

**Innovation technologique verte et durabilité économique des coopératives agricoles au Maroc : analyse du rôle modérateur de la finance verte dans un contexte de transition énergétique - cas de la province de Kelaa des Sraghna**

***Boulkhir Layla, Doctorante***

Laboratoire de Recherche Pluridisciplinaire en Économie et Gestion (LARPEG). Faculté des Sciences Économiques et de Gestion (FEG)-Béni Mellal. Université Sultan Moulay Slimane-Béni Mellal, Maroc

***Atitaou Asmae, Doctorante***

Laboratoire de Recherche en Économie Sociale et Solidaire, Gouvernance et Développement (LARESSGD). Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales (FSJES), Marrakech  
Université Cadi Ayyad-Marrakech, Maroc

***Jorji Saif Eddine, Doctorant***

Laboratoire de Recherches Juridiques et d'Analyse des Politiques (LAREJAP). Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales (FSJES), Marrakech. Université Cadi Ayyad-Marrakech, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n16p213](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n16p213)

Submitted: 14 April 2025

Accepted: 04 June 2025

Published: 30 June 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Boulkhir, L., Atitaou, A. & Jorji, S.E. (2025). *Innovation technologique verte et durabilité économique des coopératives agricoles au Maroc : analyse du rôle modérateur de la finance verte dans un contexte de transition énergétique - cas de la province de Kelaa des Sraghna*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (16), 213.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n16p213>

## **Résumé**

Cette étude examine l'impact de l'innovation technologique verte (ITV) sur la durabilité économique des coopératives agricoles marocaines, en mettant en exergue le rôle modérateur exercé par la finance verte dans un contexte de transition énergétique. L'analyse repose sur un échantillon de 185 coopératives implantées dans la province de Kelaa des Sraghna, territoire reconnu pour son potentiel agricole et son engagement croissant en faveur des énergies renouvelables. En mobilisant une approche méthodologique mixte, la recherche combine une phase qualitative exploratoire – fondée sur une

démarche inductive – à une phase quantitative fondée sur l’estimation de modèles économétriques. L’investigation qualitative s’appuie sur 20 entretiens semi-structurés réalisés auprès de dirigeants de coopératives, 10 représentants d’institutions financières et 5 acteurs territoriaux, ainsi que sur cinq études de cas approfondies de coopératives engagées dans l’adoption de solutions technologiques vertes. Cette phase met en lumière une série d’obstacles (insuffisance de financement, déficits de sensibilisation, contraintes techniques), mais aussi des leviers d’action (soutien public, gains d’efficacité énergétique, renforcement de la résilience économique). Ces résultats ont permis la formulation d’hypothèses testées économétriquement. L’analyse quantitative, fondée sur des modèles de régression linéaire et à effets fixes, révèle que l’ITV exerce un effet significatif et positif sur la durabilité économique, notamment à travers l’optimisation de l’usage des ressources et la réduction des coûts d’exploitation. En outre, l’accès accru aux instruments de finance verte amplifie cet effet, en facilitant l’adoption de l’ITV et en consolidant la robustesse économique des structures coopératives. L’étude enrichit ainsi la littérature sur les déterminants de la durabilité des organisations agricoles en contexte rural et formule des recommandations à destination des décideurs publics, des bailleurs de fonds et des institutions de soutien à l’économie sociale.

---

**Mots-clés :** Coopératives agricoles, innovation verte, finance verte, durabilité économique, transition énergétique

---

## **Green Technological Innovation and Economic Sustainability of Agricultural Cooperatives in Morocco: Analysis of the Moderating Role of Green Finance in a Context of Energy Transition - Case of the Province of Kelaa des Sraghna**

***Boulkhir Layla, Doctorante***

Laboratoire de Recherche Pluridisciplinaire en Économie et Gestion (LARPEG). Faculté des Sciences Économiques et de Gestion (FEG)-Béni Mellal. Université Sultan Moulay Slimane-Béni Mellal, Maroc

***Atitaou Asmae, Doctorante***

Laboratoire de Recherche en Économie Sociale et Solidaire, Gouvernance et Développement (LARESSGD). Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales (FSJES), Marrakech  
Université Cadi Ayyad-Marrakech, Maroc

***Jorji Saif Eddine, Doctorant***

Laboratoire de Recherches Juridiques et d'Analyse des Politiques (LAREJAP). Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales (FSJES), Marrakech. Université Cadi Ayyad-Marrakech, Maroc

---

### **Abstract**

This study examines the impact of green technological innovation (GTI) on the economic sustainability of Moroccan agricultural cooperatives, highlighting the moderating role of green finance in the context of energy transition. The analysis is based on a sample of 185 cooperatives located in the province of Kelaa des Sraghna, a region renowned for its agricultural potential and growing commitment to renewable energy. Using a mixed-methods approach, the research combines an exploratory qualitative phase, based on an inductive methodology, with a quantitative phase grounded in econometric model estimation. The qualitative investigation draws on 20 semi-structured interviews with cooperative leaders, 10 financial institution representatives, and 5 local stakeholders, as well as five in-depth case studies of cooperatives that have adopted green technological solutions. This phase reveals a series of obstacles (limited funding, lack of awareness, technical constraints), as well as key enablers (public support, energy efficiency gains, enhanced economic resilience). These findings informed the formulation of hypotheses tested through econometric methods. The quantitative analysis, based on linear and fixed-effects regression models, shows that GTI has a significant and positive effect on economic sustainability, particularly through resource optimization and reduced operating costs. Furthermore, greater access to green finance instruments amplifies this effect by facilitating the

adoption of GTI and strengthening the economic robustness of cooperative structures. The study thus contributes to the literature on the determinants of sustainability in rural agricultural organizations and provides recommendations for policymakers, donors, and institutions supporting the social and solidarity economy.

---

**Keywords:** Agricultural cooperatives, green technological innovation, green finance, economic sustainability, energy transition

## 1. Introduction

Les coopératives agricoles jouent un rôle central dans la structuration du développement durable des économies rurales, en particulier dans les pays du Sud, où elles contribuent à la résilience territoriale, à la lutte contre la pauvreté et à la sécurité alimentaire (Oulamane et al., 2024). Au Maroc, elles constituent un levier fondamental de l'inclusion socioéconomique, notamment dans les zones rurales enclavées, et participent activement à la mise en œuvre des politiques publiques de développement local (Wafae & Sara, 2021 ; Nafil & Bouazza, 2019). Selon le Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts (MAPMDREF, 2023), le pays compte plus de 25 000 coopératives actives, mobilisant environ 600 000 membres, dont une majorité opèrent dans le secteur agricole.

