

التحول العالمي نحو النقل الكهربائي للبضائع وأثره على تحقيق أهداف التنمية المستدامة : دراسة تحليلية

للتجارب الدولية من النشأة إلى عام 2026

The Global Shift Toward Electric Freight Transportation and Its Contribution to The Achievement of The Sustainable Development Goals: An Analytical Review of International Experiences from Inception To 2026

إسراء حليوش^{1*}، عيسى مرازقة²

¹ جامعة باتنة 1 (الجزائر)، مخبر: إدارة - نقل - إمداد. isra.haliouche@univ-batna.dz

² جامعة باتنة 1 (الجزائر)، مخبر: إدارة - نقل - إمداد Aissa.merazga@univ-banta.dz

تاريخ الإرسال: 2025-10-30	تاريخ القبول: 2026-06-15
ملخص يهدف هذا المقال إلى دراسة التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع وتحليل دوره في دعم مسار التنمية المستدامة، من خلال استعراض الإطار المفاهيمي للنقل الكهربائي، وتبيان أثره في الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية، مع التركيز على الاتجاهات العالمية والعربية في هذا المجال. اعتمد البحث منهجا وصفيا وتحليليا بغرض تحديد واقع التحول نحو النقل الكهربائي ومعوقاته وفرصه في الدول النامية. وقد أظهرت النتائج المتوصل إليها أن النقل الكهربائي للبضائع يمثل محورا أساسيا في منظومة التحول الطاقوي والاقتصاد الأخضر، كما أبرزت الدراسة الدور الاجتماعي لهذا التحول من خلال تحسين جودة الحياة في المدن وتقليل التلوث الحضري وخلق فرص عمل جديدة. الكلمات المفتاحية: نقل كهربائي للبضائع؛ تحول طاقي؛ تنمية مستدامة؛ اقتصاد أخضر. تصنيفات JEL : R41	Abstract This paper examines the transition toward electric freight transport and its contribution to sustainable development. It outlines the conceptual framework of electric mobility and analyzes its environmental, economic, and social impacts, with reference to global and Arab trends. Using a descriptive approach, the study identifies the current state, challenges, and opportunities of this transition in developing countries. The results highlight that electric freight transport is a central element in the energy transition and the green economy, improving urban living conditions, reducing pollution, and creating new jobs. Keywords: Electric freight transport; Energy transition; Sustainable development; keywords. green economy. JEL Classification Codes: R41

* المؤلف المرسل

1. مقدمة

يشهد قطاع النقل اللوجستي اهتماما متزايدا بتبني التقنيات النظيفة، وخاصة النقل الكهربائي للبضائع، باعتباره أحد الخيارات الواعدة للحد من الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة الطاقة بما ينسجم مع التوجهات العالمية نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة، لا سيما الأهداف المتعلقة بالطاقة النظيفة، والابتكار، والعمل المناخي. يهدف هذا البحث إلى تحليل الأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للتحويل إلى النقل الكهربائي للبضائع، ومدى مساهمته في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

- إشكالية البحث:

رغم التقدم الملحوظ في كهرية قطاع النقل على الصعيد العالمي، إلا أن نقل البضائع ما يزال يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري، مما يحد من تحقيق الأهداف البيئية والتنمية المنشودة. كما أن معظم الدراسات ركزت على النقل الحضري للأفراد، في حين قل الاهتمام بالجانب اللوجستي لنقل البضائع وتأثيره على الاستدامة. ومن هنا تبرز الإشكالية في التساؤل الجوهرية الآتي: كيف يساهم التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع في تحقيق أهداف التنمية المستدامة؟

- فرضيات البحث:

- التحول إلى النقل الكهربائي للبضائع يؤدي إلى خفض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالنقل التقليدي.

- الجدوى الاقتصادية للنقل الكهربائي تتحسن بمرور الوقت مع انخفاض تكلفة البطاريات، وتطور البنية التحتية الداعمة له.

- يساهم استخدام المركبات الكهربائية في نقل البضائع في تحسين الجوانب الاجتماعية للتنمية المستدامة من خلال تعزيز الصحة العامة وتحسين جودة الحياة للسكان.

- أهداف البحث

- تحليل الأثر البيئي للتحويل إلى النقل الكهربائي للبضائع على تقليل الانبعاثات واستهلاك الطاقة.

- تقييم الأثر الاقتصادي للتحول من منظور كفاءة التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.

- قياس مدى توافق النقل الكهربائي مع أهداف التنمية المستدامة.

- أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يسد فجوة معرفية في الدراسات التي تناولت علاقة النقل الكهربائي بالتنمية المستدامة، من خلال التركيز على قطاع نقل البضائع الذي لم يحظ بالاهتمام الكافي. كما يسهم في تعزيز التوجه نحو الاقتصاد منخفض الكربون، ودعم صناع القرار في وضع استراتيجيات مستدامة للنقل.

- منهجية البحث:

اعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي والتحليلي؛ حيث يقوم هذا المنهج على جمع المعلومات والبيانات من المصادر العلمية الموثوقة، ثم تحليلها تحليلًا موضوعيًا يهدف إلى فهم العلاقات بين المتغيرات والعوامل المؤثرة في الظاهرة قيد الدراسة.

- الدراسات السابقة:

- Electric Road Systems: Strategic Stepping Stone on the Way towards Sustainability (Schulte & Ny, 2018).

تناولت هذه الدراسة إمكانات أنظمة الطرق الكهربائية كحل مستدام للنقل البري للبضائع، مبرزة دورها في خفض الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة الطاقة، وأكدت أن نجاح التحول يتطلب تكامل السياسات والبنية التحتية الداعمة.

-System-level Impacts of Electrification on the Road Freight Transport System (Raoofi, Brodin & Pernestål, 2024).

حللت الدراسة الأثر الشمولي لكهربة النقل البري باستخدام نموذج ديناميكي يربط الجوانب الاقتصادية والتكنولوجية والبيئية، مشيرة إلى أن الكهرباء تمثل تحولاً نظامياً يتطلب تنسيقاً بين الفاعلين لضمان تحقيق أهداف الاستدامة.

أما دراستنا هذه، فتميز بتطرقها للسياق العربي والدول النامية، من خلال ربط التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع بأهداف التنمية المستدامة في أبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

2. الإطار المفاهيمي للنقل الكهربائي للبضائع:

يعتبر النقل الكهربائي للبضائع أحد أبرز الابتكارات في قطاع النقل الحديث، إذ يجسد تحولا نحو أنماط أكثر استدامة وكفاءة في استخدام الطاقة، مما يستدعي توضيح مفهومه وأبعاده الأساسية.

