

السندات الخضراء والأدوات المالية المستدامة في ضوء التحول الرقمي: دراسة مقارنة معمقة للمؤسسات المالية الدولية (2015–2024)

Green Bonds and Sustainable Financial Instruments in the Light of Digital Transformation : An In-Depth Comparative Study of International Financial Institutions (2015–2024)

بوزانة أيمن^{1*}

¹ جامعة تيبازة (الجزائر)، مخبر LREAGRDT، bouzana.aimen@univ-tipaza.dz

تاريخ النشر: 2026/06/30

تاريخ المراجعة: 2026/04/25

تاريخ الاستلام: 2026/03/24

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة مقارنة معمقة لواقع السندات الخضراء وأدوات المالية المستدامة في أبرز المؤسسات المالية الدولية، في إطار مسار التحول الرقمي المتسارع الذي يشهده القطاع المالي العالمي. انطلقت الدراسة من إشكالية رئيسية تتمحور حول الكيفية التي يُعيد بها التحول الرقمي تشكيل بنية هذه الأسواق وأثر ذلك في كفاءة الأدوات المالية الخضراء وجاذبيتها للمستثمرين. اعتمد البحث منهجية كمية-نوعية مزدوجة تجمع بين تحليل بيانات لوحية متوازنة (Balanced Panel Data) لـ 18 مؤسسة مالية دولية خلال الفترة 2015–2024 (180 مشاهدة)، وتحليل مقارن لمؤشرات أداء السوق الدولية. أظهرت النتائج أن سوق السندات الخضراء العالمية بلغت قيمتها التراكمية 4.2 تريليون دولار عام 2024، بمعدل نمو سنوي مركب بلغ 38.7٪ خلال الفترة المدروسة. كما أثبت نموذج الانحدار ذو الآثار الثابتة (Fixed Effects) وجود أثر إيجابي ومعنوي للتحول الرقمي ($\beta=0.0312$)، ($p<0.001$) على حجم الإصدارات، فيما كشف اختبار T للعينات المستقلة عن تكافؤ أداء السندات الخضراء والتقليدية في معدل العائد المعدل بالمخاطر ($p=0.398$) مع تفوق السندات الخضراء في العائد التراكمي خمس سنوات ($+1.6$ نقطة مئوية، $p=0.007$). يُطوّر البحث إطاراً تحليلياً مقترحاً (DSFRI) خماسي الأبعاد لتقييم جاهزية المؤسسات المالية لإصدار أدوات مالية مستدامة رقمية.

الكلمات المفتاح: سندات خضراء؛ مالية مستدامة؛ تحول رقمي؛ ESG؛ مؤسسات مالية دولية.

تصنيف JEL: G21؛ G23؛ G42.

Abstract:

This paper presents an in-depth comparative study of green bonds and sustainable financial instruments across major international financial institutions (IFIs), within the context of accelerating digital transformation in global capital markets. The central research question examines how digitalization reshapes the architecture of green bond markets and its implications for the efficiency and investor attractiveness of sustainable financial instruments. Employing a mixed quantitative-qualitative methodology, the study analyses balanced panel data from 18 IFIs over 2015–2024 ($n=180$), combined with a comparative analysis of three benchmark institutions (EIB, World Bank, ADB). Findings indicate that the cumulative global green bond market reached USD 4.2 trillion in 2024, with a CAGR of 38.7%. Fixed-effects panel regression confirms a significant positive impact of digital transformation on issuance volumes ($\beta=0.0312$, $p<0.001$), while independent-samples T-tests reveal no statistically significant difference in risk-adjusted returns between green and conventional bonds ($p=0.398$). Green bonds outperform on five-year cumulative returns ($+1.6$ pp, $p=0.007$) and exhibit lower price volatility ($p=0.016$). The paper develops the Digital Sustainable Finance Readiness Index (DSFRI), a five-dimensional analytical framework for assessing institutional readiness for digital green bond issuance.

Keywords: Green Bonds; Sustainable Finance; Digital Transformation; ESG; International Financial Institutions.

Jel Classification Codes: G21; G23; G42.

I- تمهيد:

يشهد النظام المالي العالمي تحولاً بنوياً جذرياً يتجسد في تقاطع مسارين متوازيين ومتكاملين: مسار التحول الرقمي المتسارع الذي أعاد رسم ملامح الوساطة المالية وآليات تعبئة رأس المال، ومسار الاستدامة المالية الذي يسعى إلى إعادة توجيه التدفقات الرأسمالية العالمية نحو الاقتصاد الأخضر. وفي قلب هذا التحول، تبرز السندات الخضراء وأدوات المالية المستدامة بوصفها الترجمة العملية الأكثر وضوحاً لمفهوم دمج الاعتبارات البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG) في منطق الأسواق المالية.

منذ إصدار بنك الاستثمار الأوروبي (EIB) أول سند أخضر في التاريخ عام 2007، ثم تبعه البنك الدولي عام 2008، شهدت هذه السوق نمواً أسيماً لافتاً تجاوز توقعات أكثر المتفائلين. ومع بلوغ إجمالي الإصدارات السنوية عتبة التريليون دولار في عام 2023، وتراكم سوق عالمية تُقدَّر بـ 4.2 تريليون دولار بنهاية عام 2024 (CBI, 2024)، أصبح لزاماً إجراء مراجعة علمية شاملة لواقع هذه الأدوات في ضوء الثورة الرقمية الجارية. وتكتسب هذه المراجعة أهمية مضاعفة مع تزايد الأسئلة المشروعة حول قضية 'الغسيل الأخضر' (Greenwashing) وإمكانية مواجهتها بأدوات رقمية.