Dans le cadre de son engagement envers les Objectifs de Développement Durable (ONU, 2015), le Maroc a placé la transition énergétique au cœur de ses stratégies nationales. L'objectif fixé est d'atteindre 52 % d'énergies renouvelables dans la composition du système énergétique national d'ici à 2030 (Discours Royal, 2016). Cette dynamique s'est traduite par le lancement de projets structurants, à l'image du complexe solaire Noor Ouarzazate, ainsi que par des initiatives décentralisées encourageant l'adoption de technologies sobres en carbone dans les territoires ruraux (Canfora et al., 2022). Néanmoins, malgré ces avancées, les coopératives agricoles marocaines peinent à s'approprier ces innovations en raison de contraintes persistantes telles que le déficit de financements, l'insuffisance de l'expertise locale et l'absence de dispositifs d'accompagnement adaptés (Ostrom, 2010 ; Valette et al., 2010).

Dans ce contexte, l'innovation technologique verte (ITV) s'impose comme une voie stratégique pour concilier performance économique et durabilité environnementale. Elle recouvre l'introduction de technologies propres, l'adoption de pratiques agricoles durables, ainsi que la valorisation des ressources naturelles locales (Carrillo-Hermosilla, Del Río & Könnölä, 2010 ; D'Amato et al., 2017). De nombreuses études ont mis en évidence les bénéfices associés à l'adoption de ces solutions vertes, telles que les pompes solaires ou les systèmes de biogaz, en matière de productivité, de réduction

des coûts énergétiques et de différenciation commerciale (Oulamine et al., 2024 ; Alcaud & Brillet, 2007). Toutefois, leur diffusion reste fortement conditionnée par la capacité d'investissement et par les incitations institutionnelles disponibles.

Dans cette optique, la finance verte apparaît comme un catalyseur essentiel de l'adoption des technologies vertes au sein des coopératives agricoles. Elle regroupe un ensemble d'instruments financiers — prêts verts, subventions, obligations environnementales, incitations fiscales — destinés à soutenir des projets à fort impact environnemental positif (Campiglio, 2016 ; Canfora et al., 2022). Elle permet d'atténuer les risques liés à l'investissement dans l'innovation durable, notamment en contexte rural, et de lever certaines barrières structurelles à la transition verte (Flammer, 2021 ; Baker et al., 2018). Toutefois, comme le relèvent Wafae & Sara (2021), l'accès à ces mécanismes reste limité, fragmenté, et inégalement réparti sur le territoire.

Face à ces constats, plusieurs questions de recherche se posent : dans quelle mesure l'innovation technologique verte contribue-t-elle à la durabilité économique des coopératives agricoles ? Et dans quelle mesure la finance verte modère-t-elle et renforce-t-elle cette relation ? Pour y répondre, cette étude s'appuie sur un échantillon de 185 coopératives agricoles situées dans la province de Kelaa des Sraghna, un territoire à forte vocation oléicole, classé au premier rang national en matière de superficie dédiée à l'olivier (MAPMDREF, 2023). L'article s'articule comme suit : une première section présente la revue de la littérature et le cadre conceptuel ; la deuxième décrit la méthodologie adoptée ; la troisième expose les résultats empiriques ; la quatrième les discute dans une perspective contextuelle et théorique ; enfin, la cinquième section propose une conclusion assortie de recommandations opérationnelles et de pistes de recherche futures.

## **2. Coopératives agricoles et développement durable**

Les coopératives agricoles jouent un rôle structurant dans les dynamiques économiques des territoires ruraux, en tant que vecteurs d'inclusion socioéconomique, de sécurisation des revenus agricoles et de renforcement de la résilience communautaire (Birchall, 2003 ; Oulamine et al., 2024). Au Maroc, elles sont au cœur de la mise en œuvre des politiques publiques de développement agricole, en particulier à travers le Plan Maroc Vert (PMV), qui vise à moderniser le secteur tout en valorisant les ressources locales (Dahmani & Elkbir, 2022 ; Nafil & Bouazza, 2019). Leur gouvernance démocratique et leur ancrage territorial les positionnent comme des leviers stratégiques de durabilité, en favorisant des approches collectives, inclusives et solidaires (Jawhari, 2024).

## **2. Innovation technologique verte et durabilité coopérative**

L'innovation technologique verte (ITV) regroupe l'ensemble des technologies, procédés et pratiques visant à améliorer l'efficacité dans l'utilisation des ressources naturelles tout en réduisant les externalités environnementales négatives (Carrillo-Hermosilla et al., 2010 ; D'Amato et al., 2017). Dans le contexte coopératif agricole, elle se traduit par l'adoption de systèmes d'irrigation économes, le recours à l'énergie solaire, l'introduction de techniques agroécologiques ou encore le compostage collectif. Ces innovations contribuent à améliorer la productivité, à réduire les coûts d'exploitation et à renforcer la compétitivité sur les marchés (Wang et al., 2021, cité dans Luo et al., 2023). Toutefois, leur diffusion reste tributaire de facteurs tels que l'accès au crédit, le niveau de formation des membres, et l'existence de dispositifs d'accompagnement technique (Ma & Chang, 2023).

## **3. Finance verte et adoption de l'innovation durable**

La finance verte désigne l'ensemble des mécanismes financiers – crédits verts, obligations durables, subventions environnementales – dédiés au financement de projets à impact écologique positif (Campiglio, 2016 ; Flammer, 2021). Elle constitue un levier crucial pour lever les barrières à l'adoption des innovations vertes, notamment en réduisant les risques perçus par les investisseurs. Au Maroc, bien que des initiatives publiques et privées existent, l'accès des coopératives agricoles à ces instruments demeure limité, en raison de contraintes bureaucratiques, d'un accompagnement institutionnel insuffisant, et d'un faible niveau d'inclusion financière (Allam et al., 2022). Les technologies financières (Fintech) sont aujourd'hui perçues comme des outils prometteurs pour digitaliser les processus de financement, améliorer la transparence, et démocratiser l'accès aux ressources financières durables (Guo et al., 2022, cité dans Ahmed et al., 2022).

