

التكنولوجيا المالية الخضراء: أساسيات ونماذج دولية لتطبيق الذكاء الاصطناعي *Green Fintech: Fundamentals and International Models for Artificial Intelligence Application*

د. مريم قشي

جامعة الأمير عبد القادر للعلوم الإسلامية قسنطينة، guechimeriem10@yahoo.fr

تاريخ القبول: 2025/10/30

تاريخ الاستلام: 2025/08/10

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على تكامل الذكاء الاصطناعي في عمليات التكنولوجيا المالية الخضراء وتطبيقاتها العالمية، حيث يعد التمويل الأخضر والتكنولوجيا المالية الخضراء دافعا قويا للتنمية الاقتصادية المستدامة، إذ يدعمان الابتكار التكنولوجي وإعادة هيكلة الصناعة، وقد تم الاعتماد المنهج الوصفي التحليلي لمعالجة موضوع الدراسة. توصلت الدراسة إلى تزايد الدور الحيوي للذكاء الاصطناعي في تطوير وتنفيذ الخدمات المالية المستدامة عبر تحليل البيانات البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG) وتحسين تقييم المخاطر، وتعزيز الشفافية. تصدر المملكة المتحدة، ألمانيا، الصين، وسنغافورة عالميا مجال التمويل الأخضر والتكنولوجيا المالية الخضراء بفضل الدعم الحكومي القوي والسياسات التنظيمية المحفزة، حيث تقدم الشركات بها حلولاً متقدمة لمعالجة تحديات الاستدامة البيئية والمالية على نطاق عالمي، وتعتمد بشكل أساسي على الذكاء الاصطناعي كركيزة تقنية لعملياتها، من خلال خوارزميات التعلم الآلي ومعالجة اللغات الطبيعية وتحليل البيانات الضخمة.

الكلمات المفتاحية: التمويل الأخضر، النمو المستدام، التكنولوجيا المالية الخضراء، الذكاء الاصطناعي، البيانات الضخمة

تصنيف JEL: O31, Q45, Q55, F36

Abstract:

This study aims to shed light on the integration of artificial intelligence (AI) into green financial technology (GFT) operations and their global applications fostering technological innovation and industrial restructuring. A descriptive analytical methodology was adopted to tackle the subject.

According to the survey, artificial intelligence is becoming increasingly important in the creation and implementation of long-term financial services provided by fintech companies. AI advances this field by analyzing environmental, social, and governance (ESG) data, boosting risk assessment, and increasing transparency. The United Kingdom, Germany, China, and Singapore are among the world's top countries in green finance and green fintech, owing to strong government support and supportive regulatory frameworks. These organizations provide sophisticated solutions to global environmental and financial sustainability concerns, depending heavily on AI as a technical pillar of their operations via machine learning algorithms, natural language processing, and big data analytics.

Key Words: Green finance, sustainable growth, green fintech, artificial intelligence, big data

JEL Classification : O31, Q45, Q55, F36

يعد الاختلال البيئي والاحتباس الحراري والاستخدام غير الكفؤ للموارد من القضايا البيئية الهامة لدى صناع السياسات عالمياً، مما أدى إلى توجه متزايد نحو تحقيق التنمية المستدامة عن طريق تحويل نماذج الاستثمار نحو التقنيات الخضراء، والتركيز على الاستثمارات منخفضة الكربون، وقد دفع هذا التحول القطاع المالي نحو تبني حلول أكثر استدامة بيئياً واجتماعياً بواسطة التمويل الأخضر.

ونظراً لحجم التحول المطلوب محلياً ودولياً، هناك طلب متزايد على الخدمات المالية الخضراء حيث ارتفعت قيمة الأصول المدارة عالمياً والمراعية لمبادئ الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG) من 2.2 تريليون دولار أمريكي في عام 2015 إلى 18.4 تريليون دولار أمريكي في عام 2021، ومن المتوقع أن تصل إلى 34 تريليون دولار أمريكي في عام 2026. ومن المتوقع أن تنمو الأصول المدارة المراعية لمبادئ الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG) بوتيرة أسرع بكثير من سوق إدارة الأصول والثروات ككل (the UK Government, 2023, p. 18).

في المقابل، برزت التكنولوجيا المالية الخضراء كركيزة أساسية لتوجيه الاستثمارات نحو المشاريع الخضراء وتعزيز الشفافية والكفاءة في التمويل الأخضر المستدام. وتماشياً مع هذا التطور، برهن الذكاء الاصطناعي على قدرته التحويلية في شتى القطاعات، واعداً بتقديم إمكانات غير مسبوقة لتحليل البيانات، تقييم المخاطر، وتعزيز اتخاذ القرارات في المجال المالي.

■ إشكالية الدراسة:

كيف يتم دمج الذكاء الاصطناعي في عمليات التكنولوجيا المالية الخضراء، وما هي أبرز الأبعاد المفاهيمية والتطبيقية لهذا الدمج على الصعيد الدولي؟

■ الأسئلة الفرعية:

- ما هي مساهمة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تعزيز قدرة التكنولوجيا المالية الخضراء على تحديد وتقييم المخاطر البيئية، وتسهيل الوصول للتمويل المستدام؟
- ما هي أبرز التحديات التي تواجه تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع التكنولوجيا المالية الخضراء؟
- ما هي أهم الدول التي تعتبر نماذج تطبيقية رائدة للذكاء الاصطناعي في التكنولوجيا المالية الخضراء؟

■ فرضيات الدراسة:

- يعزز الذكاء الاصطناعي قدرة التكنولوجيا المالية الخضراء على تحديد وتقييم المخاطر البيئية.
- تساعد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التكنولوجيا المالية الخضراء على تسهيل الوصول للتمويل المستدام.
- تقدم الدول الرائدة في التمويل الأخضر مثل المملكة المتحدة، ألمانيا، الصين وسنغافورة نماذج تطبيقية ناجحة لتبني الذكاء الاصطناعي في التكنولوجيا المالية الخضراء خاصة في قياس البصمة الكربونية.

■ أهداف الدراسة:

- تقديم المفاهيم الأساسية للتكنولوجيا المالية الخضراء.
- معرفة مسار تطور تبني التكنولوجيا المالية الخضراء للذكاء الاصطناعي وأبرز الفرص والتحديات المرتبطة بهذا المسار.

– التعرف على النماذج الدولية الرائدة في تطبيق الذكاء الاصطناعي ضمن التكنولوجيا المالية الخضراء.

■ منهج الدراسة:

للإجابة على الإشكالية الرئيسية تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي من خلال جمع المفاهيم والمعلومات الأساسية المتعلقة بشركات التكنولوجيا المالية الخضراء والنماذج الدولية الرائدة، وكيفية تطور تبنيها للذكاء الاصطناعي في عملياتها.

2. التكنولوجيا المالية الخضراء الطريق نحو نمو مستدام:

1.2 التكنولوجيا المالية الخضراء - مفاهيم أساسية:

يُعرف تحالف التمويل الرقمي الأخضر (GDFA) التكنولوجيا المالية الخضراء بأنها "ابتكارات قائمة على التكنولوجيا تُطبّق على جميع أنواع العمليات والمنتجات المالية، مع دعم أهداف التنمية المستدامة أو الحدّ من مخاطر الاستدامة" (Padhiar & Christiaen, 2024, p. 10). كما تعرف أيضاً بأنها مزيج من حلول التكنولوجيا المالية وأهداف الاستدامة البيئية. يستخدم هذا المفهوم تقنيات مالية مبتكرة لإدارة التحديات البيئية وتعزيز الممارسات المستدامة في القطاع المالي. ويشمل ذلك تطوير أدوات ومنصات رقمية تهدف إلى تسهيل الاستثمارات الخضراء، وتشجيع الشفافية في التقارير البيئية، ودعم المنتجات والخدمات المالية الصديقة للبيئة (Sabilika, 2024, p. 05). تهدف ابتكارات التكنولوجيا المالية الخضراء إلى تحقيق التوازن بين أهداف العمل (الحفاظ على العوائد المالية لتحقيق تأثير طويل الأمد) وأهداف التأثير (توسيع الموارد المالية لتحقيق التنمية المستدامة) (Puschmann, Hoffmann, & Khmarskyi, 2020, p. 05).

تركز التكنولوجيا المالية الخضراء على تعزيز حماية البيئة وأهداف التنمية المستدامة، كما يُمكن لها أن تُحدث تحولاً جذرياً في جوانب مختلفة من النظام المالي، مثل الدفع والاستثمار والتمويل، مما يساعد على ضمان ممارسات مالية مستدامة مع تقليل الأثر البيئي للأنشطة التجارية (Jung-Chieh, Ting, & Lihui, 2025, p. 02). ولتحقيق أهدافها البيئية والمالية تعتمد التكنولوجيا المالية الخضراء على عدة تقنيات أهمها الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، سلسلة الكتل وتقنية دفتر الأستاذ الموزع، البيانات الضخمة والتحليلات، الحوسبة السحابية. تمثل حلول التكنولوجيا المالية الخضراء المنتجات والخدمات التي تسرّع التمويل الأخضر وذلك من خلال تزويد مستثمري التجزئة بمعلومات أفضل حول مصداقية الاستدامة في الصناديق، ورصد مؤشرات المخاطر البيئية للمستثمرين المؤسسيين، وضمان شفافية المراقبة والإبلاغ في أسواق الكربون الطوعية.

تنقسم عمليات التكنولوجيا المالية الخضراء إلى (Puschmann, Hoffmann, & Khmarskyi, 2020, p. 12):

■ **عمليات مالية مباشرة:** هي أنشطة مالية داعمة للأهداف البيئية بطبيعتها، كما أنها تُسهّل بشكل مباشر اتخاذ إجراءات مالية صديقة للبيئة. مثل الاستشارات، والمدفوعات، والاستثمارات، والتمويل، والتأمين على غير الحياة، والتأمين على الحياة، والاكتتاب، وإدارة المطالبات، وغيرها من العمليات المتداخلة. ومن الأمثلة في هذا المجال المستشارون الآليون، الذين يُمكنون العملاء من الاستثمار في فئات الأصول الخضراء (الاستثمارات) من خلال الاستشارات الذاتية.