1.2. مفهوم النقل الكهربائي:

يعرف النقل الكهربائي وفقا لوكالة الطاقة الدولية، بأنه استخدام الكهرباء كمصدر أساسي أو وحيد للطاقة الحركية في المركبات، حيث تخزن هذه الطاقة في بطاريات قابلة لإعادة الشحن أو تنتج من خلايا وقود هيدروجينية، ويمثل هذا النمط من النقل أحد أهم مسارات التحول الطاقوي العالمي نحو اقتصاد منخفض الكربون، إذ يسهم في خفض الانبعاثات الغازية الناتجة عن الوقود الأحفوري، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع النقل. (International Energy Agency (IEA), 2024, p. 14)

2.2. مفهوم النقل الكهربائي للبضائع:

يقصد بالنقل الكهربائي للبضائع تحديدا، هو التحول من الاعتماد على المركبات والشاحنات العاملة بالوقود الأحفوري إلى استخدام وسائط نقل كهربائية، سواء أكانت شاحنات ثقيلة أو قطارات مكهربة، بما يهدف إلى خفض الانبعاثات الكربونية وتحقيق كفاءة طاقية أعلى، مع تعزيز استدامة الخدمات اللوجستية وسلاسل الإمداد. (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2022، صفحة 31)

إن كهرية نقل البضائع لا تقتصر على خفض الانبعاثات فحسب، بل تسهم أيضا في خفض كلفة التشغيل على المدى الطويل، وتعزز التكامل بين النقل التجاري والبنية التحتية الذكية مع دور متزايد لتكنولوجيا البطاريات والابتكارات في مجالات الشحن السريع. (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2022، صفحة 32)

3.2. تصنيف المركبات الكهربائية:

تصنف المركبات الكهربائية إلى ثلاث فئات رئيسة تختلف في مصدر الطاقة وآلية التشغيل، وهي: المركبات الكهربائية الكاملة، ومركبات خلايا الوقود، والمركبات الهجينة القابلة للشحن. (National Renewable Energy Laboratory، 2023، الصفحات 1-2)

1.3.2. المركبات الكهربائية الكاملة:

تعرف أيضا بالمركبات الكهربائية العاملة بالبطاريات، وهي مركبات تعمل كليا بالطاقة الكهربائية المخزنة في البطاريات دون وجود أي محرك احتراق داخلي، تشحن هذه البطاريات من شبكة الكهرباء أو من مصادر طاقة متجددة، وتغذي محركا كهربائيا واحدا أو أكثر لتوليد الحركة. يؤكد مركز الوقود البديل أن هذه المركبات لا تحتوي على محركات تقليدية وتقاد بواسطة محركات كهربائية تغذى بالكهرباء المخزنة في البطاريات.

2.3.2. مركبات خلايا الوقود:

تعد هذه المركبات نوعا من المركبات الكهربائية تستخدم نظام دفع كهربائيا يعتمد على الهيدروجين بدل البطاريات الكبيرة؛ إذ تحول خلية الوقود الطاقة الكيميائية المخزنة على شكل هيدروجين إلى كهرباء عبر تفاعل كيميائي مع الأوكسجين لتشغيل المحرك الكهربائي، ويكون الناتج الوحيد من العادم بخار الماء.

3.3.2. المركبات الهجينة القابلة للشحن:

تجمع هذه الفئة بين نظام دفع كهربائي وبطارية قابلة للشحن من جهة، ومحرك احتراق داخلي تقليدي من جهة أخرى يستخدم كمصدر طاقة احتياطي. تستخدم في هذا النوع من المركبات البطارية والمحرك الكهربائي إلى جانب محرك البنزين، ويمكن إعادة شحن البطارية بالتوصيل بمصدر كهربائي خارجي أو بواسطة المحرك والكبح التجديدي، تتيح هذه المركبات القيادة بالنمط الكهربائي لمسافات قصيرة تتراوح بين 30 و 80 كم تقريبا، ثم يعمل المحرك التقليدي عند انخفاض شحن البطارية. وفيما يلي جدول يقارن بين الأنواع الثلاثة للمركبات الكهربائية:

الجدول 1: مقارنة بين أنواع المركبات الكهربائية

النوع	مصدر الطاقة الرئيسي	آلية الشحن أو التزويد بالطاقة	الانبعاثات أثناء التشغيل	مدى التشغيل التقريبي	زمن إعادة التزويد بالطاقة
المركبات الكهربائية الكاملة	بطاريات كهربائية قابلة لإعادة الشحن	توصيل مباشر بالشبكة الكهربائية (منزلي أو سريع) + كبح تجديدي	صفرية (لا تنتج غازات عادم)	200-500 كم حسب سعة البطارية والحمولة	من 30 دقيقة شحن سريع إلى 8 ساعات منزلي
مركبات خلايا الوقود	خلايا وقود هيدروجينية تحول الهيدروجين إلى كهرباء	تزويد المركبة بالهيدروجين المضغوط في محطات خاصة	صفرية (بخار ماء فقط)	500-700 كم	بين 3 و 5 دقائق مشابه للتزود بالوقود التقليدي
المركبات الهجينة القابلة للشحن	بطارية كهربائية + محرك احتراق داخلي	شحن البطارية بالتوصيل الكهربائي أو من المحرك والكبح التجديدي	منخفضة (صفرية في النمط الكهربائي، جزئية في النمط الوقودي).	بين 30 و 80 كم كهربائياً، وأكثر باستخدام الوقود	ساعتين شحن سريع أربع ساعات شحن منزلي

المصدر: (إعداد الباحثين استناداً إلى المرجع *Electric Vehicle Basics*. Golden, CO: National

(Renewable Energy Laboratory, 2023

يظهر الجدول أن الفارق الأساسي يتمثل في نسبة الاعتماد على الكهرباء كمصدر للطاقة.

بناءً على ذلك، يمكن التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:

- تتميز المركبات الكهربائية الكاملة بانعدام الانبعاثات المباشرة، وانخفاض تكاليف التشغيل، وكفاءة طاقة مما يجعلها الخيار الأكثر ملاءمة لعمليات النقل الحضري للبضائع القصيرة والمتوسطة المدى.
- تمتاز مركبات خلايا الوقود بسرعة التزود بالهيدروجين، ومدى تشغيلي طويل (500-700 كم تقريباً)، مما يجعلها مناسبة للنقل الثقيل للمسافات الطويلة.

- تعد المركبات الهجينة القابلة للشحن خيارا وسيطا في الدول التي ما تزال تطور بنيتها التحتية للشحن الكهربائي؛ إذ تبرز بين كفاءة الكهرباء ومرونة الوقود التقليدي.

4.2. خصائص نظام النقل الكهربائي للبضائع:

يتسم نظام النقل الكهربائي للبضائع بجملة من الخصائص التقنية والاقتصادية والهيكلية التي تجعلها من أبرز مسارات التحول نحو النقل المستدام وتتمثل فيما يلي (Bhardwaj Mostofi, 2022, p.p 383-389):

- كفاءة الطاقة وانخفاض الانبعاثات:

تتميز هذه النظم بارتفاع كفاءتها الطاقية مقارنة بالنقل التقليدي؛ إذ تعتمد على محركات كهربائية تصل كفاءتها إلى أكثر من 85%. في حين لا تتجاوز كفاءة محركات الاحتراق الداخل 35%، ويسهم هذا الفارق في تقليل الفاقد الطاقوي والانبعاثات الملوثة للبيئة، مما يجعل النقل الكهربائي وسيلة فعالة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة، وتحسين الأداء البيئي ضمن سلاسل الإمداد.

- متطلبات البنية التحتية للشحن والتزويد:

تتطلب أنظمة النقل الكهربائي للبضائع بنية تحتية متطورة تتضمن محطات شحن عالية القدرة وأنظمة إدارة متقدمة للطاقة، ويعد توفير مواقع مناسبة للشحن السريع أو لتبديل البطاريات عنصرا أساسيا لضمان استمرارية التشغيل وتقليل أوقات التوقف.

