنى بدقة وأسلوب أكاديمي سلس، يحافظ على المعنى ويكون أنسب للبحث العلمي.

Chat GPT: .2

الاحتباس الحراري يشير إلى الارتفاع طويل الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض نتيجة الأنشطة البشرية، وخاصة انبعاث الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان. أما تغيّر المناخ فيشمل ليس فقط ارتفاع درجات الحرارة، بل أيضاً التحولات في أنماط الطقس، وذوبان الأنهار الجليدية، وارتفاع مستوى سطح البحر، وازدياد وتيرة الظواهر الجوية المتطرفة (chatgpt, s.d.)

نلاحظ في الترجمة بواسطة Chat GPT أنه تم استخدام مصطلحات دقيقة وحديثة كمصطلح "الاحتباس الحراري" و "غازات الدفيئة" اللذان استعملا في الترجمة البشرية ، محافظا على المعنى بنسبة كبيرة، كما يمكن استعماله في الدراسات الأكاديمية مع المراجعة.

Google Translate :.3

يشير الاحتباس الحراري إلى الارتفاع طويل الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض نتيجةً للأنشطة البشرية، وخاصةً انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان. ولا يقتصر تغير المناخ على ارتفاع درجات الحرارة

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

فحسب، بل يشمل أيضًا تغيرات في أنماط الطقس، وذوبان الأنهار الجليدية، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتكرار الظواهر الجوية المتطرفة (DeepL, s.d.)

بالنسبة ل Google translate نجد أنه استعمل مصطلحات مطولة كمصطلح "الغازات المسببة للاحتباس الحراري" بدلا من مصطلح "الغازات الدفيئة"، أقل تداولا وأقل دقة، كما أن الترجمة كانت حرفية مما يؤدي إلى تغيير المعنى، هذا ما يجعله غير مناسب للاستعمال الأكاديمي بل للاستعمال العام فقط

4. DeepL:

يشير الاحترار العالمي إلى الارتفاع طويل الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض بسبب الأنشطة البشرية، ولا سيما انبعاث غازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان. ولا يشمل تغير المناخ ارتفاع درجات الحرارة فحسب، بل يشمل أيضًا التغيرات في أنماط الطقس، وذوبان الأنهار الجليدية، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتكرار الظواهر الجوية المتطرفة (DeepL, s.d.)

بالنسبة ل DeepL نجد أنه استعمل مصطلحات غير شائعة في اللغة العربية كمصطلح "الاحترار العالمي" بدلا من مصطلح "الاحتباس الحراري" وكذا مصطلح "غازات الاحتباس الحراري" بدلا من مصطلح "الغازات الدفيئة" لكنه حافظة على المعنى عامتا، لكنه يحتاج إلى تكييف اصطلاحي.

المقارنة البعدية:

البعد	الترجمة البشرية	ChatGPT	Google Translate	DeepL
الاصطلاحي	مصطلحات راسخة	مصطلحات دقيقة	مصطلحات مطوّلة	مصطلحات أقل شيوعاً
الأسلوبي	سلس وأكاديمي	واضح وقريب من البشري	حرفي	قوي وأنيق
الدلالي	محافظ100%	محافظ95%	محافظ85%	محافظ95%
التداولي	الأنسب أكاديمياً	صالح مع مراجعة	أفضل للاستخدام العام	يحتاج تكييف عربي

الجدول 2: المقاربة البعدية للمثال الثاني

من هنا يمكن القول أن الترجمة البشرية تبقى من حيث الاصطلاح الأكثر ملائمة للأبحاث الأكاديمية، بينما جاء Chat GPT ووفر ترجمة مفهومة قريبة جدا منها مع بعض الفروق البسيطة التي لا تخل بالمعنى. أما Google Translate وDeepL فقد وفر ترجمة مفهومة لكنها أقل دقة اصطلاحيا.

