

Traçabilité dans la production d'ananas au Bénin : risques liés aux CCP et apports des certifications durables

**Achille Todègnon GANTONGBE¹, Camel LAGNIKA^{1,2*}, Séfou-Dine Alabi BADAROU¹,
Abdou Madjid O. AMOUSSA², Tétédè Rodrigue Christian KONFO^{1,3} et Latifou LAGNIKA²**

¹ Université Nationale d'Agriculture (UNA), École des Sciences et Techniques de Conservation et de Transformation des Produits Agricoles (ESTCTPA), Laboratoire des Sciences et Technologies des Aliments, des Bioressources et de la Nutrition Humaine, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi (UAC), Laboratoire de Biochimie et Substances Naturelles Bioactives, Bénin

³ Université d'Abomey-Calavi (UAC), École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Laboratoire d'Études et de Recherche en Chimie Appliquée, Bénin

(Reçu le 05 Juin 2025 ; Accepté le 19 Août 2025)

* Correspondance, courriel : lacamvet@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité des systèmes de traçabilité dans la filière ananas au Bénin, en identifiant les points critiques de contrôle (CCP) et les risques associés à l'absence d'enregistrements documentés. Les données collectées auprès de 328 producteurs, ont été soumises à l'évaluation des risques et aux tests statistiques : Chi², corrélation de Spearman, régression logistique. Les résultats montrent que 76 % des producteurs utilisent des registres papier, avec une traçabilité élevée à la récolte/conditionnement (94 %) mais faible aux étapes amont (8 à 21 %). Les tests statistiques montrent que les producteurs certifiés respectent mieux les règles de traçabilité, tout comme ceux qui ont un bon niveau d'instruction. En revanche, le soutien technique reçu n'a pas vraiment d'effet. Ces résultats impliquent de renforcer la formation, la numérisation adaptée et le cadre réglementaire pour sécuriser la chaîne et améliorer l'accès aux marchés internationaux.

Mots-clés : *traçabilité, point critique, ananas, numérique.*

Abstract

Traceability in pineapple production in Benin : risks at CCPs and contributions of sustainable agriculture certifications

The objective of this study is to assess the effectiveness of traceability systems in the pineapple sector in Benin, by identifying critical control points (CCPs) and the risks associated with the absence of documented records. Data collected from 328 producers were subjected to risk assessment and statistical tests : Chi², Spearman's correlation, and logistic regression. The results show that 76 % of producers use paper-based registers, with high traceability at the harvesting/packaging stage (94 %) but low at upstream stages (8 % to 21 %). Statistical tests indicate that certified producers, as well as those with a good level of education, comply

better with traceability requirements. In contrast, the technical support received has little real impact. These findings imply the need to strengthen training, implement adapted digitalisation, and enhance the regulatory framework to secure the supply chain and improve access to international markets.

Keywords : *traceability, critical control point, pineapple, digital tools.*

1. Introduction

L'ananas (*Ananas comosus*) est l'un des fruits tropicaux les plus exportés dans le monde, jouant un rôle clé dans le commerce international en raison de sa forte demande sur les marchés européens et nord-américains [1, 2]. En Afrique de l'Ouest, et particulièrement au Bénin, cette culture représente un secteur stratégique, générant des revenus pour de nombreux producteurs et contribuant à la balance commerciale du pays [3, 4]. Toutefois, pour garantir l'accès aux marchés internationaux et assurer la durabilité de la filière, il est essentiel de renforcer les systèmes de traçabilité [5, 6]. La traçabilité est un élément fondamental de la sécurité alimentaire et de la qualité des produits agricoles [7]. Elle permet de minimiser la distribution de produits non conformes ou dangereux et de répondre aux exigences réglementaires ainsi qu'aux attentes des consommateurs [8]. L'efficacité des systèmes de traçabilité est particulièrement importante dans un contexte où les rappels de produits et les crises sanitaires peuvent entraîner des répercussions économiques et réputationnelles majeures sur la filière [9, 10]. Cependant, au Bénin, la filière ananas fait face à des défis majeurs en matière de traçabilité, notamment l'absence de suivi systématique des pratiques agricoles, le manque d'enregistrement des intrants et des traitements appliqués, ainsi que des difficultés dans l'identification et la gestion des lots [11, 12]. Ces lacunes limitent la capacité des producteurs à répondre aux normes strictes des marchés d'exportation [13, 14] et compromettent la transparence et la gestion des risques dans la chaîne d'approvisionnement [15, 16]. Dans ce cadre, cette étude a pour objectif de caractériser les modes de traçabilité utilisés par les producteurs d'ananas dans les communes de Zè et Allada, en distinguant les systèmes manuels, numériques et mixtes.

2. Matériel et méthodes

La **Figure 1** illustre la méthodologie employée pour évaluer l'efficacité du système de traçabilité dans la chaîne de production de l'ananas. La méthodologie s'est déroulée en trois étapes : échantillonnage, collecte des données et analyse. Cette dernière a inclus l'identification des points critiques de contrôle, l'évaluation des risques de non-traçabilité et l'analyse statistique des pratiques, permettant une évaluation qualitative et quantitative de la traçabilité.