## **4. Durabilité économique des coopératives agricoles**

La durabilité économique des coopératives agricoles repose sur leur capacité à assurer leur viabilité financière tout en générant un impact social significatif et en adoptant des pratiques respectueuses de l'environnement (El Ouali, 2023). Cela implique une performance équilibrée entre rentabilité, gouvernance participative, et gestion durable des ressources. Les coopératives contribuent également à l'emploi rural, à l'organisation des filières et à l'animation des territoires (Berrichi et al., 2022). Dans ce cadre, l'intégration de la finance verte permet de renforcer leur résilience face aux chocs exogènes, tout en soutenant des investissements compatibles avec les impératifs de durabilité (Jiang et al., 2020).

## 5. **Lacunes théoriques et formulation des hypothèses**

Malgré l'importance croissante accordée à la transition verte, peu d'études ont exploré l'interaction entre innovation technologique verte et finance verte dans les contextes ruraux émergents, en particulier au Maroc (Torra & Bouslih, 2019). Les travaux existants se concentrent généralement sur l'impact isolé de l'une ou l'autre dimension, sans analyser les effets croisés et modérateurs. Cette recherche vise à combler cette lacune en examinant l'effet combiné de l'ITV et de la finance verte sur la durabilité économique des coopératives.

Elle se base sur le cadre hypothétique suivant :

- *H<sub>1</sub> : L'innovation technologique verte a un effet positif significatif sur la durabilité économique des coopératives agricoles.*
- *H<sub>2</sub> : L'accès à la finance verte exerce un effet modérateur positif sur la relation entre ITV et durabilité économique.*

Ces hypothèses seront testées empiriquement à partir de données recueillies auprès de 185 coopératives agricoles de la province de Kelaa des Sraghna, en mobilisant une approche méthodologique mixte combinant enquête de terrain et modélisation économétrique.

## 3. **Zone de L'étude :**

### 3.1. **Contexte Géographique : La Province de Kelaa des Sraghna :**

La province de Kelaa des Sraghna, située dans la région de Marrakech-Safi, constitue une zone stratégique pour l'agriculture au Maroc grâce à sa position géographique avantageuse et son important potentiel agricole. Bordée par les provinces de Settat au nord, Marrakech au sud, Azilal à l'est et Rhamna à l'ouest, elle s'étend sur une superficie de 4 193 km<sup>2</sup>, caractérisée par des reliefs variant de plat à vallonné. Avec une population totale de 560 273 habitants, dont 68 % en milieu rural, la province se distingue par sa forte dépendance aux activités agricoles, notamment l'oléiculture qui occupe 43 000 hectares, soit 91 % de la superficie dédiée à la culture fruitière, avec une production annuelle moyenne de 100 000 tonnes. Cependant, le secteur agricole de la province est marqué par des défis structurels, tels que l'utilisation prédominante de méthodes traditionnelles, un verger vieillissant et un accès limité aux technologies modernes, limitant ainsi son rendement et sa compétitivité. Parallèlement, la région se distingue par des initiatives prometteuses, telles que l'introduction de technologies vertes, notamment les pompes solaires et les systèmes de biogaz, soutenues par des programmes de subventions et des prêts verts. Ces efforts visent à surmonter les contraintes financières et techniques pour transformer cette province en un modèle de développement durable et inclusif, intégrant la transition énergétique dans ses



Le graphique illustre de manière visuelle et détaillée la répartition des branches d'activité à travers les 33 communes étudiées, mettant en évidence les dynamiques économiques régionales. Chaque branche d'activité est associée aux communes où elle est pratiquée, offrant ainsi une vision claire des spécialités locales. Parmi ces activités, l'apiculture se distingue comme la branche la plus répandue, couvrant environ 63,6 % des communes, suivie de près par l'oléiculture, présente dans 57,6 % des localités. Cette forte prévalence témoigne de l'importance de ces filières dans le tissu économique rural, probablement favorisée par des conditions naturelles propices et une expertise agricole bien ancrée.

Toutefois, une analyse plus fine révèle d'importantes disparités intercommunales en matière de diversification économique. Certaines localités, telles qu'El Attaouia et El Amiría, se distinguent par une pluralité d'activités, mobilisant jusqu'à quatre branches économiques différentes. Ce dynamisme illustre non seulement leur rôle stratégique au sein du territoire, mais également leur potentiel à s'affirmer comme pôles régionaux de croissance inclusive. À l'inverse, d'autres communes comme Sidi Rahal et Znadra affichent une spécialisation marquée, notamment dans l'apiculture, ne reposant que sur une seule filière. Si cette concentration sectorielle peut conférer un avantage comparatif dans le court terme, elle expose néanmoins ces territoires à une vulnérabilité accrue en cas de chocs exogènes, qu'ils soient économiques, climatiques ou sanitaires. La prédominance de l'apiculture et de l'oléiculture dans plusieurs communes traduit par ailleurs un potentiel de valorisation important, en particulier à travers des stratégies de montée en gamme. Le développement de labels territoriaux (AOP, IGP, bio) pour le miel et l'huile d'olive constituerait une voie prometteuse pour accroître leur compétitivité sur les marchés national et international. En parallèle, certaines activités plus spécifiques, telles que la collecte et la commercialisation du lait, présentes dans seulement 27,3 % des communes, soulignent l'existence de chaînes de valeur locales moins diffusées mais cruciales pour l'autosuffisance alimentaire et la dynamisation des économies rurales. Ainsi, le graphique met en évidence non seulement les forces économiques existantes, mais aussi des opportunités concrètes d'amélioration territoriale. Les communes à forte spécialisation gagneraient à être soutenues par des politiques publiques favorisant la diversification des activités et la résilience économique, tandis que les localités les plus diversifiées pourraient servir de modèles de développement endogène. En définitive, cette cartographie économique régionale constitue un outil stratégique d'aide à la décision, permettant de calibrer les interventions en fonction des spécificités locales et des ressources sous-exploitées.