يمثل دمج الذكاء الاصطناعي في الترجمة الآلية مجموعة متنوعة من التحديات والقيود التي لا يمكن التغاضي عنها. أحد الاهتمامات الأساسية هو الدقة، فعلى الرغم من أن أدوات الذكاء الاصطناعي وخاصة تلك التي أظهرت تحسينات في سرعة الترجمة، إلا أنها

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

كثيرًا ما تواجه صعوبات فيما يتعلق بالدقة، خاصةً عند التعامل مع الجمل المعقدة أو المصطلحات المتخصصة. ويتفاقم هذا التحدي بسبب التطور السريع للغة والمصطلحات المستجدة. ومن زاوية أخرى، يجد المترجم صعوبة في تكييف اللغة والخيارات الأسلوبية لتتماشى مع النماذج العلمية والتقنية للخطاب لأنه يواجه تحديات في تحديد المصطلحات المكافئة داخل اللغة الهدف لبعض المفاهيم الفنية المتخصصة و لا يزال من الصعب تحديد المفاهيم المقابلة في اللغة المستهدفة للمصطلحات العلمية. بالإضافة إلى نذره الإنتاج العلمي باللغة العربية مما يؤدي إلى صعوبة تعريب وتوحيد المصطلح العلمي إذ تتطلب معالجة هذه القضية جهودا متكاملة من المؤسسات التعليمية والبحثية لتعزيز استخدام اللغة العربية في مجالات العلوم والتكنولوجيا مما يستلزم مراجعة بشرية قبل اعتمادها في المجال العلمي.

4. عرض بعض النماذج النظرية عن التحول الرقمي لدراسات الترجمة العلمية:

في إطار عرضنا النظري لإسهامات الذكاء الاصطناعي، ارتأينا أن ندمج قراءة نقدية للبحوث المعاصرة في المجال وهذا من أجل الإشارة إلى التحولات النظرية التي تطرأ على البحث الترجمي حيث تشهد الدراسات الترجمية اليوم تحولا جديدا والذي يسمى ب : التحول الرقمي.

عرف علم الترجمة منذ بداياته تحولات منهجية عميقة، فانتقل من المقاربات اللسانية، إلى الاجتماعية إلى التكنولوجية التي نشهدها اليوم(yasmine, 2017) ارتأينا من خلال بحثنا أن نعرض نماذج نظرية عن منهج البحث الترجمي الحديث القائم على التحول التكنولوجي والذي أسميناه: البرادغم التكنولوجي، أو المنهج المعرفي التكنولوجي أو كما نسميه باللغة الإنجليزية: the technological turn of translation studies.

فيما يلي مجموعة من الدراسات المعاصرة القائمة في علم الترجمة والتي تقوم على المنهج المعرفي التكنولوجي الحديث الذي تشهده الدراسات الترجمية، والذي يمس الدراسات الترجمية العربية والغربية على حد سواء. وكان انتقاءنا لهذه الدراسات قائما على معيار الزمن وهي من أحدث الدراسات، ومعيار المنهج التكنولوجي.

1- علاء عبد الخالق حسين المندلاوي، تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الترجمة الآلية و التحرير التلقائي (المندلاوي، 2025). أبرزت هذه الدراسة التقدم الذي حققه الذكاء الاصطناعي في الترجمة الآلية، والتعليم التفاعلي بالعربية، كما تناولت التحديات الكبرى التي تواجهه مثل نقص البيانات، ضعف فهم الدلالات والسياق الثقافي، وفقدان العمق الإبداعي، كما أوصت الدراسة بتوسيع الموارد العربية الرقمية وتطوير خوارزميات تراعي الخصوصية اللغوية والثقافية.

2- ليندة عمي، الذكاء الاصطناعي وترجمة النصوص العلمية (عمي، 2025). تناولت هذه الدراسة الدور المتنامي للترجمة في نقل المعرفة والعلوم بين اللغات والثقافات، مع التركيز على إسهام الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، حيث يمثل أداة قوية في الترجمة،

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

لكنه لا يغني عن دور المترجم البشري، خاصة في النصوص العلمية التي تتطلب دقة لغوية ومصطلحية عالية، فالترجمة تظل ركيزة أساسية في تقدم العلوم والتواصل الحضاري بين الأمم.

3-سومية مهماه، تأثير الذكاء الاصطناعي في الترجمة المتخصصة (مهماه، 2025). تناولت هذه الدراسة موضوع الترجمة باستخدام الذكاء الاصطناعي من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية، من خلال المقارنة بين الترجمة البشرية والترجمة باستخدام Chat gpt، وتقييم نجاعته في ترجمة النص التاريخي من اللغة الفرنسية للغة العربية، للتأكيد في النهاية أن الترجمة الآلية تبقى ضعيفة ومحدودة بالمقارنة مع الترجمة البشرية، في نقل العناصر الثقافية لعدم قدرة الآلة على نقل الثقافة البشرية.