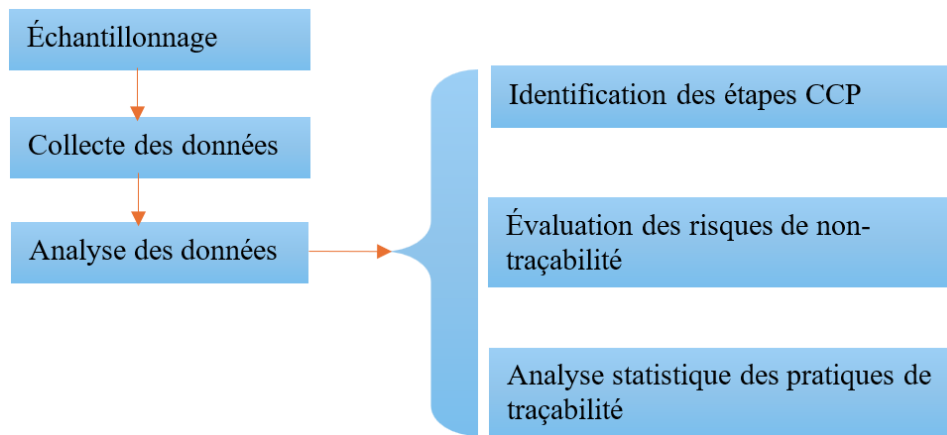


Figure 1 : Logigramme de la méthodologie d'évaluation de l'efficacité des systèmes de traçabilités

2-1. Échantillonnage

Les communes de Zè et d'Allada (**Figure 2**), situées dans le département de l'Atlantique au Bénin, couvrent respectivement des superficies de 543 km² et 381 km². Géographiquement, Zè est délimitée par les communes de Zogbodomey et Toffo au nord, Abomey-Calavi et Tori-Bossito au sud, Adjohoun et Bonou à l'est, et Allada à l'ouest. Quant à Allada, elle est entourée de Toffo au nord, Tori-Bossito au sud, Zè à l'est, et Kpomassè et Bopa à l'ouest. Elle est composée de douze arrondissements regroupant 84 villages et quartiers. Ces deux communes bénéficient d'un climat tropical humide caractérisé par deux saisons principales, l'une sèche et l'autre pluvieuse, avec des températures constamment élevées, favorables au développement agricole. Les précipitations abondantes pendant la saison des pluies assurent une bonne humidité des sols, indispensable à la culture vivrière (maïs, manioc, niébé) ainsi qu'aux cultures de rente comme l'ananas et l'arachide, particulièrement développées à Zè [17]. Le choix des communes d'Allada et de Zè pour cette étude repose sur leur importance stratégique dans la production nationale d'ananas au Bénin. Selon les données de la Direction des statistiques agricoles (DSA), le département de l'Atlantique regroupe 95 % des 5 282 producteurs d'ananas recensés en 2021 au Bénin. Au sein de ce département, les communes de Zè et d'Allada se distinguent par leur forte représentativité, regroupant respectivement 31,52 % et 27,84 % des producteurs [18]. Ces territoires se spécialisent dans les variétés Pain de Sucre (PS) et Cayenne Lisse (CL), et se caractérisent par une combinaison de pratiques agricoles traditionnelles et modernes. En outre, leur rôle dans l'exportation de l'ananas en fait des zones d'étude privilégiées pour analyser les effets des certifications sur la compétitivité des exploitations et l'adoption de pratiques durables [12, 17]. Ainsi, en centrant l'étude sur ces deux zones, il est possible d'obtenir une représentation significative des dynamiques de production et des pratiques de traçabilité, permettant ainsi de formuler des conclusions et recommandations applicables à l'ensemble de la filière. La taille de l'échantillon de producteurs enquêtés a été déterminée en appliquant la formule de Yamane, couramment utilisée pour le calcul d'échantillons représentatifs dans les études statistiques. Cette **Formule** est définie comme suit :

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)} \quad (1)$$

où, n = Taille de l'échantillon ; N = Taille de la population (nombre total de producteurs) ; Z = Valeur critique de la distribution normale (par exemple, 1,96 pour un niveau de confiance de 95 %) ; p = Proportion estimée de la population (si inconnue, on utilise souvent 0,5 pour maximiser la taille de l'échantillon) ; E = Marge d'erreur (précision souhaitée, par exemple, 5 % soient 0,05).

En appliquant cette **Formule** aux données disponibles, nous avons obtenu une taille d'échantillon global de 328 producteurs. La répartition de cet échantillon entre les différentes communes, en fonction du nombre de producteurs dans chaque commune, est présentée dans le **Tableau 1**.

