

L'intégration de la durabilité dans la gestion logistique : quel impact sur les coûts opérationnels

Youssef Karboub ¹, Elhoussain Choukar ² et Hanan Kourad ¹

¹ FSJES, Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco

² EMSI, Marrakech, Morocco

Citation : Karboub, Y., Choukar, E., & Kourad, H. (2026). L'intégration de la durabilité dans la gestion logistique : Quel impact sur les coûts opérationnels ? *Journal of Studies in Internal & External Audit*, 1(1), 1–18.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.21844476>

Copyright: © This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Résumé

Cette étude examine l'effet de l'intégration de la durabilité dans la gestion logistique sur la réduction des coûts opérationnels des petites et moyennes entreprises françaises. Elle s'appuie sur la théorie des coûts de transaction, selon laquelle une meilleure coordination des échanges, une réduction des asymétries d'information et une organisation plus efficace des relations inter-organisationnelles peuvent limiter les dépenses liées à la recherche, à la négociation, au contrôle et au suivi des transactions. L'analyse retient six dimensions de la durabilité logistique : la gestion verte des fournisseurs, la logistique inverse, la coopération inter-organisationnelle, la digitalisation durable, l'optimisation énergétique ainsi que la formation et l'engagement des employés. L'étude repose sur un échantillon de 273 PME françaises. Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé appartenant à la famille normale et utilisant une fonction de lien Logit. Les résultats montrent que la gestion verte des fournisseurs, la logistique inverse, la coopération inter-organisationnelle, la digitalisation durable ainsi que la formation et l'engagement des employés exercent un effet positif et statistiquement significatif sur la réduction des coûts opérationnels. En revanche, l'optimisation énergétique ne présente pas d'effet significatif. Ces résultats indiquent que la durabilité logistique peut contribuer à limiter les dépenses liées aux déchets, aux erreurs, aux retards, aux activités de contrôle et aux inefficiences de coordination lorsqu'elle est intégrée de manière cohérente aux processus de l'entreprise.

Mots clés : durabilité logistique ; coûts opérationnels ; PME françaises ; chaîne logistique verte ; logistique inverse ; digitalisation durable.

Classification JEL : D23 ; L25 ; L91 ; M11 ; Q56.

Introduction

La gestion logistique constitue une fonction importante dans l'organisation des activités de l'entreprise, en raison de son influence sur les approvisionnements, le transport, le stockage, la maintenance et la coordination des flux. Dans un contexte marqué par le renforcement des exigences environnementales, l'augmentation des coûts liés aux ressources et l'évolution des attentes des parties prenantes, les entreprises sont progressivement conduites à intégrer la durabilité dans leurs pratiques logistiques. Cette orientation peut concerner la sélection des fournisseurs, la gestion des retours, la consommation énergétique, la circulation de l'information, l'utilisation des technologies et la mobilisation des compétences internes. Toutefois, l'adoption de

pratiques durables ne conduit pas systématiquement à une diminution immédiate des coûts. Elle peut nécessiter des investissements, des adaptations organisationnelles et des dépenses de coordination susceptibles de produire des effets différés. La relation entre durabilité logistique et coûts opérationnels doit donc être examinée en tenant compte des conditions de mise en œuvre, du degré d'intégration des pratiques et de leur cohérence avec les objectifs économiques de l'entreprise. La question consiste dès lors à déterminer dans quelle mesure la durabilité peut contribuer à améliorer l'efficacité des opérations sans accroître durablement les charges supportées.

Les travaux consacrés à la gestion durable de la chaîne logistique montrent que les pratiques environnementales et organisationnelles peuvent réduire les déchets, améliorer l'utilisation des ressources, limiter les erreurs et renforcer la coordination entre les partenaires. Ils indiquent également que les effets économiques varient selon la nature des pratiques, les capacités internes de l'entreprise, la configuration de la chaîne logistique et l'horizon temporel retenu. Dans cette perspective, la théorie des coûts de transaction fournit un cadre d'analyse adapté, puisqu'elle met l'accent sur les coûts de recherche d'information, de négociation, de contrôle, de surveillance et de coordination. L'intégration de la durabilité peut ainsi être considérée comme un moyen de réduire certaines inefficiences liées aux échanges et à l'organisation des flux. La présente recherche s'intéresse à plusieurs dimensions complémentaires, notamment la gestion verte des fournisseurs, la logistique inverse, la coopération inter-organisationnelle, la digitalisation durable, l'optimisation énergétique ainsi que la formation et l'engagement des employés. L'objectif est d'examiner la manière dont ces pratiques peuvent contribuer à la réduction des coûts opérationnels et à une organisation plus efficace des activités logistiques.

1. Revue de littérature

L'intégration de la durabilité dans la gestion logistique réduit les coûts opérationnels lorsqu'elle s'appuie sur une mesure conjointe des performances environnementales, économiques et organisationnelles. Prataviera et al. (2025) impliquent que la formalisation des objectifs, la gouvernance, les systèmes de mesure et l'allocation budgétaire évitent la dispersion des ressources dans des initiatives ponctuelles dont les effets financiers restent difficiles à contrôler. Cette orientation rejoint Ahi et Searcy (2015), qui associent l'évaluation de la chaîne durable aux coûts, à la productivité, à la qualité, à la fiabilité des livraisons et à l'utilisation des ressources, plutôt qu'aux seuls indicateurs environnementaux. Tseng et al. (2019) montrent dans le même sens que les modèles d'optimisation permettent d'examiner simultanément les émissions, les stocks, le transport, les fournisseurs et l'implantation des sites afin de rendre visibles les arbitrages économiques. Mohanty et Sarkar (2025) complètent cette perspective en reliant les pratiques vertes à la réduction des déchets, des émissions et de l'épuisement des ressources, tout en maintenant les objectifs de service, de profit et de performance. Ces travaux impliquent que la durabilité ne produit des économies durables que lorsqu'elle est intégrée aux outils de pilotage, aux budgets et aux décisions opérationnelles ordinaires.

La maîtrise des coûts de transport dépend de la configuration du réseau, du choix des modes et de la prise en compte des contraintes associées à chaque solution. Kelle et al. (2019) impliquent qu'une combinaison appropriée de la route, du rail et des autres modes peut réduire les trajets inefficients et améliorer la consolidation des marchandises sans provoquer une hausse proportionnelle des dépenses. Bouchery et Fransoo (2015) précisent toutefois que le transfert vers le rail ou le transport fluvial n'entraîne pas automatiquement une réduction simultanée des coûts et des émissions, puisque le résultat dépend des volumes, des distances, de la localisation des terminaux et des frais de transbordement. Demir et al. (2016) ajoutent que l'intégration de l'incertitude liée à la demande et aux temps de trajet permet d'élaborer des plans plus robustes, susceptibles de limiter les dépenses provoquées par les retards, les changements d'itinéraire et

la mauvaise affectation des flux. Mostert et al. (2017) élargissent le raisonnement en distinguant les coûts supportés par l'entreprise des coûts externes liés à la pollution et aux effets sanitaires. La durabilité logistique implique ainsi une réorganisation du transport fondée sur le coût total du réseau, plutôt que sur le seul tarif apparent d'un mode particulier.

