



Typologie des aménagements des bas-fonds rizicoles dans la vallée du Niger au Bénin

A. J. Adegandjou¹, P. Gbenou^{2*}

¹Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Université Nationale d'Agriculture du Bénin,

²Ecole de Gestion et de Production Végétale et Semencière, Université Nationale d'Agriculture du Bénin,

RESUME

La vallée du Niger, au Nord-Est du Bénin, constitue une zone agroécologique stratégique pour le développement de la riziculture irriguée en raison de son fort potentiel en bas-fonds hydromorphes et de la diversité des systèmes d'aménagement rencontrés. Ces derniers constituent un potentiel important pour la riziculture. Cette étude vise à élaborer une typologie actualisée des aménagements des bas-fonds rizicoles dans cette vallée, en vue d'éclairer les politiques publiques. Ce travail a été conduit en décembre 2024 dans les Communes de Karimama et Malanville à partir d'un échantillonnage raisonné ayant permis d'inventorier 28 bas-fonds rizicoles aménagés couvrant 2 060 hectares. Les données ont été collectées à travers des entretiens semi-structurés, des observations directes, des questionnaires numériques et des relevés GPS, en s'intéressant aux dimensions agronomiques, hydrauliques, socioéconomiques et techniques. L'analyse a mobilisé des traitements statistiques descriptifs et multivariés, notamment l'analyse factorielle des correspondances multiples et une classification hiérarchique, afin de dégager une typologie des aménagements hydro-agricoles. Les résultats indiquent que la majorité des bas-fonds est intensivement exploitée pour la riziculture, avec une disponibilité en eau qui combine les eaux de pluie, les eaux de surface et les eaux souterraines (forage et puits tubés). Les systèmes d'aménagement observés sont classés en trois catégories : simples, mixtes et définitifs, avec une prédominance d'aménagements simples dépendant des inondations naturelles et de la réalisation de quelques puits tubés pour l'irrigation, ce qui limite la productivité. En revanche, à Malanville, les producteurs ont davantage recours à des systèmes d'aménagements mixtes et définitifs, avec une infrastructure d'irrigation plus développée (canaux d'irrigation, fossés de drainage), permettant un meilleur contrôle de l'eau et des rendements plus élevés. L'étude met en évidence la nécessité de repenser les modalités d'allocation des investissements publics en s'appuyant sur une logique de justice spatiale et d'équité territoriale, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour la planification agronomique et hydraulique dans les zones rurales vulnérables. Elle recommande également de poursuivre les recherches sur la rentabilité économique et la résilience des aménagements pour un développement durable de la riziculture dans cette zone à fort potentiel.

Mots clés : Riz, Aménagements, Bas-fond, Typologie, Vallée

ABSTRACT

The Niger Valley, in northeastern Benin, constitutes a strategic agroecological zone for the development of irrigated rice cultivation due to its significant potential in hydromorphic lowlands and the diversity of existing development systems. These systems represent considerable potential for rice farming. This study aims to develop an updated typology of rice lowland development schemes in this valley to inform public policies. This work was conducted in December 2024 in the municipalities of Karimama and Malanville using a purposive sampling method, which allowed for the inventory of 28 developed rice lowlands covering 2,060 hectares. Data were collected through semi-structured interviews, direct observations, digital questionnaires, and GPS surveys, focusing on agronomic, hydraulic, socio-economic, and technical dimensions. The analysis involved descriptive and multivariate statistical processing, notably multiple correspondence analysis and hierarchical classification, to establish a typology of hydro-agricultural developments. The results indicate that the majority of lowlands are intensively exploited for rice cultivation, with water availability combining rainwater, surface water, and groundwater (boreholes and tube wells). The observed development systems are classified into three categories: simple, mixed, and permanent, with a predominance of simple schemes dependent on natural flooding and the construction of a few tube wells for irrigation, which limits productivity. In contrast, in Malanville, producers make greater use of mixed and permanent development systems, with more developed irrigation infrastructure (irrigation canals, drainage ditches), allowing for better water control and higher yields. The study highlights the need to rethink public investment allocation methods based on principles of spatial justice and territorial equity, thereby opening new perspectives for agronomic and hydraulic planning in vulnerable rural areas. It also recommends further research on the economic profitability and resilience of these developments for the sustainable development of rice cultivation in this high-potential area.

Key words: Rice, Developments, Lowland, Typology, Valley

Corresponding author: GBENOU Pascal,

Received in Apr 2025 and accepted in jun 2025

E-mail address: gbenoup@gmail.com

1. Introduction

En Afrique de l'Ouest, la riziculture occupe une place stratégique dans les politiques agricoles de développement, en tant que levier de sécurité alimentaire, de réduction de la pauvreté et de création d'emplois en milieu rural (Akakpo et al., 2020). Le Bénin, à l'instar de plusieurs pays de la sous-région, a inscrit la promotion de la filière riz dans ses priorités nationales, en raison de la croissance soutenue de la demande en riz et de la dépendance accrue aux importations (Adégbidi et al., 2021). Dans cette dynamique, les bas-fonds – zones hydromorphes localisées principalement dans les vallées fluviales et les cuvettes intérieures – constituent des espaces agricoles de grande valeur, offrant un potentiel significatif pour une intensification durable de la riziculture (Zossou et al., 2022).