- تكاليف دورة الحياة:

تتميز هذه النظم بانخفاض تكاليف دورة الحياة على المدى البعيد، حيث إن تكاليف التشغيل والصيانة أقل من نظيراتها في المركبات التقليدية، وعلى الرغم من أن التكلفة الأولية للاقتناء ما تزال مرتفعة، إلا أن انخفاض أسعار البطاريات وتحسن الكفاءة التشغيلية يعززان من الجدوى الاقتصادية للنقل الكهربائي للبضائع.

- التكامل مع سلاسل الإمداد:

يمثل النقل الكهربائي للبضائع تحولا تشغيليا في بنية سلاسل الإمداد، إذ يعاد من خلاله تصميم عمليات التوزيع، ومسارات النقل، وآليات إدارة الطاقة. ويقتضي هذا التحول دجما متزايدا للتقنيات الذكية في تخطيط الأساطيل وجدولة عمليات الشحن، بما يعزز من كفاءة استغلال الموارد، ويقلل من الزمن الضائع في عمليات النقل.

- قابلية التوسع والمرونة المستقبلية:

تتميز هذه النظم بقدرة عالية على التوسع والمرونة بفضل التطور المستمر في تقنيات البطاريات والبنية التحتية للشحن، مما يتيح تشغيلها لمسافات أطول مع خفض الضوضاء وتحسين ظروف العمل، وهو ما يعزز بعدها الاجتماعي ودورها في تحقيق التنمية المستدامة.

إن هذه الخصائص مجتمعة في نظم النقل الكهربائية تجعلها أساسا لبناء منظومة نقل مستدامة وفعالة.

5.2. محددات التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع:

يتحدد نجاح التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع بمجموعة من المحددات التي تؤثر على سرعة تبني التكنولوجيا واستدامتها.

1.5.2. المحدد التقني:

يعد التقدم في تكنولوجيا البطاريات وزمن الشحن ومدى التشغيل من أهم المحددات التقنية في كهرية النقل؛ حيث إن محدودية مدى التشغيل وزمن التزويد الطويل وفقدان الحمولة الناتج عن وزن البطارية، تمثل تحديات رئيسة أمام كهرية النقل الثقيل. (Gillström and all, 2024, p. 6)

2.5.2. المحدد الاقتصادي:

تشير المقارنات بين أنواع المركبات إلى أن تكلفة اقتناء الشاحنة الكهربائية تفوق نظيرتها العاملة بالديزل بأكثر من الضعف (192 ألف يورو مقابل 79 ألف يورو). في حين، لا يتجاوز مدى التشغيل 400-800 كم مقارنة بـ 1500-2000 كم للديزل. كما تظهر التحليلات أن التكافؤ في التكلفة الكلية للملكية بين المركبات الكهربائية وشاحنات الديزل لن يتحقق قبل عقدين من الزمن تقريبا مما يجعل

الجدوى الاقتصادية حاليا مشروطة بتحسين كفاءة البطاريات وانخفاض كلفتها المستقبلية. (Jha and al, 2003, p. 1327)

3.5.2. محدد البنية التحتية للشحن:

تمثل أحد المحددات الجوهرية في نجاح التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع؛ إذ يعد تطوير محطات الشحن عالية القدرة على طول ممرات النقل التجارية شرطا مسبقا لتمكين التشغيل الإقليمي والطويل المدى. كما يعد الاستثمار في شبكات الطاقة الموثوقة عنصرا أساسيا لتحقيق كهرية شاملة للقطاع. (Jha and al, 2003, p. 1331)

4.5.2. محدد السياسات والأطر التنظيمية:

إن الدعم السياسي والتشريعي يشكل شرطا أساسيا لتمكين التكنولوجيا الجديدة وتوسيع استخدامها، وتمثل هذه السياسات في الحوافز المالية، ومعايير الانبعاثات، وخطط البنية التحتية التي ينبغي أن تكون منسقة على المستويين الوطني والإقليمي لتحقيق انتقال منظم وفعال نحو النقل منخفض الكربون. (Jha and al, 2003, p. 1336)

5.5.2. البعد اللوجستي وسلاسل الإمداد:

يعد البعد اللوجستي وسلاسل الإمداد عنصرا محوريا في التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع؛ إذ تؤثر الكهربية في بنية الإمداد ومواقع المستودعات وسعة الحمولة وعدد الرحلات، كما يؤدي وزن البطاريات ومتطلبات الشحن إلى إعادة تشكيل خطط النقل والتوريد، ما يستدعي تصميمًا جديدًا للمنظومات اللوجستية يتوافق مع خصائص المركبات الكهربائية. (Raofi And all, 2024, p. 637)

6.5.2. البعد الاجتماعي والسلوكي للأفراد:

يعد البعد الاجتماعي والسلوكي أحد المحددات الرئيسة في التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع؛ إذ تظهر الدراسات أن الاعتماد على الأنماط القديمة، أو ما يعرف بـ "عقلية الديزل" ما زالت تعيق التغيير التقني المطلوب؛ فالمواقف التقليدية تجاه التكنولوجيا الجديدة، والشك في موثوقيتها، تبطئ من عملية التبني. (Jha and al, 2003, p. 1339)

وتعد هذه المحددات الستة الإطار المفاهيمي الذي يمكن من خلاله تحليل مساهمة النقل الكهربائي في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.

3. تحليل أثر النقل الكهربائي في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة:

يعد تحليل أثر النقل الكهربائي للبضائع مدخلا أساسيا لفهم إسهامه في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة، من خلال استعراض آثاره البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

1.3. الأثر البيئي: خفض الانبعاثات وتحسين كفاءة الطاقة:

يعد النقل الكهربائي للبضائع أحد الركائز البيئية الأساسية في منظومة التنمية المستدامة، إذ يسهم في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتحسين كفاءة استخدام الطاقة داخل قطاع النقل الذي يمثل أحد أكبر مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالميا حيث إن المركبات الكهربائية الثقيلة تحقق خفضا في الانبعاثات الكربونية يصل إلى نحو 70% مقارنة بالشاحنات العاملة بالديزل، ويرجع ذلك إلى تفوق كفاءتها الطاقة التي تتجاوز 85% مقابل 35% لمحركات الاحتراق الداخلي. (International Energy Agency (IEA), 2024, p. 72)

يسهم اعتماد الشاحنات الكهربائية على نطاق واسع في خفض نحو 60 طنا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنويا لكل مركبة مستبدلة، أي ما يتجاوز نصف انبعاثات الشاحنة العاملة بالديزل، كما يمكن أن يؤدي التحول إلى الأساطيل الكهربائية إلى تقليل انبعاثات النقل الثقيل في أوروبا بنسبة 55-65% بحلول عام 2030. (International Council on Clean Transportation (ICCT), 2024, p. 36)

وإضافة إلى خفض الانبعاثات الكلية، يسهم هذا النمط من النقل في تقليص الملوثات الهوائية المحلية مثل أكاسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة، مما ينعكس إيجابا على جودة الهواء في المدن والمناطق الصناعية ويحسن من مؤشرات الصحة البيئية العامة. (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2022، صفحة 61)

2.3. الأثر الاقتصادي: الكفاءة التشغيلية وجدوى الاستثمار الأخضر:

يشكل النقل الكهربائي للبضائع محورا اقتصاديا استراتيجيا في مسار التحول نحو التنمية المستدامة، إذ يحقق وفورات مالية ملموسة ويعزز من كفاءة استخدام الموارد في سلاسل الإمداد حيث تظهر المقارنات الاقتصادية الحديثة أن الشاحنات الكهربائية تسجل انخفاضا في تكاليف التشغيل السنوية يتراوح بين 30% و50% مقارنة بمثيلاتها العاملة بالديزل وذلك نتيجة انخفاض نفقات الصيانة والوقود.