La récupération des produits peut diminuer les achats de matières et les coûts de traitement des déchets, mais sa rentabilité dépend de l'organisation des opérations inverses. Fernando et al. (2023) impliquent que le recyclage, la réutilisation, la récupération des pièces et le remanufacturing transforment l'engagement environnemental en bénéfices financiers lorsque la valeur résiduelle obtenue reste supérieure aux dépenses engagées. Govindan et al. (2015) confirment cette condition en indiquant que les économies de matières premières et de destruction doivent être comparées aux frais de collecte, de tri, de contrôle, de stockage et de transport des retours. Mohammed et al. (2017) montrent que cet équilibre exige une décision conjointe concernant les sites, les capacités, les flux, les opérations de récupération et les politiques carbone, car une configuration fragmentée peut déplacer les coûts d'une activité vers une autre. De et Giri (2020) ajoutent que l'utilisation d'une flotte hétérogène permet d'adapter les véhicules aux charges, aux distances et aux performances énergétiques, ce qui améliore la maîtrise des coûts de transport et de récupération. La logistique inverse réduit donc les dépenses lorsque le réseau fermé est conçu comme un ensemble coordonné et non comme une fonction secondaire ajoutée aux opérations existantes.

Les pratiques environnementales améliorent la performance opérationnelle lorsqu'elles limitent les pertes, les erreurs et les consommations inutiles sans entraîner de déséquilibre entre les fonctions. Vijayvargy et al. (2017) impliquent que l'utilisation plus efficiente des ressources, l'amélioration de la qualité et la régularité de la coordination avec les fournisseurs peuvent produire des économies dans les entreprises de différentes tailles. Jabbour et al. (2015) précisent que l'approvisionnement vert, la coopération avec les fournisseurs et la réduction de l'utilisation des ressources n'engendrent toutefois des résultats favorables que si les actions sont coordonnées entre les services et les partenaires. Yildiz Çankaya et Sezen (2019) montrent que les effets varient selon les pratiques, puisque la distribution verte, l'emballage, l'écoconception et la récupération des investissements peuvent agir différemment de l'approvisionnement écologique pris isolément. Jayarathna et al. (2024) expliquent cette diversité par le caractère non linéaire de la relation entre les pratiques vertes et la performance : une réduction des stocks peut, par exemple, diminuer les frais de stockage tout en augmentant la fréquence des livraisons. L'impact sur les coûts dépend donc de la combinaison des pratiques et de leur évaluation à l'échelle de la chaîne entière.

Les compétences internes conditionnent la capacité de l'entreprise à transformer les investissements durables en gains opérationnels. Zaid et al. (2018) impliquent que les technologies moins polluantes et les procédures de réduction des déchets ne diminuent pas nécessairement les dépenses lorsque les salariés ne disposent pas des connaissances permettant de les utiliser correctement. Das (2018) relie cette exigence à l'intégration des fournisseurs, à l'amélioration des processus, aux relations avec les parties prenantes et à la gestion sociale, qui peuvent renforcer la productivité des ressources et réduire les pertes lorsqu'elles sont mises en œuvre de manière cohérente. Geng et al. (2017) confirment l'association entre les pratiques vertes et les performances environnementale, économique et opérationnelle, tout en indiquant que la taille de l'entreprise, le secteur, l'orientation exportatrice et la certification modifient l'intensité des résultats. Esfahbodi et al. (2017) rappellent cependant que toutes les pratiques écologiques ne produisent pas immédiatement une amélioration économique, même lorsqu'elles renforcent la performance environnementale. Ces économies dépendent moins de la seule adoption d'outils durables que de leur articulation avec les compétences humaines, les capacités de gestion et les caractéristiques propres à l'organisation.

Les investissements durables peuvent accroître les charges à court terme avant de réduire progressivement les dépenses liées à l'énergie, aux défauts et aux opérations inutiles. Agyabeng-Mensah et al. (2020) impliquent que l'entreposage vert et l'optimisation logistique peuvent d'abord peser négativement sur la performance économique, puis générer des bénéfices indirects par la baisse de la consommation, des pertes et des risques. Sarkar et al. (2021) montrent de même que les technologies de réduction du carbone et l'amélioration de la qualité augmentent certaines dépenses fixes, mais diminuent les coûts associés aux produits défectueux, à la détérioration, aux pertes de matières et aux émissions taxées. Jauhari (2022) applique ce raisonnement aux décisions de stock en montrant qu'une politique intégrant la production imparfaite, le retraitement, l'énergie, les émissions et l'investissement vert peut limiter les reprises, les défauts et les stocks excessifs. Touil et al. (2023) indiquent, dans le cas des PME marocaines, que les entreprises adoptent davantage les pratiques durables lorsqu'elles anticipent une meilleure utilisation des ressources, une réduction de la consommation énergétique et une amélioration de la rentabilité. L'effet sur les coûts doit donc être apprécié sur une période permettant de comparer les investissements initiaux aux économies accumulées.

Les réglementations carbone influencent la structure des coûts en modifiant les décisions d'approvisionnement, de capacité, de transport et de technologie. Hodayouni et al. (2023) impliquent que la taxe carbone et le système de plafonnement et d'échange ne produisent pas les mêmes comportements, les incitations du marché des quotas pouvant encourager davantage l'investissement dans des technologies propres. Kaur et Singh (2017) montrent que la sélection conjointe des fournisseurs, des quantités et des transporteurs permet d'éviter une décision fragmentée qui réduirait les émissions dans une fonction tout en augmentant les dépenses dans une autre. Kumar et Kumar (2024) ajoutent que les objectifs environnementaux doivent être intégrés dès la conception du réseau, car leur introduction après la localisation des sites et l'affectation des flux peut nécessiter des corrections particulièrement coûteuses. Tautenhain et al. (2019) précisent qu'une conception multiobjectif ne conduit pas toujours à une solution unique : certaines configurations réduisent simultanément les coûts et les impacts, tandis que d'autres supposent une dépense supplémentaire pour atteindre un niveau supérieur de durabilité. La réglementation soutient la maîtrise des coûts lorsque les instruments choisis sont intégrés aux décisions opérationnelles et aux arbitrages du réseau.

L'approvisionnement durable réduit les dépenses lorsqu'il intègre le coût total des fournisseurs, la qualité, la distance et les risques de coordination. Katiraei et al. (2024) impliquent que le fournisseur proposant le prix d'achat le plus faible n'est pas toujours la solution la moins coûteuse lorsque les stocks, les fréquences de livraison, le transport, l'emballage et les émissions sont pris en considération. Touil et al. (2024) montrent que la sélection rigoureuse des fournisseurs, les contrats intégrant des exigences de qualité et de durabilité, la prévention des non-conformités et l'optimisation des processus réduisent les coûts de recherche, de négociation, de surveillance, de gaspillage et de gestion des risques. Chakir et al. (2021) permettent de relier ces résultats au rôle de la confiance entre les acteurs de la chaîne logistique, puisque la crédibilité, l'intégrité, la coordination des flux et l'échange d'informations peuvent limiter les dysfonctionnements relationnels et les dépenses de coordination. Rachidi et al. (2022) montrent également que les perturbations de la chaîne d'approvisionnement exposent les entreprises à des coûts de délai, de rupture de stock, de fret et de charges portuaires. La durabilité implique ainsi une organisation plus fiable des relations, des contrats et des flux afin de réduire les coûts liés aux interruptions et aux défaillances de coordination.

L'optimisation des opérations peut produire une réduction conjointe des dépenses et des impacts environnementaux lorsqu'elle agit directement sur les distances, l'énergie et le partage des ressources. Zhang et al. (2019) impliquent que l'intégration du coût des émissions dans la planification des itinéraires de la chaîne du froid permet de diminuer le coût logistique global

grâce à la réduction des distances, du temps de fonctionnement des équipements frigorifiques et de la consommation énergétique. Leur contribution montre que l'objectif environnemental peut renforcer l'efficacité économique lorsqu'il est incorporé aux décisions de routage plutôt qu'ajouté après leur définition. Arya et al. (2020) complètent cette relation en indiquant que l'éco-logistique peut devenir une charge lorsque chaque entreprise finance seule des technologies ou des infrastructures coûteuses. La coopération avec les autorités, les partenaires sectoriels et les entreprises d'autres secteurs permet au contraire de partager les investissements, les informations et les équipements. La diminution des coûts ne dépend pas uniquement du choix de technologies moins polluantes, mais également de l'optimisation de leur utilisation et de la répartition des dépenses entre plusieurs acteurs. La durabilité réduit ainsi les coûts lorsque l'efficacité des opérations est associée aux synergies, aux économies d'échelle et à la coopération institutionnelle.