### 3.3. Méthodologie qualitative

Cette recherche mobilise une méthodologie qualitative rigoureuse afin d'explorer en profondeur les perceptions, les freins et les leviers relatifs à l'adoption de l'innovation technologique verte (ITV) et à l'accès aux mécanismes de finance verte au sein des coopératives agricoles de la province de Kelaa des Sraghna. S'inscrivant dans une démarche inductive, cette approche vise à contextualiser les dynamiques d'innovation au regard des réalités territoriales et à éclairer empiriquement les hypothèses formulées. Trois objectifs principaux guident cette investigation : (1) Identifier les obstacles auxquels font face les coopératives dans l'intégration de technologies vertes, notamment les contraintes d'ordre financier, technique, institutionnel ou organisationnel ;(2) Mettre en évidence les bénéfices perçus de l'ITV, tels que la réduction des coûts énergétiques, l'amélioration de la productivité ou la valorisation des ressources locales ;(3) Comprendre les conditions dans lesquelles la finance verte agit comme levier ou modérateur dans le processus d'adoption de ces innovations. La méthode de collecte repose sur des entretiens semi-structurés, conduits entre octobre et décembre 2024 auprès de trois catégories d'acteurs :

- 20 dirigeants de coopératives agricoles, choisis selon la diversité sectorielle (oléiculture, apiculture, élevage, etc.),
- 10 représentants d'institutions financières, incluant des banques, des organismes publics de financement et des coopératives de crédit,
- 5 acteurs territoriaux, tels que des responsables d'ONG, des cadres techniques des directions provinciales de l'agriculture, et des représentants des collectivités locales.

Les entretiens, d'une durée moyenne de 45 minutes, ont été guidés par un guide thématique structuré autour de trois axes :

- Les perceptions, représentations et motivations liées à l'adoption de l'ITV ;
- Les freins rencontrés dans le déploiement des solutions technologiques (financement, formation, maintenance, accès aux équipements) ;
- Les stratégies déployées pour accéder à la finance verte (partenariats, subventions, projets INDH, dispositifs de microcrédit).

Certains extraits illustratifs enrichissent l'analyse. Ainsi, un président de coopérative apicole à Tamellalt déclare :

**« Les panneaux solaires ont changé notre quotidien, mais le manque de formation en maintenance nous freine encore. »**

En complément, cinq études de cas approfondies ont été conduites auprès de coopératives ayant déjà intégré des dispositifs d'ITV (pompes solaires, systèmes de biogaz, équipements d'irrigation goutte-à-goutte). Ces études ont permis d'analyser les trajectoires d'innovation, les choix

stratégiques opérés, les conditions de financement mobilisées, ainsi que les retombées économiques observées.

Un membre de la coopérative Bouya Omar témoigne :

« ***Le biogaz nous a permis de transformer nos déchets en énergie, réduisant ainsi nos coûts et notre dépendance au gaz butane.*** »

L'ensemble des données qualitatives a été traité selon une approche d'analyse thématique, à l'aide d'une grille de codage construite a posteriori. Cette étape analytique a permis de faire émerger des régularités, des divergences et des configurations d'interaction entre l'ITV, la finance verte et la durabilité économique, qui nourrissent la phase quantitative du travail.

### **3.4. Méthodologie quantitative**

À la suite de l'analyse qualitative, cette recherche mobilise une approche quantitative rigoureuse afin de tester empiriquement les hypothèses formulées. Cette seconde phase repose sur l'exploitation de données financières, structurelles et opérationnelles recueillies auprès de 185 coopératives agricoles réparties dans différentes communes de la province de Kelaa des Sraghna, sur la période 2019–2024. L'échantillon est représentatif de la diversité des branches agricoles locales — notamment l'oléiculture, l'apiculture, la collecte de lait et l'élevage — permettant une analyse différenciée de l'impact de l'innovation technologique verte (ITV) et du rôle modérateur de la finance verte.

Les données utilisées proviennent de sources secondaires et primaires : rapports d'activité des coopératives, bases de données régionales, enquêtes administratives réalisées en partenariat avec les autorités locales, ainsi que données collectées sur le terrain. Afin d'assurer la robustesse des estimations, une procédure de traitement des valeurs extrêmes a été appliquée, consistant à exclure les 1 % des observations situées aux extrémités des distributions (queues supérieures et inférieures).

Trois variables centrales structurent l'analyse économétrique :

- ***L'innovation technologique verte (ITV)***, opérationnalisée par l'adoption de technologies durables telles que les panneaux photovoltaïques, les systèmes de biogaz, ou encore l'irrigation goutte-à-goutte ;
- **La durabilité économique**, mesurée à l'aide d'indicateurs de performance tels que la rentabilité nette, la diversification des sources de revenu et la stabilité financière ;
- **La finance verte**, évaluée à travers l'accès effectif à des instruments de financement durable, notamment les prêts verts, subventions publiques environnementales ou programmes spécifiques tels que l'INDH.

L'échantillon intègre des coopératives implantées dans des communes stratégiques telles que El Attaouia, Sidi Rahal, Tamallalt, Zemrane et Bouya Omar. L'oléiculture représente 43 % des activités recensées, suivie de l'apiculture (25 %), de la collecte laitière (18 %) et de l'élevage (14 %). Cette configuration reflète une spécialisation agricole territorialisée, avec des pôles dominés par l'oléiculture (Zemrane, Tamallalt) et d'autres marqués par l'apiculture (Bouya Omar, Sidi Rahal). L'analyse statistique s'appuie sur des modèles de régression linéaire multiple pour estimer l'effet de l'ITV sur la durabilité économique. Afin de contrôler l'hétérogénéité non observée propre à chaque coopérative (ex. : taille, structure juridique, localisation), des modèles à effets fixes ont été mobilisés. En outre, des termes d'interaction ont été introduits afin d'évaluer le rôle modérateur de la finance verte dans la relation entre ITV et durabilité. Des tests de robustesse économétrique ont été menés pour garantir la validité des résultats, incluant :

***le test de multicollinéarité (Variance Inflation Factor – VIF),  
le test de Breusch-Pagan pour l'hétéroscédasticité,  
et le test de Durbin-Watson pour l'autocorrélation des résidus.***

Cette démarche quantitative permet de valider empiriquement les liens entre innovation technologique verte, accès à la finance verte et performance économique des coopératives. Croisée avec les résultats de l'analyse qualitative, elle fournit une compréhension approfondie, contextualisée et intégrée des dynamiques de durabilité dans le secteur coopératif agricole rural.