Le potentiel des bas-fonds au Bénin est estimé à plus de 200 000 hectares, dont à peine 10% sont aménagés de manière structurée pour la riziculture, les autres étant exploités de manière empirique ou abandonnés en raison de contraintes hydriques et foncières (Houngnibo et al., 2021). Cette sous-exploitation s'explique par plusieurs facteurs : l'absence de politiques d'aménagement intégrées, la faible maîtrise de l'eau, la rareté des investissements durables et l'inadéquation entre les modèles techniques importés et les réalités agroécologiques locales (Yabi & Afouda, 2020). De surcroît, la gestion communautaire des ouvrages hydrauliques demeure problématique en raison du manque de formation des acteurs, de la faiblesse des dispositifs de maintenance, et des conflits liés à l'accès au foncier (Dossou & Houndekon, 2022).

Les types d'aménagements varient considérablement selon les zones agroécologiques, les ressources disponibles et les appuis institutionnels reçus. Ils vont des aménagements sommaires – tels que les diguettes ou les rigoles manuelles – aux infrastructures plus élaborées comme les périmètres irrigués avec maîtrise partielle ou totale de l'eau (Amoussou & Adjéoda, 2023). Cette diversité, bien que reflétant une certaine capacité d'innovation locale, pose la question de leur efficacité respective sur le plan agronomique, économique et environnemental. De nombreux aménagements sont construits sans étude préalable de faisabilité, ou sans accompagnement technique adéquat, ce qui compromet leur durabilité (Zannou & Hounnou, 2021).

La vallée du Niger au Bénin, représente un bassin rizicole à fort potentiel en raison de sa disponibilité en eau, de la fertilité relative des sols alluviaux, et des opportunités de développement hydro-agricole. Cependant, les connaissances sur les types d'aménagements effectivement en place y sont très limitées. Cette méconnaissance entrave la mise en œuvre de politiques ciblées et empêche une rationalisation des investissements publics et privés dans la région. En l'absence d'une typologie rigoureuse, il devient difficile d'objectiver les choix techniques, d'évaluer les performances comparées des systèmes et de proposer des modèles reproductibles à grande échelle (Akakpo et al., 2020 ; Houngnibo et al., 2021).

Ainsi, cette étude vise à combler ce vide en proposant une typologie actualisée des aménagements des bas-fonds rizicoles dans la vallée du Niger au Bénin.

2. Matériel et méthodes

2.1. Cadre géographique de l'étude

L'étude est menée dans la vallée du Niger, une zone agroécologique située au Nord-Est du Bénin, principalement dans les départements de l'Alibori et une partie du Borgou. Cette vallée constitue un axe fluvial

stratégique, longée par le fleuve Niger sur environ 150 kilomètres, et regroupant plusieurs Communes agricoles majeures telles que Karimama, Malanville, Ségbana et Kandi. Elle se distingue par une forte concentration de bas-fonds hydromorphes aux caractéristiques agroécologiques favorables à la riziculture irriguée (Yabi & Afouda, 2020).

L'étude s'est spécifiquement concentrée sur les Communes de Karimama et Malanville choisies pour raison de leur potentiel rizicole et de l'existence d'aménagements hydro-agricoles à analyser dans le cadre de cette recherche.

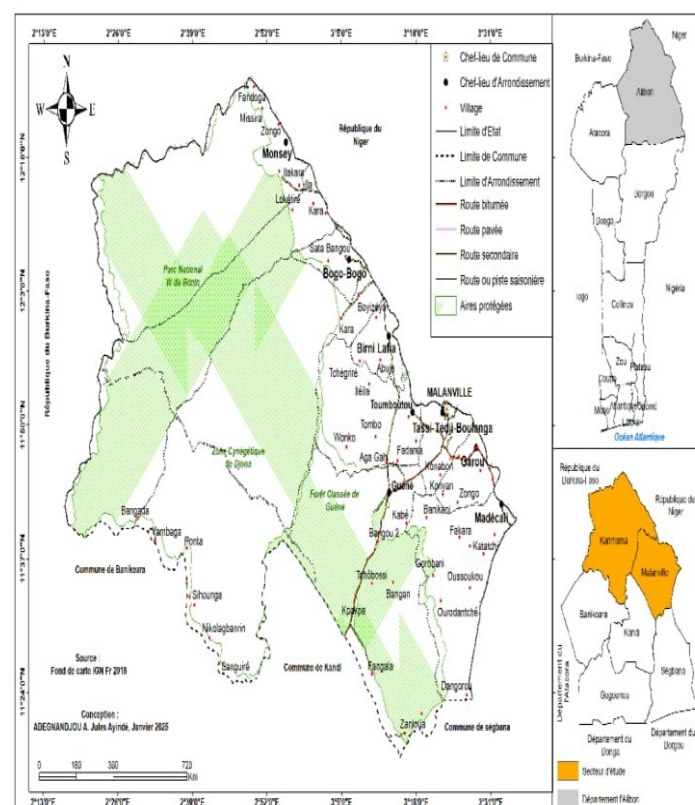


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Sur le plan climatique, la région appartient à la zone soudanienne à tendance sahélienne, avec une saison pluvieuse courte allant de mai à septembre et une pluviométrie annuelle variant entre 700 et 1 100 mm (Adégbidi et al., 2021). Les températures moyennes annuelles oscillent entre 26 °C et 34 °C, avec un fort ensoleillement propice à la croissance des cultures en saison sèche si l'eau est disponible.

Les sols de la vallée sont majoritairement d'origine alluviale, riches en limons et en argiles, offrant une bonne rétention d'eau (source...). La population locale est essentiellement composée d'agriculteurs pratiquant une agriculture de subsistance, avec une spécialisation progressive vers la riziculture encouragée par les politiques de sécurité alimentaire (Zossou et al., 2022).