2. Méthodes

2.1. Construction des hypothèses de recherche

La théorie des coûts de transaction repose sur l'idée que toute relation économique implique des coûts liés à la recherche d'informations, à la négociation, à la surveillance et à la coordination. Selon Williamson (1981), ces coûts dépendent de la spécificité des actifs, de l'incertitude et de la fréquence des échanges. Dans un contexte logistique, intégrer la durabilité revient à internaliser des pratiques environnementales, sociales et éthiques qui visent à réduire les inefficacités liées à la coordination des flux. L'approche durable favorise la transparence, la fiabilité des partenaires et la réduction des asymétries d'information, contribuant ainsi à la diminution des coûts de transaction. Adaptée à la gestion logistique, cette théorie permet d'évaluer comment les stratégies de durabilité – notamment l'éco-conception, la circularité et la coopération inter-organisationnelle – optimisent la performance économique en limitant les gaspillages et les incertitudes. En intégrant la durabilité, l'entreprise ne cherche pas seulement à satisfaire une exigence éthique, mais à créer de la valeur en améliorant l'efficacité contractuelle et la coordination entre acteurs, ce qui se traduit in fine par une réduction des coûts opérationnels. Dans cette perspective, les pratiques susceptibles d'agir sur la réduction des coûts opérationnels peuvent être regroupées en trois dimensions complémentaires, comme suit :

i. Coordination durable des relations d'approvisionnement : La gestion verte des fournisseurs repose sur la sélection de partenaires respectant des exigences environnementales définies. Elle peut réduire les coûts liés à la non-conformité, aux pénalités réglementaires et aux ruptures d'approvisionnement. L'adoption de critères écologiques améliore également la prévisibilité des flux, la qualité des échanges et la stabilité des relations contractuelles. En limitant les asymétries d'information et les besoins de contrôle, cette pratique contribue à réduire les coûts de recherche, de négociation et de surveillance associés aux transactions. La coopération inter-organisationnelle complète cette orientation en favorisant la coordination entre entreprises, fournisseurs, transporteurs et distributeurs. La mutualisation des infrastructures, des capacités de stockage, des moyens de transport et des informations permet de réduire la duplication des activités et certains coûts fixes ou variables. Elle facilite également la circulation d'informations fiables, renforce la confiance entre partenaires et diminue les incertitudes liées à la gestion des flux logistiques.

ii. Circularité et maîtrise des ressources opérationnelles : La logistique inverse consiste à organiser la récupération, le retour, le recyclage et la revalorisation des produits ou composants après leur utilisation. Elle permet de réduire les besoins en matières premières, les coûts de traitement des déchets et certaines dépenses d'approvisionnement. La traçabilité des flux retournés améliore également le contrôle des opérations et limite les coûts associés aux audits, à la non-conformité et à la gestion des produits en fin de cycle. L'optimisation énergétique concerne la réduction de la consommation d'énergie dans le transport, l'entreposage et la manutention. Le recours à des équipements moins énergivores, à des véhicules adaptés et à des systèmes de suivi de la consommation peut diminuer les charges d'exploitation. Cette pratique réduit également l'exposition de l'entreprise aux variations du prix de l'énergie et contribue à une meilleure maîtrise des coûts de maintenance, de stockage et de fonctionnement des infrastructures logistiques.

iii. Transformation technologique et mobilisation des compétences : La digitalisation durable repose sur l'intégration de technologies permettant de suivre, prévoir et coordonner les flux logistiques. L'Internet des objets, la blockchain et les outils d'analyse prédictive améliorent la traçabilité, la planification des opérations et la maintenance préventive. Leur utilisation peut réduire les erreurs, les retards, les pannes et les coûts de vérification, tout en facilitant la gestion des stocks, des consommations énergétiques et des émissions liées aux activités logistiques. La formation et l'engagement des employés soutiennent l'application effective de ces pratiques. Le développement des compétences en gestion éco-efficace permet au personnel d'identifier les sources de gaspillage, de limiter les erreurs opérationnelles et d'améliorer l'utilisation des ressources. L'implication des employés favorise aussi l'adoption de routines plus cohérentes avec les objectifs de durabilité et peut réduire les coûts liés aux rebuts, aux retards, à la non-qualité et à la non-conformité.

Dans le cadre de cette étude, la réduction des coûts opérationnels est considérée comme le résultat d'une meilleure coordination des partenaires, d'une utilisation plus rationnelle des ressources et d'une organisation plus efficace des processus logistiques. La gestion verte des fournisseurs et la coopération inter-organisationnelle peuvent réduire les coûts de transaction en améliorant la fiabilité des échanges. La logistique inverse et l'optimisation énergétique peuvent limiter les dépenses associées aux matières, aux déchets et à l'énergie. Enfin, la digitalisation durable ainsi que la formation et l'engagement des employés peuvent renforcer la maîtrise des opérations, réduire les erreurs et améliorer la productivité. Sur cette base, les hypothèses de recherche sont formulées comme suit :

- ***H1 : La gestion verte des fournisseurs a un effet positif sur la réduction des coûts opérationnels liés aux déchets.***
- ***H2 : La logistique inverse contribue à la réduction des coûts opérationnels par la revalorisation des déchets.***
- ***H3 : La coopération inter-organisationnelle réduit les coûts opérationnels par la diminution des coûts de transaction.***
- ***H4 : La digitalisation durable réduit les coûts opérationnels par l'optimisation des processus logistiques.***

- *H5 : L'optimisation énergétique a un effet positif sur la réduction des coûts opérationnels.*
- *H6 : La formation et l'engagement des employés favorisent la réduction des coûts opérationnels par l'amélioration des pratiques durables.*

2.2. Le modèle

Le modèle de recherche vise à examiner l'effet de l'intégration de la durabilité dans la gestion logistique sur la réduction des coûts opérationnels des entreprises. Fondé sur la théorie des coûts de transaction, il considère que les pratiques durables peuvent limiter les dépenses résultant des asymétries d'information, des défaillances de coordination, du gaspillage des ressources et des inefficiences opérationnelles. La réduction des coûts opérationnels constitue ainsi la variable dépendante du modèle, tandis que la gestion verte des fournisseurs, la logistique inverse, la coopération inter-organisationnelle, la digitalisation durable, l'optimisation énergétique ainsi que la formation et l'engagement des employés représentent les principales variables explicatives. Ces dimensions permettent d'appréhender les effets de la durabilité sur les coûts d'approvisionnement, de transport, de manutention, d'énergie, de non-qualité et de traitement des déchets. Le modèle intègre également la taille et l'ancienneté de l'entreprise comme variables de contrôle, afin de tenir compte des différences de ressources, de capacités organisationnelles et d'expérience susceptibles d'influencer la structure des coûts.

$$REDC = \beta_0 + \beta_1.SUPG + \beta_2.REVL + \beta_3.COOP + \beta_4.DIGS + \beta_5.ENER + \beta_6.EMPL + \gamma_1.SIZE + \gamma_2.AGEF + \varepsilon$$