I. 1- إشكالية الدراسة:

كيف يُعيد التحول الرقمي تشكيل بنية سوق السندات الخضراء وأدوات المالية المستدامة على مستوى المؤسسات المالية الدولية، وما مدى انعكاس ذلك على كفاءة هذه الأدوات وجاذبيتها للمستثمرين المؤسسيين؟

وتتفرع عن هذه الإشكالية التساؤلات الفرعية الآتية:

- ما الأطر التنظيمية والمعايير الدولية الحاكمة لإصدار وتداول السندات الخضراء وأدوات المالية المستدامة؟
- كيف تتباين استراتيجيات المؤسسات المالية الدولية في تبني أدوات المالية المستدامة الرقمية؟
- هل تُحقق السندات الخضراء أداءً مالياً مكافئاً للسندات التقليدية مع تقديم قيمة مضافة بيئية موثقة؟
- ما الدور الذي تؤديه التكنولوجيا في تعزيز شفافية وكفاءة أسواق التمويل المستدام؟

I. 2- فرضيات الدراسة:

- H₁: يُوجد التحول الرقمي أثراً إيجابياً معنوياً في حجم إصدارات السندات الخضراء وتنوع أدوات المالية المستدامة على مستوى المؤسسات المالية الدولية.
- H₂: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في معدلات العائد المعدّل بالمخاطر بين السندات الخضراء ونظيراتها التقليدية على الأجل المتوسط.
- H₃: تُمثّل جودة الإفصاح البيئي والرقمي المتغير الأكثر تأثيراً في تحديد قيمة السندات الخضراء (Greenium) في الأسواق الثانوية.

I. 3- أهمية الدراسة:

تستمد هذه الدراسة أهميتها من ثلاثة أوجه متكاملة: فعلى الصعيد العلمي، تُسهم في سدّ فجوة بحثية واضحة في الأدبيات العربية المتعلقة بالتحليل الكمي المقارن لأداء أدوات المالية المستدامة الرقمية، لا سيما على مستوى البيانات اللوحية (Balanced Panel Data). وعلى الصعيد العملي، تُقدم للمسؤولين والممارسين في الأسواق المالية الناشئة إطاراً مرجعياً (DSFRI) مستمداً من تجارب دولية ناجحة وقابلاً للتكيف مع السياقات المحلية. وعلى صعيد الراهن، تأتي في توقيت بالغ الأهمية مع اشتداد الزخم الدولي نحو التمويل المناخي في أعقاب مؤتمري COP28 و COP29.

I. 4- منهجية الدراسة وحدودها:

اعتمد البحث منهجاً كمياً-نوعياً مزدوجاً: في شقه الكمي، تم تحليل بيانات لوحية متوازنة (Balanced Panel Data) لـ 18 مؤسسة مالية دولية على مدى 10 سنوات (2015-2024)، بإجمالي 180 مشاهدة، باستخدام نماذج الانحدار ذي الآثار الثابتة (Fixed Effects) المصححة بأخطاء Driscoll-Kraay المعيارية، وتحليلات مقارنة الأداء. أما في شقه النوعي، فاعتمد أسلوب دراسة الحالة المقارنة (Comparative Case Study) لثلاث مؤسسات مالية دولية نموذجية وفق معيار الاختيار القصدي (Purposive Sampling). ولتحليل البيانات، استُخدم برنامجا Stata 17 و Excel المتقدم. وتتجلى الحدود الزمنية للبحث في الفترة 2015-2024، فيما تنحصر حدوده المكانية في المؤسسات المالية الدولية متعددة الأطراف.

II. الإطار النظري والأدبيات السابقة:

II. 1- التأصيل المفاهيمي: السندات الخضراء: المفهوم، التطور والتصنيف:

تُعرف السندات الخضراء (Green Bonds) في أدبيات المالية الدولية بأنها أدوات دين ذات دخل ثابت تُصدرها كيانات سيادية أو مؤسسية أو تجارية، بهدف تعبئة التمويل اللازم لمشاريع وأنشطة ذات أثر بيئي إيجابي موثق. ويمثل شرط التخصيص (Use of Proceeds) الركيزة الجوهرية المميّزة لهذه الأدوات؛ إذ تلتزم الجهة المصدرة بتوجيه عائدات الإصدار بالكامل نحو تمويل مشاريع خضراء مؤهلة وفق معايير دولية محددة (ICMA, 2021,p3) وقد تطور هذا المفهوم ليُوسّع ليشمل مبدأ إدارة العائدات (Management of Proceeds)، ومتطلبات التقارير الدورية (Reporting)، وآليات التحقق الخارجي (External Review) باعتبارها أركاناً متكاملة في منظومة مبادئ السندات الخضراء.

II. 2- مراحل التطور التاريخي:

مرّ تطور السندات الخضراء بمراحل تطور تاريخية حدد كما يلي: (World Bank. 2024)

- المرحلة التأسيسية (2007-2013): إطلاق أول سند أخضر من طرف EIB (2007) ثم البنك الدولي (2008)، وتميّزت بمحدودية الإصدارات وغياب المعايير الموحدة والاعتماد الكلي على المصدرين من القطاع العام متعدد الأطراف.
- مرحلة التأسيس المؤسسي (2014-2019): نضج منهجي متسارع بإصدار مبادئ السندات الخضراء (GBP 2014)، وانضمام المصدرين من القطاع الخاص، ووضع أطر تصنيف (Taxonomy) أوروبية وآسيوية، وظهور التحقق المستقل من طرف مؤسسات متخصصة كـ Vigeo Eiris و Sustainalytics.
- مرحلة الانتشار الواسع والرقمنة (2020-2024): فقرة كمية كبرى في الإصدارات، وظهور السندات الخضراء الرقمية (Digital Green Bonds) المسجلة على تقنية البلوكتشين، وتكامل منصات التداول الذكي، وبروز الإصدارات السيادية كمحرك أساسي للنمو.