(International Energy Agency (IEA), 2024, p. 79)

كما تبين تحليلات البنك الدولي أن فترة استرداد التكلفة الاستثمارية الأولية تتراوح بين خمس وثمان سنوات وذلك تبعا لمعدل الاستخدام وسعر الكهرباء وهو ما يجعل كلفة النقل التجاري خيارا اقتصاديا متناميا الجدوى. (World Bank, 2023, p. 4)

وإضافة إلى الأثر المالي المباشر، يولد التحول الكهربائي فرصا استثمارية جديدة في قطاعات تصنيع البطاريات والبنية التحتية للشحن والخدمات اللوجستية الذكية مما يسهم في تحفيز الابتكار الصناعي وخلق وظائف خضراء مستدامة ويجعل النقل الكهربائي للبضائع أحد محركات النمو الأخضر طويلة الأمد في الاقتصاد العالمي. (International Energy Agency (IEA), 2024, p. 121)

3.3. الأثر الاجتماعي: جودة الحياة والتحول السلوكي:

يسهم النقل الكهربائي للبضائع في تحقيق البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة من خلال تحسين جودة الحياة الحضرية وتعزيز التحول نحو أنماط أكثر استدامة في السلوك والإنتاج إضافة إلى ذلك يتيح تشغيل المركبات الكهربائية خفضا ملحوظا في مستويات الضوضاء الحضرية بنسبة تتراوح بين 40 و50% مقارنة بالشاحنات التقليدية، ويؤدي إلى تقليص تلوث الهواء داخل المدن الصناعية من خلال الحد من انبعاث أكاسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة، مما يحسن من ظروف العمل وصحة السائقين وسكان المناطق الحضرية. (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2022، الصفحات 44-45)

يظهر تحليل الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية أن النقل الكهربائي للبضائع يشكل مسارا تكامليا لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. فهو يسهم بيئيا في خفض الانبعاثات وتحسين جودة الهواء،

واقتصاديا في تحقيق وفورات تشغيلية تتراوح بين 30% و50% وتعزيز الاستثمار في التقنيات الخضراء، واجتماعيا في تحسين جودة الحياة والحد من التلوث والاضوضاء الحضرية. وبذلك يمثل هذا التحول رافعة استراتيجية لتحقيق التوازن بين الكفاءة الاقتصادية والاستدامة البيئية والعدالة الاجتماعية.

4. الاتجاهات العالمية والعربية في كهربة نقل البضائع:

شهد النقل الكهربائي للبضائع تطورا سريعا، إذ تحول من توجه بيئي ناشئ إلى ركيزة أساسية في الجهود العالمية لبناء اقتصاد منخفض الانبعاثات، بفضل التقدم في تقنيات البطاريات والشحن الذكي وكفاءة المحركات، مما جعله خيارا عمليا وفعالا ضمن منظومات النقل الحديثة

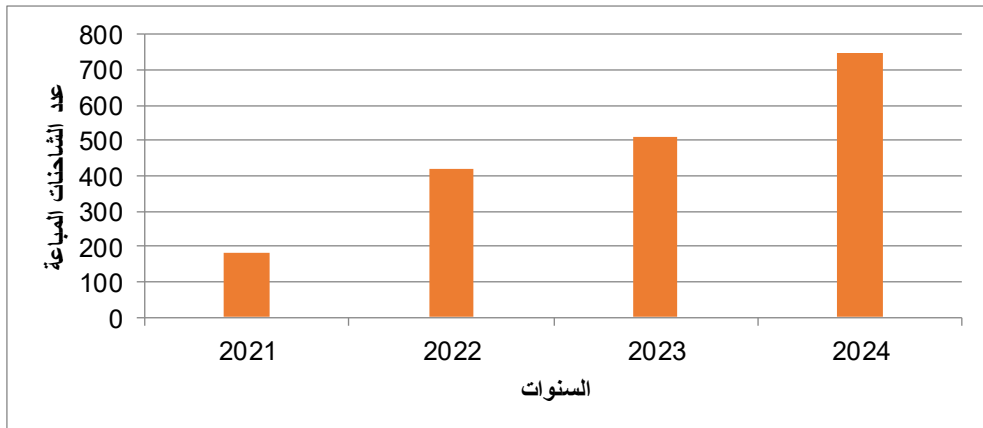
1.4 اتجاهات الدول المتقدمة نحو النقل الكهربائي للبضائع:

1.1.4 الاتجاهات التقنية والابتكارية:

يشهد قطاع نقل البضائع في الدول الصناعية المتقدمة تحولا جوهريا نحو الكهرباء، قائما على التطور السريع في تقنيات الدفع الكهربائي وتخزين الطاقة. فقد ارتفعت مبيعات الشاحنات الكهربائية المتوسطة والثقيلة في الاتحاد الأوروبي خلال الربع الأول من عام 2024 إلى 750 وحدة؛ أي ما يعادل 1.1% من إجمالي المبيعات الجديدة، بعد أن كانت 0.6% فقط في الفترة نفسها من عام 2023، وهو ما يمثل تضاعفا في الحصة السوقية خلال عام واحد. وتتصدر ألمانيا هذا التحول بنسبة 41% من إجمالي المبيعات الكهربائية في أوروبا، تليها هولندا بـ 17%، بينما حافظت السويد وفرنسا على نسب تقارب 10% و13% على التوالي. (International Council on Clean Transportation (ICCT), 2024, p. 3).

يوضح الشكل التالي تطور مبيعات الشاحنات الكهربائية في الاتحاد الأوروبي خلال السنوات الأخيرة.

الشكل 01: تطور عدد الشاحنات المباعة في الاتحاد الأوروبي حتى سنة 2024



المصدر: إعداد الباحثين استناداً إلى المرجع **International Council on Clean Transportation**

(ICCT). European Heavy-Duty Vehicle Market Development Quarterly (Q1 2024)

يظهر المنحنى اتجاهها تصاعدياً يؤكد تسارع التحول نحو النقل الكهربائي بدعم الابتكار والسياسات البيئية. وتشير بيانات الأداء الصناعي إلى أن الشركات الأوروبية الكبرى مثل فولفو ومرسيدس وسكانيا قد عززت ريادتها في السوق وذلك بإنتاج الشاحنات الكهربائية المتوسطة، مما زاد من تنوع العروض التقنية ضمن القطاع الأوروبي. (International Council on Clean Transportation (ICCT), 2024, p. 4).

