

Modélisation des chaînes d'approvisionnement alimentaire au Niger : un levier stratégique pour anticiper les crises alimentaires

DJIMBA ALI

Doctorant en Gestion, Transport et Logistique à l'Université de LISALA, RDC

RESUME

Le Niger fait face à des crises alimentaires récurrentes, exacerbées par les chocs climatiques, les faiblesses logistiques, l'insécurité régionale et la faible coordination entre les acteurs du système alimentaire. Dans ce contexte, la modélisation de la chaîne d'approvisionnement alimentaire constitue un levier stratégique pour anticiper les ruptures et améliorer la résilience du système national de sécurité alimentaire. L'objectif général de cette recherche est d'analyser et de modéliser la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger afin de proposer un outil stratégique permettant d'anticiper efficacement les crises alimentaires et d'orienter les politiques publiques vers des réponses logistiques mieux structurées. La méthodologie adoptée est de nature qualitative, reposant sur une analyse documentaire approfondie des travaux existants (rapports, articles scientifiques, documents institutionnels) publiés entre 2018 et 2025. Aucune enquête de terrain n'a été réalisée, mais les sources mobilisées couvrent un large spectre d'acteurs, d'approches logistiques et de contextes africains comparables. Les principaux résultats révèlent (1) une chaîne alimentaire fragmentée avec de nombreux acteurs interdépendants ; (2) des vulnérabilités logistiques, climatiques et économiques ; (3) une faible coordination interinstitutionnelle ; et (4) l'utilité d'un modèle de simulation basé sur l'approche multi-agents (ABM) ou l'optimisation robuste pour anticiper les scénarios de crise et appuyer la prise de décision. En conclusion, la recherche démontre la nécessité urgente de moderniser la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger grâce à des outils numériques de simulation et de gestion logistique, tout en renforçant la gouvernance multi-acteurs. La modélisation apparaît comme un vecteur d'anticipation et de résilience face aux chocs structurels et conjoncturels.

Mots-clés : Chaîne d'approvisionnement, Sécurité alimentaire, Modélisation, Niger, Résilience.

ABSTRACT

Niger faces recurring food crises, worsened by climate shocks, logistical weaknesses, regional insecurity, and poor coordination among actors within the food system. In this context, modeling the food supply chain emerges as a strategic lever to anticipate disruptions and improve the resilience of the national food security system. The general objective of this research is to analyze and model the food supply chain in Niger in order to propose a strategic tool capable of effectively anticipating food crises and guiding public policies toward more structured and proactive logistical responses. The methodology is qualitative, based on a comprehensive literature review of existing studies, reports, and institutional documents published between 2018 and 2025. No field survey was conducted; however, the documentation reviewed offers a broad overview of stakeholders, logistical systems, and comparable African contexts. The main findings reveal (1) a fragmented supply chain involving interdependent actors; (2) major logistical, climatic, and economic vulnerabilities; (3) weak inter-institutional coordination; and (4) the relevance of simulation models—particularly agent-based modeling (ABM) and robust optimization—to predict crisis scenarios and support decision-making. In conclusion, the study highlights the urgent need to modernize Niger's food supply chain through the integration of predictive and digital tools for logistics management, while also reinforcing collaborative governance. Modeling proves to be a key driver for anticipation and resilience in the face of structural and situational shocks.

Keywords: Food supply chain, Food security, Modeling, Niger, Resilience.

Soumis le : 31 Juillet, 2025

Publié le : 21 août, 2025

Auteur correspondant : DJIMBA ALI

Adresse électronique : a.djimba@catlogisticsgroupe.com

Ce travail est disponible sous la licence

Creative Commons Attribution 4.0 International.



1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

Depuis 2005, le pays s'est doté d'un Dispositif de Prévention et de Gestion des Crises Alimentaires qui est un organe fédérateur de différentes cellules. La cellule la plus sollicitée est la Cellule Crise Alimentaire qui se charge de l'acquisition et de la répartition des céréales au profits des ménages vulnérables.

Par ailleurs, l'Office des Produits Vivriers du Niger (OPVN) demeure également un instrument stratégique du fait qu'il a la charge de la gestion des stocks de sécurité.

Rodríguez Llanes et Kayitakire (2018) montrent que la résilience à la sécurité alimentaire au Niger est très faible, notamment en zone rurale, en dépit des efforts d'ajustement des ménages via la diversification des revenus et l'accès aux marchés (Rodríguez Llanes & Kayitakire, 2018).

Des études récentes quantifient l'impact des catastrophes climatiques sur l'économie et la sécurité alimentaire dans des pays voisins (Nigeria), utilisant des modèles d'équilibre général dynamique couplés à des microsimulations sociales (Escalante et al., 2025). Ces méthodes soulignent l'importance des mécanismes de résilience structurelles dans les systèmes alimentaires de la région.

Cox, Smith, Breitbach et al. (2020) développent une modélisation intégrée de chaînes d'approvisionnement robustes et résilientes pour l'Afrique de l'Ouest, démontrant comment concevoir un réseau capable de résister à des perturbations tout en maîtrisant les coûts (Cox et al., 2020).

Un cadre combinant Agent-Based Modeling (ABM) et optimisation robuste appliquée à la stratégie de chaîne alimentaire en contexte de crise (COVID 19) propose une méthode pour anticiper les ruptures et améliorer l'accès aux vivres (ScienceDirect, 2021).

1.2 Problématique

Si des modèles de résilience alimentaire existent pour l'Afrique de l'Ouest, peu sont spécifiquement calibrés au Niger ; il manque des modèles holistiques intégrant les flux transfrontaliers, la production locale, le stockage et les itinéraires internes, calibrés sur des données locales (aucune couverture dans Cox et al., 2020, ni dans les études générales sur l'Afrique).

Rodríguez Llanes et Kayitakire (2018) soulignent le manque de mesure robuste de la résilience à l'insécurité alimentaire au niveau des ménages au Niger, du fait de données incomplètes ou peu fréquentes. Cela rend difficile l'ingénierie de modèles dynamiques pertinents.

Le Niger, en tant que pays enclavé, dépend lourdement des réseaux de transport régionaux vulnérables aux crises climatiques et aux limitations infrastructurelles (World Bank, 2022 via Turner Read). L'absence d'un modèle logistique intégré limite la capacité des autorités à anticiper où se situent les goulets d'étranglement en situation de crise.

L'enjeu est donc de développer un outil de modélisation systémique qui simule les chocs climatiques, les ruptures d'approvisionnement international, les contraintes locales de stockage et transport, en s'appuyant sur les méthodologies ABM ou optimisation robuste adaptées au Niger. Un tel outil pourrait guider des décisions proactives pour renforcer la sécurité alimentaire.

1.3 Objectifs de la recherche

1.3.1. Objectif général

Généralement dans notre recherche, nous visons à analyser et modéliser la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger afin de proposer un outil stratégique permettant d'anticiper efficacement les crises alimentaires et d'améliorer la résilience du système national de sécurité alimentaire.