La variable dépendante REDC désigne la réduction des coûts opérationnels, mesurée à partir de six items évaluant la baisse des dépenses liées aux approvisionnements, au transport, à la manutention, à la consommation énergétique, à la non-qualité et aux gaspillages. Ces items sont notés sur une échelle de Likert de 1 à 5, puis normalisés par la méthode du max-min scaling et agrégés par la moyenne pour constituer un indicateur composite. Les variables explicatives, SUPG représente la gestion verte des fournisseurs, traduisant l'intégration de critères environnementaux dans la sélection et l'évaluation des partenaires, ce qui permet de réduire les coûts de non-conformité et d'optimiser la coordination des flux. REVL désigne la logistique inverse, c'est-à-dire la récupération, le recyclage et la revalorisation des produits ou déchets logistiques, contribuant à diminuer les coûts d'achat et de traitement. COOP renvoie à la coopération inter-organisationnelle, mesurant la mutualisation des ressources et la circulation d'informations fiables entre acteurs de la chaîne, ce qui réduit les coûts fixes et les inefficiences de coordination. DIGS correspond à la digitalisation durable, intégrant des technologies vertes comme l'IoT et la blockchain pour améliorer la traçabilité, la maintenance et la planification des opérations. ENER représente l'optimisation énergétique visant à réduire la consommation de carburant et d'électricité dans les activités logistiques. Enfin, EMPL mesure la formation et l'engagement des employés dans les pratiques éco-efficientes, renforçant la productivité et diminuant les erreurs opérationnelles. Toutes les variables explicatives inspirées de la théorie sont mesurées par six items sur une échelle de Likert de 1 à 5, dont la moyenne constitue l'indicateur. Les variables de contrôle incluent SIZE, la taille de l'entreprise mesurée par l'effectif total, et AGEF, l'ancienneté en années.

2.3. Choix de la méthode empirique

Le recours au modèle linéaire généralisé (GLM) avec fonction de lien Logit se justifie pleinement dans le cadre de cette recherche. La variable dépendante, REDC, est un indice composite borné entre 0 et 1 après normalisation par la méthode du Max–Min Scaling, ce qui exclut l'application d'une régression linéaire ordinaire susceptible de générer des valeurs prédictives hors de l'intervalle plausible. Le GLM avec lien Logit corrige cette limitation en transformant la variable dépendante selon une fonction logistique qui établit une relation non linéaire entre la moyenne conditionnelle et les variables explicatives, tout en respectant les bornes naturelles de la distribution. Ce choix méthodologique permet d'estimer la probabilité qu'une entreprise atteigne un niveau élevé de réduction des coûts opérationnels en fonction de ses pratiques durables. En outre, le GLM offre une robustesse supérieure face à l'hétéroscédasticité souvent observée dans les données issues d'enquêtes auprès de PME, tout en maintenant la cohérence des estimations par la méthode du maximum de vraisemblance.

2.4. Présentation de l'échantillon

L'étude repose sur un échantillon de petites et moyennes entreprises françaises appartenant à différents secteurs d'activité et disposant d'activités liées à la gestion de leur chaîne logistique. La collecte des données a été réalisée entre le 26 février et le 30 mars 2026 au moyen d'un questionnaire administré par courrier électronique. En raison de la difficulté d'identifier directement l'ensemble des entreprises concernées et d'obtenir leur participation, la constitution de la base de données s'est appuyée sur un mécanisme d'échantillonnage par boule de neige. Les premiers répondants ont ainsi été invités à transmettre le questionnaire à d'autres dirigeants, responsables logistiques ou cadres de PME susceptibles de disposer des informations nécessaires sur les pratiques durables mises en œuvre au sein de leur chaîne logistique. Comme le montre le tableau 1 relatif au taux de réponse au questionnaire, 500 questionnaires ont été distribués, dont 329 ont été retournés, tandis que 171 n'ont fait l'objet d'aucun retour. Après vérification de la complétude et de la cohérence des réponses, 56 questionnaires ont été considérés comme invalides en raison de données manquantes, incohérentes ou insuffisamment renseignées. La base de données définitive comprend ainsi 273 questionnaires exploitables, correspondant à un taux de réponse valide de 54,60 % par rapport au nombre total de questionnaires distribués. Cette procédure a permis de recueillir des informations auprès de PME présentant des caractéristiques sectorielles variées, tout en maintenant l'étude centrée sur les pratiques de durabilité appliquées aux opérations d'approvisionnement, de transport, de stockage, de coordination et de gestion des flux logistiques.

Tableau 1. Taux de réponse au questionnaire

Distribués	Non retournés	Retournés	Valides	Invalides	Taux de réponse valides/distribués
500	171	329	273	56	54,60%

Le tableau 2 présente les statistiques descriptives des variables retenues dans l'étude. La variable REDC, qui mesure la réduction des coûts opérationnels, affiche une moyenne de 3,117 et une médiane de 3, ce qui traduit un niveau globalement intermédiaire de réduction des dé-

penses logistiques parmi les PME interrogées. Parmi les pratiques durables, la digitalisation durable présente la moyenne la plus élevée, avec une valeur de 3,150, suivie par la formation et l'engagement des employés, dont la moyenne atteint 3,022. La coopération inter-organisationnelle enregistre une moyenne de 2,974, tandis que la logistique inverse et l'optimisation énergétique affichent une valeur identique de 2,938. La gestion verte des fournisseurs présente la moyenne la plus faible, soit 2,853. Ces résultats montrent que les pratiques étudiées sont mises en œuvre à des niveaux proches du point central de l'échelle, sans qu'une dimension ne se distingue par une adoption particulièrement élevée. Les valeurs minimales et maximales, respectivement égales à 1 et 5 pour l'ensemble des variables principales, confirment toutefois l'existence de différences notables entre les entreprises concernant le degré d'intégration de la durabilité dans leur chaîne logistique.

Tableau 2. Statistiques descriptives des variables de l'étude

	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
REDC	3.117216	3.000000	5.000000	1.000000	1.458052	-0.118564	1.650108
SUPG	2.853480	3.000000	5.000000	1.000000	1.450329	0.140472	1.638257
REVL	2.937729	3.000000	5.000000	1.000000	1.455140	0.101202	1.656462
COOP	2.974359	3.000000	5.000000	1.000000	1.386411	0.037624	1.709592
DIGS	3.150183	3.000000	5.000000	1.000000	1.394372	-0.130690	1.785429
ENER	2.937729	3.000000	5.000000	1.000000	1.429651	0.109565	1.665636
EMPL	3.021978	3.000000	5.000000	1.000000	1.406221	-0.039030	1.708980
SIZE	19.44322	19.00000	24.00000	15.00000	2.852611	0.091106	1.796016
AGEF	10.59341	11.00000	17.00000	3.000000	4.474547	-0.124650	1.685736

Les écarts-types des variables principales sont compris entre 1,386 pour la coopération inter-organisationnelle et 1,458 pour la réduction des coûts opérationnels, ce qui indique une dispersion relativement comparable des réponses autour des moyennes. Cette variabilité reflète l'hétérogénéité des pratiques adoptées par les PME appartenant à différents secteurs d'activité. Les coefficients d'asymétrie demeurent faibles et proches de zéro, variant de -0,131 pour la digitalisation durable à 0,140 pour la gestion verte des fournisseurs. Les distributions apparaissent ainsi globalement équilibrées, sans concentration excessive des observations vers les valeurs faibles ou élevées. Les coefficients d'aplatissement sont tous inférieurs à 3, ce qui indique des distributions moins concentrées autour de la moyenne que la distribution normale. Concernant les variables de contrôle, les entreprises comptent en moyenne 19,44 employés, pour une médiane de 19, tandis que leur ancienneté moyenne s'établit à 10,59 années, avec une médiane de 11 ans. Les faibles coefficients d'asymétrie observés pour SIZE et AGEF montrent également une répartition relativement équilibrée des entreprises selon leur taille et leur ancienneté.