II. 3- تصنيف أدوات المالية المستدامة:

تصنف أدوات المالية المستدامة الصديقة للبيئة حسب Climate Bonds Initiative (CBI) إلى خمس أدوات حسب العديد من المعايير، والتي تقسم بدورها حسب البية الاستفادة ضمن مشاريع بيئية محددة ذات أثر اجتماعي وبيئي معززة بذلك تواجهها في السوق المالي حسب ما يوضحه الجدول التالي:

الجدول (01): تصنيف أدوات المالية المستدامة حسب الخاصية التمييزية

الحصة السوقية 2024	الأطر المرجعية	آلية الاستهداف	معيّار التصنيف	نوع الأداة
61.4%	GBP / CBI Standard	مشاريع بيئية محددة	استخدام العائدات (Use of Proceeds)	السندات الخضراء
14.2%	SBP — ICMA	مشاريع ذات أثر اجتماعي	استخدام العائدات	السندات الاجتماعية
8.7%	SBG — ICMA	مشاريع بيئية واجتماعية	استخدام العائدات	سندات الاستدامة
12.1%	SLBP — ICMA	التزامات مؤسسية شاملة	أهداف الأداء (KPIs)	SLB — مرتبطة بالاستدامة
3.6%	Climate Bonds Standard	تحويل الصناعات الملوثة	مسار التحول المناخي	السندات الانتقالية

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على المرجع التالي: (Climate Bonds Initiative (CBI), Green Bond Market Summary Q4 2024; ICMA 2024)

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن الحصة السوقية للسندات الخضراء أكبر من الحصة السوقية لبقية الأدوات ومشاريع ذات بيئة محددة لها أثر اجتماعي ويبي اعتماداً على أطر مرجعية محددة وباستخدام العائدات تم الاستثمار فيها.

II. 4- التحول الرقمي محركاً لأسواق المالية المستدامة:

أثبتت الأبحاث الحديثة أن التكنولوجيا لا تمثل مجرد قناة توزيع جديدة، بل تحدث تحولاً جذرياً في بنية أسواق التمويل المستدام ذاتها عبر خمسة محاور رئيسية: (Ozili, P. K. 2022,p17)

- تقنية البلوكتشين (Blockchain): تُعالج مشكلة الغسيل الأخضر من خلال تتبع الإنفاق الفعلي في الوقت الحقيقي؛ وقد وثقت دراسة (Yermack (2022) انخفاض تكاليف التحقق البيئي بنسبة 73٪ في الإصدارات المسجلة رقمياً.

- الذكاء الاصطناعي (AI): يُعزز دقة التقييم البيئي (Environmental Scoring) من خلال تحليل بيانات الأقمار الاصطناعية وبيانات الاستشعار عن بُعد، مُحوّلاً تقارير الأثر من وصفية سنوية إلى قياسية آنية.

- الرمزية الرقمية (Tokenization): تُتيح تجزئة السندات الخضراء إلى وحدات صغيرة تُسهل في توسيع قاعدة المستثمرين الأفراد وتحقيق الشمول المالي الأخضر.

- منصات التداول الذكي: تُقلّص تكاليف المعاملات وهوامش العروض (Bid-Ask Spreads)، مما يُعزّز سيولة الأسواق الثانوية - وهي نقطة الضعف التاريخية لهذه الأدوات.

- إعداد التقارير الآنية (Real-time Reporting): تدريجياً تحل محل تقارير التأثير السنوية الملزمة تقليدياً، مما يرفع مستوى الشفافية ويعزز ثقة المستثمرين المؤسسيين.

II. 5- مراجعة الأدبيات السابقة وتحديد الفجوة البحثية:

يمكن تصنيف الأدبيات السابقة في ثلاث موجات: تناولت الموجة الأولى (2014-2018) أداء السندات الخضراء مالياً، وخلصت إلى وجود 'فجوة سعرية خضراء' (Greenium) موجبة ضئيلة تتراوح بين 1 و9 نقاط أساس (Zerbib, p40, 2019)، أما الموجة الثانية (2019-2022) فاهتمت بأثر الإفصاح البيئي في تسعير هذه الأدوات وخلق القيمة للمساهمين (Tang & Zhang, 2020, p62) ; (Flammer, 2021,p545). في حين ركّزت الموجة الثالثة الراهنة على التقاطع بين الرقمنة والمالية المستدامة، وهو محور لا يزال يفتقر إلى دراسات كمية مقارنة شاملة تستند إلى بيانات لوحية متعددة المؤسسات — وهنا تحديداً تكمن الفجوة البحثية التي تسعى هذه الورقة إلى ملئها.

III. تحليل سوق السندات الخضراء العالمية — المؤشرات والاتجاهات:

III. 1- الحجم والنمو: قراءة في الأرقام:

شهدت السنوات العشر الأخيرة نمواً متصاعداً في سوق السندات الخضراء العالمية، تسارعت وتيرته مع تنامي التوافق الدولي حول ضرورة التحول المناخي وتزايد ضغوط المستثمرين المؤسسيين ومتطلبات الإفصاح التنظيمية. ويُوثّق الجدول التالي هذا التطور التسلسلي:

الجدول (02): تطور إصدارات السندات الخضراء العالمية 2015-2024.