1.3.2. Objectifs spécifiques

- Identifier les principaux maillons et acteurs de la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger, ainsi que leurs interactions.
- Évaluer les vulnérabilités logistiques, climatiques et socio-économiques affectant cette chaîne.
- Concevoir un modèle de simulation (ex. : basé sur l'approche agent ou optimisation robuste) capable de prévoir les effets des chocs (climatiques, sécuritaires, économiques) sur la chaîne.

1.4. Questions de la recherche

1.4.1. Question générale

Comment la modélisation des chaînes d'approvisionnement alimentaire peut-elle contribuer à anticiper et atténuer les crises alimentaires au Niger ?

1.4.2. Questions spécifiques

- Quels sont les maillons critiques et les acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger ?
- Quelles sont les principales vulnérabilités qui affectent cette chaîne dans le contexte nigérian ?
- Quel type de modèle peut simuler efficacement les risques de rupture dans cette chaîne en cas de crise ?

1.5. Hypothèses de la recherche

1.5.1. Hypothèse générale

La modélisation de la chaîne d'approvisionnement alimentaire constitue un levier stratégique permettant d'anticiper les crises alimentaires et d'orienter les politiques de résilience au Niger.

1.5.2. Hypothèses spécifiques

- La chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger serait marquée par des maillons critiques dont la vulnérabilité compromet la sécurité alimentaire en période de crise.
- L'intégration de données logistiques, climatiques et économiques dans un modèle de simulation permettrait de prédire les zones et périodes de risques élevés.
- La mise en œuvre de scénarios anticipatifs issus de la modélisation pourrait améliorer significativement la capacité de réponse des institutions en cas de crise alimentaire.

2. REVUE DE LA LITTERATURE THEORIQUE

2.1 Principaux acteurs de la chaîne d'approvisionnement

2.1.1 Les producteurs agricoles (en amont de la chaîne)

- Producteurs/Agriculteurs (Petits et grands exploitants): Ce sont les acteurs primaires qui cultivent les produits agricoles (mil, sorgho, maïs, niébé, riz, oignon, sésame, arachide, etc.). Ils sont souvent organisés en :
- Organisations Paysannes (OP): Coopératives, groupements d'intérêt économique (GIE) qui regroupent des producteurs pour renforcer leur pouvoir de négociation, faciliter l'accès aux intrants, aux services et aux marchés. Ex: Fédération des Coopératives Maraîchères du Niger (FCMN-NIYA).

Fournisseurs d'intrants agricoles :

- Entreprises/Distributeurs d'intrants : Vendent semences, engrains, pesticides, équipements agricoles.
- Organisations non gouvernementales (ONG) et projets de développement : Appuient les producteurs en fournissant des intrants ou en facilitant leur accès.

Services techniques et de vulgarisation agricole :

- Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (MAG) et ses démembrements régionaux/locaux.
- Instituts de recherche agricole : Mènent des recherches pour améliorer les variétés, les techniques culturelles.
- ONG et partenaires au développement : Offrent des formations et un appui-conseil aux producteurs.

Institutions financières :

- Banques, institutions de microfinance (IMF): Fournissent des crédits agricoles aux producteurs, souvent avec des difficultés d'accès pour les petits exploitants.
- Fonds de financement agricole (ex: FISAN - Fonds d'Investissement pour la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle): Dispositifs spécifiques pour le financement du secteur.

2.1.2 Les acteurs de la collecte et du stockage

- Collecteurs/Intermédiaires locaux : Achètent les produits directement auprès des producteurs dans les villages.
- Commerçants grossistes : Achètent de grandes quantités auprès des collecteurs ou des producteurs et les stockent.
- Organisations Paysannes (OP) avec capacités de stockage : Certaines OP disposent de magasins pour stocker les récoltes, améliorant ainsi leur pouvoir de négociation.
- Logisticiens / Stockeurs privés : Individus ou entreprises spécialisées dans le stockage produits agricoles et les distributeurs.

2.1.3 Les acteurs de la transformation

- Transformateurs artisanaux/petites unités de transformation : Souvent des femmes, qui transforment les produits bruts en produits semi-transformés ou finis (farine de mil/sorgho, huile d'arachide, produits à base de niébé, oignon séché, etc.).
- Grandes unités de transformation/Industries agro-alimentaires : Moins nombreuses au Niger, elles transforment les produits à plus grande échelle.
- Prestataires de services de transformation : Offrent des services de mouture, décorticage, etc.

2.1.4 Les acteurs de la commercialisation (Aval de la chaîne)

- Commerçants détaillants : Vendent les produits directement aux consommateurs sur les marchés locaux.
- Commerçants grossistes : Revendent aux détaillants ou à d'autres grossistes pour l'exportation.
- Transporteurs : Assurent l'acheminement des produits des zones de production vers les zones de consommation ou de transformation, et vers les marchés nationaux et sous-régionaux.
- Transitaires : Assurent la logistique depuis les ports aux destinations diverses
- Exportateurs : Entreprises ou individus qui exportent les produits agricoles nigériens vers d'autres pays de la sous-région ou au-delà.
- Consommateurs : Bénéficiaires finaux des produits agricoles denrées alimentaires

2.1.5 Les acteurs institutionnels

Gouvernement et administrations publiques :

- Ministères concernés (Agriculture, Commerce, Finances, Environnement): Élaboration et mise en œuvre des politiques agricoles, de sécurité alimentaire, régulation, infrastructures.
- Collectivités territoriales : Appuient les initiatives locales, facilitent les échanges.
- Institutions de recherche et de formation : Universités, centres de recherche.
- Partenaires techniques et financiers (PTF) : Organisations internationales (FAO, PAM, Banque Mondiale, Union Européenne, agences de développement nationales) qui financent des projets, apportent une expertise technique, et soutiennent le développement des chaînes de valeur.
- Organisations de la société civile (OSC) : ONG nationales et internationales œuvrant pour le développement rural, la sécurité alimentaire, le renforcement des capacités des acteurs.
- Services de normalisation et de contrôle qualité : Assurent la qualité des produits sur le marché (ANMC par exemple).
- Plateformes d'échanges et d'information : Facilitent la communication et la coordination entre les différents acteurs (ex: plateformes d'innovation agricole).

2.2 Modélisation des flux et interactions

Il s'agit ici de visualiser la chaîne d'approvisionnement comme un réseau complexe où les produits, l'information et les flux financiers circulent entre les différents acteurs.

- Flux de produits : Des producteurs vers les consommateurs, en passant par les collecteurs, stockeurs, transformateurs et commerçants.
- Flux financiers : Paiements des produits, crédits, subventions.
- Flux d'information : Informations sur les marchés, les prix, les techniques, les politiques.
- Relations contractuelles : Entre producteurs et acheteurs, transformateurs et commerçants.
- Appui et encadrement : Des services techniques, ONG, institutions financières vers les producteurs et autres acteurs.