2.2. Collecte de données

2.2.1. Méthode d'échantillonnage et critères de sélection des villages étudiés

L'enquête de terrain, menée en décembre 2024 dans les Communes de Karimama et Malanville, visait à documenter les caractéristiques des aménagements et des pratiques rizicoles associées aux bas-fonds. Un

échantillonnage raisonné a permis d'inventorier systématiquement les bas-fonds rizicoles aménagés effectivement exploités dans les villages ciblés.

La sélection des localités s'est faite en collaboration avec les Cellules Communales de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA) du Pôle 1 et les représentants de la filière riz, selon trois critères :

- proximité avec le fleuve Niger ;
- présence de bas-fonds rizicoles (aménagés ou non) ;
- importance de la population agricole selon le dernier recensement national.

Ainsi, les villages de Bodjékali, Monkassa et Kotchi (Malanville), ainsi que Karimama 1, Birni-Lafia et Karigui (Karimama) ont été retenus. Au total, 28 bas-fonds aménagés ont été recensés, chaque site constituant une unité d'observation.

Pour chacun, le producteur principal a été interrogé à l'aide d'un formulaire structuré, collectant des données techniques, culturelles, socio-économiques et environnementales

2.2.2. Méthode d'analyse des données

L'analyse repose sur une démarche statistique et cartographique rigoureuse visant à caractériser les bas-fonds rizicoles aménagés de la vallée du Niger et à en dégager une typologie pertinente. Elle s'appuie sur des outils méthodologiques éprouvés et des logiciels spécialisés, en cohérence avec les standards reconnus dans la littérature scientifique.

2.3. Traitement des données

Les données ont été saisies et nettoyées sous STATA afin d'assurer leur structuration et la correction des doublons, valeurs aberrantes et données manquantes. Ce logiciel a permis le codage, le regroupement de modalités, les calculs de fréquences et les analyses statistiques (moyenne, écart-type, test t de Student). Les résultats ont ensuite été exportés vers Excel pour la production des tableaux.

2.3.1. Revues empiriques pour l'élaboration d'une typologie dans les agro-hydrosystèmes

L'élaboration de typologies agricoles ou hydrauliques repose sur des méthodes empiriques combinant approches statistiques multivariées et techniques de classification. Dans le contexte des aménagements hydro-agricoles (AHA), les plus courantes sont l'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) et la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA). Ces méthodes, comme le soulignent Lebart et *al.* (2006), réduisent la dimensionnalité tout en conservant l'essentiel de la variance, facilitant l'identification des variables structurantes.

L'AFCM est particulièrement adaptée aux études comme celle-ci, intégrant plusieurs variables qualitatives (source d'eau, type d'aménagement, mode de gestion, type de producteur). Elle permet de dégager des profils-types d'aménagements en structurant l'information hétérogène issue du terrain (Le Roux & Rouanet, 2010). La CHA, appliquée sur les axes factoriels (méthode de Ward), regroupe les objets en classes homogènes, simplifiant leur interprétation. La combinaison AFCM + CHA est d'ailleurs recommandée dans les études sur les AHA en Afrique de l'Ouest, notamment par Kamiri et *al.* (2018) et Dugué & Sissoko. (2020).

L'analyse a été menée avec le logiciel R et les packages FactoMineR et factoextra, afin d'identifier les logiques sous-jacentes d'organisation de l'espace agricole à partir des données collectées.

Cette méthode est une généralisation de l'Analyse Factorielle des Correspondances, permettant de décrire les relations entre p ($p > 2$) variables simultanément observées sur n individus. Ainsi l'équation de l'AFCM s'écrit :

$$Y = f(X1, X2, \dots, Xn)$$

Où :

- **Y** : Typologie des bas-fonds (groupes distincts identifiés)
- **X1, X2,...,Xn** : Variables caractérisant les bas-fonds rizicoles.

2.3.2. Choix et pondération des variables pour l'analyse typologique

La sélection des variables qualitatives utilisées pour l'AFCM a été fondée sur une revue croisée des travaux scientifiques précédents (RocheGude, 2007 ; Dugué et *al.*, 2020) et des données empiriques collectées sur le terrain dans la vallée du Niger.

Tableau 1 : Variables qualitatives utilisées pour l'AFCM.

Variable	Définition	Modalités	Justification scientifique
Type d'aménagement	Forme physique d'aménagement du bas-fond rizicole	Radier, Casier, Digue, Non aménagé	Conditionne l'infrastructure disponible et influence les pratiques culturelles (Kamiri et al., 2018 ; Dugué et al., 2020)
Source d'eau	Origine principale de l'eau utilisée pour l'irrigation	Eau de pluie, Forage, Barrage, Nappe phréatique	Détermine la disponibilité, la pérennité et la qualité de la ressource (RocheGude, 2007 ; FAO, 2015)
Canaux d'irrigation	Présence et type de canaux d'irrigation ou de drainage	Canaux primaires, secondaires, tertiaires, Absents	Affecte l'efficacité de l'irrigation et les rendements agricoles (Leite et al., 2021 ; FAO, 2011)
Mode de gestion de l'eau	Mode d'organisation des usagers pour la distribution de l'eau	Individuel, Collectif informel, Coopératif, Institutionnel (GIE, MAEP, etc.)	Influence la gouvernance locale et la durabilité des systèmes hydrauliques (Le Bars, 2014 ; Dugué et al., 2020)
Type de producteur	Profil socio-économique du producteur utilisant l'aménagement	Exploitant individuel, Membre coopérative, Locataire agricole	Permet d'identifier les logiques d'appropriation et de pratiques culturelles (Dugué & Sissoko, 2020 ; CIRAD, 2019)