السنة	الإصدارات (مليار \$)	العدد التراكمي	الحصة من سوق الدين %	معدل النمو السنوي %	أبرز المصدرين
2015	41.8	487	0.04%	+35.2%	EIB, KfW, IFC
2016	81.6	1,024	0.08%	+95.2%	BNP Paribas, Apple
2017	155.5	1,851	0.14%	+90.6%	الأسواق الناشئة
2018	167.3	2,341	0.15%	+7.6%	Fannie Mae
2019	257.5	3,210	0.22%	+54.0%	Netherlands Gov.
2020	269.5	3,948	0.21%	+4.7%	Germany Gov.
2021	522.7	5,243	0.38%	+94.0%	EU, US Corporates
2022	487.1	6,127	0.41%	-6.8%	Japan, Korea
2023	575.3	7,204	0.47%	+18.1%	Sovereign Issuers
2024*	623.8	8,312	0.51%	+8.4%	Digital Green Bonds

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على المرجع التالي: (Climate Bonds Initiative (CBI), 2024 Green Bond Market Summary; Bloomberg).
(Terminal) * تقديرات أولية للعام كاملاً.

يكشف التحليل التسلسلي عن ثلاث ملاحظات جوهرية: أولاً، نمو تراكمي يتجاوز 1,392٪ على امتداد عقد واحد، وهو معدل نمو استثنائي يفوق معدلات جميع فئات الأصول المالية التقليدية في الفترة ذاتها. ثانياً، مرونة السوق أمام صدمة كوفيد-19 (2020) إذ انتعشت بقوة في 2021 (+94٪)، خلافاً لأسواق الدين التقليدية. ثالثاً، بروز 'المصدرين الرقميين' (Digital Green Bond Issuers) منذ 2023، مما يُنبئ بتحوّل نوعي في بنية السوق نحو الرقمنة الكاملة.

III. 2- التوزيع الجغرافي والقطاعي:

الجدول التالي يوضح التوزيع الجغرافي والقطاعي لإصدار السندات الخضراء وعلاقته بالرقمنة سنة 2024:

الجدول (03): التوزيع الجغرافي والقطاعي لإصدارات السندات الخضراء وعلاقته بالرقمنة (2024).

المنطقة / القطاع الأبرز	الحصة الجغرافية %	الحصة القطاعية %	مؤشر التحول الرقمي 10/	Greenium (نقطة أساس)
أوروبا — طاقة متجددة	43.2%	32.8%	8.4 / 10	-6.2 bp
آسيا والمحيط الهادئ — بنية تحتية	27.6%	21.4%	7.1 / 10	-4.8 bp
أمريكا الشمالية — مبان خضراء	18.4%	19.3%	7.8 / 10	-5.4 bp
الأسواق الناشئة — نقل مستدام	7.2%	14.7%	5.3 / 10	-2.1 bp
الشرق الأوسط وأفريقيا — موارد مائية	3.6%	11.8%	4.2 / 10	-1.4 bp

المصدر: من إعداد الباحث. اعتماداً على المرجع التالي: (ICMA Green Bond Database 2024; Refinitiv Eikon).

تكشف بيانات الجدول عن علاقة طردية واضحة بين درجة التحول الرقمي للمنطقة/القطاع ومستوى Greenium المتحقق: أوروبا الأعلى رقمناً (10/8.4) تُسجل أعلى Greenium (-6.2 نقطة أساس)، فيما يحقق الشرق الأوسط وأفريقيا الأدنى رقمناً (10/4.2) أدنى Greenium (-1.4 نقطة أساس). هذه العلاقة المتسقة تدعم الفرضية الثالثة (H3) مبدئياً، وستُختبر لاحقاً بالأدوات الإحصائية المناسبة.

IV. دراسة الحالة المقارنة — ثلاث مؤسسات مالية دولية نموذجية:

اختار البحث ثلاث مؤسسات مالية دولية وفق معياري التنوع المؤسسي وريادة الابتكار في مجال السندات الخضراء الرقمية، مُطَبِّقاً بذلك أسلوب الاختيار القصدي (Purposive Sampling) الموجّه بالنظرية: بنك الاستثمار الأوروبي (EIB) بوصفه الرائد التاريخي (European Investment Bank (EIB). 2024)، ومجموعة البنك الدولي (WB) بوصفها النموذج المتكامل (World Bank. 2024)، وبنك التنمية الآسيوي (ADB) بوصفه الجسر نحو الأسواق الناشئة. (Asian Development Bank (ADB). 2024).

IV. 1- بنك الاستثمار الأوروبي (EIB): رائد السندات الخضراء الرقمية:

الجدول التالي يبرز أهم مؤشرات نشاط بنك الاستثمار للسندات الخضراء الرقمية والعادية في مجال التمويل المستدام:

الجدول (04): المؤشرات الرئيسية لنشاط EIB في مجال التمويل المستدام (2015-2024)

إصدارات السندات الخضراء (مليار €)	3.1	4.8	7.2	9.4	12.3	68.7
عدد الإصدارات	12	18	24	31	38	194
نسبة السندات الخضراء / إجمالي الديون %	14.2%	22.7%	31.8%	42.6%	55.3%	—
متوسط آجال الاستحقاق (سنة)	7.4	8.1	9.2	10.3	11.8	—
مؤشر الشفافية البيئية (100-0)	62.1	71.4	79.8	87.3	94.2	—
السندات الخضراء الرقمية (مليون €)	0	0	100	750	2,400	3,250

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على المرجع التالي: (EIB Annual Reports 2015-2024; EIB Climate Action & Environmental Sustainability Report)

في أبريل 2021، أصدر بنك الاستثمار الأوروبي أول سند رقمي أخضر في التاريخ بقيمة 100 مليون يورو، مُسجَّل بالكامل على منصة بلوكتشين متصريح بها (Permissioned Blockchain)، بمشاركة Goldman Sachs و Santander و Société Générale. أفضت هذه التجربة الريادية إلى نتائج موثقة قابلة للتعميم: تراجعت تكاليف التسوية بنسبة 68٪، وتقلص زمن التسوية من يومي عمل (T+2) إلى أقل من ست ساعات، واستُحضرت قابلية تتبع آنية كاملة لاستخدام العائدات، كما بلغت نسبة الاشتراك 3.7 أضعاف الطلب المعتاد على إصدارات مماثلة.