2.1. Défis majeurs relevés sur les chaînes d'approvisionnement au Niger

- Faible productivité agricole : Due aux aléas climatiques, manque d'intrants de qualité, techniques culturelles peu performantes.
- Difficultés d'accès au financement : Pour les producteurs et les petits transformateurs.
- Faible capacité de stockage et de transformation : Entraînant des pertes post-récolte importantes.
- Infrastructures limitées : Routes, marchés, accès à l'énergie.
- Manque d'information sur les marchés : Difficulté pour les producteurs de négocier de bons prix. (Besoin de réadapter le produit informationnel des SIM en rendant cette information le plus accessible aux producteurs pour leur prise de décision d'affaire).
- Faible organisation des acteurs : Malgré l'existence d'OP, leur renforcement est nécessaire.
- Problèmes de gouvernance et de coordination : Entre les différentes institutions et acteurs.

2.2. Schématisation de la chaîne d'approvisionnement

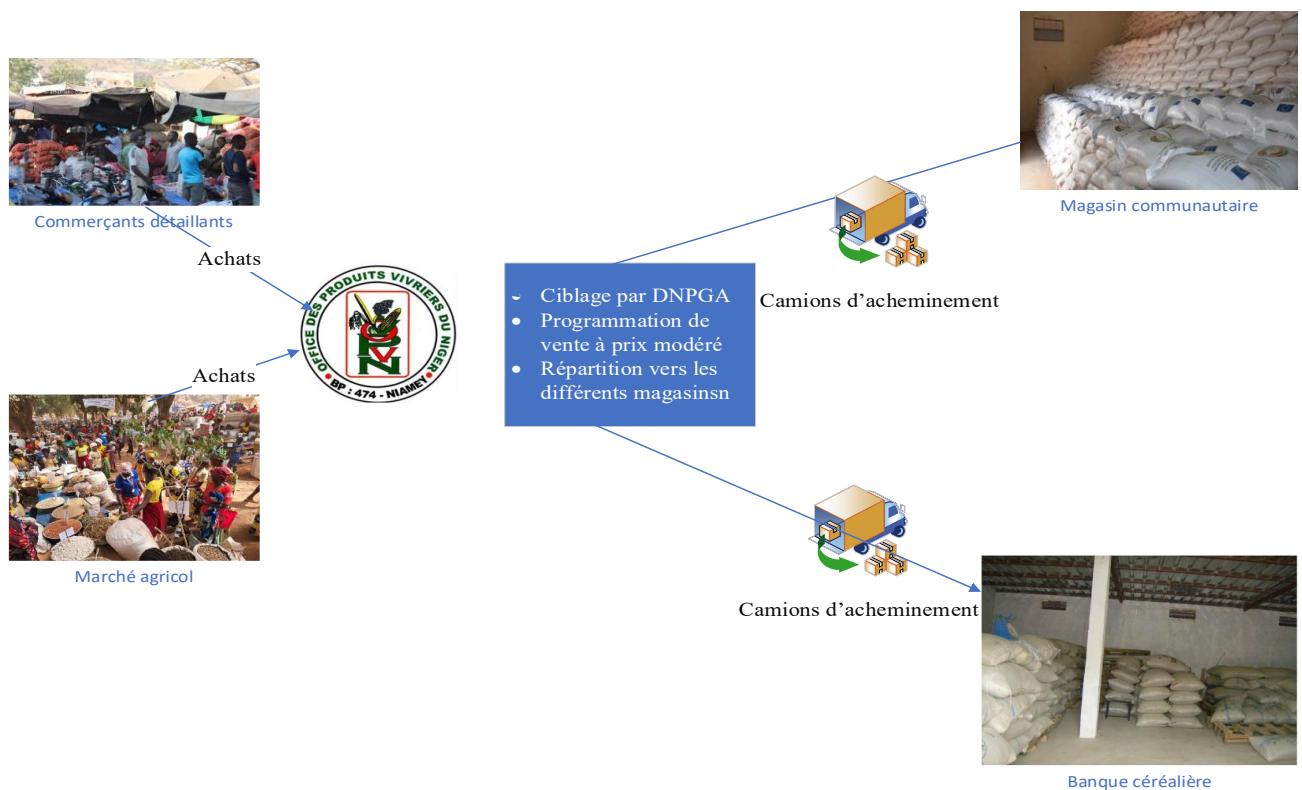


Figure 1 Avant digitalisation. Source : DNPGCA – Direction Nationale de la Protection des Grands Approvisionnements au Niger, schéma de répartition des produits vivriers subventionnés. Document institutionnel.

Notre figure illustre le schéma de distribution des produits vivriers subventionnés au Niger, tel qu'organisé par la Direction Nationale de la Protection des Grands Approvisionnements (DNPGCA). Elle montre le processus de ciblage, la programmation des ventes à prix modéré, puis la répartition des denrées vers les différents magasins (banques céréalières et magasins communautaires). Une fois la marchandise acheminée à l'aide de camions de transport, les produits sont rendus accessibles aux commerçants détaillants et aux marchés agricoles locaux, afin de renforcer l'accès alimentaire des populations vulnérables. Ce mécanisme vise à stabiliser les prix en période de crise alimentaire, tout en assurant une disponibilité géographique équitable des produits de première nécessité.