3. Résultats

3.1. Analyse de la robustesse

Les résultats du test de Ramsey RESET présentés dans le Tableau 3 indiquent que la spécification fonctionnelle du modèle est adéquate. La statistique de Student associée aux valeurs ajustées au carré est égale à 0,0353, avec une probabilité de 0,9719. De même, la statistique F atteint seulement 0,0012 pour 1 et 263 degrés de liberté, avec une probabilité identique de 0,9719. Le

rapport de vraisemblance, estimé à 0,0013, présente également une probabilité élevée de 0,9713. Ces valeurs étant largement supérieures au seuil de 5 %, l'hypothèse nulle de bonne spécification ne peut pas être rejetée. Par ailleurs, la somme des carrés des résidus demeure presque inchangée, passant de 66,39662 dans le modèle restreint à 66,39631 dans le modèle non restreint. Le modèle ne présente donc pas d'erreur apparente de forme fonctionnelle.

Tableau 3. Test de Ramsey RESET de la spécification fonctionnelle du modèle

Ramsey RESET Test Specification: REDC C SUPG REVL COOP DIGS ENER EMPL SIZE AGEF Omitted Variables: Squares of fitted values			
	Value	df	Probability
t-statistic	0.035270	263	0.9719
F-statistic	0.001244	(1, 263)	0.9719
Likelihood ratio	0.001291	1	0.9713
F-test summary:			
	Sum of Sq.	df	Mean Squares
Test SSR	0.000314	1	0.000314
Restricted SSR	66.39662	264	0.251502
Unrestricted SSR	66.39631	263	0.252457

Les résultats présentés dans le Tableau 4 montrent que le modèle ne présente pas de problème de multicolinéarité entre les variables explicatives. Les facteurs d'inflation de la variance centrés sont tous proches de 1 et nettement inférieurs au seuil de 5. Ils varient entre 1,0124 pour AGEF et 1,0407 pour COOP. Les valeurs obtenues pour SUPG, REVL, DIGS, ENER, EMPL et SIZE s'établissent respectivement à 1,0305, 1,0165, 1,0196, 1,0298, 1,0234 et 1,0246. Les VIF non centrés demeurent également modérés pour les variables explicatives, avec des valeurs comprises entre 3,7361 pour DIGS et 4,3661 pour SIZE. Le VIF non centré de la constante, égal à 22,7022, n'est pas retenu dans l'évaluation de la multicolinéarité. Ces résultats indiquent que les coefficients peuvent être estimés sans instabilité liée à de fortes corrélations entre les variables indépendantes.

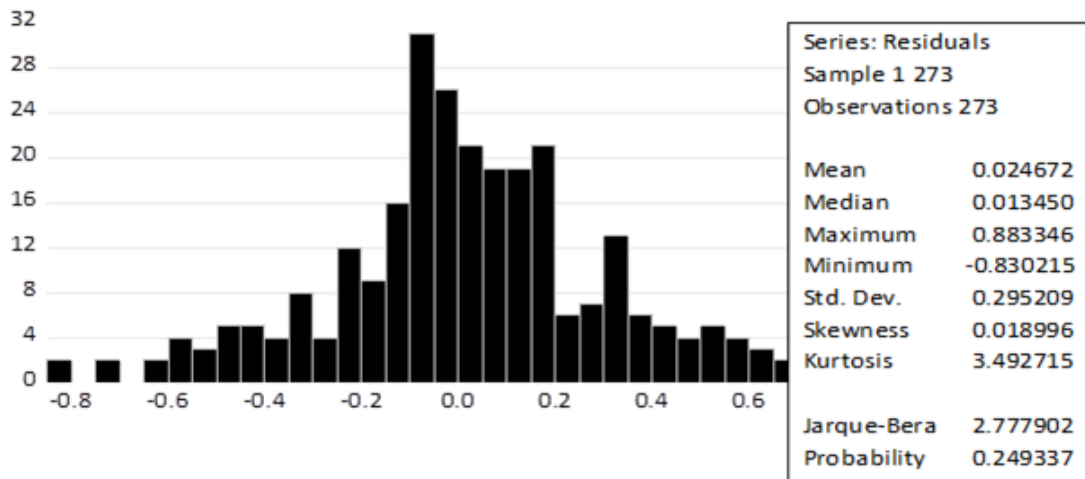
Tableau 4. Facteurs d'inflation de la variance des variables du modèle

Variance Inflation Factors Sample: 1 273 Included observations: 273			
Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.020915	22.70224	NA
SUPG	0.011505	3.977504	1.030490
REVL	0.010081	3.828994	1.016549
COOP	0.012897	4.220861	1.040739
DIGS	0.011058	3.736119	1.019555
ENER	0.011623	4.023463	1.029831
EMPL	0.011065	3.816621	1.023388
SIZE	0.011461	4.366090	1.024597
AGEF	0.011326	4.130530	1.012400

La Figure 1 présente la distribution des résidus du modèle ainsi que les résultats du test de normalité de Jarque-Bera. Pour les 273 observations, la moyenne des résidus est proche de zéro, avec une valeur de 0,0247, tandis que la médiane s'établit à 0,0135. Les résidus varient entre -0,8802 et 0,8833, avec un écart-type de 0,2952. Le coefficient d'asymétrie, égal à 0,0190, indique une distribution presque symétrique. La kurtosis atteint 3,4927, soit une valeur légèrement supérieure à celle d'une distribution normale. La statistique de Jarque-Bera est égale à

2,7779 et sa probabilité associée atteint 0,2493. Cette probabilité étant supérieure au seuil de 5 %, l'hypothèse nulle de normalité des résidus ne peut pas être rejetée.

Figure 1. Distribution des résidus et test de normalité de Jarque–Bera

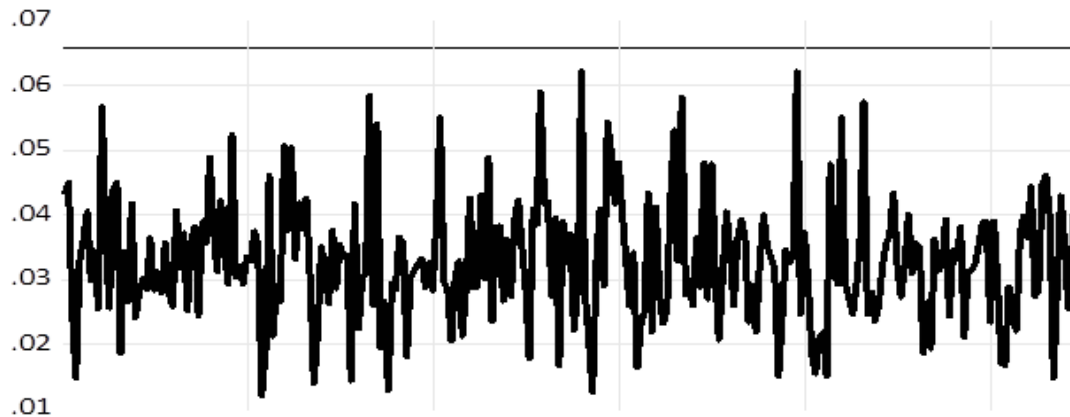


Les résultats du test de Breusch–Pagan–Godfrey présentés dans le Tableau 5 permettent d'examiner la constance de la variance des erreurs du modèle. La statistique F est égale à 0,9634, avec une probabilité de 0,4650 pour 8 et 264 degrés de liberté. La statistique fondée sur le produit du nombre d'observations par le coefficient de détermination atteint 7,7441, avec une probabilité de 0,4589. Enfin, la somme expliquée mise à l'échelle s'établit à 0,3834 et présente une probabilité de 1,0000. Toutes les probabilités associées sont supérieures au seuil de signification de 5 %. L'hypothèse nulle d'homoscédasticité ne peut donc pas être rejetée. Les résidus présentent ainsi une variance relativement constante, ce qui indique l'absence de problème d'hétéroscédasticité dans le modèle estimé.

