SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES (ÉNERGIE SOLAIRE) POURL'AGRICULTURE ET LES SYSTÈMES DE STOCKAGE DES ALIMENTS.

Résumé : Les systèmes énergétique et alimentaire sont étroitement liés. Environ 30 % de l'énergie mondiale est utilisée dans le système agroalimentaire. L'énergie est également responsable d'un tiers des émissions de substances nocives pour la couche d'ozone (gaz à effet de serre) des systèmes agroalimentaires.

De la production à la transformation, au stockage et à la cuisson, l'énergie est essentielle pour améliorer l'efficacité et les revenus, réduire les pertes alimentaires, accroître la flexibilité environnementale des agriculteurs et des entreprises agroalimentaires et développer les conditions de cuisson. La revue systématique de la littérature a été utilisée comme système de recherche. L'interdépendance des systèmes énergétiques et alimentaires rend indispensable une approche conjointe pour atteindre les Objectifs de Développement Durable relatifs au changement climatique. La transition vers un système énergétique basé sur les énergies renouvelables sera fragmentée si l'on néglige la consommation d'énergie dans le secteur agroalimentaire et la mise en place d'une bioénergie durable.

Mots-clés : Énergie, renouvelable, Système, agroalimentaire, Stockage.

INTRODUCTION

L'énergie constitue un élément fondamental du fonctionnement des systèmes agroalimentaires modernes. Elle intervient à toutes les étapes de la chaîne de valeur agricole, notamment dans la production, l'irrigation, la transformation, le stockage, le transport et la distribution des denrées alimentaires. Toutefois, la forte dépendance aux combustibles fossiles contribue à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et accentue les effets du changement climatique.

Dans de nombreux pays en développement, particulièrement en Afrique subsaharienne, le manque d'accès à une énergie fiable limite les capacités de production agricole et favorise les pertes post-récolte. Les infrastructures de stockage, notamment les systèmes frigorifiques, demeurent insuffisantes dans les zones rurales, entraînant une détérioration rapide des produits périssables tels que les fruits, légumes, produits laitiers, viandes et poissons.

Face à ces défis, les énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire, apparaissent comme des solutions prometteuses. L'énergie solaire est abondante, durable et adaptée aux zones rurales éloignées des réseaux électriques conventionnels. Son utilisation dans les systèmes de pompage, d'irrigation et de réfrigération peut améliorer la sécurité alimentaire tout en réduisant les impacts environnementaux du secteur agroalimentaire.

Cette étude vise ainsi à analyser les contributions des énergies renouvelables, notamment de l'énergie solaire, au développement des systèmes agricoles et des infrastructures de stockage des aliments

UNDER PEER REVIEW IN IJAR

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Méthodologie de l'étude : L'étude utilisée est une revue systématique de la littérature. La revue systématique de la littérature comprend une convention d'enquête qui détermine le sujet à étudier et le système modifié pour coordonner l'analyse (Petticrew et Roberts 2006 : 1-26).

Énergie solaire : L'énergie solaire présente de nombreux avantages. Ressource énergétique renouvelable et durable, elle peut contribuer à réduire les émissions de combustibles fossiles issues de sources d'énergie non renouvelables et à atténuer le changement climatique. Cependant, la production d'énergie solaire est limitée aux heures d'ensoleillement maximal. Pour pallier l'irrégularité de la production, des batteries ont été utilisées. Le stockage d'énergie peut également résoudre ce problème. Il permet de stocker l'énergie pour une utilisation ultérieure, assurant ainsi le fonctionnement des machines en cas de panne de courant et une meilleure utilisation de l'énergie solaire produite et stockée.

RÉSULTATS

Transformation des systèmes agroalimentaires par les énergies renouvelables : L'énergie joue un rôle central dans les systèmes alimentaires. L'énergie est consommée lors des étapes essentielles de la production, mais aussi lors d'activités complémentaires telles que le séchage, la réfrigération, le stockage, le transport et la distribution (Taghizadeh Hesary, Rasoulinezhad et Yoshino, 2019). Elle est indispensable à toutes les phases de la chaîne agroalimentaire, directement (pour la production, la transformation et le transport) et indirectement (pour la production d'engrais, de substances agrochimiques et de machines agricoles). Les systèmes agroalimentaires sont responsables d'environ 30 % de la consommation énergétique mondiale (FAO, 2011).

Les énergies renouvelables peuvent jouer un rôle crucial pour répondre aux besoins énergétiques des systèmes agroalimentaires, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. Elles peuvent ainsi contribuer à la lutte contre la faim, à la réduction de la pénibilité du travail, à la diminution des émissions de gaz à effet de serre, à l'augmentation de la flexibilité des agriculteurs et des entreprises agricoles, à l'amélioration des conditions de vie et à la réduction de l'impact environnemental du secteur agroalimentaire. Parallèlement, cela peut contribuer à l'égalité des sexes et à l'entrepreneuriat des jeunes (FIDA, 2020).