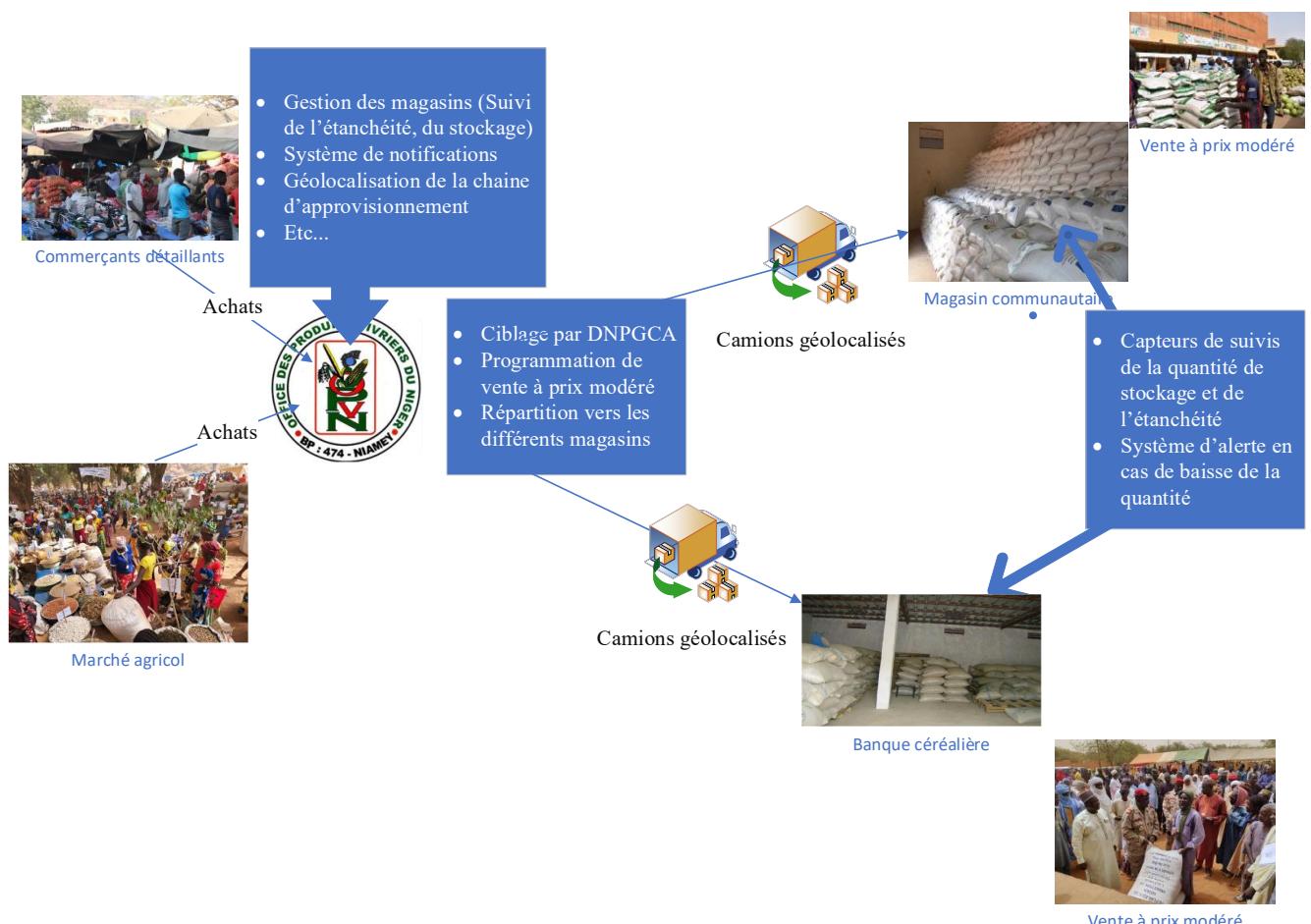


Figure 2 Après digitalisation. Source : DNPGCA – Direction Nationale de la Protection des Grands Approvisionnements au Niger, schéma digitalisé de la chaîne de distribution vivrière subventionnée. Document institutionnel.

Cette figure présente une version digitalisée du système de distribution des produits vivriers subventionnés par la DNPGCA (Direction Nationale de la Protection des Grands Approvisionnements au Niger). Elle illustre une chaîne logistique améliorée grâce à l'intégration de technologies numériques, notamment la géolocalisation des camions, la gestion intelligente des magasins (suivi de l'étanchéité et du niveau de stock), ainsi que l'usage de capteurs de stockage et de systèmes d'alerte automatisés. L'objectif est

d'assurer un suivi précis des flux de marchandises depuis les stocks centraux jusqu'aux points de vente communautaires et marchés locaux. Cette digitalisation permet non seulement une meilleure traçabilité des produits alimentaires, mais aussi une réactivité accrue face aux baisses de stock, garantissant ainsi une meilleure disponibilité des denrées à prix modéré pour les populations vulnérables.

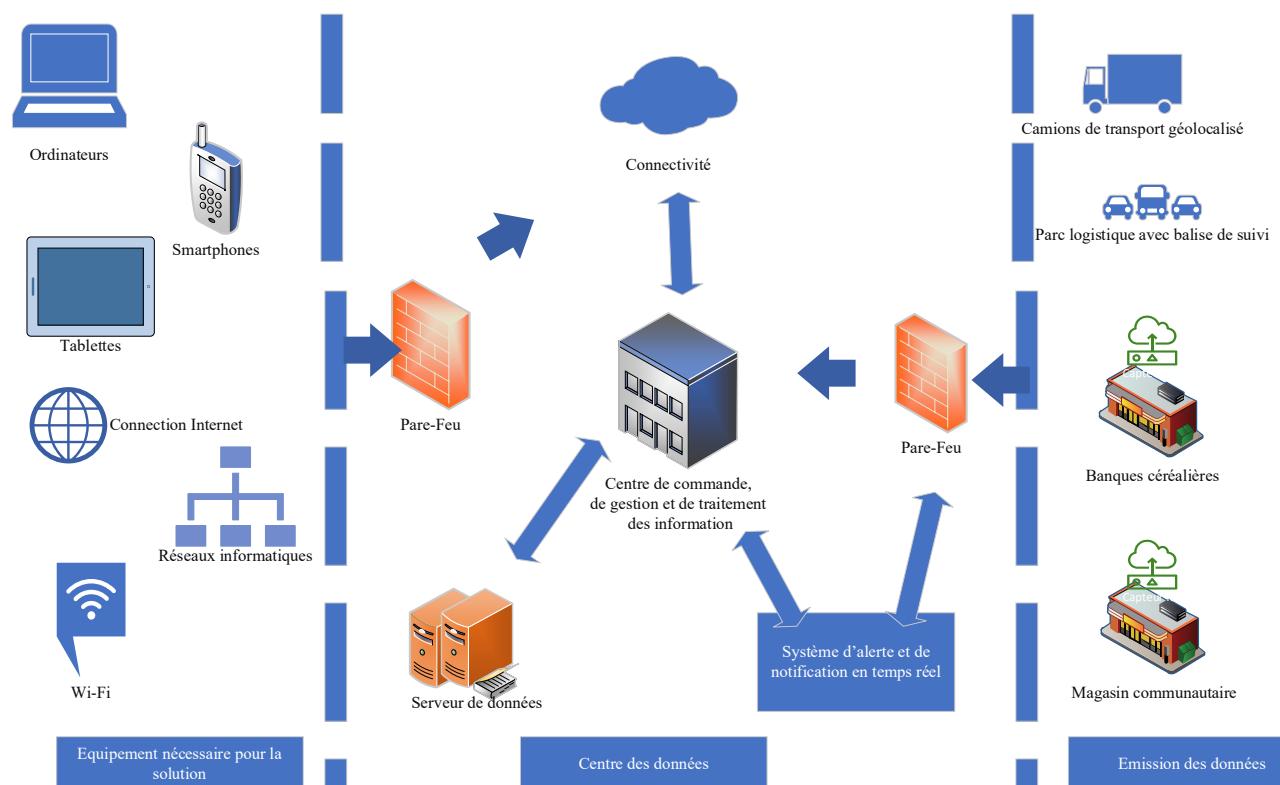


Figure 3 Système digital. Source : DNPCCA – Direction Nationale de la Protection des Grands Approvisionnements au Niger, schéma technique de la solution numérique de gestion logistique et d'alerte pour la distribution alimentaire. Document institutionnel.

Cette figure nous illustre également l'architecture numérique d'un système intégré de gestion logistique et d'alerte en temps réel pour la chaîne d'approvisionnement alimentaire. Elle met en évidence les composants technologiques nécessaires au fonctionnement de la solution, notamment les ordinateurs, smartphones, tablettes, la connexion Internet, les réseaux Wi-Fi, ainsi que des serveurs de données reliés à un centre de commandement chargé de collecter, traiter et analyser les données. Les informations émises depuis les banques céréalières, magasins communautaires et les véhicules de transport géolocalisés sont transmises en temps réel grâce à un système de connectivité sécurisée (pare-feu). Ce système permet une gestion intelligente des flux, et déclenche des notifications automatiques en cas de rupture de stock ou de défaillance logistique, améliorant ainsi la transparence, la traçabilité et la réactivité dans la distribution des produits alimentaires.