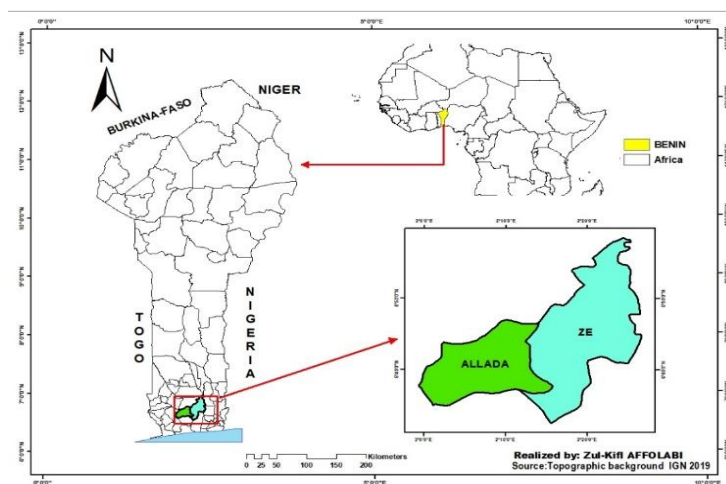


Figure 2 : Carte des communes de Zè et Allada

Tableau 1 : Échantillonnage

Communes	Nombre de producteurs dans la commune	Taille de l'échantillon
Zè	1575	174
Allada	1391	154
Total		328

2-2. Collecte des données

La collecte des données s'est déroulée en deux phases : élaboration et administration d'un questionnaire auprès de 328 producteurs. Conçu selon les normes ISO 22005, Rainforest Alliance et ISO 34101, il couvrait l'ensemble du processus de production, incluant le profil socio-économique des producteurs, les techniques culturales et l'usage des outils de traçabilité. Testé auprès de 15 producteurs et validé par trois experts de l'Agence Territoriale de Développement Agricole, il a été administré sous forme d'entrevues anonymes et confidentiels, menés par des enquêteurs formés à une posture neutre pour limiter les biais de réponse.

2-3. Analyse statistique des données

L'analyse des données a été structurée en trois niveaux complémentaires : l'identification des points critiques de contrôle (CCP) dans la chaîne de production, l'évaluation des risques liés à l'absence d'enregistrement aux CCP, et l'analyse statistique des pratiques de traçabilité en lien avec les caractéristiques des producteurs.

2-3-1. Identification des points critiques (CCP)

Les grandes phases de production de l'ananas ont été décrites sur la base des données collectées auprès des producteurs. La chaîne de production est bien décrite avec collecte du maximum d'information utile pour l'identification des CCP et ensuite très utile pour l'analyse rigoureuse sans biais des risques de non-traçabilité. L'objectif de la présente étape est de déterminer, selon les données collectées, les points

critiques de contrôle (CCP) dans la chaîne de production de l'ananas. Ces points sont des étapes essentielles où des mesures de maîtrise des dangers et un enregistrement rigoureux (traçabilité) sont impératifs. L'identification des CCP a été réalisée à l'aide de l'arbre de décision du Codex Alimentarius Commission version 2003, permettant d'évaluer la nécessité de contrôle à chaque étape et de mesurer le taux de producteurs appliquant une traçabilité adéquate aux CCP identifiés. Cette analyse a permis d'évaluer l'efficacité globale du système de traçabilité dans la chaîne de production.

2-3-2. Évaluation des risques de non-traçabilité

L'évaluation des risques de non-traçabilité a constitué une étape centrale de l'étude, visant à estimer la vulnérabilité de la chaîne de production d'ananas face à l'absence d'enregistrements documentés aux points critiques de contrôle (CCP). Pour chaque phase identifiée comme critique, une analyse a été menée à l'aide de la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), largement reconnue dans les approches de gestion des risques en sécurité sanitaire des aliments. Cette méthode a permis de quantifier, pour chaque CCP, un niveau de criticité (C) calculé selon la **Formule** :

$$C = O \times I \quad (2)$$

où, *O* représente la fréquence d'occurrence du défaut de traçabilité ; *I* son impact potentiel sur la sécurité des produits et la fiabilité du suivi documentaire.

Une échelle normalisée allant de 1 (faible) à 3 (élevé) a été utilisée pour chacune des deux composantes, conformément aux standards d'analyse des risques (**Tableau 2**). Afin de renforcer la robustesse de cette évaluation et de limiter les biais liés aux déclarations des producteurs, une triangulation méthodologique a été intégrée. L'analyse n'a donc pas reposé exclusivement sur les données auto-déclarées, mais a été enrichie par des observations directes réalisées sur le terrain (état des plantations, pratiques d'hygiène, équipements de consignation des données) et par une revue documentaire portant sur les registres phytosanitaires et les rapports techniques fournis par l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA). Ce croisement méthodologique a permis d'objectiver les niveaux de criticité, de corriger certaines incohérences déclaratives, et d'apporter une évaluation contextualisée des risques de non-traçabilité dans la filière ananas.

Tableau 2 : Matrice d'évaluation de la criticité des dangers

	Mineure = 1	Grave = 2	Très grave = 3
Rare = 1	1	2	3
Fréquent = 2	2	4	6
Très fréquent = 3	3	6	9

Risque mineure = 1, 2, 3 Risque moyen = 4 Risque élevé = 6 et 9.

2-3-3. Analyse statistique des pratiques de traçabilité

L'analyse statistique a permis d'identifier les facteurs influençant l'application des pratiques de traçabilité, notamment l'enregistrement aux points critiques de contrôle. Elle a combiné analyses descriptives, tests d'association et analyses de corrélation. La première a décrit la répartition des types de systèmes (manuel, numérique, mixte) et la fréquence d'enregistrement par étape. Les tests d'indépendance (Chi² ou Fisher) ont évalué l'effet de variables explicatives telles que la certification, l'instruction ou l'appui technique sur la conformité. La corrélation de Spearman a mesuré la relation entre le niveau d'instruction et un score de conformité basé sur les étapes documentées. Enfin, une régression logistique binaire a estimé la probabilité de conformité à au moins deux CCP selon les caractéristiques des producteurs, afin d'orienter les stratégies d'amélioration.