■ **عمليات مالية غير مباشرة:** تتضمن هذه العمليات استخدام التكنولوجيا المالية لدعم المبادرات الخضراء في قطاعات أخرى، حيث لا تُعدّ العملية المالية نفسها "خضراء" بطبيعتها، ولكنها تُساهم في تحقيق نتائج

خضراء في قطاع مختلف. مثل قطاع الطاقة، وسلاسل التوريد الزراعية، أو قطاع التنقل، ومن الأمثلة على ذلك حل سلسلة التوريد الذي يتضمن إمكانيات التمويل الرقمي للمزارعين في البلدان النامية. ويمكن تقسيم المشهد الحالي للتكنولوجيا المالية الخضراء إلى أربع فئات رئيسية والتي تتفرع لتشمل تطبيقات ووظائف محددة، إضافة إلى ثماني حالات استخدام تدعم من خلالها التكنولوجيا المالية الاستدامة البيئية كما هو موضح في الجدول التالي:

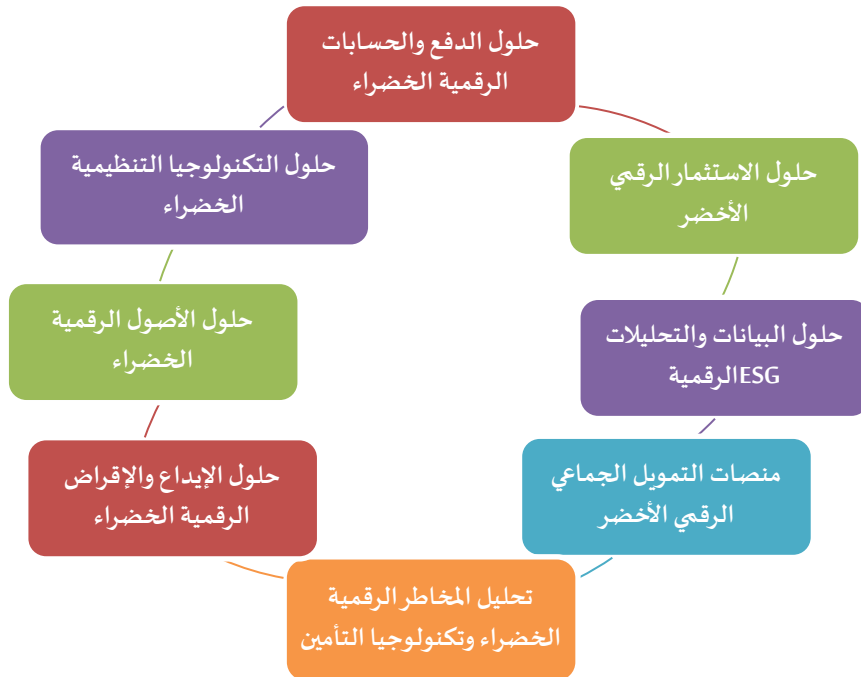
الجدول رقم 01: منتجات التكنولوجيا المالية الخضراء وحالات الاستخدام

منتجات التكنولوجيا المالية الخضراء	الوصف/ التعريف	أمثلة على حالات الاستخدام
الفئة الأولى: حلول تحليلات بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية الرقمية	تُعتبر هذه الفئة أساسية في منظومة التكنولوجيا المالية الخضراء، حيث توفر الأدوات والمنصات اللازمة لجمع وتحليل وإدارة البيانات المتعلقة بالأداء البيئي والاجتماعي والحوكمة للمؤسسات والشركات. تندرج ضمن هذا التصنيف فئات فرعية مثل بيانات الاستدامة البديلة، محاسبة الكربون، محاسبة رأس المال الطبيعي، وتقييمات الاستدامة.	- تحليل وتتبع انبعاثات الكربون - تقييم الأثر البيئي للمشاريع والاستثمارات - بناء نماذج لتقييم المخاطر البيئية - توفير رؤى تحليلية لدعم اتخاذ قرارات استثمارية مستنيرة ومستدامة.
الفئة الثانية: تحليل المخاطر الرقمية الخضراء وتكنولوجيا التأمين	تركز هذه الفئة على تطوير حلول تقنية لقياس وإدارة وتقليل المخاطر المرتبطة بالتغيرات المناخية والبيئية. تتضمن هذه الفئة مجالات فرعية مثل إدارة مخاطر المناخ، إدارة مخاطر الطبيعة، والتأمين التقني الأخضر.	- تقييم المخاطر المادية والانتقالية لتغير المناخ على المحافظ المالية والأصول - تطوير منتجات تأمينية مبتكرة تغطي المخاطر البيئية والكوارث الطبيعية - المراقبة المستمرة للامتثال للمعايير البيئية، مما يعزز المرونة المالية في مواجهة التحديات البيئية
الفئة الثالثة: حلول التكنولوجيا التنظيمية الخضراء	تُعنى هذه الفئة بتسخير التكنولوجيا لتبسيط الامتثال للمتطلبات التنظيمية المتعلقة بالاستدامة والإفصاح البيئي والاجتماعي. تُعد إعداد تقارير الاستدامة والاستشارات من الفئات الفرعية الأساسية.	- تسهيل الامتثال للتشريعات البيئية والاجتماعية المتنامية - تبسيط عمليات الإبلاغ عن الأداء البيئي والاجتماعي للمؤسسات - ضمان الشفافية والموثوقية في بيانات التمويل الأخضر
الفئة الرابعة: حلول أخرى للتكنولوجيا المالية الخضراء	تمثل هذه الفئة مظلة واسعة تشمل مجموعة متنوعة من المنتجات والحلول الرقمية التي تهدف إلى توجيه رأس المال نحو الأنشطة والمشاريع الخضراء والمستدامة، والتي لا تندرج تحت الفئات الثلاث السابقة بشكل مباشر.	- حلول الدفع والحسابات الرقمية الخضراء: تُمكن الأفراد والشركات من تتبع بصمتهم الكربونية، وتسهيل المدفوعات الصديقة للبيئة، وتحفيز السلوكيات المستدامة من خلال أنظمة المكافآت. - حلول الاستثمار الرقمي الأخضر: تُسهل الوصول إلى الاستثمارات المستدامة، وتوفر

منصات تداول للأصول الخضراء، وتقديم مشورة استثمارية آلية (Robo-advisors) تركز على الاستدامة. ■ منصات التمويل الجماعي الرقمي الأخضر: تُمكن من جمع الأموال للمشاريع البيئية والاجتماعية من خلال التمويل الجماعي، أو تجميع رؤوس الأموال لمشاريع البنية التحتية الخضراء. ■ حلول الإيداع والإقراض الرقمية الخضراء: تُسهل الحصول على قروض لتمويل المشاريع المستدامة، وتقدم منتجات إيداع ذات عائدات مرتبطة بالأداء البيئي، وتشجع على الإقراض المسؤول بيئياً واجتماعياً. ■ حلول الأصول الرقمية الخضراء: تستفيد من تقنيات مثل البلوكتشين لترميز وتمثيل الأصول الخضراء، وتسهيل تداول ائتمانات الكربون، أو إنشاء عملات مشفرة خضراء.		
--	--	--

Source : (Padhiar & Christiaen, 2024, p. 11), (Sabilika, 2024, p. 07)

الشكل رقم 01: حالات استخدام التكنولوجيا المالية الخضراء



Source: (Green Digital Finance Alliance, 2022, p. 05)

2.2 سوق التكنولوجيا المالية الخضراء العالمي:

قُدِّر حجم سوق التمويل الأخضر العالمي بـ 4.18 تريليون دولار أمريكي في عام 2023، ومن المتوقع أن يصل إلى 28.71 تريليون دولار أمريكي بحلول عام 2033، بمعدل نمو سنوي مركب قدره 21.25% خلال هذه الفترة. (Sabilika)

(p. 06, 2024) حيث تشهد الاستثمارات في المشاريع الخضراء ارتفاعاً عالمياً، وتلعب شركات التكنولوجيا المالية، من خلال المنصات الرقمية، دوراً محورياً في تسهيل هذه الاستثمارات. ومن المتوقع أن يتوسع سوق التكنولوجيا المالية الخضراء العالمي بمعدل نمو سنوي مركب قدره 22.4% بين عامي 2024 و2029 (Global Market Estimates, 2024). حيث تم تحليل منطقة آسيا والمحيط الهادئ على أنها المنطقة الأسرع نمواً في السوق ومن المتوقع أن تحظى منطقة أمريكا الشمالية بأكبر حصة من السوق خلال نفس الفترة المتوقعة. ووفقاً لتقرير "التكنولوجيا المالية للمناخ" الصادر عن "New Energy Nexus"، بلغ عدد شركات التكنولوجيا المالية للمناخ 250 شركة حول العالم في عام 2020 وحده. ووفقاً لشركة "PwC"، فإن 8% من شركات التكنولوجيا المالية الأوروبية والبريطانية التي تستخدم واجهات برمجة تطبيقات الخدمات المصرفية المفتوحة تُقدم بالفعل منتجات مستدامة (Ściślak, 2024).

حسب مؤتمر Sustainability LIVE Net Zero 2024 الذي أقيم بلندن فإن الممارسات والابتكارات وعروض المنتجات الرائدة المستخدمة في مجال التكنولوجيا المالية لدفع الاستدامة إلى الأمام هي (Thompsett, 2024): القروض الخضراء والتمويل المستدام، المدفوعات والتوقيعات الرقمية، الاستثمارات الخضراء، تتبع الكربون، حلول الدفع عبر الهاتف المحمول لتعويض الكربون، طرق معالجة الدفع الخالية من الكربون، الدفع اللاتلامسي للنقل المستدام، المحافظ الرقمية للحد من النفايات والانبعاثات، العملات المشفرة الخضراء "الصديقة للبيئة"، الخدمات المصرفية المفتوحة.