### 3.2. Sélection des Variables

La sélection des variables dans cette étude repose sur des définitions claires et adaptées au contexte des coopératives agricoles marocaines. Ces variables sont regroupées en trois catégories principales : variable dépendante, variables indépendantes et variables de contrôle. Le tableau ci-dessous décrit chaque variable ainsi que ses définitions.

**Tableau 1** : Description des variables et sources de données

Type de variable	Nom de la variable	Symbole	Définition
Variable dépendante	Durabilité économique (DE)	Durabi,t+1	Rentabilité économique pour l'année t+1, mesurée par le résultat net/actifs moyens pour la période suivante.
Variables indépendantes	Innovation Technologique Verte (ITV)	ITV	Indice composite mesurant l'adoption des technologies vertes (ex : panneaux solaires, biogaz) à travers la méthode de l'entropie pour trois principaux indicateurs.

Type de variable	Nom de la variable	Symbole	Définition
Variable modératrice	Résultat actuel	Resi,t	Résultat économique pour l'année t, calculé par le résultat net/actifs moyens pour la période actuelle.
	Finance verte (FV)	FV	Indice composite mesurant le développement de la finance verte, basé sur cinq indicateurs principaux agrégés par la méthode de l'entropie.
Variables de contrôle	Taille de la coopérative	Taille	Logarithme naturel des actifs totaux des coopératives.
	Croissance des revenus	Croissance	Variation du chiffre d'affaires de l'année/Chiffre d'affaires de l'année précédente.
	Intensité capitalistique	Intensité Cap	Actifs totaux/Revenus d'exploitation.
	Diversité des activités	Diversité	Nombre d'activités principales déclarées par la coopérative (ex : oléiculture, apiculture, élevage).
	Concentration géographique	Commune	Variables représentant les communes de la province de Kelaa des Sraghna (ex : El Attaouia, Tamallalt, Zemrane).
	Années	Année	Variables pour contrôler l'effet des années d'étude (2019 à 2024).

Nos soins.

### 3.2. Opérationnalisation des Variables et Spécification des Modèles

#### 3.2.1. Durabilité Économique

La durabilité économique fait référence à la capacité des coopératives agricoles à maintenir ou améliorer leur rentabilité à long terme tout en optimisant l'usage de leurs ressources naturelles, humaines et financières. Pour estimer cette durabilité, l'étude mobilise un modèle autorégressif linéaire de premier ordre, largement utilisé dans les travaux sur la stabilité des performances économiques (Freeman et al., 1982 ; Sloan, 1996 ; Xie, 2001 ; Richardson et al., 2005).

Le modèle est spécifié comme suit :

$$Durab_{i,t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 Durab_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

Où :

***Durab*<sub>i,t+1</sub>**: rentabilité économique de la période t+1 (résultat net rapporté aux actifs moyens).

***Durab*<sub>i,t</sub>**: rentabilité économique courante à t.

$\alpha_1 > 0$  suggère une stabilité de la performance ;  $\alpha_1 < 0$  indique un risque d'instabilité.

$\epsilon_{i,t}$ : terme d'erreur.

Cette modélisation permet d'évaluer dans quelle mesure les performances économiques passées influencent les résultats futurs, tout en tenant compte de l'environnement local et des innovations technologiques adoptées.

### 3.2.2. Innovation Technologique Verte (ITV)

L'ITV désigne l'adoption de technologies visant à réduire l'empreinte environnementale des activités agricoles. Un indice composite d'ITV a été construit à partir de trois dimensions :

- *innovations en fin de chaîne (traitement des déchets, contrôle des émissions),*
- *innovations en production propre (énergies renouvelables, agroécologie),*
- *brevets verts (ou technologies équivalentes).*

L'indice est construit selon la méthode de l'entropie, permettant une pondération objective basée sur la variabilité des données. La formule est :

$$TV_i = w_1 \cdot Fin\_Chaîne_i + w_2 \cdot Prod\_Propre_i + w_3 \cdot Brevets\_Verts_i$$

Les poids sont obtenus par :  $w_j = \frac{1-E_j}{\sum_{j=1}^M (1-E_j)}$  ou  $E_j = -k \sum_{i=1}^N P_{ij} \ln P_{ij}$

Chaque dimension est normalisée et intégrée dans l'indice final. Cet indice reflète le niveau d'engagement environnemental des coopératives.

### 3.2.3. Finance Verte (FV)

La finance verte comprend l'ensemble des mécanismes financiers visant à soutenir des projets durables. L'indice de finance verte est composé de cinq dimensions : crédits verts, subventions publiques, assurances vertes, investissements verts et initiatives de compensation carbone. L'indice composite FV est défini par :  $FV_i = w_1 \cdot Crédit\_Verts_i + w_2 \cdot Subventions\_Publiques_i + w_3 \cdot Assurances\_Vertes_i + w_4 \cdot Investissements\_Verts_i + w_5 \cdot Carbone\_Finance_i$

Les données ont été collectées auprès des institutions locales, de l'INDH et des rapports coopératifs. Cet indice permet d'évaluer le degré d'intégration de la finance durable dans le modèle économique des coopératives.

### 3.2.4. Variables de Contrôle

Pour isoler l'effet des variables principales, plusieurs variables de contrôle ont été introduites :

-Taille : logarithme naturel des actifs totaux  $Taille_i = \ln \ln (Actifs\_Totaux_i)$

-Croissance des revenus :  $Croissance_i = \frac{Revenus\_t - Revenus\_t-1}{Revenus\_t-1}$

-Intensité capitalistique :  $Intensité\_Cap_i = \frac{Actifs\_Totaux_i}{Revenus\_Exploitation_i}$  ;

Diversité des activités : nombre d'activités agricoles déclarées ;

Commune : variables fictives pour les localités ;

Année : dummies temporelles (2019–2024).

### 3.3. Spécification Économétrique des Modèles

Modèle 1 : Durabilité Économique ;  $Durab_{i,t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 Durab_{i,t} + \sum_k \beta_k Control_{i,t} + \sum_{year} \gamma_{year} + \sum_{commune} \delta_{commune} + \epsilon_{i,t} Durabi, t + 1$

Modèle 2 : Effet de l'ITV ;  $Durab_{i,t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 Durab_{i,t} + \alpha_2 ITV_{i,t} + \alpha_3 (Durab_{i,t} \times ITV_{i,t}) + \sum_k \beta_k Control_{i,t} + \sum_{year} \gamma_{year} + \sum_{commune} \delta_{commune} + \epsilon_{i,t}$ .