Tableau 5. Test d'hétéroscédasticité de Breusch–Pagan–Godfrey

Test statistic	Value	Degrees of freedom	p-value
F-statistic	0.963435	(8, 264)	0.4650
Obs. × R-squared	7.744146	8	0.4589
Scaled explained sum of squares	0.383357	8	1.0000

La Figure 2 présente les statistiques d'influence des 273 observations à partir des valeurs de la matrice Hat. Les valeurs observées se situent approximativement entre 0,011 et 0,062, avec une concentration principalement comprise entre 0,020 et 0,040. Quelques observations présentent des valeurs plus élevées, proches de 0,055 ou de 0,061, mais elles restent inférieures au seuil de référence représenté sur la figure, situé autour de 0,066. Aucun point ne dépasse donc la limite retenue pour identifier une observation à fort effet de levier. Les variations enregistrées demeurent dispersées sur l'ensemble de l'échantillon et ne signalent pas la présence d'une observation exerçant une influence disproportionnée sur l'estimation. Les résultats indiquent ainsi que les coefficients du modèle ne sont pas déterminés par un nombre limité d'observations atypiques.

Figure 2. Statistiques d'influence des observations selon la matrice Hat

Le test de Ramsey RESET ne met pas en évidence d'erreur de spécification fonctionnelle ni d'omission systématique de variables. L'examen des facteurs d'inflation de la variance montre également l'absence de multicolinéarité entre les variables explicatives, ce qui limite l'instabilité des coefficients estimés. Le test de Breusch–Pagan–Godfrey indique que la variance des erreurs demeure constante et permet d'écarter un problème d'hétéroscédasticité. En complément, le test de Jarque–Bera ne conduit pas à rejeter l'hypothèse de normalité des résidus. Enfin, l'analyse des statistiques d'influence fondées sur la matrice Hat ne révèle aucune observation exerçant un effet disproportionné sur les estimations. L'ensemble de ces vérifications indique que le modèle est correctement spécifié, stable et statistiquement robuste pour l'interprétation des relations estimées.

3.2. Résultats de la régression

Les résultats du tableau 6 reposent sur un modèle linéaire généralisé appartenant à la famille normale et utilisant une fonction de lien Logit. L'estimation porte sur un échantillon de 273 observations, toutes retenues dans le traitement statistique. Les coefficients ont été obtenus par l'algorithme de Newton–Raphson complété par les étapes de Marquardt, tandis que le paramètre de dispersion a été calculé à partir du khi-deux de Pearson. La convergence du modèle a été atteinte après trois itérations, ce qui indique que la procédure d'estimation est parvenue à une solution stable. Enfin, la matrice de covariance des coefficients a été calculée à partir de la Hessienne observée.

Tableau 6. Résultats de l'estimation du modèle linéaire généralis

Dependent Variable: REDC Method: Generalized Linear Model (Newton-Raphson / Marquardt steps) Sample: 1 273 Included observations: 273 Family: Normal Link: Logit Dispersion computed using Pearson Chi-Square Convergence achieved after 3 iterations Coefficient covariance computed using observed Hessian				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.217800	0.612881	3.618646	0.0004
SUPG	1.622252	0.444235	3.651787	0.0003
REVL	1.098766	0.413991	2.654082	0.0084
COOP	1.123384	0.465638	2.412570	0.0165
DIGS	0.944899	0.438889	2.152934	0.0322
ENER	0.529563	0.445220	1.189440	0.2353
EMPL	1.587014	0.439066	3.614523	0.0004
SIZE	1.132212	0.439286	2.577392	0.0105
AGEF	0.342437	0.440976	0.776544	0.4381

SUPG présente un signe positif et un effet statistiquement significatif au seuil de 1 % ($p = 0,0003$) sur la réduction des coûts opérationnels. Ce résultat indique que l'intégration de critères environnementaux dans la sélection, l'évaluation et le suivi des fournisseurs favorise une diminution des dépenses liées à la non-conformité, aux défauts de qualité et aux perturbations des approvisionnements. L'hypothèse H1 est donc acceptée. Cette relation implique que les entreprises peuvent renforcer la maîtrise de leurs coûts logistiques en développant des relations durables avec des fournisseurs respectant des exigences environnementales clairement définies. REVL affiche un signe positif et un effet statistiquement significatif au seuil de 1 % ($p = 0,0084$) sur la réduction des coûts opérationnels. La récupération, le recyclage et la revalorisation des produits, des composants et des déchets permettent ainsi de limiter les dépenses d'approvisionnement, de traitement et d'élimination. L'hypothèse H2 est par conséquent acceptée. Ce résultat implique que la mise en place de circuits structurés de logistique inverse peut transformer certains déchets et produits retournés en ressources réutilisables, tout en réduisant les charges associées à leur gestion.

COOP présente un signe positif et un effet statistiquement significatif au seuil de 5 % ($p = 0,0165$) sur la réduction des coûts opérationnels. La coordination entre les entreprises, les fournisseurs, les transporteurs et les distributeurs contribue donc à diminuer les coûts de recherche d'information, de négociation, de surveillance et de gestion des flux. L'hypothèse H3 est ainsi acceptée. Cette relation implique que la mutualisation des infrastructures, des capacités de transport et des informations logistiques constitue une orientation susceptible de réduire les duplications d'activités et les inefficacités de coordination. DIGS enregistre un signe positif et un effet statistiquement significatif au seuil de 5 % ($p = 0,0322$) sur la réduction des coûts opérationnels. L'utilisation de technologies de suivi, de prévision et de traçabilité améliore la planification des opérations et limite les erreurs, les retards, les pannes ainsi que les coûts de vérification. L'hypothèse H4 est donc acceptée. Ce résultat implique que les investissements dans l'Internet des objets, la blockchain et les outils d'analyse des données peuvent soutenir la maîtrise des stocks, des déplacements et des consommations lorsqu'ils sont intégrés aux processus logistiques.

ENER présente un signe positif, mais son effet n'est statistiquement significatif ni au seuil de 1 %, ni au seuil de 5 %, ni au seuil de 10 % ($p = 0,2353$). L'optimisation de la consommation de carburant et d'électricité ne permet donc pas, dans l'échantillon étudié, d'expliquer directement la réduction des coûts opérationnels. L'hypothèse H5 est par conséquent rejetée. Cette absence de significativité implique que les économies associées aux pratiques énergétiques peuvent dépendre du niveau des investissements initiaux, de la durée d'utilisation des équipements ou du délai nécessaire pour obtenir un retour financier observable. EMPL affiche un signe positif et un effet statistiquement significatif au seuil de 1 % ($p = 0,0004$) sur la réduction des coûts opérationnels. La formation et l'engagement des employés dans les pratiques éco-efficientes favorisent ainsi une meilleure utilisation des ressources, une diminution des erreurs et une limitation des gaspillages. L'hypothèse H6 est donc acceptée. Ce résultat implique que les technologies et les procédures durables doivent être accompagnées par des actions de formation et de mobilisation du personnel afin de produire des effets économiques sur le fonctionnement logistique. SIZE présente un signe positif et un effet statistiquement significatif au seuil de 5 % ($p = 0,0105$) sur la réduction des coûts opérationnels. Les entreprises disposant d'un effectif plus important semblent ainsi bénéficier de ressources humaines, financières et organisationnelles facilitant la mise en œuvre des pratiques logistiques durables. Cette relation implique que la taille de l'entreprise peut renforcer sa capacité à absorber les investissements nécessaires et à réaliser des économies d'échelle dans la gestion de ses opérations. AGEF affiche un signe positif, mais son effet n'est statistiquement significatif ni au seuil de 1 %, ni au seuil de 5 %, ni au seuil de 10 % ($p = 0,4381$). L'ancienneté de l'entreprise ne constitue donc pas un facteur permettant d'expliquer la réduction des coûts opérationnels dans le modèle estimé. Ce résultat implique que la capacité à tirer des économies des pratiques logistiques durables dépend davantage des choix organisationnels et des moyens mobilisés que du nombre d'années d'activité de l'entreprise.