IV. 2- مجموعة البنك الدولي: المنظومة الشاملة للمالية المستدامة:

يمكننا من خلال هذا الجدول التركيز على مقارنة الأدوات المالية حسب نسبة استقطاب المستثمرين وكذلك متوسط العائد المحقق، والاصدار التراكمي خلال الفترة 2019-2024:

الجدول (05): مقارنة أداء أدوات المالية المستدامة لمجموعة البنك الدولي (2019-2024)

الأداة المالية	الإصدار التراكمي (مليار \$)	متوسط العائد %	Greenium (bp)	مؤشر الأثر البيئي 10/	نسبة مستثمري ESG %
السندات الخضراء (IBRD)	22.4	3.87%	-5.8 bp	8.6	74.3%
سندات الاستدامة (IDA)	8.7	4.12%	-4.2 bp	8.1	68.7%
السندات الاجتماعية (IFC)	6.3	4.01%	-3.7 bp	7.4	61.2%
السندات المرتبطة بـ SDGs	3.8	4.23%	-2.9 bp	7.8	58.9%
رموز الكربون الرقمية	1.2	3.64%	-8.1 bp	9.2	82.4%

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على المرجع التالي: World Bank Treasury Reports 2024; IFC Sustainability Reports

تُبرز البيانات أن رموز الكربون الرقمية تُحقق أعلى Greenium (-8.1 نقطة أساس) وأعلى نسبة استقطاب لمستثمري ESG (82.4٪)، مما يُرسخ القناعة العلمية بأن الرقمنة تُضاعف الجاذبية الاستثمارية لأدوات المالية المستدامة عبر تعزيز الشفافية والمصدقية. ولافت أيضاً أن متوسط العائد الأدنى يعود لرموز الكربون الرقمية (3.64٪)، وهو ما يُشير إلى استعداد المستثمرين لقبول عائد أقل مقابل التحقق الفوري من الأثر البيئي.

IV. 3- بنك التنمية الآسيوي (ADB): نموذج الأسواق الناشئة

الجدول (06): مقارنة مؤشرات الكفاءة: السندات الخضراء التقليدية مقابل الرقمية في (ADB (2021-2024)

المؤشر	السندات الخضراء التقليدية	السندات الخضراء الرقمية	الفارق	الدلالة الإحصائية
تكلفة الإصدار (نقطة أساس)	28.4	9.7	-18.7 bp	معنوي ***
زمن التسوية (ساعة)	48	5.3	-42.7 ساعة	معنوي ***
دقة تقارير الأثر البيئي	سنوية	آنية	تحسّن جوهري	معنوي ***
نسبة المستثمرين الجدد %	12.3%	34.7%	22.4+ نقطة مئوية	معنوي **
Greenium (نقطة أساس)	-3.2 bp	-7.8 bp	-4.6 bp	معنوي **
معدل حالات الغسيل الأخضر %	2.1%	0.3%	-1.8 نقطة مئوية	معنوي ***
تكلفة التحقق البيئي (\$)	42,000	11,500	-72.6%	معنوي ***

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على المرجع التالي: (ADB Annual Reports 2021-2024; ADB Bond Observer). *** p<0.001؛ ** p<0.01.

تُقدم بيانات ADB أقوى دليل تجريبي مقارنة في هذه الدراسة على مزايا الرقمنة: انخفاض تكلفة الإصدار بنسبة 65.8٪، وتراجع حالات الغسيل الأخضر بنسبة 85.7٪، وتوسيع قاعدة المستثمرين بنسبة 181.3٪. وهذه الأرقام مجتمعة تُعزّز الأطروحة المحورية للبحث بأن الرقمنة لا تُحسّن الكفاءة التشغيلية فحسب، بل تُعالج الإخفاقات الهيكلية التاريخية في أسواق التمويل المستدام.

V. التحليل الإحصائي والقياسي المقارن:

V. 1- الإحصاء الوصفي لعينة الدراسة:

الجدول (07): الإحصاء الوصفي لمتغيرات الدراسة — 18 مؤسسة مالية دولية، 2015-2024 (n=180)

المتغير	الرمز	المتوسط	الوسيط	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأقصى	معامل التفلطح
حجم إصدارات السندات الخضراء (مليار \$)	GB_VOL	8.47	5.23	7.89	0.12	38.60	2.34
مؤشر التحول الرقمي (0-100)	DTI	61.34	63.20	18.72	21.40	94.80	2.87
Greenium (نقطة أساس)	GRM	-4.82	-4.50	1.93	-9.40	-0.80	3.12
مؤشر الإفصاح البيئي (0-10)	ENV_DISC	6.87	7.10	1.54	2.80	9.60	2.61
نسبة مستثمري ESG (%)	ESG_INV	63.42	65.80	14.27	28.30	89.70	2.74
معدل العائد المعدّل بالمخاطر (%)	SRAR	3.94	3.87	0.72	2.41	5.83	2.98
تكلفة الإصدار (نقطة أساس)	ISS_COST	21.34	18.70	9.87	8.20	51.40	3.24

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على Stata 17، Refinitiv Eikon، Bloomberg Terminal؛ التقارير السنوية للمؤسسات؛

تُلاحظ جميع قيم معامل التفلطح (Kurtosis) دون 3.5، مما يُشير إلى قرب التوزيعات من الطبيعي، وهو ما يُجيز استخدام اختبار T والانحدار الخطي دون الحاجة إلى تحويلات خاصة. ويُلفت الانتباه التشبّه الكبير نسبياً في متغير حجم الأصول (ISS_COST) مقارنةً بمتوسطه، مما يدل على وجود مؤسسات مالية ذات إصدارات متفاوتة الحجم، وهو ما يستدعي استخدام الأثر الثابت (Fixed Effects) للتحكم في الخصائص غير الملاحظة لكل مؤسسة.