Source : Résultats enquête de terrain, 2024

Les variables ont été choisies pour leur pertinence par rapport à la problématique de la gestion de l'eau en agriculture irriguée : type d'aménagement (radier, digue, casier), source d'eau (pluviale, barrage, nappe), canaux d'irrigation (présence/absence, type), mode de gestion de l'eau (individuel, communautaire, institutionnel) et profil socio-économique du producteur (exploitant individuel, coopérative, producteur locataire). Ces variables, toutes qualitatives, ont été codées dans STATA, puis intégrées dans R pour l'AFCM. Le poids relatif de chaque variable a été estimé selon leur variance explicative sur les premiers axes factoriels. Cette approche permet de maximiser la contribution des variables discriminantes dans la structuration des profils de bas-fonds aménagés. Elle est conforme aux recommandations de Greenacre (2007) et Abdi & Valentin (2007), selon lesquelles l'AFCM est un outil robuste pour la typologisation dans les systèmes agraires complexes.

2.3.3. Cartographie et spatialisation

Les coordonnées géographiques des bas-fonds ont été intégrées dans ArcGIS Pro 3.1 pour produire des cartes de distribution spatiale des types d'AHA. Ces représentations cartographiques complètent l'analyse typologique en visualisant la répartition géographique des aménagements selon leur profil typologique.

3. Résultats

3.1. Inventaire des bas-fonds dans la vallée du Niger au Bénin

L'inventaire a permis de recenser 28 bas-fonds totalisant une superficie de 2 060 ha dans la Vallée du Niger au Bénin, répartis entre les Communes de Malanville (17 bas-fonds, soit 60,71%) et de Karimama (11 bas-fonds, soit 39,28%) (Figure 2).

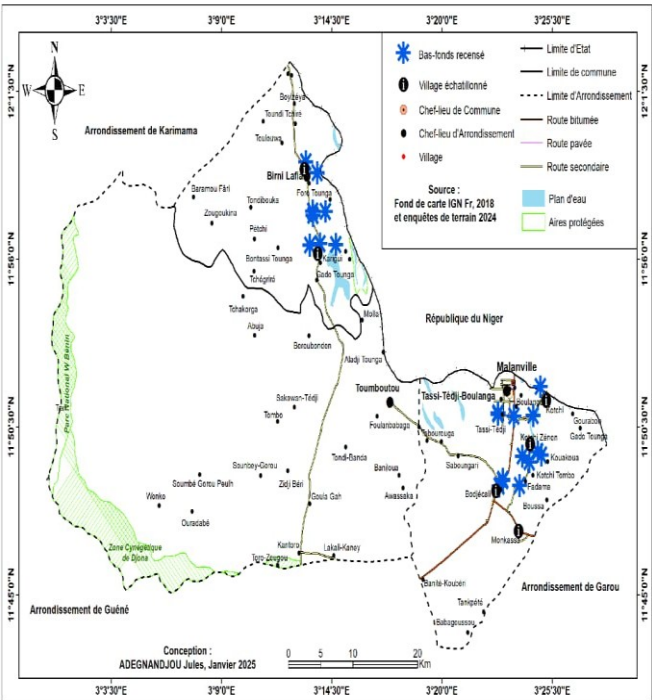


Figure 2 : Situation géographique des aménagements de bas-fonds rizicoles dans la vallée du Niger au Bénin

Cette répartition spatiale met en évidence une concentration relativement plus importante des zones humides agricoles dans la Commune de Malanville, suggérant une meilleure disponibilité foncière

ou un effort d'aménagement plus prononcé dans cette localité. Toutefois, la superficie moyenne aménagée par bas-fond reste comparable entre les deux Communes : 65,17 ha à Karimama contre 56,88 ha à Malanville. Le test t de Student ($t = 0,603$; $ddl = 26$; $p = 0,552$) confirme que cette différence n'est pas statistiquement significative, indiquant une homogénéité relative dans l'effort d'aménagement par bas-fond entre les deux Communes, malgré la différence apparente dans le nombre total de bas-fonds recensés.

Par ailleurs, l'étude révèle que 81,80 % de la superficie totale des bas-fonds identifiés sont aménagés pour la riziculture, avec une prédominance dans la Commune de Malanville (46,94 % contre 34,85 % à Karimama). Ce taux d'aménagement élevé témoigne de l'importance stratégique de ces zones pour la production vivrière, notamment du riz, culture à fort enjeu de sécurité alimentaire. En effet, 96,26 % de la superficie aménagée est effectivement mise en valeur pour la culture du riz, ce qui traduit une utilisation intensive et ciblée de ces terres de bas-fonds. Ce niveau d'exploitation est révélateur d'une dynamique agricole centrée sur la riziculture irriguée, fortement dépendante de la disponibilité en eau et des infrastructures d'aménagement.

L'analyse de la main-d'œuvre agricole montre une différence significative dans l'effectif moyen de producteurs de riz par bas-fond entre les deux Communes : 232,64 à Karimama contre 131,41 à Malanville. Cette différence, confirmée par le test t de Student ($t = 2,481$; $ddl = 26$; $p = 0,020$), suggère une pression foncière plus élevée ou une structuration sociale différente à Karimama, où les exploitants semblent plus nombreux à partager un même espace aménagé. L'écart-type plus élevé à Karimama (124,611 contre 73,219 à Malanville) reflète aussi une plus grande variabilité des effectifs, potentiellement liée à des disparités dans l'attractivité ou l'accessibilité des bas-fonds selon les localités. Cette situation pourrait avoir des implications sur la durabilité des systèmes de production, la gestion collective des ressources en eau, et les dynamiques foncières dans ces zones.