4. Discussion

Les résultats montrent que la gestion verte des fournisseurs et la logistique inverse contribuent significativement à la réduction des coûts opérationnels. L'effet positif de SUPG indique que l'introduction de critères environnementaux dans la sélection des fournisseurs améliore la qualité des échanges, limite les défauts et réduit les perturbations d'approvisionnement. Ce résultat rejoint Touil et al. (2024), pour qui la sélection rigoureuse des fournisseurs, les exigences contractuelles et la prévention des non-conformités diminuent les coûts de surveillance, de gaspillage et de gestion des risques. Il est également cohérent avec Katirae et al. (2024), qui montrent que le prix d'achat ne suffit pas à déterminer le coût réel d'un fournisseur lorsque le transport, les stocks et les émissions sont intégrés. L'effet positif de REVL confirme que la récupération et la revalorisation des produits permettent de transformer certains flux de déchets en ressources économiques. Fernando et al. (2023) soutiennent cette interprétation en reliant la récupération de valeur aux bénéfices financiers, tandis que Govindan et al. (2015) rappellent que ces gains dépendent de la maîtrise des coûts de collecte, de tri et de stockage. La réduction des coûts repose donc sur une organisation intégrée des approvisionnements et des flux inverses dans la chaîne logistique.

L'effet significatif de la coopération inter-organisationnelle confirme que la réduction des coûts dépend de la coordination entre les acteurs de la chaîne logistique. La mutualisation des infrastructures, des moyens de transport et des informations limite les duplications, les retards et les coûts de surveillance. Ce résultat peut être rapproché de Chakir et al. (2021), qui associent la confiance, l'intégrité et l'échange d'informations à une diminution des dysfonctionnements relationnels. Il rejoint Arya et al. (2020), selon lesquels le partage des équipements et des investissements permet d'éviter qu'une entreprise supporte seule les coûts de l'éco-logistique. La significativité de DIGS montre que les technologies de traçabilité, de prévision et de suivi améliorent la maîtrise des opérations lorsqu'elles sont incorporées aux décisions. Ce constat correspond aux implications de Pratavia et al. (2025), qui soulignent le rôle des systèmes de mesure et de gouvernance dans la conversion des objectifs durables en résultats économiques. Il est aussi cohérent avec Zhang et al. (2019), pour qui l'intégration des données environnementales dans la planification des itinéraires réduit les distances, la consommation énergétique et les coûts logistiques. La coopération et la digitalisation apparaissent ainsi comme des mécanismes de coordination capables de réduire les asymétries d'information et les inefficiences opérationnelles.

L'absence de significativité de l'optimisation énergétique montre que les économies attendues ne se matérialisent pas à court terme. Le signe de ENER reste favorable, mais les investissements initiaux, le renouvellement des équipements et le délai de récupération peuvent retarder l'effet sur les coûts. Agyabeng-Mensah et al. (2020) permettent d'interpréter ce résultat en montrant que les pratiques logistiques vertes peuvent peser sur la performance économique avant de produire des bénéfices indirects. Sarkar et al. (2021) soulignent que les technologies de réduction du carbone augmentent les charges fixes, même lorsqu'elles diminuent les pertes, les défauts et les émissions taxées. À l'inverse, l'effet significatif de EMPL confirme que les compétences internes conditionnent la conversion des pratiques durables en gains opérationnels. Zaid et al. (2018) montrent que les technologies moins polluantes ne réduisent pas les dépenses sans connaissances adaptées, tandis que Das (2018) relie les compétences, l'amélioration des processus et l'intégration des parties prenantes à une utilisation productive des ressources. L'effet positif de SIZE suggère que les grandes entreprises disposent de capacités d'investissement supérieures. L'absence d'effet de AGEF indique que l'expérience ne suffit pas, ce qui rejoint Geng et al. (2017), pour qui les caractéristiques organisationnelles modifient l'intensité des résultats sans les déterminer mécaniquement.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'examiner l'effet de l'intégration de la durabilité dans la gestion logistique sur la réduction des coûts opérationnels. L'analyse a été structurée autour de six dimensions, à savoir la gestion verte des fournisseurs, la logistique inverse, la coopération inter-organisationnelle, la digitalisation durable, l'optimisation énergétique ainsi que la formation et l'engagement des employés. Le cadre théorique mobilisé, fondé sur la théorie des coûts de transaction, a permis d'expliquer comment les pratiques durables peuvent réduire les dépenses liées à la recherche d'information, à la négociation, à la surveillance, à la coordination et aux inefficiences opérationnelles. Les résultats empiriques obtenus à partir d'un modèle linéaire gé-

néralisé montrent que la gestion verte des fournisseurs, la logistique inverse, la coopération inter-organisationnelle, la digitalisation durable et l'implication des employés exercent un effet positif et statistiquement significatif sur la réduction des coûts. En revanche, l'optimisation énergétique ne présente pas d'effet significatif dans l'échantillon étudié. Ces résultats confirment que l'intégration de la durabilité peut soutenir la maîtrise des dépenses logistiques lorsqu'elle s'inscrit dans une démarche coordonnée associant les fournisseurs, les partenaires, les technologies, les ressources et les compétences internes.

Sur le plan managérial, les résultats invitent les entreprises à considérer la durabilité comme une composante de l'organisation des opérations logistiques plutôt que comme une série d'actions isolées. La sélection de fournisseurs répondant à des exigences environnementales, la structuration des flux de retour, la mutualisation des ressources et le recours à des outils numériques peuvent contribuer à limiter les pertes, les erreurs, les retards et les coûts de coordination. La formation du personnel apparaît également nécessaire pour assurer l'utilisation effective des dispositifs techniques et l'adoption de pratiques éco-efficaces. L'absence d'effet significatif de l'optimisation énergétique peut s'expliquer par l'importance des investissements initiaux, le délai de récupération des dépenses ou l'insuffisance des dispositifs de suivi de la consommation. Cette étude présente toutefois certaines limites liées à la nature transversale des données, au recours à des mesures perceptuelles et à la concentration de l'analyse sur un nombre limité de variables. Des recherches futures pourraient mobiliser des données longitudinales, intégrer des indicateurs comptables de coûts et examiner les effets différenciés selon le secteur, la taille de l'entreprise et le niveau de maturité logistique. Elles permettraient également d'étudier les effets indirects et différés des investissements durables sur la performance opérationnelle.

Références

1. Agyabeng-Mensah, Y., Ahenkorah, E., Afum, E., Dacosta, E., & Tian, Z. (2020). Green warehousing, logistics optimization, social values and ethics and economic performance: The role of supply chain sustainability. *The International Journal of Logistics Management*, 31(3), 549–574. DOI: 10.1108/IJLM-10-2019-0275.
2. Ahi, P., & Searcy, C. (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 86, 360–377. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.08.005.
3. Arya, P., Srivastava, M. K., & Jaiswal, M. P. (2020). Modelling environmental and economic sustainability of logistics. *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, 12(1), 73–94. DOI: 10.1108/APJBA-11-2018-0204.
4. Bouchery, Y., & Fransoo, J. C. (2015). Cost, carbon emissions and modal shift in intermodal network design decisions. *International Journal of Production Economics*, 164, 388–399. DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.11.017.
5. Chakir, M., El Andaloussi, Z., & Mekkaoui, M. (2021). Étude de la confiance comme déterminant de la collaboration dans la chaîne logistique portuaire : Cas du port de Casablanca. *Revue Française d'Économie et de Gestion*, 2(9), 1–24. DOI : 10.5281/zenodo.5504153
6. Das, D. (2018). The impact of sustainable supply chain management practices on firm performance: Lessons from Indian organizations. *Journal of Cleaner Production*, 203, 179–196. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.250.
7. De, M., & Giri, B. C. (2020). Modelling a closed-loop supply chain with a heterogeneous fleet under carbon emission reduction policy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 133, Article 101813. DOI: 10.1016/j.tre.2019.11.007.