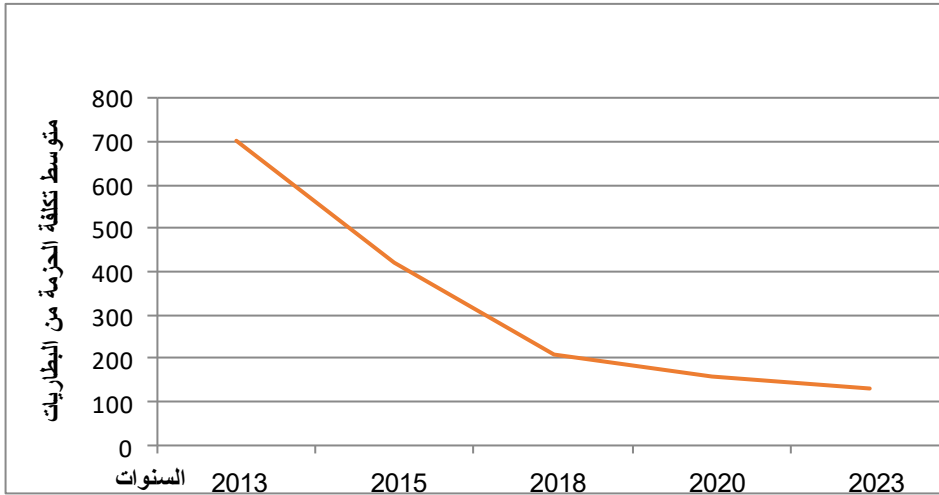
أما في الولايات المتحدة، فقد سجلت الشاحنات الكهربائية الثقيلة نمواً تجاوز 150 % بين عامي 2022 و 2023، مع تسجيل ما يقرب من 2,300 وحدة كهربائية في الخدمة بنهاية عام 2023، مدعومة ببرامج التحفيز الفدرالية ضمن خطة الشاحنات النظيفة التي تهدف إلى أن تمثل المركبات عديمة الانبعاثات 30% من المبيعات الجديدة بحلول عام 2030. كما بدأت شبكات الشحن عالية القدرة بالانتشار في الممرات التجارية الرئيسية، لتصل قدراتها إلى 350 كيلو واط للشاحنات الطويلة المدى. (International Energy Agency (IEA), 2024, pp. 96-98)

وفي اليابان، تتركز جهود الكهرباء في قطاع النقل الحضري للبضائع، حيث تجاوزت مبيعات الشاحنات الصغيرة الكهربائية 8,000 وحدة عام 2023، مدعومة ببرامج حكومية لخفض الانبعاثات الحضرية بنسبة 46% بحلول 2030، كما أطلقت وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة مشروعاً وطنياً لبناء بنية تحتية للشحن السريع بقدرات تصل إلى 350 كيلواط، مما يقلص زمن الشحن إلى أقل من 40 دقيقة. (International Energy Agency (IEA), 2024, p. 4).

أما من الناحية التقنية، فقد أسهم الانخفاض المتواصل في تكلفة بطاريات الليثيوم-أيون إلى نحو 130 دولاراً لكل كيلو واط-ساعة عام 2023 بعد أن كانت تتجاوز 700 دولار عام 2013. وأظهرت الدراسات المقارنة أن الفرق في التكلفة التشغيلية بين الشاحنات الكهربائية والديزل تراجع إلى أقل من 15% على مدار دورة حياة المركبة، وهو ما شجع الشركات اللوجستية الكبرى في أوروبا وأمريكا على

إدراج أهداف التحول الكامل إلى الأساطيل الكهربائية بحلول 2035. (Bloomberg New Energy Finance (BNEF), 2023, p. 122) وفي ماييلي الشكل الذي يوضح انخفاض تكلفة البطاريات :

الشكل 02: رسم بياني يوضح انخفاض تكلفة البطاريات



المصدر: إعداد الباحثين استنادا إلى المرجع. Bloomberg New Energy Finance (BNEF).

Electric Vehicle Outlook 2023. London:

يبين هذا المنحنى مسارا هابطا حادا لتكلفة البطاريات بنسبة 81 ٪ خلال عقد، وهو العامل

الرئيسي في تقليص فجوة التكلفة بين الشاحنات الكهربائية والديزل.

توازيا مع ذلك، يشهد مجال تقنيات البطاريات تطورا نوعيا من حيث الكثافة الطاقوية وسرعة

الشحن والعمر الافتراضي، فقد بلغت الكثافة الطاقوية للبطاريات التجارية المستخدمة في الشاحنات

الثقيلة نحو 330 واط ساعة/لتر، مع توقعات ببلوغها 500 واط ساعة/لتر بحلول 2035، في حين

انخفض متوسط زمن الشحن إلى أقل من ساعة واحدة في محطات الشحن فائقة القدرة ،

(International Council on Clean Transportation (ICCT), 2024, p. 109)

يعرض الجدول التالي تطور مؤشرات البطاريات من حيث الكثافة الطاقوية وسرعة الشحن.

جدول 02: تطور الكثافة الطاقوية وسرعة الشحن في الشاحنات الكهربائية الثقيلة

المؤشر	سنة 2022	تقديرات سنة 2035
الكثافة الطاقوية (واط/ساعة/لتر)	330	500
متوسط زمن الشحن (دقيقة)	90	40
القدرة القصوى لمحطة الشحن (كيلو واط)	350	1000

المصدر: إعداد الباحثين استناداً إلى المرجع International Energy Agency

يتضح من البيانات تحسن مستمر في الأداء التقني للبطاريات، مما يعزز مدى التشغيل ويقلل زمن الشحن. وتعد الابتكارات الرقمية عنصراً محورياً في رفع كفاءة هذا القطاع، إذ تعتمد معظم الشركات على أنظمة الذكاء الاصطناعي لإدارة مسارات الشحن وتحسين استهلاك الطاقة. وتشير تقارير حديثة إلى أن دمج الأنظمة الذكية في إدارة الأساطيل يمكن أن يقلل استهلاك الطاقة بما يصل إلى 15٪ من خلال تحسين توزيع الأحمال وجدولة الشحن. (International Council on Clean Transportation (ICCT), 2024, p. 115)

وفي إطار البنية التحتية، تمضي أوروبا في تنفيذ مشاريع مثل مبادرة TEN-T التي تهدف إلى إنشاء ممرات نقل خالية من الانبعاثات عبر القارة. ويتوقع أن تتجاوز محطات الشحن عالية القدرة في أوروبا 1,700 محطة بحلول عام 2025، بقدرات تتراوح بين 350 كيلو واط و 1 ميغاواط للشاحنة الواحدة. (International Energy Agency (IEA), 2024, p. 127)

تؤكد هذه المؤشرات مجتمعة أن الاتجاهات التقنية في الدول المتقدمة تمثل مرحلة متقدمة من التحول البنوي في قطاع نقل البضائع، يضع هذه الدول في طليعة الاقتصاد الأخضر العالمي.

2.1.4. الاتجاهات السياسية والتنظيمية في كهربة نقل البضائع

على الصعيد التشريعي، اتخذت الدول المتقدمة حزمة واسعة من السياسات لدعم التحول نحو النقل الكهربائي، ففي الاتحاد الأوروبي، تعد حزمة "Fit for 55" * أبرز الإطارات التنظيمية الحديثة والتي تستهدف خفض صافي انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبة 55٪ بحلول عام 2030 مقارنة بمستويات عام 1990، والوصول إلى الحياد المناخي بحلول 2050، ومن بين أهدافها خفض انبعاثات النقل البري بنسبة 90 ٪ بحلول 2040. (European Parliamentary Research Service (EPRS), 2022, pp. 1-3)

وفي الولايات المتحدة، أطلقت وكالة حماية البيئة (EPA) برنامج "Plan Clean Trucks" " ضمن إطارها الفيدرالي لتشديد معايير الانبعاثات للمركبات الثقيلة ويهدف هذا البرنامج إلى تقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين والجسيمات الدقيقة بنسبة تتجاوز 80٪ بحلول عام 2032 مقارنة بالمستويات الحالية، مع منحها حوافز مالية لتوسيع شبكات الشحن الكهربائية في الممرات التجارية الرئيسة، كما يشجع البرنامج على التصنيع المحلي للمركبات عديمة الانبعاثات، وتخصيص صندوق البنية التحتية النظيفة لدعم الأساطيل التجارية الصغيرة والمتوسطة. (U.S. Environmental Protection Agency (EPA)., 2023, p. 54)