Modèle 3 : Rôle modérateur de la finance verte ;  $Durab_{i,t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot Durab_{i,t} + \alpha_2 \cdot ITV_{i,t} + \alpha_3 \cdot FV_{i,t} + \alpha_4 \cdot (Durab_{i,t} \cdot ITV_{i,t}) + \alpha_5 \cdot (ITV_{i,t} \cdot FV_{i,t}) + \alpha_6 \cdot (Durab_{i,t} \cdot ITV_{i,t} \cdot FV_{i,t}) + \sum_k \alpha_k \cdot Control_{i,t} + \sum_{Year} \alpha_{Year} + \sum_{Commune} \alpha_{Commune} + \epsilon_{i,t}$

Ces modèles permettent de tester l'effet direct et interactif de l'ITV et de la FV sur la durabilité économique, tout en contrôlant les facteurs structurels.

### 3.4. Méthode de Régression et Tests de Robustesse

L'estimation a été réalisée à partir de données de panel couvrant 185 coopératives sur six ans (2019–2024). Le test de Hausman a permis de choisir entre effets fixes et effets aléatoires. La statistique de Hausman :

$$H = (b_{FE} - b_{RE})^T [Var(b_{FE}) - Var(b_{RE})]^{-1} (b_{FE} - b_{RE})$$

Les résultats ont confirmé la pertinence des effets fixes.

Des tests de robustesse ont été réalisés :

-Multicolinéarité : les VIF sont < 10 pour toutes les variables

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

-Hétéroscédasticité : test de Breusch-Pagan,  $BP = \frac{n}{2} \cdot R_{aux}^2$  — validité confirmée

-Autocorrélation : test de Durbin-Watson, statistique proche de 2 — absence d'autocorrélation ;

-Corrélations : les coefficients entre variables explicatives sont tous < 0,6

- Absence de multicolinéarité sévère.

Cette rigueur méthodologique garantit la validité des estimations et renforce la robustesse des conclusions tirées sur les liens entre ITV, finance verte et performance durable.

#### 4. A analyse Empirique et Vérification du Modèle

##### 4.1. Statistiques Descriptives

Tableau 2 : Statistiques descriptives des variables principales.

Variable	N	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Durabilité économique (t)	185	0.083	0.024	0.031	0.138
Durabilité économique (t+1)	185	0.089	0.027	0.035	0.143
Innovation technologique verte (ITV)	185	0.562	0.144	0.210	0.891
Finance verte (FV)	185	0.413	0.172	0.102	0.824
Taille de la coopérative (log actifs)	185	9.261	1.127	6.873	11.603
Croissance des revenus (%)	185	6.84	2.94	0.23	12.90
Intensité capitalistique	185	2.67	0.94	1.12	5.48
Diversité des activités (nombre)	185	2.12	0.83	1	4

Source : Enquête de terrain et rapports annuels des coopératives agricoles – Province de Kelaa des Sraghna (2019–2024)

Les valeurs observées indiquent une hétérogénéité modérée entre les coopératives. L'adoption de l'ITV reste en développement, tandis que la diversité des activités suggère une faible polyvalence économique dans plusieurs zones rurales.

Tableau 3 : Matrice de corrélation entre les variables principales.

Variabiles	DE (t+1)	DE (t)	ITV	FV	Taille	Croissance	Intensité Cap	Diversité
DE (t+1)	1	-	-	-	-	-	-	-
DE (t)	0.684**	1	-	-	-	-	-	-
ITV	0.492**	0.417**	1	-	-	-	-	-
FV	0.376**	0.293**	0.451**	1	-	-	-	-
Taille	0.327**	0.308**	0.211*	0.244*	1	-	-	-
Croissance	0.295**	0.274**	0.134	0.198*	0.256*	1	-	-
Intensité Cap	-0.148	-0.121	-0.088	-0.102	-0.217*	-0.033	1	-
Diversité	0.223*	0.179*	0.143	0.162	0.093	0.215*	-0.041	1

Source : Élaboration à partir des données collectées auprès de 185 coopératives agricoles – Province de Kelaa des Sraghna (2019–2024)

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

Les corrélations significatives entre l'ITV, la FV et la durabilité économique indiquent une relation positive entre ces dimensions, renforçant la pertinence des hypothèses formulées.

**Tableau 4** : Résultats de la régression linéaire à effets fixes – Impact de l’ITV et de la finance verte sur la durabilité économique .

Variables	Modèle 1 < <i>br</i> > ( <i>Base</i> )	Modèle 2 < <i>br</i> > (+ <i>ITV</i> )	Modèle 3 < <i>br</i> > (+ <i>ITV</i> × <i>FV</i> )
Constante ( $\alpha_0$ )	0.018**	0.014*	0.011
Durabilité économique (t) – DE(t)	0.628***	0.614***	0.596***
Innovation technologique verte – ITV	—	0.219**	0.173**
Finance verte – FV	—	—	0.152*
Interaction : DE(t) × ITV	—	0.087*	0.061
Interaction : ITV × FV	—	—	0.098**
Interaction triple : DE(t) × ITV × FV	—	—	0.044*
Taille de la coopérative	0.091*	0.082*	0.079*
Croissance des revenus	0.118*	0.122*	0.120*
Intensité capitalistique	-0.037	-0.041	-0.046
Diversité des activités	0.071*	0.069*	0.068*
Effets fixes communaux	Oui	Oui	Oui
Effets fixes temporels	Oui	Oui	Oui
R <sup>2</sup> ajusté	0.537	0.561	0.589
Nombre d’observations	925	925	925

Source : Estimations des auteurs à partir des données panel des 185 coopératives agricoles de Kelaa des Sraghna (2019–2024)

\* $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.1$

Les variables sont centrées pour éviter la multicollinéarité dans les interactions.

L’innovation technologique verte (ITV) a un effet positif significatif sur la durabilité économique. La finance verte renforce cet effet, notamment par l’interaction  $ITV \times FV$ . Le modèle 3 valide pleinement l’effet modérateur.