لقد اكتسب ظهور شركات التكنولوجيا المالية الخضراء اهتماماً متزايداً عالمياً ويعود ذلك لعوامل عديدة (Oluwafemi & et al, 2024, p. 2712):

- التقدم السريع في الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والبلوكتشين، وغيرها من التقنيات، مثلاً تستطيع خوارزميات الذكاء الاصطناعي الآن معالجة كميات هائلة من البيانات غير المنظمة لتوفير تقييمات أكثر شمولاً للمسؤولية الاجتماعية والبيئية والحوكمة، بينما تتيح أجهزة إنترنت الأشياء رصدًا آنياً للآثار البيئية.
- تغير تفضيلات المستهلكين وتنامي الوعي البيئي، حيث يسعى المستهلكون بشكل متزايد إلى الحصول على منتجات وخدمات مالية تتوافق مع قيمهم. وقد أدى هذا التحول إلى زيادة الطلب في السوق على الحلول المالية الخضراء، بدءاً من خيارات الاستثمار المستدام ووصولاً إلى القروض الخضراء.
- الضغط التنظيمي، فقد حرصت الحكومات والهيئات التنظيمية في جميع أنحاء العالم على تطبيق سياسات لتعزيز التمويل المستدام. ومن الأمثلة البارزة على ذلك خطة عمل الاتحاد الأوروبي بشأن التمويل المستدام، التي أُطلقت عام 2018.
- توفير أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة المُعتمدة عام 2015 إطاراً للجهود العالمية نحو الاستدامة، وللقطاع المالي دورٌ حاسم في تحقيق هذه الأهداف، وتُقدم التكنولوجيا المالية الخضراء أدوات مبتكرة لدعم هذا الجهد.

3.2 فرص وتحديات التكنولوجيا المالية الخضراء:

إن حلول التكنولوجيا المالية الخضراء القائمة على التكنولوجيا في المجال المالي تقدم فوائد عديدة من أجل حماية البيئة وتحقيق تنمية مستدامة أهمها (Mwafag, 2024, p. 91):

- تخفيض تكاليف المعاملات وزيادة من كفاءة رأس المال: على سبيل المثال، في الزراعة الخضراء، تُراقب البيانات الضخمة بيئة نمو المحاصيل بدقة، مثل درجة التجمد والرطوبة ومحتوى الماء، وتستخدم الصور لتقييم حالة النمو. كما يُمكن استخدام البيانات المُولَّدة في الخدمات المالية، مثل التأمين والائتمان.
- تعزيز شمولية التمويل الأخضر: ستُتيح التكنولوجيا المالية الخضراء التمويل الأخضر لعدد أكبر من المستخدمين، وتُخفّض تكلفة رأس المال أيضاً.
- تحسين المعلومات المنخفضة غير المتماثلة، وتحسين إدارة المخاطر: وذلك من خلال دمج البيانات الضخمة مع بيانات المشاريع الخضراء التي تجمعها البنوك، يُسهّل ذلك تحديد المشاريع الخضراء ودمج المعلومات المتعلقة بالمخالفات البيئية، وبالتالي تُسرّع التكنولوجيا المالية الخضراء عملية اتخاذ القرارات في مجال التمويل الأخضر وإدارة المخاطر.
- دور البلوكتشين: تستخدم شركات التكنولوجيا المالية تقنية بلوكتشين لرقمنة الأصول الخضراء، وضمان مصداقيتها وإمكانية تتبعها، والحد من تباين المعلومات، وتعزيز بيانات حقيقية وثابتة. وتُسهم هذه التقنية في إصدار السندات المرجعية، وتوريق الأصول، وإصدار مؤشرات الائتمان، والمشتقات المالية، والتحوط من المخاطر، وتأسيس سوق تداول منخفض الكربون.
- إضافة لما سبق، تعمل التكنولوجيا المالية الخضراء على زيادة الوعي بالاستثمارات الخضراء من خلال التثقيف والشفافية، مما يعزز المسؤولية الجماعية والسلوك الاقتصادي المستدام. حيث تتيح تقنية بلوكتشين للمستثمرين مراقبة مشاريع الاستدامة، مما يشجع على ممارسات الأعمال المستدامة. كما أنها تشجع أيضاً على تبني عادات مالية مستدامة من خلال إدارة الاستثمارات القائمة على التأثير، وتتبع البصمة الكربونية، والمدفوعات الرقمية (اللاورقية) (Safitri & Fasa, 2024, p. 191).
- في حين تظهر التكنولوجيا المالية الخضراء المدعومة بالذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والبلوكتشين آفاقاً واعدة لتحقيق أهداف الاستدامة البيئية، إلا أن هناك العديد من التحديات التي يجب معالجتها (Shuaib & et al, 2025, pp. 221- 223).
- تخفيف الأثر البيئي للتقنيات المستخدمة: على الرغم من تصميم أنظمة الذكاء الاصطناعي وسلسلة الكتل لتعزيز الاستدامة والحد من الأثر البيئي، إلا أنها غالباً ما تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، مما يُمثل مفارقة في قطاع التكنولوجيا المالية الخضراء.
- تحديات الخصوصية والأمن: تجمع تطبيقات التكنولوجيا المالية الخضراء البيانات وتحللها من مصادر متنوعة، بما في ذلك المعاملات المصرفية وأنماط استهلاك الطاقة، مما يُشكل مخاطر على الخصوصية والأمن. ولمعالجة هذه المخاطر، تُطبّق تقنيات تشفير متقدمة، وحلول تخزين لامركزية للبيانات، وأساليب ذكاء اصطناعي تحافظ على الخصوصية مثل التعلم الفيدرالي.
- الأطر التنظيمية: غالباً ما يتجاوز التطور السريع للتكنولوجيا المالية الخضراء الأطر التنظيمية، مما يخلق حالة من عدم اليقين والمخاطر. تكافح الهياكل التقليدية لمواكبة الحلول المبتكرة. مما يخلق الحاجة إلى مناهج تنظيمية تكيفية، مثل برنامج ابتكار التمويل الأخضر في المملكة المتحدة، لمواجهة هذا التحدي. من ناحية أخرى يتطلب قطاع التكنولوجيا المالية الخضراء أطر تنظيمية متينة في مجال البنية التحتية الأساسية، ورقابة مُعززة لضمان الامتثال لمعايير الاستدامة ومعالجة القضايا النظامية.

■ الشمولية وإمكانية الوصول: إن الفجوة الرقمية في البلدان النامية والمناطق الريفية قد تُحرم الملايين من المشاركة في ابتكارات التكنولوجيا المالية الخضراء. حيث تعمل مبادرات مثل المراكز المالية للاستدامة التابعة للأمم المتحدة على إيجاد حلول شاملة تُعزز العدالة الاجتماعية والأثر البيئي.

3. تبني التكنولوجيا المالية الخضراء للذكاء الاصطناعي. المسار التطوري:

شهد القطاع المالي مدفوعا بابتكارات شركات التكنولوجيا المالية تسارعا ملحوظا في تبني أنظمة الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي. وقد أدى هذا الانتشار الواسع لتقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاعات الخدمات المالية حول العالم إلى تمكين مقدمي الخدمات المالية، خاصة في الأسواق الناشئة، من تحقيق مستويات أعلى من الأتمتة في عملياتهم التجارية والاستفادة من مصادر بيانات جديدة وضخمة لتجاوز التحديات القائمة. إضافة إلى تبسيط العمليات المالية وتعزيز الشراكات التجارية من خلال عرض المعلومات ذات الصلة. كما ساعد في حساب المخاطر، والتنبؤ بالظروف المستقبلية، وتحسين التحليلات المالية والتخطيط والتنظيم. بالنسبة لشركات التكنولوجيا المالية يقدم الذكاء الاصطناعي فوائد عديدة أهمها (Shuaib & et al, 2025, p. 220):

■ توفير فعال للتكاليف: تعمل أنظمة الذكاء الاصطناعي في التكنولوجيا المالية على أتمتة المهام مثل معالجة البيانات وخدمة العملاء ومراقبة المعاملات، مما يحسن الكفاءة ويقلل النفقات العامة ويمكن المؤسسات المالية من اتخاذ القرارات بشكل أسرع.

■ كشف الاحتيال وإدارة المخاطر: يعمل الذكاء الاصطناعي على تعزيز اكتشاف الاحتيال وتقييم المخاطر من خلال تحليل بيانات المعاملات وتحديد الأنماط والتعلم المستمر من البيانات الجديدة للتنبؤ بالمخاطر والتخفيف منها في البيئات المالية الديناميكية.

■ التحليلات التنبؤية: يستخدم الذكاء الاصطناعي في التكنولوجيا المالية البيانات التاريخية ونماذج التعلم الآلي للتنبؤ باتجاهات السوق وسلوك العملاء، مما يتيح اتخاذ القرارات الاستباقية وتعزيز عملية اتخاذ القرار والحد من عدم اليقين المالي.

■ تحسين تجربة العملاء: يعمل الذكاء الاصطناعي في مجال التكنولوجيا المالية على تعزيز تجربة العملاء من خلال تقديم توصيات مخصصة ودعم فوري، مما يعزز الكفاءة والمشاركة وسهولة الاستخدام، وبالتالي تحسين الرضا والولاء.

■ الكفاءة والأتمتة: يعمل الذكاء الاصطناعي على تعزيز كفاءة التكنولوجيا المالية من خلال أتمتة المهام المتكررة مثل إدخال البيانات ومعالجة المعاملات والتحقق من الامتثال، مما يقلل من الخطأ البشري ويسرع تقديم الخدمات ويخفض التكاليف التشغيلية.