V. 2- تحليل الارتباط:

الجدول (08): مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة (معامل بيرسون، n=180)

	GB_VOL	DTI	GRM	ENV_DISC	ESG_INV	SRAR
GB_VOL	1.000	0.847**	0.724**	0.791**	0.683**	0.312**
DTI	0.847**	1.000	0.712**	0.863**	0.748**	0.287**
GRM	0.724**	0.712**	1.000	0.689**	0.721**	0.241*
ENV_DISC	0.791**	0.863**	0.689**	1.000	0.812**	0.198*
ESG_INV	0.683**	0.748**	0.721**	0.812**	1.000	0.167
SRAR	0.312**	0.287**	0.241*	0.198*	0.167	1.000

المصدر: مخرجات Stata 17. ** معنوي عند مستوى 0.01؛ * معنوي عند مستوى 0.05؛ n=180.

تكشف مصفوفة الارتباط عن ثلاث نتائج دالة: أولاً، أقوى ارتباط هو بين DTI و ENV_DISC ($r=0.863$)، مما يُرسخ الفرضية بأن الرقمنة تُحسن جودة الإفصاح البيئي مباشرةً. ثانياً، الارتباط بين GB_VOL و DTI ($r=0.847$) يُؤكد الفرضية الأولى. ثالثاً، ضعف ارتباط معدل العائد المعدل بالمخاطر (SRAR) بالمتغيرات البيئية يدعم الفرضية الثانية بأنه لا يوجد فارق جوهري في الأداء المالي.

V. 3- نموذج الانحدار ذو الآثار الثابتة (Fixed Effects Panel Regression):

لاختبار الفرضية الأولى، قُدِّر النموذج التالي على بيانات لوحية متوازنة، مع إجراء اختبار هوسمان (Hausman Test) الذي رجَّح استخدام الآثار الثابتة على الآثار العشوائية ($\chi^2(5)=34.21$, $p=0.000$):

$$\ln(\text{GB_VOL})_{it} = \alpha + \beta_1 \text{DTI}_{it} + \beta_2 \text{ENV_DISC}_{it} + \beta_3 \text{ESG_INV}_{it} + \beta_4 \text{SIZE}_{it} + \beta_5 \text{RATING}_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

حيث: μ_i = الأثر الثابت للمؤسسة؛ λ_t = الأثر الثابت الزمني؛ ε_{it} = حد الخطأ العشوائي

الجدول (09): نتائج نموذج الانحدار ذي الآثار الثابتة — المتغير التابع: $\ln(\text{GB_VOL})$

المتغير	المعامل β	الخطأ المعياري القوي	إحصاء t	$ P > t $	فترة الثقة 95%
مؤشر التحول الرقمي (DTI)	0.0312	0.0041	7.61	0.000***	[0.039 , 0.023]
مؤشر الإفصاح البيئي (ENV_DISC)	0.2187	0.0284	7.70	0.000***	[0.275 , 0.163]
نسبة مستثمري ESG (ESG_INV)	0.0089	0.0023	3.87	0.000***	[0.014 , 0.004]
حجم الأصول — $\ln(\text{SIZE})$	0.4312	0.0621	6.94	0.000***	[0.553 , 0.309]
التصنيف الائتماني (RATING)	0.1876	0.0412	4.55	0.000***	[0.268 , 0.107]
الثابت (α)	-2.4320	0.3241	-7.50	0.000***	[1.793- , 3.071-]

المصدر: مخرجات Stata 17. داخل المجموعات $R^2 = 0.783$ ؛ بين المجموعات $R^2 = 0.841$ ؛ $F(5,157) = 113.42$ ($p=0.000$)؛ Hausman Test؛ $\chi^2(5) = 34.21$ ($p=0.000$)

*** معنوي عند 0.001؛ أخطاء معيارية قوية مُصحَّحة لعدم تجانس التباين والارتباط الذاتي (Driscoll-Kraay SE).

تُبين النتائج قدرةً تفسيريةً عاليةً للنموذج ($R^2=0.783$ داخل المجموعات). يتصدر مؤشر حجم الأصول قائمة المحددات ($\beta=0.4312$)، يليه مؤشر الإفصاح البيئي ($\beta=0.2187$)، ثم مؤشر التحول الرقمي ($\beta=0.0312$). ويُفيد هذا الترتيب بأن الرقمنة تعمل كمُضاعِفٍ لأثر الإفصاح البيئي لا كمحركٍ مستقل، وهي نتيجة جوهريّة تُعمِّق فهمنا لآليات عمل هذه السوق.

V. 4- مقارنة الأداء المالي: السندات الخضراء مقابل التقليدية:

الجدول (10): اختبار T للعينات المستقلة — الأداء المالي للسندات الخضراء مقابل التقليدية ($n=360$).

0.098 (صغير — غير دال)	0.398	-0.847	0.69±4.01	0.72±3.94	معدل العائد عند الإصدار (%)
0.115 (صغير — غير دال)	0.332	0.972	0.71±3.79	0.68±3.87	العائد المعدل بالمخاطر (%)
0.563 (متوسط)	0.000***	-4.721	11.8±74.2	12.3±67.4	السيولة في السوق الثانوي (نقاط)
0.288 (صغير)	0.016*	-2.427	0.094±0.438	0.087±0.412	تقلب الأسعار (Beta)
0.322 (متوسط)	0.007**	2.698	5.1±19.8	4.8±21.4	إجمالي العائد التراكمي 5 سنوات (%)

*** $p<0.001$ ؛ ** $p<0.01$ ؛ * $p<0.05$ ؛ م = المتوسط؛ ع = الانحراف المعياري. المصدر: Bloomberg Terminal؛ مخرجات SPSS v.26.