3. Résultats

3-1. Description de la chaîne de production d'ananas

La chaîne de production de l'ananas se décompose en six grandes étapes techniques, chacune jouant un rôle déterminant dans la qualité sanitaire et commerciale du produit final (**Figure 3**). Elle commence par la préparation du sol, incluant le défrichement, le nivellement et parfois le billonnage, visant à optimiser les conditions pédologiques pour la plantation. Suit la préparation des rejets, consistant à sélectionner, parer, désinfecter et sécher les rejets destinés à être plantés. Cette étape est importante pour prévenir la propagation de maladies. La troisième phase est celle de la plantation et de l'entretien initial, où les rejets sont mis en terre selon un espacement défini, accompagnée d'activités telles que le sarclage, la fertilisation et le contrôle phytosanitaire. Vient ensuite la phase d'entretien régulier, assurant la croissance homogène des plants à travers un suivi rigoureux des apports d'engrais et des interventions culturales. La cinquième étape est l'induction florale, qui vise à synchroniser la floraison à l'aide de substances comme l'éthrel, une phase sensible aux risques de résidus chimiques. La chaîne se clôt par la récolte, le conditionnement et la codification des lots, garantissant la traçabilité, la conservation, et la conformité des ananas aux normes du marché. À chaque étape, des exigences spécifiques en matière d'enregistrement et de suivi des pratiques conditionnent l'efficacité du système de traçabilité dans la filière.

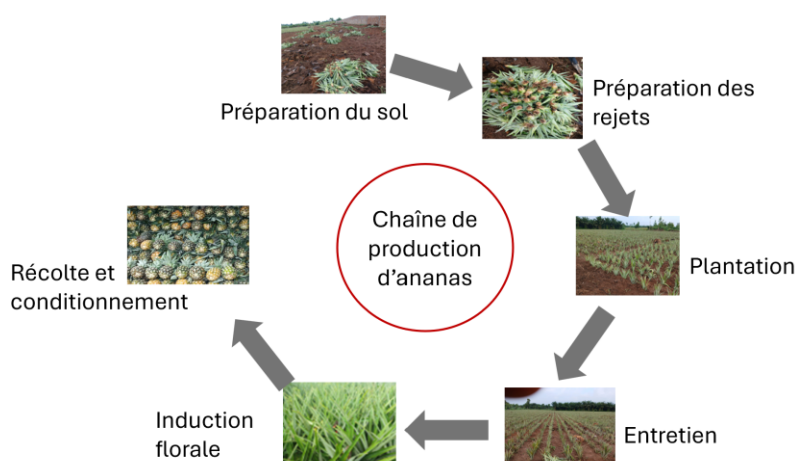


Figure 3 : Les grandes phases de production d'ananas

3-2. Les CCP de la chaîne de production d'ananas

Le **Tableau 3** identifie les points critiques de contrôle (CCP) dans la chaîne de production de l'ananas, où des mesures de maîtrise et un enregistrement documenté sont obligatoires pour assurer la traçabilité et la sécurité du produit. La préparation des rejets est un CCP en raison du risque de propagation de maladies fongiques et bactériennes, nécessitant une désinfection contrôlée et tracée. L'entretien des cultures est un autre CCP lié à l'accumulation de nitrates et phosphates, demandant un suivi strict et documenté des apports en engrais. L'induction florale, en raison des résidus chimiques, impose une gestion rigoureuse de l'éthrel avec un enregistrement précis des applications. À la récolte et au conditionnement, seule la contamination microbienne est un CCP, exigeant un contrôle des conditions d'entreposage et un suivi documenté des paramètres de stockage.

Tableau 3 : Détermination des CCP de la chaîne de production

Phase de production	Dangers identifiés	Réponse aux questions de l'arbre de décision	CCP (Oui/Non)
Préparation des rejets	Biologique : Propagation de maladies fongiques et bactériennes (pourriture brune, cochenilles)	Q1 : Oui, Q2 : Oui	Oui
Entretien des cultures	Chimique : Accumulation de nitrates et phosphates dans le sol	Q1 : Oui, Q2 : Oui	Oui
Induction florale	Chimique : Accumulation de résidus chimiques	Q1 : Oui, Q2 : Non, Q3 : Oui, Q4 : Non	Oui
Récolte et conditionnement	Physique : Blessures des fruits	Q1 : Oui, Q2 : Non, Q3 : Non	Non
	Biologique : Contamination microbienne	Q1 : Oui, Q2 : Oui	Oui