2.3 Objectifs de la plateforme

- Améliorer la transparence et la traçabilité : Fournir une visibilité complète sur le parcours des produits alimentaires (agricoles et non agricoles). Des producteurs aux consommateurs et fournisseurs aux consommateurs.
- Optimiser la logistique : Permettre une meilleure planification du transport, du stockage et de la distribution.
- Faciliter la mise en relation des acteurs : Connecter les producteurs, les transformateurs, les distributeurs, les détaillants et les consommateurs.
- Fournir des informations en temps réel : Diffuser les prix du marché, les conditions météorologiques, les prévisions de récolte et les bonnes pratiques agricoles.
- Réduire les pertes post-récolte : Identifier les points faibles de la chaîne et proposer des solutions.
- Accroître les revenus des producteurs : Leur offrir un meilleur accès aux marchés et des informations pour négocier les prix.
- Soutenir la prise de décision : Fournir des outils de modélisation et d'analyse pour les acteurs et les décideurs politiques.

2.4 Fonctionnalités clés

2.4.1 Module "Producteur" (Application Mobile)

- Gestion des parcelles et des cultures : Enregistrement des données sur les cultures (type, date de semis, rendement estimé, etc.), suivi des intrants (engrais, semences).
- Prévisions météorologiques et conseils agronomiques : Accès à des informations météo localisées et à des conseils personnalisés basés sur l'IA (types de culture adaptés au sol, période de semis optimale, gestion de l'eau, etc.).
- Annonce des récoltes et disponibilité des produits : Les producteurs peuvent publier la quantité et le type de produits qu'ils auront disponibles, ainsi que la date prévue.
- Accès aux prix du marché : Consultation des prix actuels et historiques des produits agricoles locaux et non agricoles dans les différents marchés du Niger.
- Commande d'intrants et de services : Possibilité de commander des semences, engrains, équipements ou services (mécanisation, irrigation) auprès de fournisseurs agréés.
- Géolocalisation des exploitations : Pour une meilleure planification logistique.

2.4.2 Module "Acheteur/Distributeur" (Web et Mobile)

- Recherche de produits : Filtrage par type de produit, quantité, localisation du producteur, date de disponibilité.
- Passer des commandes : Directement auprès des producteurs ou groupements de producteurs.
- Suivi des commandes et des livraisons : Traçabilité en temps réel des produits en transit.
- Accès aux prix du marché et tendances : Analyse des prix pour une meilleure stratégie d'achat.
- Gestion des stocks : Outils pour gérer les entrepôts et les niveaux de stock.

- Évaluation des producteurs : Système de notation pour la qualité des produits et le respect des délais.

2.4.3 Module "Logistique/Transport" (Web et Mobile) Bourse de fret adaptée

- Mise en relation transporteurs-demandeurs : Les producteurs/acheteurs peuvent soumettre des demandes de transport, et les transporteurs peuvent proposer leurs services.
- Optimisation des itinéraires : Outils de calcul d'itinéraires optimaux en fonction des points de collecte et de livraison, du type de produit et de la capacité des véhicules.
- Suivi GPS des véhicules : Visibilité en temps réel sur la localisation des marchandises.
- Gestion des frais de transport : Calcul automatisé et historique des transactions.

2.4.4 Module "Modélisation et Analyse" (Web, pour les décideurs et grandes entreprises)

- Visualisation de la chaîne d'approvisionnement : Cartographie interactive des flux de produits, des acteurs et des infrastructures.
- Analyse prédictive : Modèles basés sur l'IA pour prévoir les rendements, les prix, les périodes de pénurie ou d'excédent.
- Simulation de scénarios : Permet d'évaluer l'impact de différentes décisions (ex: construction d'un nouvel entrepôt, changement de politique agricole) sur la chaîne d'approvisionnement.
- Rapports et tableaux de bord : Présentation synthétique des indicateurs clés de performance (KPI) sur la production, la distribution, les coûts, etc.
- Gestion des risques : Identification et évaluation des risques (climatiques, sanitaires, politiques) et proposition de stratégies d'atténuation.

2.4.5 Stratégie de déploiement et d'adoption

- Phase pilote : Lancer la plateforme avec un groupe restreint de producteurs et d'acteurs dans une région spécifique pour recueillir les retours et ajuster les fonctionnalités.
- Partenariats : Collaborer avec les organisations agricoles, les coopératives, les institutions gouvernementales (Ministère de l'Agriculture, Agence de Développement Numérique du Niger), et les fournisseurs de services (transport, intrants).
- Formation et sensibilisation : Mettre en place des programmes de formation pour les utilisateurs (producteurs, commerçants) afin de garantir une bonne prise en main de la plateforme, en tenant compte du niveau d'alphabétisation et d'accès aux technologies. Utiliser des radios rurales ou des agents de vulgarisation pour la sensibilisation.
- Accessibilité : S'assurer que la plateforme est accessible même avec une faible connectivité internet (mode hors ligne partiel, optimisation des données).
- Support technique : Mettre en place un service de support pour répondre aux questions et résoudre les problèmes des utilisateurs.
- Incentifs : Proposer des avantages (accès à des marchés premium, réductions sur les intrants, micro-crédits) pour encourager l'adoption de la plateforme.

3. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

3.1 Nature de la recherche

La présente étude s'inscrit dans une approche qualitative de type descriptive et exploratoire. Elle vise à comprendre, à travers l'analyse documentaire, comment la modélisation des chaînes d'approvisionnement alimentaire peut constituer un levier stratégique pour anticiper les crises alimentaires au Niger.

3.2 Méthode et stratégie de recherche

La stratégie retenue est celle de l'analyse documentaire, reposant sur l'étude de travaux scientifiques (articles, mémoires, thèses), rapports institutionnels (FAO, PAM, Banque mondiale, etc.), documents politiques (Plans nationaux de sécurité alimentaire, stratégies logistiques régionales) publiés entre 2018 et 2025.

Cette revue critique des documents permettra :

- D'identifier les modèles existants dans des contextes similaires au Niger,
- De décrire les principales faiblesses des chaînes d'approvisionnement alimentaire,
- Et d'examiner les réponses proposées par les institutions en matière de planification et de résilience.

3.3 Techniques de collecte de données

Les données utilisées dans cette étude sont **des données secondaires**. Elles proviennent de sources fiables telles que :

- Des bases de données académiques (Google Scholar, Cairn, ScienceDirect, JSTOR),
- Des portails institutionnels (FAO, PAM, WFP, FEWS NET, Banque mondiale),
- Et des documents politiques ou statistiques disponibles en ligne.