4- Koehn, P. (2017). Neutral machine translation (philipp, 2017)

ركزت الدراسة دور الترجمة العصبية في تحسّين دقة الترجمة العلمية كما أشارت إلى أهمية التعلم العميق في بناء أنظمة الترجمة الآلية اليوم وتقديم تغطية شاملة لحيل التعلم الآلي، كما يساعد في مواجهة المشاكل المتعلقة بمعالجة مختلف البيانات، وتحسين النماذج. تجعل ملخصات الأبحاث الحالية في هذا المجال من هذا الكتاب كتابًا دراسيًا متطورًا للطلاب الجامعيين والخريجين، بالإضافة إلى كونه مرجعًا أساسيًا للباحثين والمطورين المهتمين بتطبيقات أخرى للطرق العصبية في المجال الأوسع لمعالجة اللغة البشرية.

5-Vaswani, A. et al. (2023). Attention is All You Need (Vaswani Ashish . et al, 2023)

قدمت الدراسة نموذج Transformer، وهو الأساس الذي تقوم عليه معظم أنظمة الذكاء الاصطناعي الحديثة (ChatGPT وDeepL) وخلصت أن المحول يمثل نقلة نوعية في معالجة النصوص وخاصة الطويلة منها كما أشار المؤلف إلى إمكانية توسيع استخدامه لمهام أخرى مثل معالجة الصوت والصورة، ومقاطع الفيديو.

6- Gaspari, F, Almaghout, H, & Doherty, S. a survery of machines translation competences: Insight for translation technology educator ana practitioners 2015 (Gaspari, 2015)

ناقشت الدراسة استخدام الباحثين لأدوات الترجمة الآلية في النشر العلمي، وأشارت إلى تحديات مثل غياب الدقة الاصطلاحية وقدمت دراسة نقدية لتقييم جودة الترجمة في سير عمل الترجمة البشرية والآلية عبر مجموعة من السيناريوهات البحثية والتعليمية. كما أشارت إلى ضرورة تكامل الترجمة البشرية والآلية خاصة في مجال الترجمة العلمية.

5. خاتمة:

إن آفاق الذكاء الاصطناعي في مجال الترجمة واعدة للغاية، وذلك على المستويين النظري والتطبيقي، وتتميز بالتطورات المستمرة التي من المرجح أن تحدث ثورة في هذا القطاع .ومع تطور خوارزميات التعلم الآلي، من المتوقع أن تزيد من الدقة والفهم السياقي للترجمات، مما يؤدي إلى مخرجات تزداد دقة وملاءمة ثقافيًا .يتيح تطور منهجيات الذكاء الاصطناعي، لا سيما في مجال معالجة اللغات الطبيعية،

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

التحول من أدوات الترجمة البدائية إلى الأنظمة المتطورة القادرة على استيعاب التعبيرات الاصطلاحية والفروق اللونية والنوايا الكامنة . لا يساهم هذا التقدم في توليد ترجمات عالية الجودة فحسب، بل يعمل أيضًا على تحسين سير العمل للمترجمين، مما يسمح لهم بالتركيز على المهام المعقدة التي تتطلب الإبداع البشري والتفكير التحليل

عند التفكير في المسارات المستقبلية، من الضروري أن تعترف الصناعة بأهمية دمج هذه الابتكارات التكنولوجية مع الخبرة البشرية . على الرغم من أن الذكاء الاصطناعي يمتلك القدرة على تقليل فترات الترجمة والنفقات بشكل كبير، إلا أن العنصر البشري لا غنى عنه لضمان الفروق الثقافية والعمق العاطفي للمواد المترجمة .إن هذه العلاقة التآزرية بين الذكاء الاصطناعي والمترجمين البشريين مهيأة لتحفيز الموجة القادمة من الابتكار داخل التخصص، وتعزيز النظام البيئي الذي يمكن أن يزدهر فيه كلا الكيانين.

صحيح أن الذكاء الاصطناعي قد أحدث طفرة كبيرة بمجال الترجمة لكن لا يزال يصعب عليه أن يحل محل المترجمين البشريين بشكل كامل، حيث إنه بالرغم من زيادة جودة الترجمة الآلية وتعزيز الموثوقية في نتائجها إلا أنها ما زالت عاجزة على تجاوز التحديات المتعلقة بالحفاظ على السياق في الترجمة وفهم الكلمات بحسب اللهجات العامية والحفاظ على نبرة الصوت والأسلوب الخاص بكاتب النص الأصلي. وعلى الرغم من أن الترجمة باستخدام الذكاء الاصطناعي توفر الكثير من الوقت والجهد إلا أنه لا يزال هناك حاجة لوجود عنصر بشري يضفي على النص الطابع الإنساني من خلال تعديله بشكل إبداعي، مما يؤكد في النهاية أنه مهما حقق الذكاء الاصطناعي تطورات كبيرة في مجال الترجمة فإنه لا يمكنه القيام بوظيفة المترجم البشري بشكل كامل.