■ الامتثال التنظيمي: يقوم الذكاء الاصطناعي بتحسين الامتثال التنظيمي المالي من خلال أتمتة إنشاء التقارير ومراقبة المعاملات وتنبيه المؤسسات إلى المخاطر المحتملة في الوقت الفعلي.

مع التطور المتسارع للتكنولوجيا المالية الخضراء، يتزايد الدور الحيوي للذكاء الاصطناعي في تطوير وتنفيذ الخدمات المالية المستدامة. حيث يساهم الذكاء الاصطناعي في هذا المجال عبر تحليل البيانات البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG)، وتحسين تقييم المخاطر، وتعزيز الشفافية، وتمكين الاستثمار في المشاريع المستدامة، مما يدعم الانتقال نحو اقتصاد أكثر استدامة. وقد تجلّى هذا التبني المتنامي للذكاء الاصطناعي من قبل التكنولوجيا المالية الخضراء في مسارين تطوريين رئيسيين، يمكن تقسيمهما إلى مرحلتين متتاليتين من التطبيقات كما يلي:

1.3 المرحلة الأولى: تطبيقات الذكاء الاصطناعي المبكرة كركائز لنمو التكنولوجيا المالية الخضراء

تعتبر عن التطبيقات المبكرة والأساسية للذكاء الاصطناعي التي تركز على الكفاءة التشغيلية وتحسين إدارة

المخاطر من طرف التكنولوجيا المالية الخضراء، وتتمثل في (Hassanein & Tharwat, 2024, pp. 9-12):

1.1.3 تقييم المخاطر وإدارتها: يعد الذكاء الاصطناعي محورياً في تقييم وإدارة مخاطر التمويل الأخضر، حيث يقدم حلولاً مبتكرة لمواجهة التحديات وتوفير رؤى قيمة لاتخاذ القرارات. يحلل الذكاء الاصطناعي البيانات من مصادر مختلفة، محدداً الأنماط والارتباطات، ومراقباً ومحللاً للبيانات باستمرار في الوقت الفعلي. يمكن للذكاء الاصطناعي اكتشاف علامات الإنذار المبكر، ومنع الخسائر، وتحسين الأداء، وأتمتة العمليات، وتقليل الأخطاء البشرية، والمساعدة في تحليل السيناريوهات واختبارات التحمل.

2.1.3 اتخاذ القرارات الاستثمارية: لقد أحدث الذكاء الاصطناعي ثورة في تحليل استثمارات التمويل الأخضر من خلال تحليل البيانات البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG). توفر هذه البيانات رؤى ثاقبة حول ممارسات وأداء الاستدامة في الشركة، مما يُمكن المستثمرين من اتخاذ قرارات استثمارية مدروسة ومستدامة. تُزيل تقنيات الذكاء الاصطناعي التحيزات البشرية، مما يُمكن من اتخاذ قرارات استثمارية أكثر موضوعية. كما تُمكن من مراقبة السوق والتنبؤ به في الوقت الفعلي، وتحديد الاتجاهات الناشئة والمخاطر المحتملة. إضافة إلى ذلك، يحسن الذكاء الاصطناعي كفاءة اتخاذ القرارات الاستثمارية ويُخفّض التكاليف، مما يُتيح وقتاً لاتخاذ القرارات الاستراتيجية ويُقلل الاعتماد على الإدخال اليدوي للبيانات.

3.1.3 تحليل البصمة الكربونية: يعد تحليل البصمة الكربونية جزءاً أساسياً من التمويل الأخضر، إذ يمكن المؤسسات المالية من قياس وإدارة تأثيرها البيئي. ويمكن للذكاء الاصطناعي تعزيز هذه العملية من خلال أتمتة جمع البيانات ومعالجتها، مما يُقلل من الأخطاء البشرية ويُوفر الوقت. كما يُمكن للذكاء الاصطناعي تحسين تقدير الانبعاثات ونمذجتها، والتنبؤ بالانبعاثات المستقبلية بناءً على عوامل مثل استهلاك الطاقة وأنشطة النقل. وهذا يُساعد المؤسسات المالية على اتخاذ قرارات مدروسة لتقليل بصمتها الكربونية. كما يُمكن للذكاء الاصطناعي أن يُساعد في استراتيجيات الاستثمار المُستدام، مما يُقلل من البصمة الكربونية ويُعزز اقتصاداً منخفض الكربون. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن للذكاء الاصطناعي أن يُساعد في الامتثال للوائح التنظيمية وإعداد التقارير، مما يضمن دقة البيانات واتساقها.

4.1.3 إدارة المحافظ المستدامة: يقوم الذكاء الاصطناعي بتحسين إدارة المحافظ الاستثمارية المستدامة مع مراعاة عوامل الاستدامة مثل انبعاثات الكربون، واستخدام المياه، وممارسات إدارة النفايات، والأثر الاجتماعي. وهذا يُساعد المستثمرين على تحقيق التوازن بين العوائد المالية وأهداف الاستدامة. كما يُعزز الذكاء الاصطناعي تكامل الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية من خلال توفير تحليلات متطورة للبيانات وقدرات اتخاذ القرارات، مما يُمكن المستثمرين من اتخاذ قرارات أكثر استنارة. كما يُمكنه تقديم رؤى وتوصيات قيمة لقرارات الاستثمار، مثل تحليل اتجاهات السوق، والبيانات المالية للشركات، وبيانات الاستدامة. كما يُمكن للذكاء الاصطناعي المساعدة في قياس الأثر وإعداد التقارير، مما يُوفر للمستثمرين فهماً شاملاً للنتائج الإيجابية لاستثماراتهم.

2.3 المرحلة الثانية: التوسع والتعمق في تطبيقات الذكاء الاصطناعي ضمن التكنولوجيا المالية الخضراء

تعتبر عن التطبيقات المتقدمة لتطبيق الذكاء الاصطناعي وتمثل التكامل العميق والاستجابة للتحديات الحديثة من أجل التحول نحو الاستدامة، فهي مرحلة أكثر توسعا وتعمقا في استخدام الذكاء الاصطناعي من طرف التكنولوجيا المالية الخضراء، وتتمثل في (Oluwafemi & et al, 2024, pp. 2713-2714):

1.2.3 تحليل وتقييم الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية المعزز بالذكاء الاصطناعي: يلعب الذكاء الاصطناعي دورا محوريا في التمويل المستدام من خلال معالجة وتحليل كميات هائلة من بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG). ويُعد هذا التقدم مقارنة بالطرق التقليدية بالغ الأهمية، إذ يُمكنه معالجة مصادر بيانات متنوعة بكفاءة، مثل تقارير الشركات، والمقالات الإخبارية، ومنشورات مواقع التواصل الاجتماعي، وصور الأقمار الصناعية. وتوفر أنظمة تقييم الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات المدعومة بالذكاء الاصطناعي دقة مُحسّنة من خلال تحديد الأنماط والعلاقات الدقيقة، وتوفير تحديثات آنية، مما يُمكن المستثمرين من التفاعل بسرعة مع التغييرات في ملف الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات.

2.2.3 الذكاء الاصطناعي لاستراتيجيات الاستثمار المستدام: يُحدث الذكاء الاصطناعي ثورة في استراتيجيات الاستثمار المستدام من خلال تمكينه من بناء محافظ استثمارية متطورة وتقنيات إدارة المخاطر. تُمكن خوارزميات التعلم الآلي من تحليل البيانات المالية التاريخية ومقاييس الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG) لتحديد الأنماط والارتباطات، مما يُرشد قرارات الاستثمار. كما يُمكن للذكاء الاصطناعي تحسين المحافظ الاستثمارية لتحقيق التوازن بين العوائد المالية وأهداف الاستدامة، وتقليل التعرض للكربون، وإعطاء الأولوية للشركات ذات ممارسات المسؤولية الاجتماعية القوية. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي التنبؤ بالمخاطر المتعلقة بالاستدامة وتحديد كميتها، مما يُمكن من اتخاذ قرارات أكثر استنارة.

3.2.3 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الإقراض الأخضر وتقييم الائتمان: يُحدث الذكاء الاصطناعي تحولا جذريا في قطاع الإقراض من خلال دمج معايير الاستدامة في عمليات تقييم الائتمان. تُركز نماذج تقييم الائتمان التقليدية على المقاييس المالية، إلا أن الأنظمة المعززة بالذكاء الاصطناعي تُدمج العوامل البيئية والاجتماعية لتوفير رؤية أشمل للجدارة الائتمانية. تُقيّم أنظمة الذكاء الاصطناعي سجل الاستدامة للمقترض إلى جانب المقاييس المالية التقليدية، مما يُشجع على ممارسات الأعمال المستدامة، ويُوفر تقييما دقيقا للمخاطر والمرونة على المدى الطويل. كما يُساعد الذكاء الاصطناعي في تقييم المشاريع الخضراء، وتقييم أثرها البيئي وجدواها، مما يُمكن المقرضين من تخصيص رأس المال بكفاءة أكبر.

4.2.3 الذكاء الاصطناعي للامتثال التنظيمي وإعداد التقارير: للذكاء الاصطناعي دور أساسي في امتثال المؤسسات المالية للوائح الاستدامة. تُؤتمت معالجة اللغات الطبيعية (NLP) والتعلم الآلي عمليات الامتثال، لا سيما في مجال إعداد التقارير الآلية. تستطيع أنظمة الذكاء الاصطناعي جمع ومعالجة وتجميع البيانات المتعلقة بالاستدامة بكفاءة لإعداد تقارير موحدة، مما يُقلل الوقت والجهد اللازمين. كما يُستخدم الذكاء الاصطناعي في تحليل السيناريوهات، ونمذجة سيناريوهات المناخ وتأثيراتها على الأصول المالية.