Le tableau 2 résume les paramètres d'identification des bas-fonds dans la Vallée du Niger au Bénin.

Tableau 2 : Identification des bas-fonds dans la vallée du Niger au Bénin

Caractéristiques	Modalités	Karimama (%)	Malanville (%)	Ensemble (%)	
Inventaire des bas-fonds (nombre)		39,28 (11)	60,71 (17)	100,00 (28)	
Superficie des bas-fonds inventoriés (ha)		47,09 (970)	52,91 (1090)	100,00 (2060)	
Superficie de bas-fonds aménagés pour le riz (ha)	Superficie totale aménagée	34,85 (718)	46,94 (967)	81,80 (1685)	t de Student = 0,603; ddl = 26; p = 0,552
	Moyenne de superficie aménagée	65,17 (± 25,004)	56,88 (± 41,347)		
Superficie mise en valeur pour la culture du riz (ha)		40,06 (675)	56,20 (947)	96,26 (1622)	
Effectif moyen de producteurs riz exploitants un bas-fond	Moyenne	232,64 (± 124,611)	131,41 (± 73,219)	171	t de Student = 2,481; ddl = 26; p = 0,020

3.2. Caractérisation des bas-fonds dans la vallée du Niger au Bénin

Les résultats montrent que tous les bas-fonds étudiés dépendent de l'eau de pluie comme source primaire d'alimentation au regard de leur configuration topographique favorable à la collecte des eaux de ruissellement. Toutefois, une proportion élevée de producteurs (85,71 %) indique également utiliser l'eau souterraine, via des forages et puits tubés dont le niveau statique de l'eau se trouve entre 10 et 20 m de profondeur (Orou Pete Alou et *al.*, 2021). Cela traduit une stratégie d'adaptation aux variabilités climatiques, permettant de prolonger la saison culturale ou d'irriguer en saison sèche. En revanche, la contribution du Fleuve Niger et de l'affluent Sota reste marginale (14,29 %) et se fait remarquer majoritairement dans la Commune de Malanville, ce qui peut s'expliquer par la distance des bas-fonds aux cours d'eau, les coûts élevés de pompage, ou le manque d'infrastructure (canaux d'alimentation, motopompes, etc.).

Grâce à la présence de ces sources d'eau et aux aménagements réalisés, la grande majorité des bas-fonds (93 %) bénéficient d'une disponibilité annuelle en eau, ce qui représente une opportunité stratégique pour la riziculture intensive ou double culture.

Pour les producteurs enquêtés, cette disponibilité est saisonnière seulement au niveau de 7 % des bas-fonds inventoriés. Ce qui souligne néanmoins que certaines zones restent vulnérables aux aléas climatiques, et que des investissements ciblés sont encore nécessaires pour garantir l'accès à l'eau toute l'année, notamment à Karimama.

Les analyses *in situ* réalisées indiquent que les eaux d'irrigation dans les bas-fonds inventoriés sont à apparence de bonne qualité. Elles sont de couleur claire et limpide et ne présentent ni d'odeur particulière, ni de goût particulier.

Les sols des bas-fonds de la vallée du Niger au Bénin étudiés sont argileux et à dominance peu profonds (Tahirou et *al.*, 2022). Ces sols sont en général limités en matière organique (teneur moyenne chez 67,86 % de bas-fonds étudiés contre faible chez 32,14 % de bas-fonds) et nutriment (Azontonde et *al.*, 2016).

Les sols des bas-fonds étudiés sont généralement (53,57 %) plus ou moins poreux, ce qui garantit un bon drainage.

Les paramètres de caractérisation des bas-fonds dans la vallée du Niger au Bénin sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractérisation des bas-fonds dans la vallée du Niger au Bénin

Variables	Modalités	Karimama (%)	Malanville (%)	Ensemble (%)
Source principale d'alimentation en eau des bas-fonds	Eau de pluie	39,29 (11)	60,71 (17)	100,00 (28)
	Fleuve Niger et affluent Sota	0,00 (0)	14,29 (4)	14,29 (4)
	Eau souterraine (Forage / Puit tubé)	39,29 (11)	46,43 (13)	85,71 (24)
Disponibilité de l'eau pour l'irrigation	Saisonnière	3,57 (1)	3,57 (1)	7,00 (2)
	Toute l'année	35,71 (10)	57,14 (16)	93,00 (26)
Qualité de l'eau pour l'irrigation	Bonne	32,14 (9)	50,00 (14)	82,14 (23)
	Moyenne	7,14 (2)	10,71 (3)	17,85 (5)
Types de sols dominants	Argile	39,29 (11)	60,71 (17)	100,00 (28)
Profondeur des sols des bas-fonds	Peu profond	32,14 (9)	28,57 (8)	60,71 (17)
	Profond	7,14 (2)	32,14 (9)	39,29 (11)
Teneur en matière organique des sols des bas-fonds	Faible	3,57%	28,57 (8)	32,14 (9)
	Moyen	35,71 (10)	32,14 (9)	67,86 (19)
Capacité de drainage des sols des bas-fonds	Bon	17,86 (5)	35,71 (10)	53,57 (15)
	Moyen	21,43 (6)	25,00 (7)	46,43 (13)