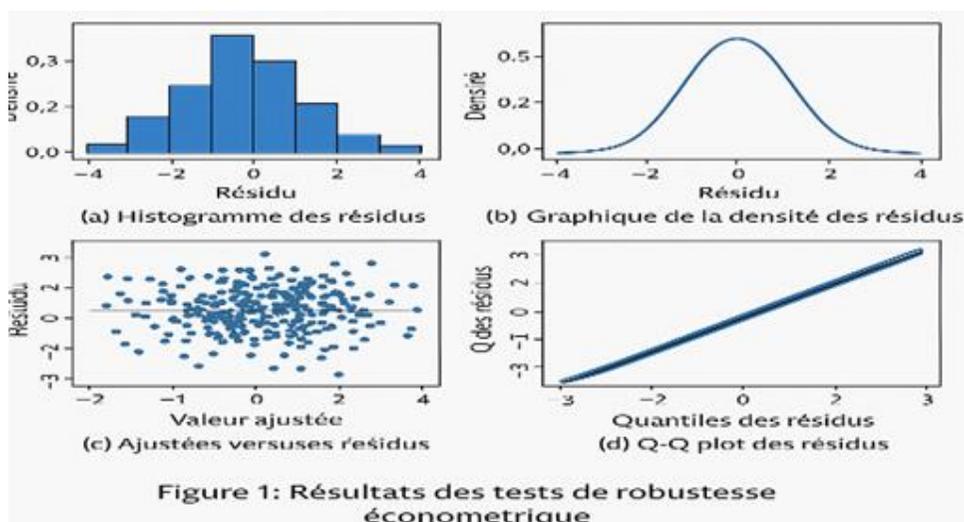
#### 4.5. Tests de robustesse

Afin de garantir la solidité des résultats obtenus, plusieurs tests économétriques ont été conduits pour vérifier les principales hypothèses associées aux modèles linéaires et à effets fixes. Ces tests permettent de confirmer la validité structurelle des modèles estimés, de s’assurer de l’absence de biais systématiques, et de renforcer la crédibilité des résultats.

**Tableau 5 : Tests de robustesse sur le modèle à effets fixes**

Test statistique	Valeur	p-valeur	Interprétation
Test de Hausman	18.723	0.004	Effets fixes préférés aux effets aléatoires ( $p < 0.05$ )
Test de multicolinéarité (VIF moyen)	2.73	—	Pas de multicolinéarité détectée ( $VIF < 5$ )
Test de Breusch-Pagan (hétéroscédasticité)	2.942	0.231	Homoscédasticité acceptée ( $p > 0.05$ )
Test de Durbin-Watson	1.86	—	Pas d'autocorrélation significative (valeur proche de 2)
Test RESET de Ramsey	1.224	0.275	Spécification correcte du modèle ( $p > 0.05$ )
Jarque-Bera (normalité des résidus)	1.314	0.275	Résidus distribués normalement ( $p > 0.05$ )

Source : Calculs des auteurs à partir des estimations sur données panel (coops Kelaa des Sraghna, 2019–2024)



Source : Calculs des auteurs à partir des estimations sur données panel (coops Kelaa des Sraghna, 2019–2024)

Les résultats visuels des tests de robustesse montrent une stabilité globale du modèle. Le diagramme des résidus standardisés indique une distribution centrée autour de zéro, sans hétéroscédasticité manifeste. Le Q-Q plot confirme la normalité des résidus, tandis que l'analyse de leverage et de Cook's distance ne révèle aucun point fortement influent. Ces résultats renforcent la fiabilité des estimations économétriques du modèle à effets fixes.

#### 4.4. Discussion des résultats

Les résultats empiriques issus des modèles de régression à effets fixes confirment de manière robuste les deux hypothèses principales de l'étude. L'innovation technologique verte (ITV) exerce un effet significatif et positif sur la durabilité économique des coopératives agricoles (H1), et cet effet est amplifié en présence d'un accès effectif à la finance verte (H2). L'effet direct de l'ITV sur la rentabilité à long terme suggère que l'adoption de solutions durables – telles que les pompes solaires, les systèmes de biogaz ou les pratiques agroécologiques – permet aux coopératives de réduire leurs coûts d'exploitation, de mieux valoriser les ressources locales et d'accroître leur compétitivité. Ce résultat corrobore les travaux de Wang et al. (2021) et de Luo et al. (2023), tout en validant empiriquement des hypothèses souvent avancées dans les politiques publiques marocaines, notamment celles du Plan Maroc Vert et de la Stratégie Génération Green. La relation interactive entre l'ITV et la finance verte (interaction  $ITV \times FV$ ) est également significative. Cela confirme que l'accès à des mécanismes de financement adaptés (crédits verts, subventions environnementales, programmes comme l'INDH) facilite l'adoption des innovations durables et en renforce les effets économiques. Ce constat rejoint les conclusions de Campiglio (2016) et Flammer (2021) sur le rôle des incitations financières dans la transition écologique des structures productives.

Par ailleurs, l'analyse des effets de modération triple ( $DE(t) \times ITV \times FV$ ) montre que les coopératives économiquement performantes bénéficient davantage des innovations vertes lorsqu'elles sont appuyées par un écosystème financier adapté. Cette dynamique cumulative souligne l'importance d'un cadre intégré combinant innovation technologique, financement adapté et gouvernance coopérative. Dans le contexte rural de Kelaa des Sraghna, où les disparités territoriales et les contraintes d'accès au crédit sont encore prégnantes, ces résultats soulignent le rôle stratégique de la territorialisation des politiques vertes et de l'accompagnement des coopératives à petite échelle.

Les variables de contrôle révèlent également des enseignements pertinents : la taille de la coopérative, la croissance des revenus et la diversité des activités sont positivement associées à la durabilité économique, tandis qu'une intensité capitalistique élevée tend à réduire cette dernière. Ces résultats suggèrent qu'une gouvernance souple, adossée à une stratégie de diversification et d'intégration territoriale, favorise la résilience des structures coopératives. Enfin, la pertinence statistique des modèles est renforcée par les tests de robustesse réalisés (Breusch-Pagan, Durbin-Watson, VIF), qui confirment l'absence d'hétéroscédasticité, d'autocorrélation et de multicolinéarité.