3-3. Évaluation des risques de non-traçabilité

L'analyse des risques de non-traçabilité (**Tableau 4**) réalisée par la méthode AMDEC révèle que les quatre étapes critiques identifiées dans la chaîne de production présentent toutes un niveau de risque élevé en cas d'absence d'enregistrement des opérations. La préparation des rejets est particulièrement vulnérable, avec un score de criticité de 9, en raison de l'absence d'enregistrement des traitements sanitaires appliqués avant la plantation. Cette lacune compromet l'identification des plants infectés et favorise la propagation de maladies, affectant la qualité et la productivité. L'induction florale constitue un autre point névralgique, également noté à 9, où l'absence de traçabilité sur les doses et délais de carence peut conduire à la présence de résidus chimiques au-delà des limites autorisées, avec un risque élevé de rejet des lots à l'exportation. L'entretien, notamment en lien avec l'application d'éthrel, présente un risque évalué à 6, lié à un défaut de suivi des quantités utilisées. Ce manquement augmente les probabilités de dépassement des LMR (limites maximales de résidus), entraînant des non-conformités réglementaires. La phase de récolte et conditionnement, avec un score de 6, révèle une traçabilité insuffisante des traitements post-récolte et un manque de codification des lots, compromettant les capacités de retrait ciblé en cas d'alerte sanitaire.

Tableau 4 : Analyse et évaluation des risques de traçabilité

Étape CCP de la chaîne de production	Risques de non-traçabilité identifiés	Évaluation du risque			Niveau du risque
		O	I	C	
Préparation de rejets	Absence d'enregistrement des traitements appliqués aux rejets avant la plantation.	3	3	9	Élevé
Entretien	Manque de suivi des doses d'éthrel appliquées aux cultures	3	2	6	Élevé
Induction florale	Absence d'enregistrement systématique des traitements d'induction florale et des délais de carence.	3	3	9	Élevé
Récolte et conditionnement	Absence de suivi des traitements post-récolte et du lotage des fruits	2	3	6	Élevé

3-4. Analyse statistique des pratiques de traçabilité

L'analyse des données issues de l'enquête auprès de 328 producteurs révèle une nette prédominance du recours au registre manuel comme système de traçabilité, utilisé par 76 % des producteurs, contre 17 % pour les systèmes mixtes et 7 % pour les solutions numériques (**Figure 4**). Cette répartition illustre le

retard technologique et structurel dans l'adoption des outils numériques, souvent liés à des facteurs tels que le faible niveau de scolarité, l'absence de connectivité numérique en zone rurale ou le manque de formation spécifique. Sur le plan opérationnel, la traçabilité est appliquée de manière très inégale selon les étapes de production (**Figure 5**). Les résultats montrent que l'enregistrement des pratiques est fortement concentré sur l'étape de récolte et conditionnement, avec 94 % des producteurs y effectuant une traçabilité. Cette concentration peut s'expliquer par l'existence d'obligations de conformité vis-à-vis des clients ou des acheteurs à l'exportation qui exigent un minimum de documentation sur la qualité des produits expédiés. En revanche, les étapes amont telles que la préparation des rejets (17 %), la préparation du sol (21 %) et l'entretien (14 %) sont faiblement documentées. Cela soulève des préoccupations importantes en matière de gestion des intrants, de fertilisation et de contrôle phytosanitaire, des facteurs pourtant critiques pour la qualité sanitaire et organoleptique du fruit. Cette faible couverture enregistrée rend difficile l'identification des sources d'anomalies ou de contaminations en cas de crise, ce qui constitue une faille dans la gestion des risques. L'étape de plantation fait exception parmi les étapes amont avec 47 % de producteurs y pratiquant une forme d'enregistrement. Ce taux relativement plus élevé peut être lié au fait que la plantation représente un jalon clairement délimité dans le calendrier de production, souvent associé à un investissement financier significatif (achat de rejets, mobilisation de main-d'œuvre), ce qui incite davantage à sa documentation. L'induction florale, quant à elle, ne fait l'objet d'un enregistrement que chez 8 % des producteurs. Pourtant, cette étape est importante pour le calibrage de la période de récolte, un facteur clé pour répondre aux exigences du marché en termes de fraîcheur et de taux de sucre. Son absence de suivi rigoureux peut nuire à la compétitivité des producteurs sur les marchés à forte exigence