3.3. Typologie des bas-fonds aménagés dans la vallée du Niger au Bénin

Dans la vallée du Niger au Bénin, les enquêtes de terrain ont permis d'identifier une diversité de types d'aménagements hydroagricoles des bas-fonds rizicoles. Au total, vingt-huit (28) bas-fonds ont été inventoriés et classés selon trois grandes catégories techniques d'aménagement : i) Les aménagements simples ou sommaires, caractérisés par l'installation de diguettes de rétention et de cloisonnement rudimentaires, sans dispositif structuré de maîtrise de l'eau ; ii) Les aménagements mixtes, intégrant une combinaison de digues d'amortissement, de collecteurs latéraux, d'un chenal central d'évacuation et d'un réseau de diguettes, permettant une gestion partielle de l'eau à partir de forages ou puits tubés équipés de pompe immergée d'une motopompe ; et iii) Les aménagements définitifs, disposant de digues d'amortissement solides, de collecteurs latéraux, d'un chenal central en béton, des stations de pompage installées au fil de l'eau du fleuve Niger et ses rivières affluentes (Sota et Alibori), de casiers rizicoles bien délimités et garantissant une maîtrise totale de l'eau.

Sur l'ensemble des bas-fonds inventoriés : 16 bas-fonds (57,14 %) présentent des aménagements simples ou sommaires ; 6 bas-fonds (21,43 %) relèvent d'aménagements mixtes ; et 6 bas-fonds (21,43 %) sont dotés d'aménagements définitifs.

La répartition spatiale de ces typologies d'aménagement révèle une nette disparité entre les deux principales Communes concernées. Dans la Commune de Karimama, la majorité des bas-fonds (63,64 %) dispose

uniquement d'aménagements simples, ne permettant pas une gestion efficace de l'eau. Aucun bas-fond n'y bénéficie d'un aménagement définitif. En revanche, la Commune de Malanville concentre l'ensemble des six (6) bas-fonds aménagés de manière définitive, ce qui représente 35,29 % des bas-fonds recensés dans cette localité. Toutefois, une part importante (52,94 %) des bas-fonds de Malanville reste encore sous aménagements simples, montrant qu'il existe encore des marges de progression dans la modernisation des infrastructures hydroagricoles.

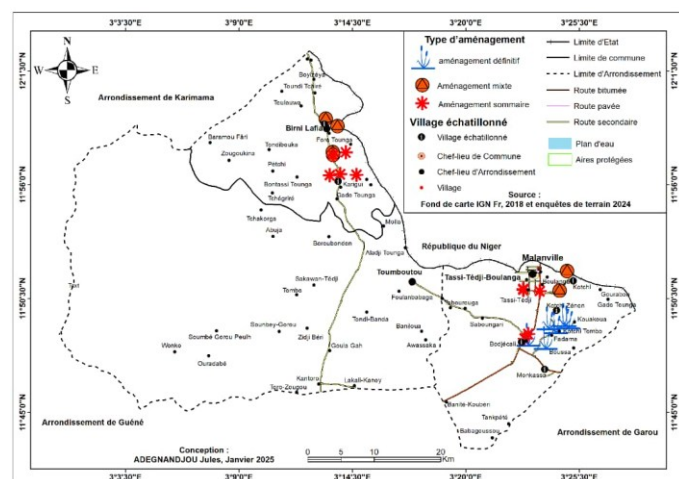


Figure 2 : Répartition spatiale des types d'aménagements de bas-fonds rizicoles dans la Vallée du Niger au Bénin

La typologie des aménagements des bas-fonds rizicoles dans la vallée du Niger au Bénin est établie au moyen d'un dendrogramme issu d'une classification hiérarchique, appliquée aux résultats d'une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) réalisée sous R.

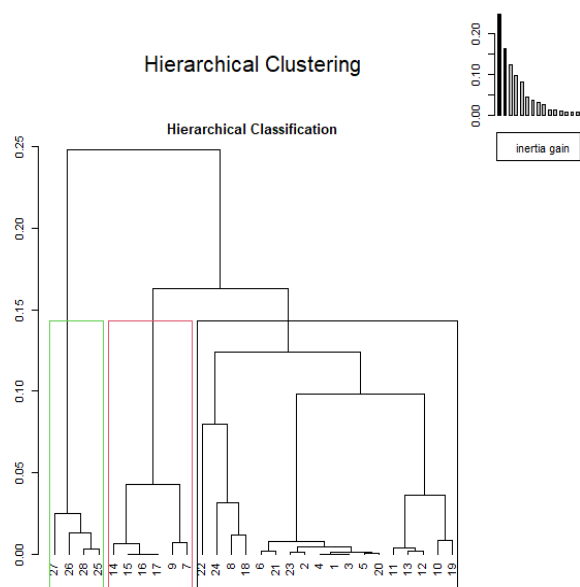


Figure 3 : Classification hiérarchique de l'AFCM

L'analyse du dendrogramme montre la formation de plusieurs groupes distincts, comme l'indiquent les encadrements colorés (vert, rouge et noir). Ces regroupements reflètent des types d'aménagements ayant des caractéristiques communes, que ce soit en termes de maîtrise de l'eau, d'organisation foncière ou de pratiques culturelles. Le petit histogramme en haut à droite illustre l'inertie gagnée à chaque fusion, indiquant l'importance de chaque regroupement dans la structuration des données.

Un seuil de coupure adapté permettrait d'identifier un nombre optimal de clusters et de définir des catégories pertinentes d'aménagements.

Quant à la répartition spatiale des trois typologies d'aménagements identifiées dans la vallée du Niger au Bénin.