Accroître l'approvisionnement en énergie moderne dans les zones difficiles d'accès : Les systèmes agroalimentaires des pays en développement représentent une part importante des moyens de subsistance des agriculteurs, des pêcheurs et des autres acteurs de la chaîne de valeur alimentaire. Compte tenu du développement encore incomplet des infrastructures de ces systèmes, l'approvisionnement constant en énergie nécessaire à l'augmentation de la productivité, à la sécurité alimentaire et à la résilience face aux chocs environnementaux et autres sera crucial. Actuellement, le manque d'accès à une énergie fiable, abordable et en quantité suffisante constitue un obstacle majeur à la production agricole et à la transformation après récolte (FIDA, 2020). C'est également une des principales raisons pour lesquelles la chaîne alimentaire des pays non industrialisés subit des pertes importantes avant même que

UNDER PEER REVIEW IN IJAR

les aliments n'arrivent sur le marché, en partie à cause de l'absence d'installations frigorifiques adéquates (FAO, 2020a). Face à des régimes de précipitations de plus en plus imprévisibles en raison des changements environnementaux, les systèmes horticoles pluviaux, encore prédominants en Afrique subsaharienne et dans certaines régions d'Asie du Sud, nécessiteront de meilleurs systèmes d'irrigation et infrastructures pour améliorer les rendements, la productivité, la sécurité alimentaire et la flexibilité, notamment pour les agriculteurs de subsistance. La superficie des terres irriguées reste excessivement faible, en particulier en Afrique subsaharienne. Là où l'irrigation s'est développée, les sources d'énergie non renouvelables (combustibles fossiles) sont généralement utilisées. Rien qu'en Inde, plus de 8,8 millions de pompes à pétrole sont en service (IEEFA, 2021).

Actuellement, les exploitations agricoles rurales ne captent qu'une faible part de la valeur de leurs produits, la plus grande partie étant détenue par des entreprises situées plus près des zones urbaines et bénéficiant d'un meilleur accès à l'énergie, aux installations et aux infrastructures. L'amélioration de la sécurité alimentaire et l'augmentation des revenus des producteurs agricoles dépendent d'un accès élargi à l'énergie moderne, ainsi que d'autres changements tels que le financement, les équipements, l'information commerciale et l'accès aux marchés.

En Éthiopie, par exemple, l'électrification des activités horticoles pourrait réduire les coûts de carburant et générer d'importants revenus pour les petits exploitants ruraux et les PME rurales. Une analyse de six opportunités potentielles au sein de la chaîne de valeur, couvrant les céréales, les récoltes à haute valeur ajoutée et le secteur laitier, montre que l'accès à l'énergie moderne pourrait générer des revenus d'une valeur de 4 milliards de dollars américains entre 2020 et 2025 (Borgstein, Swim et Mekonnen, 2020). Le déploiement de solutions durables dans l'agriculture, le blé et le secteur laitier pourrait également créer environ 190 000 emplois dans l'ensemble des chaînes de valeur en augmentant les capacités de production et en réduisant les pertes (Commission éthiopienne pour la création d'emplois, 2021).

Réduire les coûts et les pertes tout au long de la chaîne agroalimentaire grâce à l'accès à l'énergie est essentiel. Dans les pays en développement, environ 14 % des aliments sont perdus avant d'arriver sur le marché (FAO, 2019b). Une part importante de l'énergie totale consommée par le système agroalimentaire est absorbée par ces pertes, soit 30 à 40 % selon la FAO (2011).

Dans les pays en développement, la plupart des pertes alimentaires surviennent lors de la récolte et du stockage. On estime que les pertes à la ferme pour les fruits et légumes en Afrique subsaharienne atteignent 50 % ; pour les céréales et les légumineuses, elles s'élèvent à 18 %. Dans les pays où l'insécurité alimentaire est élevée, la réduction des pertes dès le début de la chaîne de production est probablement le moyen le plus efficace d'améliorer la sécurité alimentaire. Les énergies renouvelables peuvent jouer un rôle déterminant à cet égard.

Les causes des pertes alimentaires sont multiples : mauvaise manipulation, transport et stockage inadéquats, absence de chaîne du froid. Des chaînes du froid durables et des technologies de réfrigération performantes pourraient contribuer de manière essentielle à la réduction des pertes, notamment au plus près des exploitations agricoles. Toutefois, leur mise en œuvre nécessite un accès fiable et raisonnable à l'énergie.