3.4 Limites méthodologiques

Notre recherche ne s'appuie pas sur des enquêtes de terrain ou des entretiens, ce qui peut limiter l'ancrage empirique local. Cependant, la richesse des documents consultés permet de compenser en partie cette limite, en offrant une lecture transversale des approches disponibles sur la modélisation et la résilience des systèmes alimentaires.

4. PRINCIPAUX RESULTATS

4.1 Analyse de la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger

La chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger est complexe, multisectorielle et vulnérable. Elle englobe un ensemble d'acteurs et de flux qui relient les zones de production (principalement rurales) aux zones de consommation (souvent urbaines ou périurbaines), tout en intégrant les processus de collecte, stockage, transformation, distribution et régulation.

4.1.1 Principales faiblesses identifiées :

- Vulnérabilité climatique : agriculture fortement dépendante de la pluviométrie, entraînant des fluctuations sévères de production.
- Fragmentation logistique : faibles capacités de stockage, réseaux de transport insuffisants, difficultés d'interconnexion entre régions.
- Déficit d'information : les producteurs et commerçants accèdent difficilement aux données de marché, aux prévisions météorologiques ou aux alertes précocees.
- Faible coordination institutionnelle : multiplicité d'acteurs (publics, privés, ONG) sans gouvernance intégrée.

- Risques d'interruption en cas de crise : conflits, pandémies, sanctions ou fermeture des frontières désorganisent rapidement les flux.

4.1.2 Modélisation conceptuelle (outil stratégique proposé)

Pour répondre à cette complexité et permettre une anticipation des crises, il est pertinent de construire un modèle intégré combinant flux physiques, flux d'informations et flux financiers, et basé sur les principes suivants :

Tableau 1 : Composantes du modèle

Composante	Description
Entrées	Données sur la production agricole, météo, prix, stock, infrastructure
Acteurs	Producteurs, OP, collecteurs, transformateurs, transporteurs, commerçants, État
Processus	Production → Collecte → Transport → Transformation → Distribution → Consommation
Technologies intégrées	Géolocalisation, capteurs IoT, Système d'alerte, plateforme numérique (mobile/web)
Variables critiques	Quantité disponible, délais de transport, coût, niveau de stock, niveau d'alerte
Outils de simulation	Modélisation multi-agents (ABM), Optimisation robuste, Systèmes dynamiques

4.1.3 Fonctionnalités clés de l'outil stratégique

- Visualisation en temps réel des flux de denrées et de l'état des stocks à chaque niveau.
- Simulations de scénarios de crise (sécheresse, rupture de stock, fermeture de route ou frontière).
- Alertes automatiques en cas de seuils critiques (quantité, prix, approvisionnement).
- Recommandations dynamiques : redistribution des stocks, réaffectation des ressources, changement d'itinéraire logistique.
- Tableaux de bord pour décideurs : données synthétiques sur vulnérabilités, besoins et interventions prioritaires.

4.2 Identification de principaux maillons et acteurs de la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger, ainsi que leurs interactions

La chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger est constituée de plusieurs **maillons interdépendants** :

Amont (production) :

- Producteurs agricoles (petits exploitants, agro-entrepreneurs)
- Organisations paysannes (coopératives, GIE)
- Fournisseurs d'intrants (semences, engrains, pesticides)
- Institutions de vulgarisation et recherche (MAG, INRAN, etc.)
- Institutions financières (IMF, FISAN, banques agricoles)

Intermédiaire (collecte et transformation) :

- Collecteurs / Commerçants intermédiaires
- Petites unités de transformation artisanale (principalement féminines)
- Industries agroalimentaires locales
- Logisticiens privés / stockeurs

Aval (distribution et consommation) :

- Transporteurs
- Marchés de gros et détaillants
- Exportateurs
- Consommateurs urbains et ruraux

Acteurs institutionnels transversaux :

- Ministères (Agriculture, Commerce, Transports)
- DNPGCA
- ONG / Partenaires techniques et financiers (FAO, PAM, WFP, etc.)

Ces acteurs interagissent à travers des flux de produits, d'informations et de financements, souvent marqués par des asymétries de pouvoir et un manque de coordination.

4.3 Evaluation des vulnérabilités logistiques, climatiques et socio-économiques affectant cette chaîne

La chaîne est soumise à de nombreuses vulnérabilités structurelles, notamment :

Logistiques :

- Mauvais état des routes, surtout en saison des pluies
- Manque d'infrastructures de stockage (étanchéité, capacité)
- Transport coûteux et peu fiable, absence de traçabilité
- Défaillance des systèmes d'information sur les marchés (SIM)

Climatiques :

- Sécheresses fréquentes et imprévisibles
- Inondations récurrentes dans certaines zones (Dosso, Tillabéri)
- Dégradation des terres et insécurité hydrique

Socio-économiques :

- Accès difficile au crédit pour les petits producteurs
- Faible pouvoir de négociation des OP
- Insécurité dans certaines régions (attaques armées, conflits)
- Volatilité des prix alimentaires et dépendance à l'importation

Ces facteurs accentuent la précarité des petits acteurs et fragilisent la résilience de tout le système alimentaire.

4.4 Conception d'un modèle de simulation capable de prévoir les effets des chocs (climatiques, sécuritaires, économiques) sur la chaîne

Un modèle de simulation prédictif est essentiel pour tester différents scénarios de crise et leurs impacts :

4.4.1 Approche recommandée : Modélisation multi-agents (ABM)

Permet de représenter chaque acteur (producteur, collecteur, stockeur...) comme un agent autonome qui prend des décisions selon son environnement (prix, stocks, météo, conflit).

4.4.2 Variables d'entrée du modèle

- Volume de production estimé par région
- Capacité de stockage disponible
- Prix du marché local et régional
- Conditions climatiques (normales ou extrêmes)
- Données sécuritaires (zones rouges, risques d'interruption)
- Accessibilité routière / délais de livraison

4.4.3 Fonctionnalités du modèle :

- Simuler les flux logistiques en cas de perturbation (sécheresse, crise sécuritaire, fermeture de frontière)
- Identifier les points de rupture ou goulets d'étranglement
- Proposer des réponses alternatives (nouveaux itinéraires, redistribution des stocks, adaptation des prix)
- Produire des tableaux de bord à destination des décideurs (DNPGCA, gouverneurs, bailleurs)

Le modèle permettra une anticipation proactive des ruptures d'approvisionnement et une planification intelligente des interventions.