أما في الصين، فقد اعتمدت الحكومة سياسة " الاعتماد المزدوج" التي تدمج بين نظام الحصص الإلزامية لإنتاج المركبات الكهربائية وحوافز خفض الانبعاثات الكربونية. وقد أدت هذه السياسة إلى تحقيق نمو سنوي يزيد عن 60٪ في مبيعات الشاحنات الكهربائية بين عامي 2020 و 2023، لتصبح الصين أكبر سوق عالمي للنقل الكهربائي التجاري. وتظهر البيانات الرسمية أن الأسطول الصيني من المركبات الكهربائية تجاوز 2.3 مليون مركبة تجارية كهربائية بنهاية 2023، مدعوماً بمنح مالية للمصنعين المحليين تصل إلى 10 آلاف دولار لكل مركبة ضمن برامج التحفيز الحكومي. (International Energy Agency (IEA), 2024, pp. 100-105)

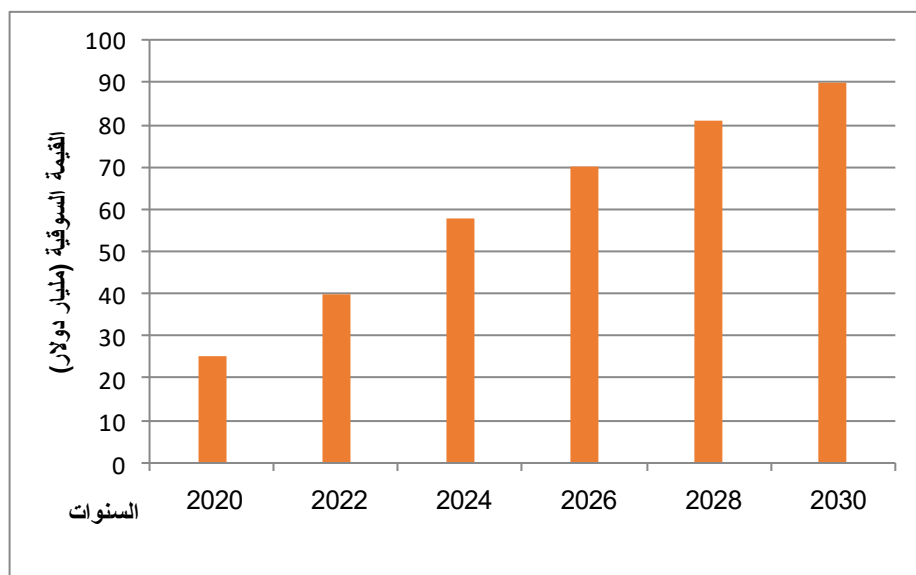
وتتداخل هذه الجهود مع سياسات المدن الذكية والمناطق منخفضة الانبعاثات في أوروبا. فمدينة "أوسلو" النرويجية أعلنت عن حظر تام للمركبات العاملة بالديزل في وسط المدينة بحلول عام 2030،

بينما وضعت "أمستردام" خطة للتحول الكامل إلى المركبات الكهربائية في النقل الحضري والخدمي بحلول سنة 2028. (OECD, 2022, p. 122)

3.1.4. الاتجاهات الاقتصادية والسوقية:

يشهد سوق النقل الكهربائي للبضائع توسعا اقتصاديا متسارعا يعكس انتقاله من مرحلة التجريب إلى مرحلة النضج التجاري. فقد سجل هذا السوق معدل نمو سنوي مركب يقدر بنحو 28.3% خلال الفترة 2020-2024، مع توقعات بتجاوز قيمته 90 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030، مدفوعا بتزايد الطلب على النقل منخفض الانبعاثات وتوسع الاستثمارات في البنية التحتية للشحن السريع. (Allied Market Research, 2024, p. 11)

الشكل رقم 03: تطور القيمة السوقية للنقل الكهربائي للبضائع عالميا



المصدر: إعداد الباحثين استنادا إلى المرجع Allied Market Research. *Electric Freight*

Truck Market Report 2024. New York: Allied Analytics LLP

يظهر المنحنى اتجاهها تصاعديا يشير إلى نضج السوق وتوسع الاستثمارات في المركبات والبنية التحتية للشحن.

وأسهمت الشركات الرائدة في الصناعة في خفض تكاليف التشغيل وتعزيز الكفاءة الاقتصادية من خلال الإنتاج الضخم وتكامل سلاسل الإمداد الكهربائية. فقد حققت شركة تسلا (Tesla)، عبر شاحنتها الكهربائية Semi، خفضاً في تكلفة النقل لكل كيلومتر بنسبة تصل إلى 22% مقارنة بالمركبات العاملة بالديزل، بينما أسهمت شركة "BYD" الصينية في توسيع قدرات الإنتاج لتصل إلى أكثر من 30,000 شاحنة كهربائية سنوياً، ما جعلها مصدراً رئيساً في الأسواق الآسيوية والأوروبية.

(McKinsey & Company, pp. 7-9)

الجدول 03: مقارنة تكلفة التشغيل بين الشاحنات الكهربائية والديزل (دولار/كلم)

نوع المركبة	تكلفة التشغيل (دولار/كلم)	نسبة التوفير
شاحنة ديزل تقليدية	1	-
شاحنة تسلا الكهربائية	0.78	22%
شاحنة بيد الكهربائية	0.8	20%

المصدر: إعداد الباحثين استناداً إلى المرجع McKinsey & Company. *Decarbonizing Road*

.Freight: 2024 Insights.

تظهر النتائج تفوق الشاحنات الكهربائية من حيث خفض تكلفة التشغيل مما يعزز جدواها الاقتصادية على المدى الطويل.

وفي موازاة ذلك، تتجه الشركات اللوجستية الكبرى نحو نماذج أعمال مبتكرة تعتمد على مفهوم النقل الكهربائي المشترك والتوزيع الأخضر الحضري، حيث تدار الأساطيل الكهربائية بصورة جماعية عبر منصات رقمية تعتمد على تحليل البيانات والذكاء الاصطناعي لتحسين الجداول وتقليل زمن التوقف؛ حيث يمكن أن تنخفض تكلفة التشغيل اللوجستي بنسبة تتراوح بين 12 و18%، مع تحسين الكفاءة الطاقوية بنسبة تصل إلى 25% في المدن الكبرى مثل شنغهاي وأمستردام. (Deloitte Consulting, 2023, p. 58)

تبرز هذه المؤشرات أن النقل الكهربائي للبضائع لم يعد خياراً تجريبياً أو ذا طابع بيئي فقط، بل أصبح محورياً اقتصادياً واستثمارياً يعيد تشكيل منظومة الخدمات اللوجستية العالمية ضمن إطار الاقتصاد

الأخضر والتحول الطاقوي المستدام. 2.4. النقل الكهربائي في المنطقة العربية ومعوقات وفرص التحول نحو كهربة نقل البضائع:

2.4. واقع النقل الكهربائي في المنطقة العربية:

تتجه الدول العربية تدريجياً نحو تبني النقل الكهربائي في إطار سعيها لمواءمة أهداف التنمية المستدامة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. ورغم تفاوت مستويات التقدم بين الأقاليم العربية، فإن السنوات الأخيرة شهدت توسعاً ملحوظاً في التجارب والمشروعات التطبيقية، خصوصاً في الحافلات الكهربائية والنقل الحضري منخفض الانبعاثات، فقد شرعت دول مثل مصر والأردن وتونس والمغرب والإمارات وقطر في تنفيذ مبادرات عملية تتراوح بين المشاريع التجريبية والبرامج التنفيذية الواسعة. ففي الخليج، أطلقت الإمارات مشاريع حافلات كهربائية في دبي وأبوظبي والشارقة. بينما تستهدف قطر تحويل 25% من أسطول النقل العام إلى الكهرباء خلال العقد الحالي. أما في شمال إفريقيا، فقد بدأ برنامج النقل السريع بالحافلات الكهربائية (BRT) في مراكش، والذي يتوقع أن يغطي الشبكة الحضرية بالكامل بحلول عام 2030، مما يعكس انتقالاً تدريجياً من مرحلة التجريب إلى مرحلة التعميم الفعلي في بعض الدول، رغم استمرار التفاوت في مستويات التنفيذ بين الدول العربية. (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا الإسكوا، 2023، صفحة 7)

وفي الإمارات العربية المتحدة، تظهر البيانات الإحصائية تطوراً سريعاً في منظومة المركبات الكهربائية والبنية التحتية للشحن. فقد سجلت مبادرة "EV Green Charger" التابعة لهيئة كهرباء ومياه دبي 1,145,427 جلسة شحن في عام 2023، بزيادة بلغت 59% مقارنة بعام 2022. كما ارتفع عدد المركبات الكهربائية المسجلة إلى 25,929 مركبة بحلول نهاية ديسمبر 2023، مع تشغيل 382 محطة شحن تشمل محطات فائقة السرعة. وتمثل هذه المؤشرات تجربة رائدة في بناء شبكة شحن عامة متكاملة قابلة للتوسع الإقليمي، تعكس استعداداً مبكراً لسوق عربية قادرة على التحول المنهجي نحو النقل الكهربائي. (هيئة كهرباء ومياه دبي، 2023، صفحة 1.2)

أما في المغرب، فيرتبط التحول الكهربائي ارتباطاً وثيقاً بالسياسة الصناعية الوطنية. فقد تمكنت الدولة من إدماج النقل الكهربائي في سلاسل القيمة التصنيعية من خلال إنتاج ما بين 40 و 50 ألف

مركبة كهربائية سنوياً، مع خطة لرفع الطاقة الإنتاجية إلى 100 ألف وحدة بحلول عام 2025، كما استثمرت الحكومة في صناعة البطاريات والتجميع المحلي لتلبية الطلب المتزايد في الأسواق الأوروبية، مما يجعل المغرب نموذجاً عربياً في الربط بين التحول الطاقوي والتنمية الصناعية. (GIZ/Changing-Transport. , 2024, pp. 4-5)

1.2.4. المعوقات والفرص في الدول العربية النامية

رغم تزايد الاهتمام الرسمي بالتحول نحو النقل الكهربائي في الدول العربية النامية، ما تزال الفجوة بين الطموح والسياسات التنفيذية واسعة؛ فغالبية هذه الدول تواجه تحديات اقتصادية وهيكلية تعيق الانتقال السريع نحو المركبات عديمة الانبعاثات. وتشير تقارير الإسكوا إلى أن ضعف منظومات البنية التحتية للطاقة يعد من أبرز القيود أمام التوسع في كهربة النقل، إذ تعاني العديد من شبكات الكهرباء من ارتفاع نسب الفاقد الفني والتشغيلي، تصل في بعض الدول إلى أكثر من 15% من إجمالي الإنتاج، إلى جانب اعتماد كبير على الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء، ما يقلل من الجدوى البيئية والاقتصادية لمشروعات النقل الكهربائي في ظل غياب مصادر نظيفة داعمة للشحن. (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا الإسكوا، 2023، الصفحات 2-3)

كما تعد القيود التمويلية عائقاً رئيسياً أمام التحول، إذ تظهر بيانات البنك الدولي أن تكلفة كهربة أساطيل النقل العام في المدن الكبرى بالدول النامية قد تتراوح بين 0.5 و 1.2 مليار دولار للمرحلة الواحدة، وهو ما يتجاوز القدرات المالية المحلية في ظل محدودية الحوافز الحكومية وغياب آليات التمويل الأخضر الموجهة للنقل. (World Bank, 2023, pp. 14-15)

من جانب آخر، يبرز العامل التكنولوجي والمعرفي كأحد التحديات الجوهرية؛ إذ تعتمد غالبية الدول العربية النامية على استيراد المركبات والبطاريات ومكونات الشحن من الأسواق الآسيوية، مع غياب شبه تام لقدرات التصنيع المحلي أو البحث التطبيقي في هذا المجال. وتؤكد وكالة الطاقة الدولية أن الدول النامية، رغم امتلاكها أكثر من 40% من الطلب العالمي المستقبلي على المركبات الكهربائية، لا تتجاوز حصتها من الإنتاج العالمي 3% فقط، ما يعكس فجوة تكنولوجية تحتاج إلى سياسات لبناء القدرات ونقل التكنولوجيا (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، 2023، الصفحات 64-65).

ورغم هذه المعوقات، فإن الفرص المستقبلية واعدة في ظل التحولات العالمية نحو التمويل المناخي. فالموقع الجغرافي والطاقي للدول العربية يمنحها مزايا استراتيجية لتبني النقل الكهربائي القائم على الطاقة الشمسية والرياح، خاصة مع تسجيل معدلات إشعاع شمسي تفوق 3000 ساعة سنويا في معظم مناطقها. كما بدأت بعض الدول، كالمغرب والأردن ومصر، في تنفيذ مشاريع ربط بين الشحن الكهربائي والطاقة المتجددة، مما يشكل نموذجا يمكن توسيعه على مستوى الإقليم. إضافة إلى ذلك، يتيح انخراط الدول العربية في مبادرات التمويل الأخضر الدولية مثل صندوق المناخ الأخضر ومبادرة الطاقة المستدامة للجميع فرصا حقيقية للحصول على دعم تقني ومالي لتسريع التحول الكهربائي في قطاع النقل. (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، 2023، صفحة 112)

تؤكد هذه المعطيات أن مستقبل النقل الكهربائي في الدول العربية النامية يتوقف على تحقيق التوازن بين إصلاح البنية التحتية، وتنويع مصادر الطاقة، وتطوير التشريعات التمويلية والتقنية، بما يسمح بتحويل التوجه السياسي إلى مسار تنفيذي فعال يدعم التحول نحو الاقتصاد الأخضر المستدام.

5. مناقشة النتائج:

أظهرت نتائج الدراسة أن التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع يمثل توجها عالميا متسارعا مدعوما بالتطور التكنولوجي والسياسات البيئية والاستثمارات المتزايدة في البنية التحتية للشحن. وقد بينت النتائج أن هذا التحول يحقق آثارا إيجابية على المستويات البيئية والاقتصادية والاجتماعية، مما يؤكد صحة فرضيات البحث.