4. نماذج دولية لتكامل التكنولوجيا المالية الخضراء والذكاء الاصطناعي:

1.4 التجربة في أوروبا: قيادة تنظيمية وتكامل بيانات

أظهرت أوروبا قيادة واضحة في مجالات الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا المالية الخضراء، بفضل إطار تشريعي قوي وحازم يهدف إلى تحقيق أهداف الاستدامة المناخية. وقد اتخذت المؤسسات الأوروبية، مثل المفوضية الأوروبية والبنك المركزي الأوروبي، مبادرات استباقية لوضع قواعد واضحة تدعم التمويل المستدام وتدفع نحو الانفتاح في بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG). ومن خلال التركيز على دمج مجموعات البيانات المعقدة لتوفير رؤية شاملة، خلق هذا التركيز التنظيمي بيئة مواتية لدمج الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات، مما يسمح للمؤسسات المالية بتقييم مخاطر المناخ، وابتكار منتجات استثمارية خضراء، وتوجيه رأس المال نحو الأنشطة المستدامة، ومن بين النماذج الرائدة في مجال تبني الذكاء الاصطناعي من طرف شركات التكنولوجيا المالية الخضراء الأوروبية المملكة المتحدة وألمانيا.

1.1.4 المملكة المتحدة:

تعد المملكة المتحدة مركزاً رائداً لابتكارات التكنولوجيا المالية الخضراء مدعومة بمنظومة راسخة وعالية الكثافة لرأس المال الاستثماري، وسياسات تنظيمية متطورة للتمويل الأخضر، ومجتمعاً متميزاً من رواد الأعمال في مجالي المناخ والبيئة. كما أنها تركز على تطوير حلول قائمة على الذكاء الاصطناعي لمعالجة مشكلات البيانات المتعلقة بالمناخ، وتحليل مخاطر الاستدامة، وتحسين إعداد تقارير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية ESG. لقد أصدرت حكومة المملكة المتحدة استراتيجية للتمويل الأخضر المعدلة في 30 مارس 2023، تُحدد الاستراتيجية خطط الحكومة لتصبح أول مركز مالي عالمي مُتوافق مع معايير صافي الانبعاثات الصفرية، وتقدم تحديثات رئيسية حول خطط الحكومة لتطبيق تصنيف أخضر في المملكة المتحدة، وإدخال إفصاحات إلزامية لخطط الانتقال، وتطبيق معايير مجلس معايير الاستدامة الدولي (ISSB) (PwC, 2023).

لقد برزت قطاعات الذكاء الاصطناعي/التكنولوجيا العميقة وتكنولوجيا المناخ (بما في ذلك التكنولوجيا المالية الخضراء) كأكثر قطاعات الشركات الناشئة ديناميكية في المملكة المتحدة. في عام 2023، شكلت التكنولوجيا المالية الخضراء 29% من إجمالي استثمارات رأس المال المغامر في المملكة المتحدة، مسجلة رقماً قياسياً بلغ 5 مليارات جنيه إسترليني. وقد مثل هذا نمواً سنوياً كبيراً بنسبة 40% (Padhiar & Christiaen, 2024, p. 28). وقد صنفت لندن على مؤشر التمويل الأخضر العالمي 21 كأفضل مركز مالي أخضر للعام الثالث على التوالي. ويعتمد التصنيف على 149 عاملاً كمياً، بالإضافة إلى استطلاع رأي عالمي للمتخصصين في القطاع المالي، مع التركيز على أربع مجالات رئيسية للتنافسية: بيئة الأعمال، والبنية التحتية المالية، ورأس المال البشري، وعوامل الاستدامة الشاملة (the UK Government, 2023, p. 20).

تركز غالبية شركات التكنولوجيا المالية الخضراء في المملكة المتحدة على مجال تحليل وحلول الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية الرقمية (41%)، يليها تحليل المخاطر الرقمية الخضراء وتكنولوجيا التأمين (29%)، ثم التكنولوجيا التنظيمية الخضراء (15%)، وشركات التكنولوجيا المالية الخضراء الأخرى (14%). وتعد محاسبة الكربون (16%)، وتقارير الاستدامة (15%)، وإدارة مخاطر المناخ (15%) من أكثر الحلول استخداماً (Padhiar & Christiaen, 2024, p. 15).

الجدول رقم 02: شركات التكنولوجيا المالية الخضراء الرائدة والذكاء الاصطناعي في المملكة المتحدة

الشركة	النشاط الرئيسي	كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في عملياتها
	تأسست سنة 2019 تقوم بتوفير حلول محاسبة الكربون الآلية للمؤسسات. تهدف المنصة الأساسية للشركة إلى تبسيط عملية جمع وتحليل وإدارة بيانات الانبعاثات على نطاق واسع. للشركة القدرة على أتمتة تتبع الانبعاثات، وتوفير تنبؤات ذكية لتأثير الكربون، وإنشاء تقارير آلية شاملة. تسعى Earthchain إلى تخفيف العبء الإداري المرتبط بإعداد تقارير الكربون، مما يمكن فرق الاستدامة داخل الشركات من اتخاذ قرارات قائمة على البيانات لدفع جهود خفض الانبعاثات وتحقيق أهداف الاستدامة بشكل أكثر فعالية.	منصة مدعومة بالذكاء الاصطناعي، حيث تستخدم تقنياته في: - جمع كميات هائلة من بيانات الانبعاثات من مصادر متنوعة داخل المؤسسة (مثل فواتير الطاقة، بيانات السفر، معلومات سلسلة التوريد). ثم تحليلها بسرعة ودقة. - أتمتة عملية تتبع الانبعاثات الكربونية بشكل مستمر، مما يقلل من الحاجة إلى التدخل اليدوي ويضمن تحديث البيانات في الوقت الفعلي. - بناءً على البيانات التاريخية والتحليلات، يتم التنبؤ بالانبعاثات المستقبلية مما يساعد الشركات على التخطيط الاستراتيجي لخفض الكربون. - توليد تقارير شاملة وموحدة حول الانبعاثات تلقائياً، مما يسهل على الشركات الامتثال للمتطلبات التنظيمية وتقديم معلومات شفافة لأصحاب المصلحة.
	تعمل NatCap كشريك استراتيجي للشركات، مُترجمة البيانات البيئية المعقدة إلى قيمة تجارية ملموسة تعرف أيضاً بـ Natural Capital Research. تأسست سنة 2018. تقوم بتمكين الشركات من فهم وإدارة المخاطر والفرص المتعلقة بالطبيعة والتنوع البيولوجي، كما تساعد على تحديد المخاطر المرتبطة بالطبيعة (مثل ندرة المياه أو تدهور الأراضي) والفرص الجديدة (مثل الحلول القائمة على الطبيعة). إضافة لذلك، تُقدم حلولاً لجعل سلاسل توريد الشركات أكثر استدامة وقدرة على التكيف مع التحديات البيئية.	تستخدم NatCap الذكاء الاصطناعي بشكل أساسي في عملياتها كما يلي: - معالجة وتحليل كميات هائلة من البيانات البيئية المعقدة وغير المهيكلة، تشمل معلومات من الأقمار الصناعية، أجهزة الاستشعار، قواعد بيانات التنوع البيولوجي، والتقارير العلمية والبيئية. - التنبؤ بالمخاطر المحتملة المتعلقة بالطبيعة التي قد تؤثر على عمليات الشركة وسلاسل التوريد. - تحليل وتحديد نقاط الضعف في سلاسل التوريد الخاصة بالشركات فيما يتعلق بالمخاطر البيئية، وتحديد الموردين أو المناطق الأكثر عرضة للتأثر بتغيرات الطبيعة.

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على: (Earthchain, 2025) (NatCap research, 2025)

2.1.4 ألمانيا:

سعت الحكومة الألمانية إلى تعزيز ودعم التمويل المستدام في إطار التزامها بطموحات الاتحاد الأوروبي الجماعية في مجالي البيئة والاستدامة، وذلك بما يتماشى مع مبادرات مثل الصفقة الخضراء الأوروبية واتفاقية باريس. وفي إطار التشريع المعقد للاتحاد الأوروبي، لا تعمل ألمانيا كدولة عضو ملتزمة فحسب، بل أيضًا كمساهم فاعل في صياغة قوانين التمويل المستدام، حيث نشرت عام 2021 استراتيجيتها للتمويل المستدام مؤكدة على دمج سياسات السوق المالية مع مجالات أوسع مثل البيئة وحقوق الإنسان ومسؤولية الشركات، واعتبارا من عام 2022 رسّخت ألمانيا مكانتها كلاعب رئيسي في مشهد التمويل المستدام سريع التطور. فهي لا تُعدّ معقلا أوروبيا في هذا المجال فحسب، بل تُنافس بفعالية على نطاق عالمي أيضًا، وقد بلغ حجم سوق التمويل المستدام الألماني 578.1 مليار يورو عام 2022 مسجلاً زيادة قدرها 15 % عن العام السابق (Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, 2024, p. 11). لقد أدت هاته اللوائح الأوروبية والألمانية الجديدة إلى زيادة الطلب على الخدمات البيئية، مما أدى إلى جذب شركات التكنولوجيا المالية الخضراء المزيد من التمويل في ألمانيا في عام 2023 (710 مليون دولار أمريكي) مقارنةً بالأسواق الأوروبية التسعة مجتمعة، بما في ذلك المملكة المتحدة. وقد حصلت شركات ألمانية مثل Integrity Next على تمويل يزيد بنحو 3.4 أضعاف عن الشركات البريطانية (Geisler, Mascarenhas, & You, 2025).

تعتبر ألمانيا رائدة عالمياً في التحول إلى الطاقة المتجددة، كما تتميز بقدرتها على دمج الذكاء الاصطناعي في حلول التمويل الأخضر الموجهة نحو الصناعة وتقييم البصمة الكربونية للشركات، حيث تعتبر الذكاء الاصطناعي أداة استراتيجية لتحقيق الاستدامة. ومن بين الحلول المتقدمة ضمن التكنولوجيا المالية الخضراء مستشاري الروبوت الذين يشكلون أكثر من 30%. من الحلول المتاحة مستفيدين من القدرات التحليلية المتزايدة للبيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي لإعادة توجيه رؤوس الأموال نحو الأصول المستدامة. (Duscha, 2020, p. 11).