التوصيات

أولا على المستوى النظري:

- تدريب المترجمين على استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي بوعي.
- التشجيع على البحث في مجال الذكاء الاصطناعي والترجمة.
- تشجيع البحث العلمي في الذكاء الاصطناعي اللغوي ومجال الترجمة الآلية المتخصصة.
- تطوير أنظمة الترجمة بالذكاء الاصطناعي عبر تغذيتها بمدونات علمية متخصصة لتعزيز دقتها الاصطلاحية.
- التركيز على إسهام الذكاء الاصطناعي في الترجمة من وإلى اللغة العربية.

ثانيا على المستوى التطبيقي:

- إنشاء قواعد بيانات مصطلحية عربية متخصصة ومدعومة بالذكاء الاصطناعي.
- تفعيل الذكاء الاصطناعي في المجامع اللغوية لتسهيل نقل العلوم إلى العربية.
-استخدام النهج الهجين (Human-in-Loop) حيث تستخدم الترجمة الآلية كمسودة، ويراجعها المتخصص البشري لضمان الدقة.

دفاتر الترجمة
Cahiers de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية:

- مهماه سومية. (2025). تأثير الذكاء الاصطناعي في الترجمة المتخصصة. *مجلة معالم*. ص ص 79-90.
- شحاذة الخوري. (1989). *دراسات في الترجمة والمصطلح والتعريب*. دمشق: دار طلاس. ص 57.
- صلاح حامد إسماعيل. (2006). *أصول الترجمة العربية والإنجليزية النظرية والتطبيق*. القاهرة: نهضة مصر للطباعة والنشر. ص 33.
- علاء عبد الخالق حسين المندلاوي. (2025). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الترجمة الآلية و التحرير التلقائي. *مؤسسة العراقة للثقافة والتنمية (الموقع الالكتروني)*.ص ص 1-23.
- القاسم فائزة . (20 ديسمبر, 2000). لترجمة المتخصصة: فرنسي – عربي, ترجمة د. محمد أحمد طجو. *مجلة التعريب*. ص ص 109-120.
- لهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي. (2024). *إطار تبني الذكاء الاصطناعي*. ص 7 تم الاسترداد من https://sdaia.gov.sa/ar/SDAIA/about/Files/AIAdoptionFramework.pdf
- عمي ليندة. (01 جوان, 2025). الذكاء الاصطناعي وترجمة النصوص العلمية. *مخبر تحليل الخطاب*. ص 116-126

المراجع باللغة الأجنبية:

- A. N. (2024). Challenges and Strategies of Translating Scientific Texts: A Comparative Study of Human Translation And Artificial Intelligence,. *Educational Administration: Theory and Practice*, pp. 9898-9909.
- alkheikhidris, m. a. (2024, october 05). Code-Switching in Translation: Linguistic Analysis of Multilingual Texts and their Translations. *al-kindi center for reserach and developement*, pp. 119-134.
- awadh, A. N. (2024). Challenges and Strategies of Translating Scientific Texts: A Comparative Study of Human Translation And Artificial Intelligence. *Educational Administration: Theory and Practice*, pp. 9898-9909.
- Gaspari, F. A. (2015). a survery of machines translation competences. *Insight for translation technology educator ana practitioners,perspectives: studies in translatology*. pp 1-23
- philipp, k. (2017, sep 2017). Neural Machine Translation. *center for speech and language processing department of computer science Johns Hopkins University*, pp. 1-117.
- sukhpal singh gill, r. k. (2023). CHATGPT: vision and challenges . *KeAI chinise roots global impact internet of things and cyber-physical systems 3* , pp. 262-271.
- Vaswani Ashish . et al, n. (s.d.). Attention is All You Need. . 2017 , pp 1-23.
- kello yasmine. (2017, mai 09). nouveaux pzradihmes entraductologie. 1-23. Récupéré sur (99+) Paradigmes en traductologie par KELLOU 2017