UNDER PEER REVIEW IN IJAR

Aujourd'hui, le stockage frigorifique alimenté par des énergies renouvelables et utilisant des installations décentralisées à proximité des exploitations agricoles est déployé pour réduire les pertes. Un autre effort vise à lutter contre le gaspillage alimentaire grâce à des investissements dans les infrastructures de stockage en zones rurales d'Afrique. Le renforcement des chaînes agroalimentaires par les énergies renouvelables est essentiel. Ces chaînes relient la production, le stockage, la transformation, le transport, la distribution et la consommation. Leur structure est diverse et peut être extrêmement complexe, impliquant de nombreux acteurs et des liens avec des produits fluctuants tels que les cultures, les animaux, les produits forestiers, la pêche et l'aquaculture (FAO, 2019a). Les chaînes de valeur alimentaires sont souvent linéaires, impliquant des unités d'entreprises étroitement liées entre elles par le biais de produits et de services, d'échanges de données et de la recherche d'intérêts communs (Springer-Heinze, 2018).

La FAO (2014) définit la chaîne alimentaire durable comme « l'ensemble des activités agricoles et des entreprises, ainsi que leurs activités progressives et intégrées de création de valeur, qui transforment des matières premières agricoles spécifiques en produits alimentaires spécifiques destinés à des consommateurs précis et jetés après utilisation, de manière bénéfique à tous les niveaux, générant des avantages pour l'ensemble de la société et ne consommant pas systématiquement de ressources naturelles ».

L'utilisation d'une approche par chaîne de valeur pour évaluer les besoins et les écarts énergétiques présente plusieurs avantages.

Premièrement, elle permet de mettre en évidence les besoins et les écarts énergétiques à chaque étape, rendant possible un plan d'action systémique global pour maximiser la valeur et les bénéfices. Deuxièmement, cette perspective prend en compte les entreprises et les parties prenantes à chaque étape, fournissant des informations sur les leviers existants et sur les domaines où ils pourraient être les plus utiles pour favoriser l'utilisation des énergies renouvelables.

Par exemple, l'adoption de systèmes de refroidissement et de pompage de l'eau alimentés par des énergies renouvelables dans la chaîne de valeur du lait aidera directement les producteurs laitiers ; Une valeur ajoutée peut également être générée pour les transformateurs laitiers, les entreprises de transport et les détaillants grâce à la réduction des pertes et à l'amélioration de la qualité (FAO, 2018c). Le stockage frigorifique alimenté par des énergies renouvelables est indispensable à chaque étape de la chaîne agroalimentaire pour prolonger la durée de conservation, réduire les pertes et préserver la qualité des produits issus des cultures, de l'élevage et de la pêche. La chaîne du froid permet également d'élargir les marchés au-delà des consommateurs locaux, ce qui augmente les revenus des agriculteurs, des transformateurs, des grossistes et des détaillants (USAID, 2020). Bien que les chaînes agroalimentaires existent dans tous les pays, leur niveau de développement technologique varie.

Par exemple, lors de la distribution et de la vente au détail dans la chaîne agroalimentaire, les pays en développement stockent souvent les aliments dans des locaux rudimentaires plutôt que dans des entrepôts modernes ou des chambres froides. Ces différences se reflètent dans les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) des systèmes agroalimentaires des pays en développement et des pays développés.

UNDER PEER REVIEW IN IJAR

Enfin, les phases post-récolte des chaînes de valeur sont énergivores et contribuent à environ la moitié des émissions totales du système agroalimentaire. Dans les pays en développement, cette part est d'environ un quart (Crippa et al., 2021). Cependant, à mesure que les pays se développent, leurs chaînes agroalimentaires évoluent et intègrent des technologies plus modernes à chaque étape de la chaîne de valeur.

DISCUSSION

Les résultats obtenus confirment que les énergies renouvelables jouent un rôle stratégique dans la transformation durable des systèmes agroalimentaires. L'énergie solaire apparaît particulièrement adaptée aux zones rurales des pays en développement où les infrastructures électriques demeurent limitées.

L'utilisation de technologies solaires pour l'irrigation et le stockage frigorifique permet non seulement de réduire les pertes post-récolte mais également d'améliorer la productivité agricole et la résilience face aux changements climatiques. Les systèmes frigorifiques alimentés par l'énergie solaire constituent une alternative durable aux groupes électrogènes fonctionnant aux combustibles fossiles.

Cependant, plusieurs contraintes limitent encore l'adoption massive de ces technologies. Les coûts initiaux d'installation, le manque de financement, l'insuffisance des infrastructures techniques et le déficit de formation constituent des obstacles importants dans de nombreuses régions rurales.

Par ailleurs, l'intégration des énergies renouvelables dans les chaînes de valeur agroalimentaires nécessite des politiques publiques adaptées, des mécanismes de financement accessibles et des partenariats entre acteurs publics et privés. Le développement de solutions décentralisées pourrait contribuer à renforcer l'autonomie énergétique des exploitations agricoles et à améliorer durablement la sécurité alimentaire.