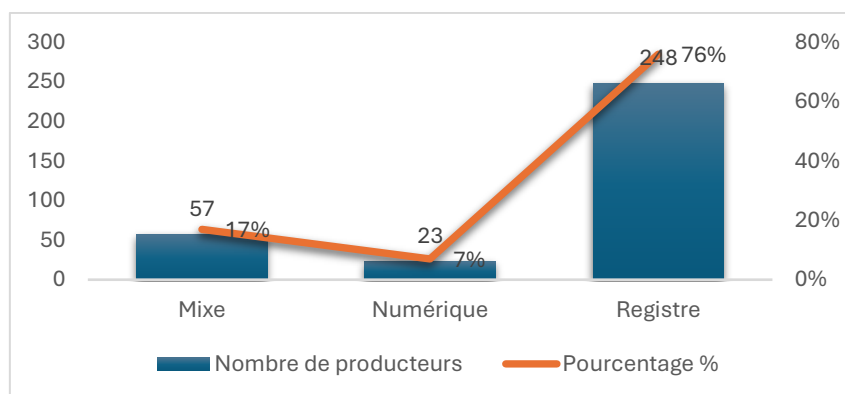


Figure 4 : Répartition des producteurs selon le type de traçabilité appliqué

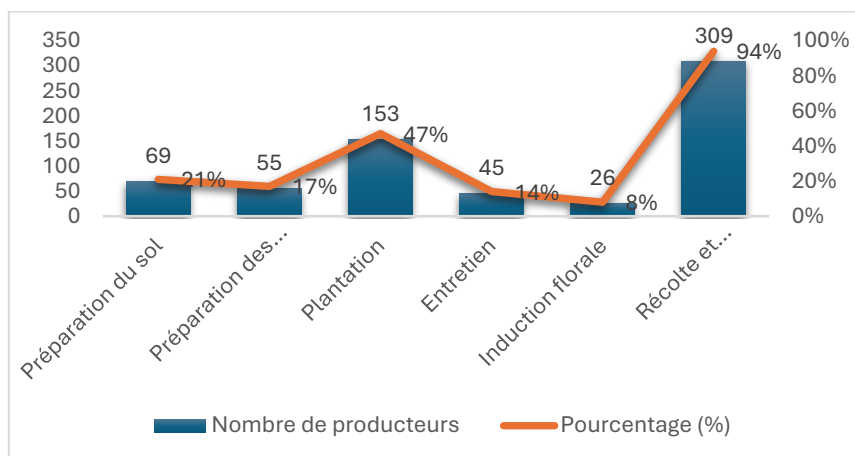


Figure 5 : Répartition des producteurs appliquant un type de traçabilité à chaque étape de production

3-5. Facteur influençant l'adoption de la traçabilité

L'analyse du **Tableau 5** met en évidence que le statut de certification est significativement associé à l'enregistrement des opérations à certaines étapes critiques de la chaîne de production de l'ananas. Les p-values obtenues montrent des associations hautement significatives pour la préparation des rejets ($p = 0,0000$), l'induction florale ($p = 0,0007$) et la récolte-conditionnement ($p = 0,0414$), ce qui indique que les producteurs certifiés sont plus enclins à documenter ces étapes conformément aux exigences de traçabilité. En revanche, aucune relation statistiquement significative n'est observée pour l'étape d'entretien ($p = 0,1041$), suggérant que cette opération, bien que cruciale, n'est pas prioritairement influencée par la certification en termes d'enregistrement formel. À l'inverse, l'appui technique ne présente aucune association significative avec les enregistrements aux CCP, quelle que soit l'étape considérée, comme l'indiquent les p-values toutes supérieures à 0,29. Ce résultat suggère que, dans le contexte étudié, l'assistance technique reçue ne se traduit pas nécessairement par une amélioration des pratiques de traçabilité, possiblement en raison de la nature ponctuelle ou insuffisamment ciblée de cet appui. L'analyse du **Tableau 6**, issu de la régression logistique binaire, permet d'identifier les facteurs influençant significativement la probabilité qu'un producteur soit conforme à un minimum de deux points critiques de contrôle (CCP). Les résultats montrent que le statut de certification présente un effet positif marqué ($\beta = +1,56$; $p < 0,0001$), confirmant l'importance déjà observée dans le **Tableau 5**. Un producteur certifié a ainsi une probabilité nettement plus élevée de respecter les exigences d'enregistrement aux étapes critiques. Le niveau d'instruction apparaît également comme un facteur déterminant ($\beta = +0,75$; $p = 0,015$), indiquant qu'une meilleure éducation renforce la capacité à mettre en œuvre un système de traçabilité rigoureux. En revanche, l'appui technique ($\beta = -0,04$; $p = 0,895$) et l'expérience en culture d'ananas ($\beta = +0,07$; $p = 0,811$) n'ont pas d'effet significatif sur la conformité, suggérant que, dans le contexte étudié, ni l'assistance technique reçue ni la durée d'expérience ne constituent des leviers déterminants pour l'amélioration des pratiques de traçabilité. Ces résultats confirment et complètent ceux du **Tableau 5** en soulignant que la certification et le niveau d'instruction sont les principaux facteurs prédictifs de conformité, alors que l'appui technique et l'expérience jouent un rôle marginal.

Tableau 5 : Résultats des tests d'indépendance entre variables explicatives et enregistrement aux CCP

Variable explicative	Étape critique (CCP)	p-value
Certifié	Préparation des rejets	0,0000
Certifié	Entretien	0,1041
Certifié	Induction florale	0,0007
Certifié	Récolte et conditionnement	0,0414
Appui technique	Préparation des rejets	0,9605
Appui technique	Entretien	0,4829
Appui technique	Induction florale	0,5343
Appui technique	Récolte et conditionnement	0,2975

Tableau 6 : Résultats de la régression logistique binaire

Variable	Coefficient (β)	Erreur standard	p-value
Constante	-1,99	0,55	0,0003
Certifié	+1,56	0,34	0,0000
Appui technique	-0,04	0,29	0,895
Instruction (niveau)	+0,75	0,31	0,015
Expérience	+0,07	0,29	0,811