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

مواقع الإنترنيت

- (s.d.). Récupéré sur https://ask2learn.net/how-to-use-chatgpt-in-translation تصفح يوم 2025/08/18 الساعة 22.02 :
- (s.d.). Récupéré sur google translate: https://translate.google.com/?hl=ar&sl=auto&tl=fr&op=translate : تصفح يوم 2025/08/18 الساعة 22.22
- (s.d.). Récupéré sur DeepL: www.deepl.com/en/blog/how-does-deepl-work تصفح يوم 2025/08/18 الساعة 22.36 :
- (s.d.). Récupéré sur DeepL: https://phrase.com/blog/posts/deepl/ 2025/08/18 تصفح يوم الساعة 22.47
- (s.d.). Récupéré sur DeepL: Https://aipure.ai/products/deepl_ 2025/08/28 : تصفح يوم الساعة 22.57
- (s.d.). Récupéré sur CHATGPT: https://chatgpt.com/c/68a8cc79-dcf8-8326-8146-6a448c7022c8 23.11 الساعة 2025/08/18 : تصفح يوم
- (s.d.). Récupéré sur Google translate: https://www.google.com/search?q=google+translate&oq=google+translate&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyCQgAEEUYORiABDIHCAEQABiABDIHCAIQABiABDIHCAMQABiABDIHCAQQABiABDIHCAUQABiABDIHCAYQABiABDIHCAcQABiABDIHCAgQABiABDIHCAkQABiPAtIBCTExODAyajBqNKgCALACAQ&sourceid=chrome&ie 13.51 الساعة 2025/08/15 : تصفح يوم
- (s.d.). Récupéré sur DeepL: https://www.deepl.com/en/translator#en/ar/Ice%20core%20data%20provide%20scientists%20with%20valuable%20information%20about%20past%20climate%20conditions%2C%20including%20temperature%20fluctuations%20and%20the%20concentration%20of%20greenhouse%20gases%20tr 13.28 الساعة 2025/08/15 : تصفح يوم
- (s.d.). Récupéré sur chatgpt: https://chatgpt.com/c/68a8cf61-9884-832a-bfee-648c0cd8ece5 14.56 الساعة 2025/08/15 : تصفح يوم
- (s.d.). Récupéré sur Google translate: https://www.google.com/search?q=google+translate&oq=google+translate&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyCQgAEEUYORiABDIHCAEQABiABDIHCAIQABiABDIHCAMQABiABDIHCAQQABiABDIHCAUQABiABDIHCAYQABiABDIHCAcQABiABDIHCAgQABiABDIHCAkQABiPAtIBCTExODAyajBqNKgCALACAQ&sourceid=chrome&ie= 14.14 الساعة 2025/08/15 : تصفح يوم
- (s.d.). Récupéré sur googlr translate: https://www.google.com/search?q=google+translate&oq=google+translate&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyCQgAEEUYORiABDIHCAEQABiABDIHCAIQABiABDIHCAMQABiABDIHCAQQABiABDIHCAUQABiABDIHCAYQABiABDIHCAcQABiABDIHCAgQABiABDIHCAkQABiPAtIBCTExODAyajBqNKgCALACAQ&sourceid=chrome&ie= 14.23 الساعة 2025/08/15 : تصفح يوم
- (s.d.). Récupéré sur DeepL: https://www.deepl.com/en/translator#en/ar/Global%20warming%20refers%20to%20the%20long-term%20increase%20in%20Earth's%20average%20surface%20temperature%20due%

دفاتر الترجمة
Cahier's de Traduction
Cahiers de Traduction
Volume 31 Issue 02/Novembre 2025 pp 329-343
ISSN 1111- 4606 EISSN 2602-6023

20to%20human%20activities%2C%20primarily%20the%20emission%20of%20greenhouse%20gases%20such%20as%20 14.01 الساعة 2025/05/15 : تصفح يوم

- (s.d.). Récupéré sur DeepL: https://www.deepl.com/en/translator#en/ar/Global%20warming%20refers%20to%20the%20long-term%20increase%20in%20Earth's%20average%20surface%20temperature%20due%20to%20human%20activities%2C%20primarily%20the%20emission%20of%20greenhouse%20gases%20such%20as%20 13.55 الساعة 2025/08/15 : تصفح يوم
- (2025, 08). Récupéré sur https://www.ibm.com/ae-ar/think/topics/artificial-intelligence
- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY: A COLDEX PARTNER center for oldest ice exploration. (2004). *Project ice: Ice Core Analysis and Paleoclimatology*. Consulté le 08 15, 2025, sur https://www.ametsoc.org/sites/ams/assets/File/Education/2024_PI%20Module%205%20-%20Ice%20Core%20Analysis%20and%20Paleoclimatology.docx.pdf
- SPM _version_report. (s.d.). *SPM _version_report.* Consulté le 08 18, 2025, sur https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SPM_version_report_LR.pdf

-