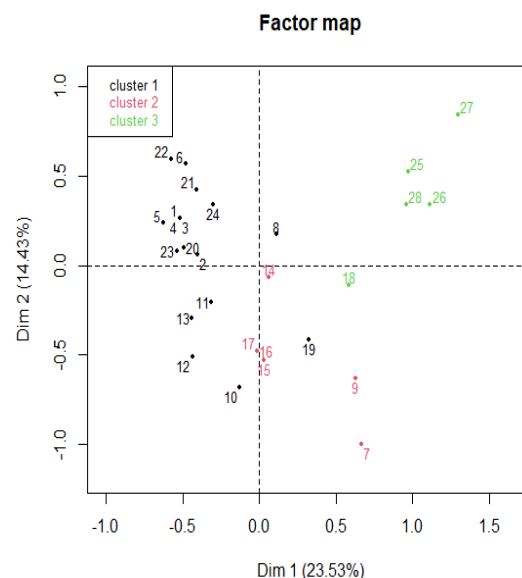


Figure 4 : Carte factorielle des variables caractérisant les aménagements des bas-fonds rizicoles

On en retient que le Groupe 1 (Aménagements simples ou sommaires), représenté en noir et qui occupe principalement la partie droite du graphique, se caractérise par une gestion individuelle. Ces aménagements sont exploités par des producteurs individuels utilisant des engrais chimiques et pratiquant l'irrigation, sans canaux d'irrigation formels. Ces sites permettent la production pendant la saison sèche grâce à la réalisation des puits tubés où l'eau pompée est étalée à l'intérieur des parcelles rizicoles. Par contre le Groupe 2 (Aménagements mixtes), identifié en rose/rouge et situé en position intermédiaire sur le graphique, représente une transition entre les pratiques traditionnelles et modernisées. En effet, ces aménagements se distinguent par l'utilisation conjointe d'engrais chimiques et organiques, permettant une culture continue toute l'année avec des systèmes d'irrigation combinés à l'exploitation des eaux pluviales. Ces sites accueillent à la fois des producteurs individuels et organisés en coopératives, et bénéficient de sols profonds. Leur position médiane sur le graphique illustre bien leur caractère hybride entre pratiques traditionnelles et modernes. Enfin, le Groupe 3 (Aménagements définitifs), visualisé en vert et concentré dans la partie gauche du graphique, représente les systèmes les plus structurés et modernisés. Ces aménagements sont caractérisés par une infrastructure plus développée incluant des canaux d'irrigation établis, une gestion communautaire de l'eau et un pompage au fil d'une rivière comme source principale d'alimentation en eau. Ces sites présentent des niveaux moyens de matière organique et permettent la culture rizicole tout au long de l'année. Leur position distincte à gauche du graphique reflète leur niveau plus élevé d'organisation collective et d'infrastructures.

Les facteurs structurants qui différencient les trois groupes d'aménagements précédemment identifiés se fondent sur une organisation des variables selon un gradient Est-Ouest (axe horizontal)

qui reflète la progression depuis les aménagements traditionnels vers les aménagements plus modernes et structurés (Figure 6).

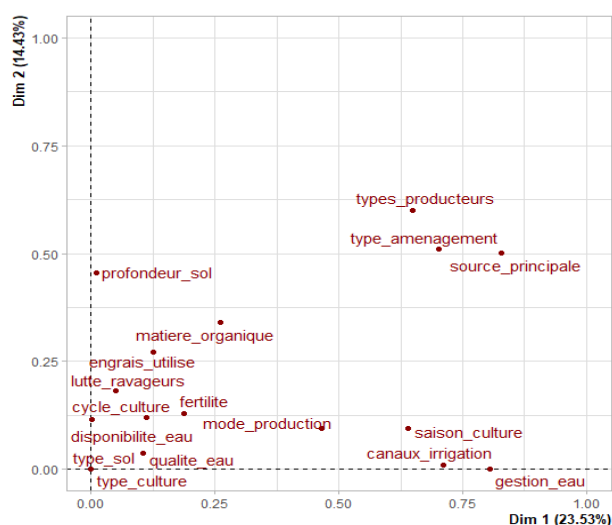


Figure 5 : Carte factorielle des variables caractérisant les aménagements des bas-fonds

En effet, on trouve les variables caractéristiques des aménagements plus modernes (Groupe 3) à droite du graphique de la figure 5 telles que : "type_aménagement", "source_principale", "canaux_irrigation", "gestion_eau" et "types_producteurs". Ces variables, situées aux valeurs positives de Dim 1, sont associées aux aménagements structurés avec une gestion communautaire de l'eau, des infrastructures d'irrigation développées et une organisation formelle des producteurs. Au centre et proche de l'origine, on trouve des variables liées aux pratiques agricoles et à la qualité des sites de bas-fonds que sont "matiere_organique", "engrais_utilise", "fertilite", "mode_production", "type_sol" et "qualite_eau". La position de ces variables suggère qu'elles discriminent moins fortement les groupes d'aménagements ou qu'elles sont communes à plusieurs types d'aménagements, notamment pour les Groupes 1 et 2. À l'extrême gauche, on retrouve les variables comme "profondeur_sol", "disponibilite_eau", "cycle_culture" et "lutte_ravageurs", qui semblent davantage caractériser les aménagements traditionnels (Groupe 1), reflétant une approche plus individualisée de la gestion des bas-fonds. La variable "saison_culture" se situe dans le quadrant inférieur droit, ce qui la relie aux aménagements permettant une exploitation tout au long de l'année (caractéristique partagée par les Groupes 2 et 3). Cette représentation des variables permet de confirmer l'interprétation précédente des trois groupes d'aménagements et de comprendre plus précisément les facteurs qui les différencient. L'axe principal (Dim 1) semble principalement structuré par le degré d'aménagement et le mode de gestion (individuel versus communautaire), tandis que l'axe vertical (Dim 2) semble davantage lié à des aspects techniques et agronomiques comme le type de producteurs et les caractéristiques du sol.