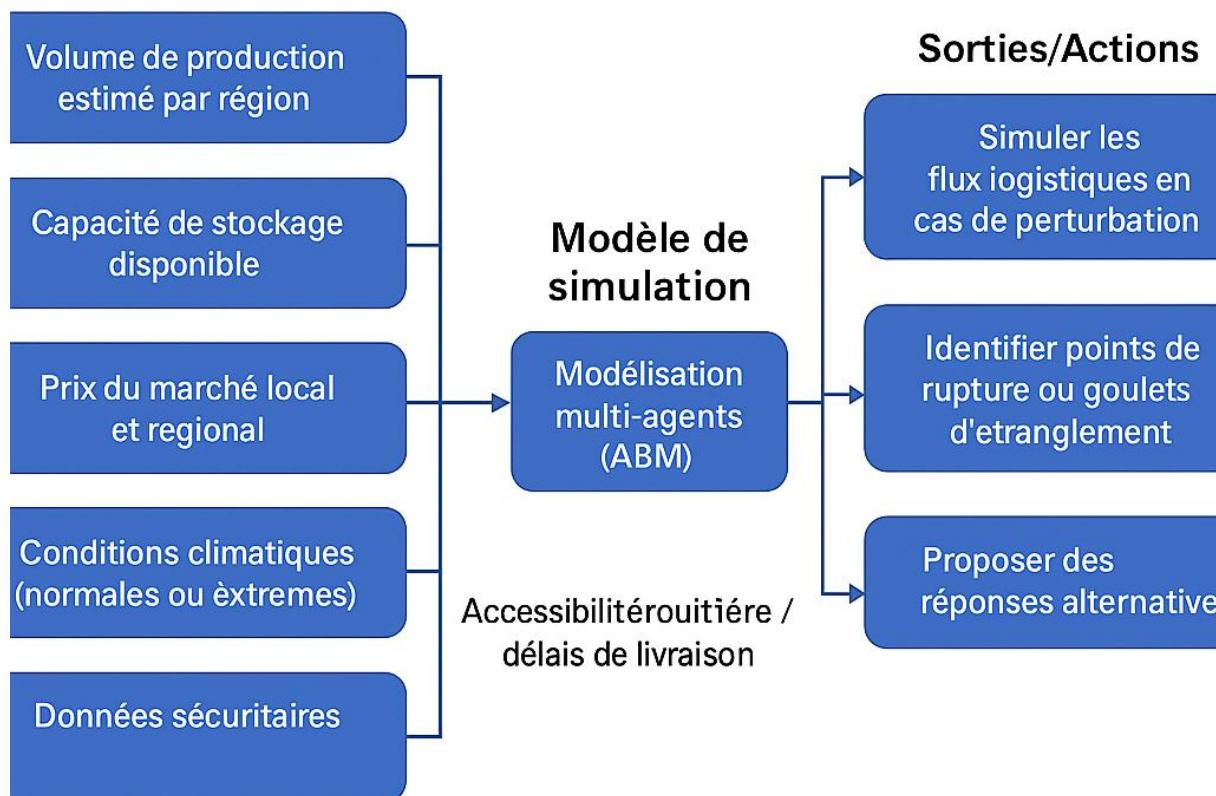


Figure 4 Modèle de simulation pour anticiper les chocs sur la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger

5. DISCUSSION DE RESULTATS

5.1 Pertinence de la cartographie des acteurs et de leurs interactions

L'identification systématique des acteurs impliqués dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger (producteurs, collecteurs, transformateurs, distributeurs, institutions) met en lumière une architecture fragmentée mais essentielle à la survie alimentaire nationale. Ce constat rejoint les travaux de Rodriguez-Llanes et Kayitakire (2018) qui insistent sur l'importance de comprendre les interconnexions entre les agents économiques pour évaluer la résilience d'un système alimentaire face aux chocs externes. Une lecture systémique permet donc de mieux planifier les interventions et de concevoir des solutions adaptées aux réalités du terrain.

5.2 Failles logistiques et vulnérabilités multifactorielles

Les résultats révèlent des faiblesses structurelles majeures dans la chaîne, notamment le mauvais état des infrastructures, la faible capacité de stockage et l'insuffisance d'accès aux intrants. Ces vulnérabilités logistiques sont amplifiées par les facteurs climatiques et sécuritaires. Selon Escalante et al. (2025), dans des contextes similaires au Sahel, les chaînes alimentaires doivent être modélisées non pas seulement comme des flux économiques, mais comme des systèmes sensibles aux perturbations multiples (conflits, changements climatiques, instabilité politique), ce que cette étude confirme.

5.3 Apport stratégique de la modélisation multi-agents (ABM)

Le recours à un modèle de simulation basé sur les agents (ABM) constitue un levier innovant pour anticiper les ruptures logistiques. Ce modèle reproduit les comportements des différents acteurs et leurs décisions en fonction de l'évolution des paramètres contextuels. Cela rejoint les recommandations de Cox et al. (2020), qui soulignent que l'approche multi-agents est particulièrement efficace dans des environnements incertains et peu structurés comme les chaînes d'approvisionnement en Afrique de l'Ouest.

5.4 Limites de l'approche institutionnelle actuelle

La recherche souligne également l'absence de coordination entre les acteurs publics et privés, ce qui affaiblit la résilience du système alimentaire. Les plateformes d'information (SIM), souvent non mises à jour ou mal accessibles, limitent la capacité des producteurs à prendre des décisions éclairées. Cette observation est corroborée par les analyses de Nature Sustainability (2020), qui évoquent l'importance des flux d'information fiables pour stabiliser les chaînes d'approvisionnement agricoles dans les pays en développement.

5.5 Complémentarité avec les innovations numériques

Les résultats montrent que la digitalisation de la chaîne, via des outils comme les capteurs de stock, les systèmes d'alerte ou la géolocalisation des camions, pourrait considérablement améliorer la transparence, l'efficacité logistique et la réactivité en période de crise. Des initiatives similaires ont été expérimentées dans le programme BAGRI au Niger (Adaptation Fund, 2022), avec des effets positifs sur la planification des distributions vivrières et la gestion des alertes.

5.6 Nécessité d'un cadre intégré de gouvernance et d'action

Enfin, les résultats suggèrent qu'au-delà de la technologie, il est crucial de renforcer la gouvernance multi-acteurs (État, OP, ONG, secteur privé) et de mettre en place un cadre national de pilotage de la chaîne alimentaire. Cette approche intégrée permettrait non seulement une meilleure coordination, mais aussi une mutualisation des données et des ressources. Ndi-Mbo et al. (2023) insistent d'ailleurs sur l'importance de la gouvernance locale et communautaire pour accroître la résilience des systèmes alimentaires sahéliens.

6. CONTRIBUTION DE LA RECHERCHE

Notre étude apporte une contribution significative à la compréhension des chaînes d'approvisionnement alimentaire en contexte sahélien, particulièrement au Niger. Elle permet de dresser une cartographie détaillée des acteurs, des flux et des vulnérabilités, tout en proposant un modèle de simulation innovant, basé sur les approches multi-agents et l'optimisation logistique. En intégrant à la fois les facteurs climatiques, économiques et sécuritaires dans la modélisation, l'étude ouvre la voie à une anticipation proactive des crises alimentaires. Elle propose également des pistes concrètes pour l'intégration des technologies numériques dans la gestion logistique des produits vivriers, avec un potentiel réel d'amélioration de la résilience nationale en matière de sécurité alimentaire.