8. Demir, E., Burgholzer, W., Hrušovský, M., Arikan, E., Jammerneegg, W., & Van Woensel, T. (2016). A green intermodal service network design problem with travel time uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 93, 789–807. DOI: 10.1016/j.trb.2015.09.007.
9. Esfahbodi, A., Zhang, Y., Watson, G., & Zhang, T. (2017). Governance pressures and performance outcomes of sustainable supply chain management: An empirical analysis of UK manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 155, 66–78. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.098.
10. Fernando, Y., Shaharudin, M. S., & Abideen, A. Z. (2023). Circular economy-based reverse logistics: Dynamic interplay between sustainable resource commitment and financial performance. *European Journal of Management and Business Economics*, 32(1), 91–112. DOI: 10.1108/EJMBE-08-2020-0254.
11. Geng, R., Mansouri, S. A., & Aktas, E. (2017). The relationship between green supply chain management and performance: A meta-analysis of empirical evidences in Asian emerging economies. *International Journal of Production Economics*, 183, 245–258. DOI: 10.1016/j.ijpe.2016.10.008.
12. Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.07.012.
13. Homayouni, Z., Pishvaei, M. S., Jahani, H., & Ivanov, D. (2023). A robust-heuristic optimization approach to a green supply chain design with consideration of assorted vehicle types and carbon policies under uncertainty. *Annals of Operations Research*, 324, 395–435. DOI: 10.1007/s10479-021-03985-6.
14. Jabbour, A. B. L. de S., Frascareli, F. C. de O., & Jabbour, C. J. C. (2015). Green supply chain management and firms' performance: Understanding potential relationships and the role of green sourcing and some other green practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 366–374. DOI: 10.1016/j.resconrec.2015.07.017.
15. Jauhari, W. A. (2022). Sustainable inventory management for a closed-loop supply chain with energy usage, imperfect production, and green investment. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, Article 100055. DOI: 10.1016/j.clscn.2022.100055.
16. Jayarathna, C. P., Agdas, D., & Dawes, L. (2024). Perceived relationship between green logistics practices and sustainability performance: A multi-methodology approach. *The International Journal of Logistics Management*, 35(5), 1522–1548. DOI: 10.1108/IJLM-09-2022-0367.
17. Katiraei, N., Berti, N., Isolan, I., Calzavara, M., & Battini, D. (2024). A sustainable joint economic lot size model for supplier selection under carbon emissions: A case study. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 13, Article 100187. DOI: 10.1016/j.clscn.2024.100187.
18. Kaur, H., & Singh, S. P. (2017). Modeling low carbon procurement and logistics in supply chain: A key towards sustainable production. *Sustainable Production and Consumption*, 11, 5–17. DOI: 10.1016/j.spc.2017.03.001.
19. Kelle, P., Song, J., Jin, M., Schneider, H., & Claypool, C. (2019). Evaluation of operational and environmental sustainability tradeoffs in multimodal freight transportation planning. *International Journal of Production Economics*, 209, 411–420. DOI: 10.1016/j.ijpe.2018.08.011.
20. Kumar, A., & Kumar, K. (2024). An uncertain sustainable supply chain network design for regulating greenhouse gas emission and supply chain cost. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, Article 100142. DOI: 10.1016/j.clscn.2024.100142.
21. Mohammed, F., Selim, S. Z., Hassan, A., & Syed, M. N. (2017). Multi-period planning of closed-loop supply chain with carbon policies under uncertainty. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 146–172. DOI: 10.1016/j.trd.2016.10.033.
22. Mohanty, M., & Sarkar, B. D. (2025). Sustainability integration in logistics: A study on green practices and operational impacts. *Measuring Business Excellence*, 29(4), 795–814. DOI: 10.1108/MBE-05-2024-0072.

23. Mostert, M., Caris, A., & Limbourg, S. (2017). Road and intermodal transport performance: The impact of operational costs and air pollution external costs. *Research in Transportation Business & Management*, 23, 75–85. DOI: 10.1016/j.rtbm.2017.02.004.
24. Prataiviera, L. B., Creazza, A., Perotti, S., & Sanchez Rodrigues, V. (2025). How to align logistics environmental sustainability with corporate strategy? An Italian perspective. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 28(9), 931–953. DOI: 10.1080/13675567.2023.2230916.
25. Rachidi, L., Mekkaoui, M., & Chakir, M. (2022). L'activité portuaire face à la Covid-19 : Le cas du port de Tanger-MED. *International Journal of Business and Technology Studies and Research*, 4(2), 1–12. DOI : 10.5281/zenodo.6861486.
26. Sarkar, B., Sarkar, M., Ganguly, B., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Combined effects of carbon emission and production quality improvement for fixed lifetime products in a sustainable supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 231, Article 107867. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107867.
27. Tautenhain, C. P. S., Barbosa-Póvoa, A. P., & Nascimento, M. C. V. (2019). A multi-objective matheuristic for designing and planning sustainable supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 1203–1223. DOI: 10.1016/j.cie.2018.12.062.
28. Touil, A., Ayad, K., El Hamidi, N., & Babounia, A. (2023). Toward greener supply chains: Analysis of the determining factors. *Environmental Economics*, 14(2), 114–126. DOI: 10.21511/ee.14(2).2023.09.
29. Touil, A., Babounia, A., & El Hamidi, N. (2024). How does adopting sustainable supply chain quality management improve corporate financial performance? A transaction cost perspective. *Investment Management and Financial Innovations*, 21(3), 170–186. DOI: 10.21511/imfi.21(3).2024.15.
30. Tseng, M.-L., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., & Afrin, S. (2019). A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 145–162. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.10.009.
31. Vijayvargy, L., Thakkar, J., & Agarwal, G. (2017). Green supply chain management practices and performance: The role of firm-size for emerging economies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(3), 299–323. DOI: 10.1108/JMTM-09-2016-0123.
32. Williamson, O. E. (1981). The economics of organization: The transaction cost approach. *American Journal of Sociology*, 87(3), 548–577. DOI: 10.1086/227496
33. Yildiz Çankaya, S., & Sezen, B. (2019). Effects of green supply chain management practices on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 98–121. DOI: 10.1108/JMTM-03-2018-0099.
34. Zaid, A. A., Jaaron, A. A. M., & Talib Bon, A. (2018). The impact of green human resource management and green supply chain management practices on sustainable performance: An empirical study. *Journal of Cleaner Production*, 204, 965–979. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.09.062.
35. Zhang, L.-Y., Tseng, M.-L., Wang, C.-H., Xiao, C., & Fei, T. (2019). Low-carbon cold chain logistics using ribonucleic acid-ant colony optimization algorithm. *Journal of Cleaner Production*, 233, 169–180. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.306.

Note : L'ensemble des déclarations, opinions et données présentées dans les publications relèvent de la seule responsabilité de leurs auteur(s) et contributeur(s) respectifs et ne reflètent pas les points de vue de *Journal of Studies in Internal & External Audit*