فمن الناحية البيئية، أكدت البيانات المتعلقة بخفض الانبعاثات وتحسين كفاءة الطاقة الدور الفعال للنقل الكهربائي في الحد من البصمة الكربونية لقطاع النقل. أما من الناحية الاقتصادية، فقد أظهرت المؤشرات المرتبطة بانخفاض تكاليف التشغيل وتطور تكنولوجيا البطاريات تحسنا تدريجيا في الجدوى الاقتصادية لهذا النمط من النقل. كما أبرزت النتائج وجود آثار اجتماعية إيجابية تتمثل في تحسين جودة الحياة والصحة العامة نتيجة الحد من التلوث والضوضاء.

وتتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة التي أكدت أن كهربية نقل البضائع تمثل أحد المسارات الفعالة لتحقيق الاستدامة، سواء من خلال تقليل الانبعاثات وتحسين الكفاءة الطاقوية أو من خلال تعزيز الأداء الاقتصادي واللوجستي لمنظومات النقل. كما تعكس النتائج أهمية التكامل بين التطور التكنولوجي والسياسات الداعمة في ضمان نجاح عملية التحول نحو النقل منخفض الكربون.

كما أظهرت التجارب الدولية، خاصة في أوروبا والولايات المتحدة والصين، أن نجاح التحول نحو النقل الكهربائي يرتبط بتكامل السياسات الحكومية مع الاستثمارات في البنية التحتية والابتكار التكنولوجي. وفي المقابل، ما تزال الدول العربية النامية تواجه تحديات مرتبطة بالتمويل والبنية التحتية ونقل التكنولوجيا، رغم توفر فرص واعدة تدعمها موارد الطاقة المتجددة والتمويل الأخضر.

وتؤكد النتائج كذلك تحقيق أهداف الدراسة المتمثلة في تحليل الأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للنقل الكهربائي للبضائع، وإبراز مدى مساهمته في دعم أهداف التنمية المستدامة. كما تبين أن نجاح هذا التحول لا يعتمد فقط على توفر التكنولوجيا، بل يتطلب أيضا استثمارات طويلة الأجل في البنية التحتية والابتكار.

وعليه، تؤكد نتائج الدراسة أن النقل الكهربائي للبضائع يمثل أحد المسارات الفعالة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، شريطة توفير بيئة تنظيمية واستثمارية مناسبة تضمن استدامة هذا التحول على المدى الطويل.

6. خاتمة:

يخلص هذا البحث إلى أن التحول نحو النقل الكهربائي للبضائع لم يعد خيارا تقنيا محدود الأثر، بل أصبح توجهها استراتيجيا لتحقيق التنمية المستدامة في أبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية. فقد أبرز التحليل أن كهربية النقل تسهم بوضوح في خفض الانبعاثات وتحسين الكفاءة الطاقوية، مع تحقيق وفورات تشغيلية نتيجة تطور تقنيات البطاريات والبنية التحتية للشحن الذكي. كما بينت التجارب الدولية أن هذا التحول يمثل رافعة مزدوجة تجمع بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة.

ورغم التقدم العالمي في هذا المجال، ما زالت الدول العربية النامية تواجه تحديات بنيوية وتشريعية وتمويلية تحد من سرعة التحول. لذا، يتطلب الأمر تكامل الجهود بين الحكومات والقطاع الخاص والمؤسسات الدولية لاعتماد سياسات داعمة للنقل المستدام.

يقترح البحث التركيز على توطين التكنولوجيا في مجالات البطاريات والتصنيع المحلي، وتحسين الأطر القانونية والتمويلية، وتعزيز الشراكات الإقليمية والدولية لتمويل البنية التحتية الخضراء.

إن كهرية النقل للبضائع تمثل فرصة حقيقية لإعادة هيكلة قطاع النقل العربي نحو منظومة أكثر كفاءة وعدالة بيئية، تسهم في بناء اقتصاد منخفض الكربون ومتوافق مع متطلبات التنمية المستدامة والاقتصاد الأخضر العالمي.

6. قائمة المراجع:

- Allied Market Research. (2024). *Electric Freight Truck Market Report*. New York.
- Bhardwaj Mostofi, S. (2022). *Technical and Business Aspects of Battery Electric Trucks - Vehicles. A Systematic Review*, pp. 383–390.
- Bloomberg New Energy Finance (BNEF). (2023). *Electric Vehicle Outlook 2023* London. Bloomberg Finance L.P.
- Deloitte Consulting. (2023). *Global Smart and Last-Mile Logistics Outlook 2023*. London.
- European Parliamentary Research Service (EPRS). (2022). *Fit for 55 Package: Towards Climate Neutrality*. Brussels: European Parliament.
- Gillström and all. (2024). *Towards Building an Understanding of Electrification of Logistics Systems*. Cleaner Logistics and Supply Chain.
- GIZ/Changing-Transport. . (2024). *Morocco's Role in the Global Electro-Mobility Revolution* .
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2024). *Charging Infrastructure Needs for Battery Electric Trucks in the European Union by 2030*. Brussels: ICCT.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2024). *European Heavy-Duty Vehicle Market Development Quarterly (Q1 2024)*. Berlin.
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Global EV Outlook*. Paris: IEA Publications.
- Jha and al. (2003). *Moving on from a Diesel Mindset—Understanding Enablers and Challenges for Electrifying Road Freight Using Stakeholder Engagement*. Future Transportation.
- McKinsey & Company. (s.d.). *Decarbonizing Road Freight: 2024 Insights*. New York.
- National Renewable Energy Laboratory. (2023). *Electric Vehicle Basics*. Golden, CO .
- OECD. (2022). *Smart Cities and Low-Emission Zones*. Paris: Policy Review OECD Publishing.

- Raoofi And all. (2024). System-level impacts of electrification on road freight transport systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2023). *Clean Trucks Plan*. Washington D.C.
- World Bank. (2023). *Investing in Resilient Transport in MENA*. Washington D.C.
- (IRENA). (2023). *Renewable Energy Outlook: Financing* الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
- Sustainable Transport. أبو ظبي.
- Land E-Mobility Futures in . (2023). لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا الإسكوا.
- the Arab Region. بيروت.
- Land E-Mobility Futures in . (2023). لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا الإسكوا.
- the Arab Region – Chapter 5.
- لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). (2022). التنقل الكهربائي البري في المنطقة العربية:
- خيارات وفرص بيروت. : الأمم المتحدة .
- DEWA's EV Green Chargers Witnessed 59% Surge in . (2023). هيئة كهرباء ومياه دبي .
- Service Usage in 2023

The Global Shift Toward Electric Freight Transportation and Its Contribution to The Achievement of The Sustainable Development Goals: An Analytical Review of International Experiences from Inception To 2026

Isra haliouche^{1*}, Aissa Merazga²

Management-Transport-Logistics Laboratory

¹ University of Batna -1 (Algeria),

isra.haliouche@univ-batna.dz 

² University of Batna -1 (Algeria),

Aissa.merazga@univ-banta.dz 

Received: 30-10-2025

Accepted: 15-06-2026

Abstract

This paper examines the transition toward electric freight transport and its contribution to sustainable development. It outlines the conceptual framework of electric mobility and analyzes its environmental, economic, and social impacts, with reference to global and Arab trends. Using a descriptive approach, the study identifies the current state, challenges, and opportunities of this transition in developing countries. The results highlight that electric freight transport is a central element in the energy transition and the green economy, improving urban living conditions, reducing pollution, and creating new jobs.

Keywords:

Electric freight transport;
Energy transition;
Sustainable development;
green economy.

JEL Classification Codes: R41

* Correspondent author