Conclusion : L'interdépendance des systèmes énergétiques et alimentaires rend indispensable une approche conjointe pour atteindre les Objectifs de Développement Durable relatifs au changement climatique. La transition vers un système énergétique fondé sur les énergies renouvelables sera fragmentée si l'on néglige la consommation d'énergie dans le secteur agroalimentaire et la mise en place d'une bioénergie durable. Chaque étape du système agroalimentaire requiert des ressources énergétiques diverses, qui varient essentiellement en fonction de la structure, de la nature et de l'étendue des chaînes de valeur. La nature décentralisée des solutions d'énergies renouvelables les rend particulièrement adaptées pour répondre aux besoins énergétiques de manière naturellement gérable, raisonnable et sûre.

Malgré les contrastes marqués en matière de consommation d'énergie entre les régions et le degré de développement des systèmes agroalimentaires, les applications des énergies renouvelables sont pertinentes dans de nombreux contextes nécessitant des politiques, des innovations et des technologies, ainsi que des modèles de financement et de mise en œuvre adaptés. Grâce à des partenariats intersectoriels, des actions et des investissements peuvent

UNDER PEER REVIEW IN IAR

être préparés à grande échelle pour exploiter pleinement le potentiel des énergies renouvelables, une précieuse opportunité pour le secteur agroalimentaire, tout en accordant une attention particulière à la durabilité. L'engagement des législateurs et des acteurs locaux sera crucial pour combler les lacunes dans la compréhension des besoins, établir des liens avec les marchés et fournir les capacités et les financements nécessaires dans le cadre d'une stratégie de transformation du système alimentaire plus globale, intégrant les énergies renouvelables comme pilier essentiel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

1. Borgstein, E., Wade, K. et Mekonnen, D. (2020), « Capturing the productive use dividend: Valuing the synergies between rural electrification and smallholder agriculture in Ethiopia »,

2. Rocky Mountain Institute, www.rmi.org/insight/ethiopia-productive-use/ . Crippa, M., et al. (2021), « Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions », Nature Food 2 : 198-209, https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9 .

3. Commission éthiopienne pour la créationd'emplois (2021), « Ethiopian Job Creation Through Off-grid Energy Access », www.ace-taf.org /wp-content/up loads/2021/08/Jobs-and-Energy-

4. Report_Ethiopia_August_2021.pdf. FAO (2011), « Une alimentation économe en énergie pour les populations et le climat »,

5. Document de travail, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org /3/i2454e/i2454e.pdf. FAO (2019a), « Priorités relatives aux chaînes de valeur alimentaires et au secteur agroalimentaire dans les contributions déterminées au niveau national », 6. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org /3/ca5740en/ca5740en.pdf. FAO (2019b), La situation de l'alimentation et de l'agriculture : progresser dans la réduction des pertes et du gaspillage alimentaires,

7. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org /3/ca6030en/ca6030en.pdf. FAO (2020a), « Il est impératif de réduire les pertes et le gaspillage alimentaires pour une sécurité alimentaire accrue et une durabilité environnementale renforcée », Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

8. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org /news/story/en/item/1310271/icode/.

9. IEEFA (2021), « Renforcer l'irrigation solaire contribuera à la réalisation des objectifs de l'Inde en matière d'énergies renouvelables », Institute for Energy Economics and Financial Analysis, Lakewood, Ohio, États-Unis, https://ieefa.org/ieefa-powering-up-solar-irrigation-effort-will-support-indias-renewable-energytargets/.

10. FIDA (2020), « Énergies renouvelables pour l'agriculture paysanne », Fonds international de développement agricole, Rome, www.ifad.org/documents /38714170/41937394/resa.pdf/715e1a75-35df-bafc-f4917effde867517.

11. Petticrew, M. et Roberts, H., Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide, Blackwell, États-Unis, 2006, p.1-26.

UNDER PEER REVIEW IN IJAR

12. Springer-Heinze, A. (2018), ValueLinks 2.0 : Manuel d'analyse de la chaîne de valeur durable, Volume 1 : Analyse, stratégie et mise en œuvre de la chaîne de valeur, ValueLinks, Eschborn, Allemagne, https://valuelinks.org/material/manual/ ValueLinks-Manual-2.0-Vol-1-January 2018.pdf. 13. Taghizadeh-Hesary, F., E. Rasoulinezhad et N. Yoshino (2019), « Sécurité énergétique et alimentaire : liens par la volatilité des prix », Energy Policy 128 : 796-806, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.043.

14. USAID (Agence des États-Unis pour le développement international) (2020), « Entrepôt frigorifique à énergie propre », Étude de cas technologique, Agence des États-Unis pour le développement international, Washington, DC, https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00WHC6.pdf.

UNDER PEER REVIEW IN IJAR