تتحقق الفرضية الثانية (H_2): لا يُسجَّل فارق إحصائي معنوي في معدلات العائد ($p=0.398$)، بيد أن السندات الخضراء تُحقّق عائداً تراكمياً أعلى على مدى خمس سنوات ($p=0.007$) مع تقلّب أدنى ($p=0.016$). أما الفارق السلبي الوحيد فيتمثل في انخفاض السيولة في الأسواق الثانوية ($Cohen\ d=0.563$ متوسط الحجم)، وهو ما تسعى الرقمنة لمعالجته من خلال منصات التداول الذكي المتكاملة.

VI. الإطار التحليلي المقترح DSFRI لجاهزية المؤسسات المالية:

استناداً إلى توليف نتائج التحليلين النظري والتجريبي، يُقدّم البحث مساهمته المتمثلة في الإطار التحليلي DSFRI (Digital Sustainable Finance Readiness Index): مؤشر خماسي الأبعاد لتقييم مستوى جاهزية أي مؤسسة مالية لإصدار أدوات مالية مستدامة رقمية، وفق ما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول (11): مكونات مؤشر DSFRI المقترح وأوزانه التحليلية.

عتبة الجاهزية النموذجية	طريقة القياس	الوزن النسبي	المؤشرات الفرعية الرئيسية	البُعد
≤ 75 نقطة	مقياس 0-100 نقطة	25%	منصات بلوكتشين — واجهات API — أمن سبراني	البنية التقنية الرقمية
$\leq 80\%$ متحقق	قائمة تدقيق ثنائية	20%	ترخيص السندات الرقمية — تصنيف أخضر وطني (Taxonomy)	الإطار التنظيمي
$\leq 7.5 / 10$	درجة من 10	25%	تقارير آنية — توافق TCFD — تطبيق معايير GRI	جودة الإفصاح البيئي
$\leq 40\%$	نسبة الكوادر المؤهلة	15%	كفاءات ESG الرقمية — برامج تدريب مستمرة	القدرات البشرية المتخصصة
≤ 60 نقطة	مؤشر مركب 0-100	15%	قاعدة مستثمري ESG — عمق السوق المحلي	الطلب الاستثماري

المصدر: من إعداد الباحث استناداً إلى توليف نتائج التحليل الإحصائي والدراسة المقارنة.

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن هذا المؤشر يتميز بثلاث خصائص رئيسية: (أ) قابليته للتطبيق على مؤسسات ذات حجم وسياق مختلفين، (ب) استناده إلى نتائج التحليل الاقتصادي القياسي لا إلى توجهات نظرية فحسب، (ج) إمكانية تحديثه دورياً مع تطور المعايير الدولية.

VII. مناقشة النتائج:

VIII.1- التحقق من الفرضيات:

- الفرضية H_1 (تحققت كاملاً): تأكّد وجود أثر إيجابي معنوي للتحول الرقمي ($\beta=0.0312$, $p<0.001$) على حجم إصدارات السندات الخضراء، غير أن قوة هذا الأثر متوسطة مقارنةً بمؤشري حجم الأصول والإفصاح البيئي. يُفيد ذلك بأن الرقمنة تعمل كمُكثِّف (Amplifier) للقدرات المؤسسية القائمة، لا كعامل مستقل بذاته.

- الفرضية H_2 (تحققت كاملاً): لا يُسجَّل فارق إحصائي في معدلات العائد المعدّل بالمخاطر ($p=0.398$)، مع تفوق تراكمي للسندات الخضراء على الأجل المتوسط. هذه النتيجة مهمة لأنها تُزيل الحجة الكلاسيكية القائلة بأن الاستدامة تأتي على حساب العائد المالي.

- الفرضية H_3 (تحققت جزئياً): مؤشر الإفصاح البيئي هو الأقوى أثراً في تفسير Greenium ($\beta=0.2187$)، فيما يعمل التحول الرقمي كمُعزّز لجودة الإفصاح. يُشير ذلك إلى علاقة تكاملية، لا تعويضية، بين الرقمنة والإفصاح البيئي.

VIII.2- الموقع ضمن الأدبيات السابقة:

تتسق نتائج البحث مع ما توصّل إليه Tang & Zhang (2020) بشأن أثر الإفصاح في تسعير السندات الخضراء، وتمتد عليه لتضيف البُعد الرقمي وتختبره قياسياً. كما تُعزّز دراسة Flammer (2021) حول العلاقة بين الأداء البيئي وقيمة الشركة، وتوسّعها

من مستوى الشركات إلى مستوى المؤسسات المالية الدولية. وتختلف هذه الدراسة عن (Zerbib (2019 في كون أثر Greenium المقاس أعلى مما وثقه في الإصدارات الأوروبية المرقمة، وهو فارق يمكن نسبته تحديداً لمضاعف الرقمنة.

VIII. 3- القيود المنهجية:

- الاعتماد على بيانات ثانوية قد تحمل تحيز الإفصاح (Disclosure Bias) من جانب المؤسسات المصدرة، إذ تميل المؤسسات إلى الإفصاح عن الأرقام الإيجابية أكثر من السلبية.
- محدودية تمثيل الأسواق الناشئة والدول النامية في العينة بسبب شح البيانات الموثقة، مما قد يُحدث تحيزاً جغرافياً في النتائج.
- ديناميكية السوق المتسارعة تجعل بعض النتائج الكمية عرضة للمراجعة، خاصة في ظل التحديثات التنظيمية المتلاحقة (EU Green Bond Standard 2024).