الجدول رقم 03: شركات التكنولوجيا المالية الخضراء الرائدة والذكاء الاصطناعي في ألمانيا

الشركة	النشاط الرئيسي	كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في عملياتها
	منصة متكاملة وذكية تأسست سنة 2021 تركز على تمكين الشركات من إدارة بصمتها الكربونية بشكل شامل من خلال: ■ قياس الانبعاثات الكربونية. ■ إعداد تقارير شفافة حول الانبعاثات. ■ المساعدة على الامتثال للمعايير التنظيمية. ■ تقديم توصيات للمساعدة على خفض الانبعاثات وتقليل أثرها البيئي.	تُطبق Climatiq الذكاء الاصطناعي بشكل أساسي لجعل تتبع الانبعاثات الكربونية وإدارتها أكثر دقة وفعالية للشركات. حيث تقوم باستخدام الذكاء الاصطناعي في: - معالجة وتحليل كميات هائلة من بيانات الانبعاثات من مصادر متنوعة. - تحديد وتطبيق عوامل الانبعاثات المناسبة بدقة، استناداً إلى أكبر قاعدة بيانات عالمية لديها. - حساب الانبعاثات تلقائياً وبدقة عالية، مما يقلل الأخطاء ويوفر بيانات موثوقة بسرعة. - تقديم توصيات ذكية ومخصصة لمساعدة الشركات على تحديد أفضل الطرق لتقليل بصمتها الكربونية. - التنبؤ بالانبعاثات المستقبلية، مما يدعم التخطيط ووضع الأهداف.

تأسست سنة 2013، تقدم مجموعة من المنتجات المحورية التي تُسهم في دمج اعتبارات الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات (ESG) في قرارات الاستثمار. من أبرز هذه المنتجات أداة S-Ray® الكمية التي تُحلل أداء الاستدامة لأكثر من 7000 شركة مُدرجة. بالإضافة إلى ذلك، تُقدم الشركة أدوات لفحص المحافظ، وتحليلات متعمقة للشركات، وحلول ESG مُخصصة من منتجاتها أيضا منصة AutoCIO لإدارة المحافظ الاستثمارية مدعومة بالذكاء الاصطناعي، تتيح لمديري الأصول بناء استراتيجيات استثمارية مُخصصة للغاية ومستدامة.	تعتمد بشكل جوهري على الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي كما يلي: - تحليل كميات هائلة من البيانات (أكثر من 4 ملايين نقطة بيانات يوميًا) من آلاف المصادر. - تُطبق نماذج كمية ذاتية التعلم لتحليل أداء الاستدامة للشركات بشكل مستمر وموضوعي، مما يلغي التحيزات البشرية. - تحلل الأنماط والسلوكيات في أسواق الأسهم، وتُقدم تنبؤات حول أداء الأسهم للمساعدة في بناء المحافظ. - المساعدة في تحديد المخاطر المتعلقة بالاستدامة والتقليل من مخاطر "الغسل الأخضر" من خلال التمييز بين البيانات المادية وغير المادية للأعمال.
---	---

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على: (Climatiq, 2025), (the Arabesque Group, 2025)

2.4 التجربة في آسيا: نمو مدفوع بالسياسات والابتكار الرقمي

تتسم التجربة الآسيوية في دمج التكنولوجيا المالية الخضراء والذكاء الاصطناعي بنمو سريع ومرونة عالية، مدفوعةً في المقام الأول بسياسات حكومية داعمة للاستدامة، إلى جانب اعتماد واسع النطاق للابتكار الرقمي. وقد أظهرت دول مثل الصين وسنغافورة قدرة هائلة على دمج التكنولوجيا المتقدمة، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي، في حلول مالية مبتكرة تخدم الأهداف البيئية. ركزت هذه الدول على تسخير الذكاء الاصطناعي في تطبيقات واسعة النطاق لتعزيز الكفاءة البيئية، مثل تقليل الانبعاثات وتتبع البصمات الكربونية في سلاسل التوريد، بالإضافة إلى تطوير منصات رقمية للتمويل الأخضر تستفيد من البيانات الضخمة لتحديد الاستثمارات وتوجيهها نحو المشاريع المستدامة.

1.2.4 الصين:

تُعد الصين أكبر وأسرع أسواق التمويل الأخضر نموًا في العالم سنة 2024، حيث عززت اللجنة المركزية للحزب الشيوعي الصيني ومجلس الدولة استراتيجياتٍ لاقتصاد أخضر منخفض الكربون. وتشمل الاستراتيجيات الرئيسية إصدار السندات الخضراء، وتوسيع سوق الكربون، والابتكار في تمويل المناخ، والإفصاح عن الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات، ووضع معايير وشهادات للمنتجات الخضراء (Yue & Nedopil, 2025, p. 01). لقد وضع بنك الشعب الصيني تصنيفًا أخضر يتماشى مع تصنيف الاتحاد الأوروبي، ويُسمى تصنيف "الأرضية المشتركة بين الاتحاد الأوروبي والصين"، وبدأ في اختبار أول تصنيف له للتمويل الانتقالي في أوائل عام 2024. حيث يُجري أكبر 21 بنكًا صينيًا اختبارات إجهاد مناخية، بينما تُبلغ نصف الشركات الصينية المدرجة في البورصة عن الانبعاثات والمخاطر وخطط التحول (Costa, 2025).

تتبنى الصين سياسات قوية لدعم التمويل الأخضر والتكنولوجيا المالية مما يخلق بيئة مواتية للابتكار، وقد أدى تبني التقنيات الناشئة مثل البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي، والبلوك تشين، والحوسبة السحابية،

وانترنت الأشياء إلى ظهور مجموعة واسعة من خدمات التمويل الأخضر المبتكرة، حيث تُظهر البيانات المتعلقة بتطبيقات التكنولوجيا المالية الخضراء بالصين نمطاً واضحاً في توزيع الاستخدامات عبر مختلف المجالات (Paulson Institute, Tsinghua University, 2020, p. 04): تنص "قاعدة بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية (ESG) و"إدارة المخاطر البيئية" و"قياس الفوائد البيئية" قائمة الاستخدامات الأكثر شيوعاً، حيث تشكل كل منها نسبة متساوية قدرها 12%. يلي ذلك "الائتمان الأخضر" بنسبة 10%. وفي المرتبة التالية، تأتي مجالات أخرى مهمة مثل "الاستثمار الأخضر ومنصات التمويل" بنسبة 6%، و"تمويل سلاسل التوريد الخضراء" بنسبة 5%، و"إدارة الطاقة الخضراء والتجارة" بنسبة 5%. وتأتي بعض الاستخدامات بنسب أقل، حيث تشكل "تحديد المشاريع الخضراء"، و"الصندوق الأخضر"، و"التأمين الأخضر"، و"أصول ائتمان خضراء مؤمنة" نسبة 4% لكل منها. أما "الأصول الخضراء المؤمنة بالرهن العقاري" و"تمويل الائتمان الكربوني" فتبلغ نسبتها 2% لكل منهما، بينما تشكل كل من "الصناديق الخضراء" و"التمويل الكربوني" و"سندات الدين الأخضر" و"إدارة الأصول الخضراء والتجارة" و"الائتمان الأخضر" نسبة 1%. هذا التوزيع يوضح أن التكنولوجيا المالية الخضراء تتوسع لتغطي نطاقاً واسعاً من المنتجات والخدمات، من أدوات الدين التقليدية إلى آليات التقييم المتطورة.

أصبحت الصين رائدة في تطبيقات التمويل الأخضر، من تقييم القروض الخضراء إلى مراقبة الامتثال البيئي عبر الذكاء الاصطناعي. ومن أهم شركات التكنولوجيا المالية الخضراء في الصين ما يلي:

جدول رقم 04: شركات التكنولوجيا المالية الخضراء الرائدة والذكاء الاصطناعي في الصين

الشركة	النشاط الرئيسي	كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في عملياتها
	تأسست Carbonstop سنة 2011 وتقدم حلاً متقدماً لإدارة الكربون للشركات ومؤسسات التمويل والحكومات كما يلي: - منصة إدارة الكربون Ccloud: تمثل المنتج الأساسي للشركة. تُقدم حلاً متكاملاً لإدارة الكربون، يشمل: تتبع وقياس الانبعاثات وتوفير أدوات واستراتيجيات لخفضها، إعداد تقارير الإفصاح عن الكربون، إدارة وتقليل انبعاثات الكربون عبر سلاسل التوريد الخاصة بها. - قاعدة بيانات الكربون الصينية: توفر مجموعة شاملة من بيانات الانبعاثات والعوامل المرتبطة بالكربون، مما يُعد أساساً للتحليلات الدقيقة. - حلول تداول الكربون: تسهيل شراء وبيع شهادات الكربون في السوق الصيني. - استشارات الحياد الكربوني: مساعدة الشركات على تحقيق صافي انبعاثات صفيرية.	تُطبق الذكاء الاصطناعي في صميم عملياتها لتحسين كفاءة ودقة إدارة الكربون كما يلي: - تستفيد منصة Ccloud من نماذج اللغة واسعة النطاق والذكاء الاصطناعي لإنشاء نمذجة سريعة لبيانات الكربون وتوليد تقارير الإفصاح عن الكربون تلقائياً. - تُقدم قدرات رقمية متقدمة مثل الدردشة المدعومة بالذكاء الاصطناعي، لدعم المستخدمين في استفساراتهم حول الكربون. - مطابقة عوامل الانبعاثات بدقة مع الأنشطة المختلفة، مما يضمن حسابات كربون صحيحة وموثوقة. - تستخدم خوارزميات تعلم الآلة لتحليل كميات كبيرة من بيانات الانبعاثات من مصادر متعددة مثل استهلاك الكهرباء والنقل.