4. Discussion

Les résultats mettent en évidence une application hétérogène des pratiques de traçabilité dans la filière ananas au Bénin. Les enregistrements se concentrent principalement sur les étapes aval, notamment la récolte et le conditionnement (94 %), tandis que les étapes critiques amont, telles que l'induction florale (8 %) ou l'entretien (14 %), restent peu documentées. Ce déséquilibre compromet la traçabilité complète du champ à l'export, un constat déjà rapporté dans d'autres filières agroalimentaires [19]. Les limites structurelles observées rejoignent celles décrites dans la littérature, où l'hétérogénéité des acteurs et l'absence d'interopérabilité des systèmes figurent parmi les principaux freins à l'efficacité des dispositifs de traçabilité [20]. L'usage majoritaire de registres manuels (76 %) illustre un retard de numérisation contrastant avec les solutions basées sur l'Internet des objets (IoT) et la blockchain, reconnues pour leur capacité à sécuriser et à rendre transparents les flux d'information [20]. Les résultats des **Tableaux 5 et 6** corroborent l'idée que la certification incite à la documentation rigoureuse des opérations [21, 22], alors que l'efficacité des programmes d'appui technique reste à questionner [23]. Le rôle du capital humain, déjà mis en avant dans l'adoption des technologies de traçabilité, apparaît ici déterminant [24]. L'importance des étapes critiques identifiées dans cette étude, telles que la préparation des rejets, l'entretien, l'induction florale et la récolte, rejoint les recommandations d'intégrer des procédures HACCP dès les phases initiales pour mieux maîtriser les dangers chimiques et biologiques [25]. L'analyse AMDEC confirme que l'absence de traçabilité aux CCP accroît le risque de non-conformité aux normes sanitaires internationales, en accord avec les travaux qui associent les lacunes documentaires à une exposition accrue aux contaminants [26]. La présence potentielle de résidus non tracés, notamment à l'étape d'induction florale, pourrait compromettre l'accès aux marchés soumis à des limites maximales strictes [27]. Dans ce contexte, l'adoption de technologies avancées, comme le DNA barcoding pour vérifier l'origine et l'authenticité variétale [21, 28], pourrait améliorer la fiabilité des systèmes tout en répondant aux exigences croissantes de transparence. Enfin, les risques liés à la fraude alimentaire, déjà soulignés dans la littérature [15, 29], trouvent ici un écho direct : l'absence de codification des lots à la récolte et l'impossibilité de retracer les parcelles d'origine en cas d'incident constituent des menaces pour la crédibilité de la filière. La mise en place de systèmes intégrés combinant bases de données sécurisées, marquage génétique et enregistrement numérique apparaît donc comme une voie incontournable pour sécuriser la chaîne de production et renforcer la compétitivité des producteurs béninois.

5. Conclusion

Cette étude met en évidence les faiblesses critiques des systèmes de traçabilité dans la filière ananas au Bénin, notamment aux étapes amont les plus sensibles. Les résultats montrent que la certification et l'instruction renforcent significativement la conformité documentaire, contrairement à l'appui technique actuel. Face aux risques sanitaires et commerciaux identifiés, il est urgent d'agir sur la formation, la numérisation adaptée, et la structuration réglementaire. Le renforcement de la traçabilité constitue un levier stratégique pour sécuriser la chaîne de valeur, garantir l'accès aux marchés internationaux et soutenir durablement la compétitivité des producteurs béninois.