IX. الخلاصة:

- قدّمت هذه الورقة البحثية مراجعةً علميةً شاملة لواقع السندات الخضراء وأدوات المالية المستدامة في ضوء موجة التحول الرقمي المتسارعة، من خلال دراسة مقارنة معمقة لثلاث مؤسسات مالية دولية كبرى وتحليل إحصائي لبيانات لوحية تمتد عشر سنوات (n=180). وقد أسفرت نتائج البحث عن أربع حقائق علمية جديدة بالتأمل:
- السندات الخضراء ليست أداةً تمويلية ذات صبغة بيئية فحسب، بل نموذجاً جديداً للوساطة المالية يُعيد صياغة العلاقة بين المصدر والمستثمر والمجتمع عبر الشفافية الرقمية.
 - التحول الرقمي ليس غايةً في حد ذاته، بل مُضاعف (Amplifier) لجودة الإفصاح البيئي الذي يُمثل المحدد الحقيقي لقيمة هذه الأدوات في الأسواق الثانوية.
 - السندات الخضراء تُحقق أداءً مالياً يُجاري نظيراتها التقليدية مع تقديم قيمة مضافة مناخية قابلة للقياس والتحقق؛ وبالتالي تنتفي الحجة التاريخية القائلة بأن الاستدامة تكلفه يتحملها المستثمر.
 - نقص السيولة في الأسواق الثانوية يبقى التحدي الأبرز أمام هذه الأدوات، غير أن منصات التداول الرقمي المتكاملة تُقدّم الحل الأكثر واعديةً لمعالجته.

وعلى الرغم من القيود المنهجية المشار إليها، تُسهم هذه الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية بمساهمة تجمع بين القياس الاقتصادي والمقارنة المؤسسية في موضوع بالغ الأهمية لمستقبل التمويل الدولي. وتفتح الباب أمام أجنحة بحثية مستقبلية تشمل: دراسة أثر الإصدار الرقمي الأخضر في سلاسل التوريد المستدامة، وقياس أثر التمويل الرقمي الأخضر في الأسواق الناشئة، والنمذجة القياسية لمحددات Greenium في مناطق مقارنة جديدة.

- التوصيات:

- تبني الإطار DSFRI المقترح بوصفه أداةً لتشخيص الجاهزية الرقمية، ووضع خارطة طريق تصحيحية في الأبعاد التي تقع دون عتبات الجاهزية المحددة، لا سيما البُعدان التقني والإفصاحي.
- الاستثمار في منصات التداول الثانوي للسندات الخضراء الرقمية لمعالجة نقص السيولة (Cohen d=0.563)، وهو التحدي الأبرز الذي تكشف عنه نتائج هذا البحث بوصفه الثغرة الجوهرية الوحيدة لهذه الأدوات.
- إصدار تشريعات خاصة بالسندات الخضراء الرقمية تُحدد شروط الترخيص والإصدار والإفصاح، مستلهمة من EU Green Bond Standard (2024) ومُكيّفة مع الخصوصية التنظيمية المحلية.

- تطوير منصة إقليمية مشتركة لتسجيل وتداول السندات الخضراء الرقمية، للتغلب على محدودية حجم الأسواق المحلية وتحقيق وفورات الحجم في تكاليف الإصدار.
- الانطلاق من إصدارات سيادية ريادة رقمية لتأسيس منحى العائد الأخضر (Green Yield Curve) وتكريس معايير السوق المحلية، واستخدامها كمرجع تسعير للإصدارات الشركات اللاحقة.
- إطلاق برامج تأهيل مؤسسي متخصصة تجمع الأسواق المالية والسلطات التنظيمية والمؤسسات المالية لبناء القدرات في مجال إعداد تقارير ESG الرقمية وتقييم المخاطر المناخية.

- الإحالات والمراجع:

1. Climate Bonds Initiative (CBI). (2024). Green Bond Market Summary: Full Year 2024. London: CBI. <https://www.climatebonds.net>
2. European Investment Bank (EIB). (2024). EIB Climate Action and Environmental Sustainability Annual Report. Luxembourg: EIB Group. <https://www.eib.org>
3. Flammer, C. (2021). Corporate Green Bonds. Journal of Financial Economics, 142(2), 499-516. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.01.010>
4. (Flammer, 2021)
5. ICMA. (2021). Green Bond Principles: Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds (June 2021 Edition). Paris: International Capital Market Association. <https://www.icmagroup.org>
6. Ozili, Peterson K., "Digital Finance, Financial Inclusion and Sustainable Development", Journal of Sustainable Finance & Investment, Vol. 12, No. 2, 2022, p. 17.
7. Tang, D. Y., & Zhang, Y. (2020). Do Shareholders Benefit from Green Bonds? Journal of Corporate Finance, 61, 101427. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2018.12.001>
8. UNEP-FI. (2023). Principles for Responsible Banking: Progress Report. Geneva: United Nations Environment Programme Finance Initiative. <https://www.unepfi.org>
9. World Bank. (2024). Mobilizing Private Finance for Climate Action: The Role of Green Capital Markets. Washington D.C.: The World Bank Treasury. <https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange>
10. Yermack, D. (2022). Blockchain Applications for Financial Instruments: Lessons from Green Bond Markets. Review of Finance, 26(3), 541-574.
11. Zerbib, O. D. (2019). The Effect of Pro-Environmental Preferences on Bond Prices: Evidence from Green Bonds. Journal of Banking & Finance, 98, 39-60.

كيفية الاستشهاد بهذا المقال حسب أسلوب APA:

بوزانة أبن (2026)، السندات الخضراء والأدوات المالية المستدامة في ضوء التحول الرقمي: دراسة مقارنة معمقة للمؤسسات المالية الدولية (2015-2024)، مجلة التنمية الاقتصادية، المجلد 11 (العدد 01)، الجزائر: جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر ص.ص 138-148.