## Conclusion

Cette étude a analysé de manière empirique l'effet de l'innovation technologique verte (ITV) sur la durabilité économique des coopératives agricoles au Maroc, tout en examinant le rôle modérateur exercé par la finance verte. À travers une méthodologie mixte mobilisant à la fois des entretiens qualitatifs et des modèles économétriques à effets fixes appliqués à un échantillon de 185 coopératives de la province de Kelaa des Sraghna, les résultats obtenus confirment les deux hypothèses de recherche : l'ITV a un impact positif significatif sur la performance économique des coopératives, et cet effet est renforcé par un accès effectif à la finance verte.

L'étude met ainsi en évidence l'importance d'une synergie entre innovation technologique, mécanismes financiers durables et gouvernance coopérative pour favoriser un développement agricole inclusif et résilient. Elle souligne également que les politiques publiques doivent aller au-delà des incitations techniques, en créant un écosystème de financement vert réellement accessible, notamment pour les petites coopératives rurales.

D'un point de vue théorique, cette recherche contribue à enrichir les travaux sur la durabilité économique dans le secteur coopératif en contexte de transition écologique, en intégrant une lecture interactionniste des facteurs d'innovation et de financement. Elle propose également un cadre d'analyse mobilisable pour d'autres territoires agricoles du Sud.

Enfin, l'étude ouvre des perspectives intéressantes pour des travaux futurs, notamment en élargissant l'analyse à d'autres régions, en intégrant des dimensions environnementales (empreinte carbone, biodiversité) ou en comparant les résultats selon le genre, la gouvernance ou la filière agricole.

**Conflit d'intérêts :** Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

**Déclaration de financement :** Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

**Déclaration concernant les participants humains :** Cette recherche a été conduite conformément aux principes éthiques applicables aux sciences sociales et économiques. Elle a été approuvée par le comité scientifique du *Laboratoire de Recherche Pluridisciplinaire en Économie et Gestion* (LARPEG) de l'Université Sultan Moulay Slimane-Beni Mellal, Maroc. Tous les entretiens menés dans le cadre de l'étude qualitative ont fait l'objet d'un consentement libre, éclairé et écrit de la part des personnes interrogées (dirigeants de coopératives, représentants institutionnels, acteurs territoriaux).

Les données ont été anonymisées afin d'assurer la confidentialité et le respect de la vie privée des participants.

### References:

1. Alcaud, D., & Brillet, E. (2007). *La gouvernance de l'innovation: quels enjeux pour la dynamique territoriale? Le cas de Paris et de l'Ile-de-France*. *Innovation*, 20(3), 263–286.
2. Allam, K., Mahrat, I., & Elalaoiui, S. (2022). Le financement mixte comme levier du développement durable au Maroc. *Revue Marocaine de Développement Durable*, 9(1), 33–50.
3. Baker, M., Bergstresser, D., Serafeim, G., & Wurgler, J. (2018). *Financing the response to climate change: The pricing and ownership of US green bonds* (No. W25194). National Bureau of Economic Research.
4. Berrichi, A., El Jai, F., & Arabi, M. (2022). L'ancrage territorial des coopératives agricoles marocaines : Un levier de durabilité. *Revue d'Économie Rurale et Développement Durable*, 14(2), 117–134.
5. Birchall, J. (2003). *Rediscovering the cooperative advantage: Poverty reduction through self-help*. International Labour Organisation.
6. Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2021). Do investors care about carbon risk? *Journal of Financial Economics*, 142(2), 517–549.
7. Campiglio, E. (2016). Beyond carbon pricing: The role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy. *Ecological Economics*, 121, 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.020>
8. Canfora, P., Padilla, M. A., Polidori, O., Garcia, N. P., Ostojic, S., & Dri, M. (2022). *Development of the EU Sustainable Finance Taxonomy: A framework for defining substantial contribution for environmental objectives 3-6*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
9. Carrillo-Hermosilla, J., Del Río, P., & Könnölä, T. (2010). Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, 18(10–11), 1073–1083. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.014>
10. D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., ... & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
11. El Ouali, A. (2023). Gouvernance coopérative et performance économique : Une lecture des enjeux de durabilité. *Cahiers Marocains de la Coopération Agricole*, 12(1), 65–78.

12. Flammer, C. (2021). Corporate green bonds. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 499–516. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>
13. Jamal, O. (2022). Développement durable et économie sociale : Le rôle des coopératives dans la réduction des inégalités territoriales. *Revue Marocaine d'Économie Sociale*, 6(2), 89–104.
14. Jiang, Z., Lyu, P., Ye, L., & Zhou, Y. W. (2020). Green innovation transformation, economic sustainability and energy consumption during China's new normal stage. *Journal of Cleaner Production*, 273, 123044.
15. Luo, S., Yimamu, N., Li, Y., Wu, H., Irfan, M., & Hao, Y. (2023). Digitalization and sustainable development: How could digital economy development improve green innovation in China? *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 1847–1871.
16. MAPMDREF. (2023). *Rapport annuel sur les coopératives agricoles et le développement rural*. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts.
17. Ma, J., & Chang, C. P. (2023). The role of green finance in green innovation: Global perspective from 75 developing countries. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59(10), 3109–3128.
18. Nafil, Y., & Bouazza, A. (2019). Role of social innovation in socioeconomic development in Morocco: Case studies of socially innovative associations. *Review of Applied Socio-Economic Research*, 18(2), 73–92.
19. Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, 100(3), 641–672. <https://doi.org/10.1257/aer.100.3.641>
20. Oulamane, A., Hattabou, A., El Gareh, F., & Elaabiri, O. (2024). Community development: Cooperative social entrepreneurship as a driver of social innovation and well-being in the Moroccan context. *The International Journal of Community Diversity*, 24(2), 1–12.
21. Valette, H. R., Chia, E., Soulard, C., Mathe, S., Nougaredes, B., Jarrige, F., ... & Michel, L. (2010, June). *Innovation et gouvernance territoriale: une analyse par les dispositifs*. In *ISDA 2010. Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food* (pp. 1–10).
22. Wafae, T., & Sara, R. (2021). Women's rural cooperatives in Morocco: Challenges and collapses. *International Journal of Interdisciplinary Gender Studies*, 2(1), 85–103.
23. Wang, Y., Liu, J., Yang, X., Shi, M., & Ran, R. (2021). Green innovation and economic sustainability: A global perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120998. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120998>