Références

- [1] - M. M. M. IKRAM, R. MIZUNO, S. P. PUTRI and E. FUKUSAKI, "Comparative metabolomics and sensory evaluation of pineapple (*Ananas comosus*) reveal the importance of ripening stage compared to cultivar", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 132 (6) (2021) 592 - 598
- [2] - D. D. A. A. ARINLOYE and M. A. J. S. VAN BOEKEL, "Quality challenges and opportunities in the pineapple supply chain in Benin", in *Quality and innovation in food chains*, (2016) 63 - 74
- [3] - V. N. FASSINOU HOTEgni, W. J. LOMMEN, J. G. VAN DER VORST, E. K. AGBOSSOU and P. C. STRUIK, "Bottlenecks and opportunities for quality improvement in fresh pineapple supply chains in Benin", *International Food and Agribusiness Management Review*, 17 (3) (2014) 139 - 170
- [4] - V. N. FASSINOU HOTEgni, W. J. M. LOMMEN, J. G. A. J. VAN DER VORST, E. K. AGBOSSOU and P. C. STRUIK, "Analysis of pineapple production systems in Benin", in VI International Symposium on Banana : XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People, Acta Horticulturae, 928 (2010) 47 - 58
- [5] - M. H. HOUNHOUIGAN, P. T. INGENBLEEK, I. A. VAN DER LANS, H. C. VAN TRIJP and A. R. LINNEMANN, "The adaptability of marketing systems to interventions in developing countries : Evidence from the pineapple system in Benin", *Journal of Public Policy & Marketing*, 33 (2) (2014) 159 - 172
- [6] - A. SHEVCHUK, "Traceability technology: fruits and vegetables trader case study", in *International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure*, (2019) 397 - 403. Atlantis Press
- [7] - C. AMADOR, J. P. EMOND and M. C. D. N. NUNES, "Application of RFID technologies in the temperature mapping of the pineapple supply chain", *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 3 (1) (2009) 26 - 33
- [8] - INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE (INSAE), "Cartes des communes de Zè et Allada", *Rapport cartographique*, Bénin, (2016) 15 p.
- [9] - J. P. ATINDOKPO, A. HOUGNI, K. A. HOUSSOU et A. J. YABI, "Caractérisation des exploitations agricoles d'ananas dans les communes de Allada, de Tori-Bossito et de Zè, au Bénin", *Revue Française d'Économie et de Gestion*, 6 (4) (2025)
- [10] - U. DJIDO, N. V. FASSINOU HOTEgni, W. J. LOMMEN, J. D. HOUNHOUIGAN, E. G. ACHIGAN-DAKO and P. C. STRUIK, "Effect of Planting Density and K2O: N Ratio on the Yield, External Quality, and Traders' Perceived Shelf Life of Pineapple Fruits in Benin", *Frontiers in Plant Science*, 12 (2021) 627808
- [11] - C. ZOUNON, "Dynamique de développement territorial dans les filières agricoles : Cas du pôle de développement dans la filière ananas au sud-Bénin", *Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication, Université catholique de Louvain*, Leloup, (2021)
- [12] - A. MARIGNOL, "Enjeux et contraintes socio-économiques de la valorisation des résidus post-récolte de l'ananas (*Ananas comosus*) pour les acteurs majeurs de la filière au Sud du Bénin", *Faculté des Sciences, Université de Liège*, (2021)
- [13] - C. L. N. K. QUARTEY, J. OSEI MENSAH, F. NIMOH, F. ADAMS and S. ETUAH, "Choice of certification schemes by smallholder pineapple farmers in Ghana: analysis of constraints and determinants of adoption", *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 13 (1) (2023) 141 - 155
- [14] - L. KLEEMANN, A. ABDULAI and M. BUSS, "Certification and access to export markets: Adoption and return on investment of organic-certified pineapple farming in Ghana", *World Development*, 64 (2014) 79 - 92
- [15] - L. MANNING, "Food fraud : policy and food chain", *Current Opinion in Food Science*, 10 (2016) 16 - 21
- [16] - L. KLEEMANN and A. ABDULAI, "Organic certification, agro-ecological practices and return on investment : Evidence from pineapple producers in Ghana", *Ecological Economics*, 93 (2013) 330 - 341
- [17] - J. SELLARE, E.-M. MEEMKEN and M. QAIM, "Fairtrade, agrochemical input use, and effects on human health and the environment", *Ecological Economics*, 176 (2020) 106718

- [18] - V. N. FASSINOU HOTEgni, W. J. M. LOMMEN, J. G. A. J. VAN DER VORST, E. K. AGBOSSOU and P. C. STRUIK, "Analysis of pineapple production systems in Benin", *Acta Horticulturae*, 928 (2012) 47 - 58
- [19] - L. U. OPARA, "Traceability in agriculture and food supply chain: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects", *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 1 (1) (2003) 101 - 106
- [20] - K. DEMESTICHAS, N. PEPPEs, T. ALEXAKIS and E. ADAMOPOULOU, "La blockchain dans les systèmes de traçabilité agricole : une revue", *Sciences appliquées*, 10 (12) (2020) 4113
- [21] - A. GALIMBERTI et al., "From DNA barcoding to personalized nutrition : the evolution of food traceability", *Current Opinion in Food Science*, 28 (2019) 41 - 48
- [22] - H. F. YANCY et al., "Potential Use of DNA Barcodes in Regulatory Science : Applications of the Regulatory Fish Encyclopedia", *Journal of Food Protection*, 71 (1) (2008) 210 - 217
- [23] - Y. ISHCENKO, "Documentation of the production processes of organic crop production", *Three Seas Economic Journal*, 3 (2) (2022) 74 - 80
- [24] - A. CAMPANARO, N. TOMMASI, L. GUZZETTI, A. GALIMBERTI, I. BRUNI and M. LABRA, "DNA barcoding to promote social awareness and identity of neglected, underutilized plant species having valuable nutritional properties", *Food Research International*, 115 (2019) 1 - 9
- [25] - K. ROPKINS, A. FERGUSON and A. J. BECK, "Development of Hazard Analysis by Critical Control Points (HACCP) Procedures to Control Organic Chemical Hazards in the Agricultural Production of Raw Food Commodities", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43 (3) (2003) 287 - 316
- [26] - C. G. AWUCHI, "HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems", *Cogent Food & Agriculture*, 9 (1) (2023)
- [27] - F. J. CUEVAS, J. M. MORENO-ROJAS and M. J. RUIZ-MORENO, "Assessing a traceability technique in fresh oranges (*Citrus sinensis* L. Osbeck) with an HS-SPME-GC-MS method : Towards a volatile characterisation of organic oranges", *Food Chemistry*, 221 (2017) 1930 - 1938
- [28] - Y.-T. LO and P.-C. SHAW, "DNA-based techniques for authentication of processed food and food supplements", *Food Chemistry*, 240 (2018) 767 - 774
- [29] - D. I. ELLIS, H. MUHAMADALI, D. P. ALLEN, C. T. ELLIOTT and R. GOODACRE, "A flavour of omics approaches for the detection of food fraud", *Current Opinion in Food Science*, 10 (2016) 7 - 15