تأسست MioTech سنة 2016 وتعتبر شركة تكنولوجيا مالية خضراء رائدة في الصين تركز على توفير حلول البيانات والأبحاث في مجالات البيئة والحوكمة الاجتماعية للشركات (ESG) وإزالة الكربون. تشمل منتجاتها الرئيسية: توفير بيانات شاملة حول أداء الشركات في مجالات ESG ومخاطر المناخ. - تقديم خدمات لإدارة بيانات ESG للشركات، وسلاسل التوريد، والمحافظ الاستثمارية، والبنوك. - نظام مدعوم بإنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي لمراقبة وإدارة الانبعاثات الكربونية واستهلاك الطاقة. - خدمات استشارية حول تحقيق صافي انبعاثات صفرية (Net Zero)، وتمويل أخضر، وأبحاث ESG.	تعتمد MioTech بشكل كبير على الذكاء الاصطناعي في نموذج عملها ويتم تطبيقه في: - جمع وتوحيد البيانات المنظمة وغير المنظمة من مصادر متنوعة في الصين وحول العالم، مثل التقارير السنوية، وتقارير المسؤولية الاجتماعية للشركات، ووسائل الإعلام الاجتماعية، والأخبار. - تستخدم تقنيات مثل معالجة اللغة الطبيعية (NLP) والتعرف على الصور لاستخلاص نقاط بيانات ESG ذات الصلة من المستندات غير المنظمة، مثل ملفات PDF لتقارير الاستدامة. - تحليل ومراقبة بيانات ESG في الوقت الفعلي للشركات، والمحافظ الاستثمارية، وسلاسل التوريد، مما يساعد على تحديد المخاطر والفرص أولاً بأول.
---	--

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على: (Carbonstop, 2025), (MioTech, 2025)

2.2.4 سنغافورة:

برزت سنغافورة كدولة رائدة في تعزيز التمويل الأخضر في آسيا من خلال الانتقال نحو مستقبل مستدام ومنخفض الكربون. ولتشجيع الاستثمارات الخضراء، طورت سنغافورة مبادرات ومنصات متنوعة، مثل خطة سنغافورة الخضراء 2030 وخطة عمل التمويل الأخضر، اللتين توفران أطراً لتعبئة جهود القطاعين العام والخاص نحو تحقيق سنغافورة مستدامة وقادرة على التكيف مع تغير المناخ. ولدعم جهود سنغافورة لإزالة الكربون وتعميق سوق التمويل الأخضر، أعلنت الحكومة في ميزانية 2022 أن القطاع العام سيتولى زمام المبادرة من خلال إصدار ما يصل إلى 35 مليار دولار سنغافوري من السندات الخضراء بحلول عام 2030، بما في ذلك السندات الخضراء التي أصدرتها الحكومة وكذلك المجالس القانونية. (Ministry of Finance Singapore, 2025)

يشهد القطاع المالي في سنغافورة ازدهاراً بفضل الاندماج بين التكنولوجيا المالية والتمويل المستدام، وذلك من خلال تكنولوجيا مالية خضراء مدعومة بالذكاء الاصطناعي. وقد عملت سلطة النقد في سنغافورة، ومجلس التنمية الاقتصادية، والهيئات المحلية على تعزيز هذه الأسواق من خلال مشاريع مثل مشروع Green print في عام 2023، وهي شبكة تعتمد على تقنية البلوكتشين لشهادات البيئة والاجتماعية والحوكمة ESG. إضافة إلى بورصة تأثير المناخ في عام 2022، والتي تستخدم تكنولوجيا مراقبة الأرض، والتعلم الآلي، وتقنية البلوكتشين لتداول أرصدة الكربون القائمة على الطبيعة (Chow & et al, 2024, p. 04)، كما خصص البنك المركزي 50 مليون دولار سنغافوري لدعم مشاريع التكنولوجيا المالية الخضراء في سنغافورة. حيث تشجع سلطة النقد في سنغافورة شركات التكنولوجيا المالية والمؤسسات المالية على تطوير حلول التكنولوجيا المالية الخضراء (Fintech News Singapore, 2021).

لقد أعدت جمعية سنغافورة للتكنولوجيا المالية (SFA) خريطةً لبيئة التكنولوجيا المالية الخضراء والمستدامة بعد دراسة استقصائية للنظام البيئي. وتنقسم شركات التكنولوجيا المالية الخضراء العاملة حاليًا إلى ست فئات رئيسية هي: إعداد التقارير المتعلقة بالاستدامة والإشراف والمراقبة للشركات، البنية التحتية لسجلات بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية وسجلات الكربون، خدمات الكربون كخدمات ائتمان الكربون، التداول، الاستشارات، التتبع، جمع البيانات عن طريق انترنت الأشياء، الذكاء الاصطناعي الأقمار الصناعية، تحليل البيانات، والتكنولوجيا التنظيمية المتعلقة بالإشراف والمراقبة للمؤسسات المالية والشركات (United Overseas Bank , 2023, p. 19).

جدول رقم 05: شركات التكنولوجيا المالية الخضراء الرائدة والذكاء الاصطناعي في سنغافورة

الشركة	النشاط الرئيسي	كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في عملياتها
	منصة Greenprint ESG Registry هي مبادرة أطلقتها سلطة النقد في سنغافورة (MAS) بالتعاون مع STACS (وهي شركة رائدة في التكنولوجيا المالية) تأسست سنة 2024. تتمثل خدماتها الرئيسية في: - تعد أداة وطنية للمساعدة في تبسيط الإبلاغ عن بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات، خاصة الشركات الصغيرة والمتوسطة، وتوفير بيانات موثوقة للقطاع المالي. - تعمل على أتمتة عملية جمع بيانات ESG عبر سلاسل القيمة، بما في ذلك الموردين والبائعين والشركات التابعة. - تُساعد الشركات الكبيرة على معالجة نقاط الانبعاثات الساخنة من خلال حلول إزالة الكربون. - تُمكن المؤسسات المالية من توسيع نطاق منتجات التمويل الأخضر الخاصة بها عن طريق إدراجها في سوق Gprnt.	تستخدم Gprnt الذكاء الاصطناعي بشكل متعمق لتبسيط وتحسين عملية إعداد تقارير الاستدامة كما يلي: - تعتمد على الذكاء الاصطناعي وواجهات برمجة التطبيقات (APIs) لجمع بيانات ESG (البيئية والاجتماعية والحوكمة) تلقائيًا عبر سلاسل القيمة المعقدة. يشمل جمع البيانات من الموردين، والبائعين، والشركات التابعة، مما يقلل بشكل كبير من العبء اليدوي لجمع المعلومات. - تستخدم الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) وواجهات برمجة تطبيقات البيانات على نطاق واسع لتمكين الشركات الصغيرة والمتوسطة من إنشاء تقارير الانبعاثات الأساسية في دقائق معدودة. - تحليل البيانات المجمعة لتحديد الأنماط، ونقاط الانبعاثات الساخنة، وفرص إزالة الكربون. - استخدام البيانات المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتقييم أداء الاستدامة للشركات بكفاءة أكبر وتقديم منتجات تمويل أخضر مخصصة عبر سوق Gprnt.
	تأسست GreenFi سنة 2025 وتقدم مجموعة من المنتجات تخدم كلاً من الشركات والمستهلكين: - برنامج الذكاء الاصطناعي ESG للشركات: نظام برمجي مدعوم بالذكاء الاصطناعي لتقييم المخاطر المتعلقة بالبيئة والحوكمة لاجتماعية، أتمتة جمع بيانات ESG، وتحليلها، ومراقبة أداء الاستدامة في الوقت الفعلي، وتحديد المخاطر.	تستخدم GreenFi الذكاء الاصطناعي بشكل جوهري لأتمتة وتبسيط عمليات ESG المعقدة كما يلي: - معالجة كميات هائلة من البيانات غير المهيكلة وربطها بالتوجهات والمخاطر والفرص المتعلقة بالاستدامة. - اكتشاف أحداث ESG وعوامل الخطر والفرص بشكل فوري عبر الأعمال والعملاء والمحافظ الاستثمارية والمعاملات وسلاسل التوريد.

الخدمات المصرفية والاستثمارية الخضراء للمستهلكين: تُقدم حسابات توفير وحسابات جارية صديقة للمناخ، وبطاقات ائتمان صديقة للبيئة، وقروضاً خضراء، مع التزام بعدم تمويل الوقود الأحفوري.	أتمتة وتبسيط عمليات العناية الواجبة لـ ESG وإعداد التقارير، مما يقلل من المهام اليدوية ويزيد من الكفاءة والامتثال للمعايير الدولية. تتيح المنصة لوحات معلومات ذكية وتنبيهات في الوقت الفعلي لتتبع التقدم في مقاييس ESG الرئيسية.
---	--

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على: (Greenfi, 2025) (gprnt, 2025)

5. الخاتمة:

إن الانتقال من التكنولوجيا المالية التقليدية إلى التكنولوجيا المالية الخضراء ليس مجرد توجه، بل هو تطور ضروري لمواجهة التحديات البيئية العالمية. ومع استمرار شركات التكنولوجيا المالية الخضراء في الابتكار ودمج الذكاء الاصطناعي في عملياتها، فإنها تمهد الطريق لمستقبل مالي أكثر استدامةً. ومن خلال الدراسة تم التوصل إلى النتائج التالية:

- تتوزع منتجات التكنولوجيا المالية الخضراء وحالات استخدامها ضمن أربع فئات رئيسية هي حلول تحليلات بيانات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية الرقمية، تحليل المخاطر الرقمية الخضراء وتكنولوجيا التأمين، حلول التكنولوجيا التنظيمية الخضراء، حلول أخرى للتكنولوجيا المالية الخضراء، غير أن منصات إدارة الكربون تعتبر المنتج الأساسي حيث توفر حلاً متكاملاً لتتبع وقياس الانبعاثات وتوفير الأدوات اللازمة لخفضها وإعداد تقارير الإفصاح لضمان الامتثال والشفافية.
- تقوم التكنولوجيا المالية الخضراء بتسهيل الاستثمارات في المشاريع الخضراء عالمياً بل تعتبر دافعاً رئيسياً لها، حيث يظهر السوق العالمي للتكنولوجيا المالية الخضراء نمواً متواصلاً بسبب تغير تفضيلات المستهلكين وتنامي الوعي البيئي، وتطور التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي إلى غيره من الأسباب.
- تظهر التكنولوجيا المالية الخضراء المدعومة بالذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والبلوكتشين آفاقاً واعدة لتحقيق أهداف الاستدامة البيئية كتحفيز تكاليف المعاملات وتعزيز شمولية التمويل الأخضر، إلا أن هناك العديد من التحديات التي يجب معالجتها كتحديات الخصوصية والأمن وتخفيف الأثر البيئي للتقنيات المستخدمة.
- لقد تجلّى التنبؤ المتنامي للذكاء الاصطناعي من قبل التكنولوجيا المالية الخضراء في مسارين تطوريين رئيسيين، تطبيقات مبكرة وأساسية للذكاء الاصطناعي كتحليل المخاطر وإدارتها وتحليل البصمة الكربونية، وتطبيقات متقدمة للذكاء الاصطناعي كتحليل وتقييم الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية وذلك استجابة للتحديات الحديثة من أجل التحول نحو الاستدامة.
- تحلل خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي مجموعات بيانات واسعة لتحسين استخدام الطاقة، والتنبؤ بالمخاطر البيئية، وتحديد فرص الاستثمار المستدامة. تُمكن هذه التقنيات المؤسسات المالية والمستثمرين من اتخاذ قرارات مدروسة تتماشى مع أهداف الاستدامة وتسهيل الوصول للتمويل المستدام.
- تعتبر المملكة المتحدة، ألمانيا، الصين، وسنغافورة من الدول الرائدة عالمياً في التمويل الأخضر والتكنولوجيا المالية الخضراء بفضل الدعم الحكومي القوي والسياسات التنظيمية المحفزة، حيث تعتمد التكنولوجيا المالية الخضراء في هاته المراكز على البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي على نطاق واسع في مراقبة وتنظيم

المشاريع الخضراء، وتحسين عمليات الدفع والتسوية، وتطوير المنتجات والخدمات المالية الخضراء، وتقديم الاستشارات الآلي (robo-advisory)، وتداول الطاقة.

■ تتصدر شركات Gprnt ، MioTech، Carbonstop، Arabesque، Climatiq، Natcap، Earthchain، GreenFi الطليعة في شركات التكنولوجيا المالية الخضراء في الدول محل الدراسة، حيث تُقدم حلولاً متقدمة لمعالجة تحديات الاستدامة البيئية والمالية على نطاق عالمي. كما تركز على تطوير منتجات أساسية تشمل منصات متكاملة لمحاسبة وإدارة الكربون، وتقديم بيانات وتحليلات دقيقة لمعايير البيئة والحوكمة الاجتماعية للشركات ESG، بالإضافة إلى توفير رؤى حول رأس المال الطبيعي والمخاطر البيئية. تعتمد هاته الشركات بشكل أساسي على الذكاء الاصطناعي كركيزة تقنية لعملياتها، فمن خلال خوارزميات التعلم الآلي ومعالجة اللغات الطبيعية وتحليل البيانات الضخمة، تتمكن من أتمتة جمع البيانات المعقدة وغير المهيكلة، وتقييم المخاطر البيئية والمالية بدقة فائقة، وتوقع الانبعاثات، وتقديم رؤى قابلة للتنفيذ تدعم اتخاذ القرارات الاستثمارية والإدارية وبالتالي تسريع التحول نحو اقتصاد عالمي أكثر استدامة وشفافية.

6. قائمة المراجع:

- Costa, M. (2025, May 23). *How China's green commitments are shaping its financial regulation*. Récupéré sur Green Central Banking: <https://greencentralbanking.com/2025/05/23/how-chinas-green-commitments-are-shaping-its-financial-regulation/>
- Hassanein, A., & Tharwat, H. (2024). Artificial Intelligence (AI) and Green Finance. Dans *Green Finance for Sustainable Development*. Springer International Publishing.
- Padhiar, J., & Christiaen, C. (2024). *Green Fintech 2.0 Next Generation Climate and Environmental Analytics to Accelerate Green Finance*. CGFI UK center for greening finance and investment .
- Safitri, C., & Fasa, M. (2024). The Role of Fintech and Green Investment in Driving Sustainable Transactions. *Islamic Economics and Finance Journal*, 3(2).
- Yue, M., & Nedopil, C. (2025). *China green finance status and trends 2024-2025*. Griffith Asia Institute, Griffith University and Green Finance &.
- Carbonstop. (2025, July 08). Récupéré sur Carbonstop: <https://www.carbonstop.com/en>
- Chow, W., & et al. (2024). *White Paper: Green FinTech and Data Centres in Singapore*. Singapore green finance center.
- Climatiq. (2025, July 06). Récupéré sur <https://www.climatiq.io/>
- dfgf. (fgf). gdf. fdg: dfg.
- Duscha, M. (2020). *FOCUS NOTE SERIES ON FINTECH FOR SUSTAINABILITY: CURRENT LANDSCAPE AND KEY OPPORTUNITIES*. Fair Finance Institute, Green Digital Finance Foundation: Marianne Haahr.
- Earthchain. (2025, July 06). Récupéré sur Earthchain: <https://www.earthchain.co/>
- Fintech News Singapore. (2021, March 16). *Behind Singapore's Ambitions to be Asia's Leading Centre for Green Fintech*. Récupéré sur Fintech News Singapore: <https://fintechnews.sg/49672/fintech/behind-singapores-ambitions-to-be-asias-leading-centre-for-green-fintech/>
- Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. (2024). *STOCKTAKING SUSTAINABLE FINANCE PRODUCTS IN GERMANY*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Geisler, M., Mascarenhas, M., & You, Q.-Y. (2025, February 04). *Fintech 2023/2024*. Récupéré sur BDO Germany: <https://www.bdo.de/en-gb/insights/updates/branchencenter/fintech-2023-2024>

- Global Market Estimates. (2024, March 01). *Green Fintech Market Size – Global Forecasts to 2029*. Récupéré sur Global Market Estimates: <https://www.globenewswire.com/news-release/2024/03/01/2838716/0/en/Green-Fintech-Market-Size-Global-Forecasts-to-2029.html>
- gprnt. (2025, July 07). Récupéré sur gprnt: <https://www.gprnt.ai/>
- Green Digital Finance Alliance. (2022). *A Green Fintech Taxonomy and Data Landscaping*. Récupéré sur <https://www.greendigitalfinancealliance.org/initiatives/green-fintech-classification>
- Greenfi. (2025, July 06). Récupéré sur Greenfi: <https://greenfi.ai/>
- Jung-Chieh , L., Ting , L., & Lihui , Z. (2025). Environmental concerns and green trust in continuous green fintech use: an expectation confirmation model with insights from Ant Forest. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1).
- Ministry of Finance Singapore. (2025, june 12). *Green Bonds*. Récupéré sur Government of Singapore: <https://www.mof.gov.sg/policies/fiscal/greenbonds>
- MioTech. (2025, July 08). Récupéré sur MioTech: <https://www.miotech.com/en-US>
- Mwafag, M. (2024). The impact of green financial technology (Fintech) on sustainable development : A case study of Europe. *Seybold Report Journal*, 19(1).
- NatCap research. (2025, July 06). Récupéré sur NatCap research: <https://natcapresearch.com/>
- Oluwafemi , E., & et al. (2024). The evolution of green fintech: Leveraging AI and IoT for sustainable financial services and smart contract implementation. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23(1).
- Paulson Institute, Tsinghua University. (2020). *Fintech Facilitates the Sustainable Development of Green Finance in China: Cases and Outlook*. Paulson Institute Green Finance Center, Research Center for Green Finance Development of Tsinghua University.
- Puschmann, T., Hoffmann, C., & Khmarskyi, V. (2020). How Green FinTech Can Alleviate the Impact of Climate Change—The Case of Switzerland. *Sustainability Journal*, 12(24).
- PwC. (2023, April). *Government launches updated Green Finance Strategy*. Récupéré sur PwC: <https://www.pwc.co.uk/financial-services/assets/pdf/government-launches-updated-green-finance-strategy.pdf>
- Sabilika, K. (2024). *Green Fintech Market Review*. The Financial Sector Conduct Authority (FSCA).
- Ściślak, J. (2024, November 19). *Green Fintech 2025 – Trends, Actions, Impact*. Récupéré sur Code & Pepper - Software Development Company: <https://codeandpepper.com/green-fintech-2025-trends-actions-impact/>
- Shuaib , A., & et al. (2025). Fintech and Artificial Intelligence for Sustainable Sustainable Development: Business Driver Promoting the Green Finance in India. Dans R. Bansal, & et al, *Harnessing Fintech and Artificial Intelligence for Promoting Green Finance and Sustainable Development*. DELHI: Modern Book House Publishers & Distributors.
- the Arabesque Group . (2025, July 06). Récupéré sur <https://www.arabesque.com/about-us/the-arabesque-group/>
- the UK Government. (2023). *Mobilising Green Investment - 2023 Green Finance Strategy*. the Open Government Licence v3.0.
- Thompsett, L. (2024, March 20). *Top 10: Sustainable Fintech Trends*. Récupéré sur Fintech Magazine: <https://fintechmagazine.com/articles/top-10-sustainable-fintech-trends>
- United Overseas Bank . (2023). *FinTech in ASEAN 2023: Seeding the Green Transition*. United Overseas Bank UBO, “PwC Singapore, Singapore FinTech Association .