7. LIMITES DE LA RECHERCHE

La principale limite de cette recherche réside dans l'absence de collecte de données de terrain ou d'enquêtes empiriques auprès des acteurs locaux. L'étude repose exclusivement sur une analyse documentaire, ce qui peut réduire la précision contextuelle et la validation terrain du modèle proposé. De plus, certaines données statistiques nationales ne sont pas actualisées ou restent fragmentaires, ce qui a nécessité des approximations dans l'élaboration du cadre de simulation. Enfin, le modèle conceptuel n'a pas été testé opérationnellement, ce qui limite pour l'instant sa mise en œuvre directe sans phase pilote ou calibration locale.

8. CONCLUSION

La question de la sécurité alimentaire au Niger demeure un défi majeur dans un contexte marqué par des chocs climatiques fréquents, des fragilités logistiques, une instabilité régionale et une forte croissance démographique. Face à ces vulnérabilités, la modélisation des chaînes d'approvisionnement apparaît comme un outil stratégique pour anticiper les ruptures, améliorer la résilience du système et garantir l'accès équitable aux denrées alimentaires de base, notamment pour les populations les plus exposées.

Cette étude a permis d'identifier les principaux maillons de la chaîne d'approvisionnement alimentaire au Niger, de cartographier les interactions entre les acteurs, et d'évaluer les défaillances structurelles qui entravent son bon fonctionnement. Elle a également proposé un modèle de simulation basé sur l'approche multi-agents (ABM), intégrant des paramètres logistiques, économiques, sécuritaires et climatiques, dans le but de prévoir les effets des crises et de faciliter la prise de décision en temps réel.

Le modèle élaboré constitue une base méthodologique pour le développement d'une plateforme numérique de gestion des flux alimentaires au Niger. Il permet de visualiser, anticiper et simuler les conséquences de divers scénarios de crise, tout en suggérant des options d'intervention pour éviter l'effondrement des circuits d'approvisionnement. Cette approche favorise une gouvernance plus efficace et une réponse rapide aux chocs, tout en renforçant la transparence et la coordination entre les parties prenantes.

Si l'intérêt théorique et stratégique de la modélisation est confirmé, sa mise en œuvre nécessitera un renforcement des capacités techniques, l'accès à des données actualisées et la mobilisation d'une volonté politique forte. L'absence d'enquête de terrain limite l'ancre empirique du modèle, ce qui appelle à des études complémentaires, notamment sous forme de tests pilotes dans des régions ciblées. Il sera également important d'impliquer les acteurs locaux dès les premières étapes de l'opérationnalisation.

À long terme, notre recherche peut contribuer à la transformation numérique des systèmes alimentaires au Niger et dans les pays sahéliens. Elle ouvre la voie à des solutions innovantes combinant intelligence artificielle, géolocalisation, logistique intelligente et visualisation de données pour renforcer la résilience alimentaire. Elle invite les décideurs publics, les chercheurs et les partenaires techniques à investir conjointement dans des outils prédictifs au service de la sécurité alimentaire durable.

CONFLIT D'INTERET

L'auteur de cette recherche déclare qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt financier, institutionnel ou personnel susceptible d'avoir influencé la conduite ou les résultats de cette étude. Le travail a été mené de manière indépendante et uniquement dans un but académique et scientifique.

RECOMMANDATION

1. Recommandations stratégiques (niveau décisionnel national)
 - Renforcer la gouvernance intersectorielle autour de la chaîne d'approvisionnement alimentaire en créant une cellule nationale de coordination logistique regroupant les ministères, les collectivités, les organisations paysannes et les partenaires techniques.
 - Intégrer la modélisation prédictive dans les politiques publiques de sécurité alimentaire, notamment à travers le DNPAGCA, le Ministère de l'Agriculture, et la Cellule de Crise Alimentaire.
 - Favoriser un cadre législatif et institutionnel propice à la collecte et au partage de données sur les flux agricoles, les stocks, et les prix, en assurant leur accessibilité aux acteurs locaux.

2. Recommandations opérationnelles (niveau terrain et chaîne logistique)

- Renforcer les capacités des organisations paysannes (OP) à gérer des magasins de stockage, à négocier les prix et à participer à la planification logistique via des formations et des appuis techniques.
- Améliorer les infrastructures de transport et de stockage, notamment dans les zones rurales enclavées, pour réduire les pertes post-récolte et sécuriser les itinéraires en saison difficile.
- Promouvoir l'installation de banques céréaliers communautaires connectées à une plateforme numérique pour un meilleur suivi des flux et des besoins régionaux.

3. Recommandations technologiques (niveau système et digitalisation)

- Développer une plateforme numérique intégrée (web/mobile) permettant de visualiser les flux, simuler des scénarios de crise, géolocaliser les stocks et transmettre les alertes en temps réel.
- Utiliser l'intelligence artificielle et les données climatiques pour anticiper les périodes critiques (sécheresse, inondations) et adapter les stratégies d'approvisionnement.
- Rendre les systèmes d'information sur les marchés (SIM) accessibles, simples et adaptés au niveau d'alphabétisation des producteurs via SMS, radio communautaire ou applications vocales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cox, B. A., Smith, C. M., Breitbach, T. W., Baker, J. F., & Rebeiz, P. P. (2020). Developing a resilient, robust and efficient supply network in Africa. *arXiv*.
- Escalante, L., Mamboundou, P., Meyimdji, C., & Omoju, O. E. (2025). Economic and food security impacts of climate disasters and mitigation policies: Insights from Nigeria. *Climate and Development*.
- Rodriguez-Llanes, J. M., & Kayitakire, F. (2018). Food security resilience to shocks in Niger: preliminary findings on potential measurement, drivers and challenges from LSMS-ISA data. *Workshop on Modelling of Physical, Economic and Social Systems for Resilience Assessment*.
- ScienceDirect. (2021). Designing a food supply chain strategy during COVID-19 pandemic: intégration de l'ABM et de l'optimisation robuste. *Food Control*.
- Adaptation Fund. (2022). *Agriculture Climate-Resilient Value Chain Development in Niger* (Proposition de projet). Adaptation Fund.
- AGRA. (2020). *PIATA 2019 Outcome Monitoring Report: Strengthening the capacity of farmers in Kaduna and Niger States*. Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA).
- Mercy Corps / JASS Programme. (2024, mai). *Value Chain Study in Niger's Adje Korya, Korafane, Ourno, and Dan Goulbi Communes*. Justice and Security in the Sahel (JASS).
- World Bank. (2019). *Niger Agricultural and Livestock Transformation Project (P164509)*: Project Appraisal Document. World Bank.
- Ndi-Mbo et al. (2023). Securing agro-pastoral livelihoods through market gardening in Niger: smallholders' resilience under climate and socio-economic stress. *Journal / Report*.
- Ezeudu, T. S., & Obimbua, E. N. (2024). Enhancing rural market access and value chain integration for sustainable agricultural development in Nigeria: Lessons applicables dans le Sahel. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, *VIII(III)*, 528-545.
- Nature Sustainability. (2020). A scoping review of market links between value chain actors and smallholder producers. *Nature Sustainability*, *3*(11), 901-910.