4. Discussion

4.1. Inventaire et répartition des bas-fonds aménagés

L'inventaire révèle une nette concentration des bas-fonds aménagés à Malanville (17 sur 28), soit plus de 60 % des bas-fonds recensés, contre seulement 11 à Karimama. Cette disparité s'explique par une combinaison de facteurs socio-économiques, environnementaux et institutionnels. Selon Bationo et al. (2020), la performance des

aménagements dans les zones rurales d'Afrique de l'Ouest dépend fortement de la structuration des organisations paysannes et de leur accès au financement. À Malanville, la forte organisation coopérative, soutenue par une dynamique d'encadrement agricole plus marquée, a favorisé l'investissement dans des infrastructures hydroagricoles durables.

Les résultats de Kounouhewa et al. (2022) confirment que la présence de projets de développement successifs comme le PSAIA, le PSAAB, le PADA, le PAPVIRE ABC, le PADER, etc. a eu un effet multiplicateur sur la densité et la qualité des aménagements à Malanville. En revanche, Karimama, moins ciblée par ces projets, reste à la marge des grands investissements agricoles.

La différence dans les conditions d'accessibilité, d'organisation communautaire et de couverture institutionnelle traduit une inégalité structurelle dans l'accès aux ressources et aux opportunités agricoles. Selon Tossou et Amoussou (2021), ces inégalités territoriales dans les investissements publics en milieu rural contribuent à creuser les écarts de productivité et de résilience entre les Communes.

Enfin, HLPE (2023) insiste sur l'importance d'une gouvernance territoriale équitable dans la gestion des ressources naturelles, en particulier dans les zones à forte dépendance agricole. Il est donc urgent de développer des politiques différenciées pour combler les déséquilibres intercommunaux en matière d'aménagement hydroagricole.

4.2. Caractéristiques agronomiques et hydrologiques des bas-fonds

L'analyse des caractéristiques agronomiques et hydrologiques montre que la majorité des bas-fonds disposent d'une alimentation en eau plurielle (pluie, eaux souterraines, eaux de ruissellement et eaux de surface), mais que la gestion de cette ressource varie d'une Commune à l'autre. À Malanville, la mobilisation des forages et des eaux du fleuve Niger et ses affluents (Sota et l'Alibori) est plus fréquente et structurée, contrairement à Karimama où les exploitants dépendent principalement des précipitations et des puits tubés, rendant la production plus vulnérable aux aléas climatiques. Selon Diouf et al. (2019), les systèmes pluviaux en zone sahélienne présentent une forte instabilité liée aux variations interannuelles de la pluviométrie. Ces constats sont corroborés par Adjomayi et al. (2021), qui observent que dans les zones de riziculture semi-aride, l'absence de maîtrise de l'eau réduit les rendements de 30 à 50% par rapport aux systèmes irrigués.

La nature des sols constitue également un facteur déterminant. Les deux Communes présentent majoritairement des sols argileux, adaptés à la riziculture, mais les taux de matière organique sont sensiblement plus faibles à Karimama (inférieurs à 2 %), ce qui indique une dégradation avancée liée à une agriculture extensive. Les zones agroécologiques de l'extrême Nord-Bénin et cotonnière du Nord Bénin sont dégradées sur les plans chimique, physique et biologique, les limitations sévères étant observées en matière organique et nutriment (Azontonde et al., 2016). Bourguignon et al. (2022) soulignent que cette baisse de fertilité limite la productivité et accroît la dépendance aux intrants chimiques.

De plus, Idrissou et al. (2023) plaident pour une gestion agroécologique intégrée de la fertilité des bas-fonds, basée sur le compostage, la rotation culturale et la couverture végétale, afin de renforcer la résilience des sols dans les systèmes irrigués en Afrique de l'Ouest.

La mise en œuvre de politiques d'accompagnement technique et de formation des producteurs sur les bonnes pratiques agroécologiques

s'avère donc essentielle pour garantir une exploitation durable des ressources naturelles.

4.3. Typologie des systèmes d'aménagement hydroagricole

L'analyse typologique distingue trois grandes catégories d'aménagements hydroagricoles : simple, mixte et définitifs. À Karimama, les aménagements simples dominent, caractérisés par une absence de maîtrise de l'eau, une faible efficacité technique et une grande exposition aux aléas. Ces types d'aménagements sont souvent autogérés, à faible coût, mais ils offrent des rendements faibles et instables, comme le confirme Ahouangansi et *al.* (2024) dans leur étude sur la performance des systèmes agricoles semi-intensifs dans l'Atacora. À l'inverse, les aménagements définitifs, majoritairement situés à Malanville, permettent une maîtrise plus fine des intrants hydriques et une productivité accrue. Ils nécessitent cependant un encadrement fort, une maintenance régulière et un système de gouvernance collective. Zinsou et *al.* (2022) précisent que l'efficacité de ces aménagements repose sur l'existence de comités de gestion fonctionnels et sur la coordination entre les acteurs publics et privés.

La transition vers des aménagements plus performants passe par l'adoption d'innovations technologiques (digues filtrantes, motopompes, barrages de retenue) et un accompagnement renforcé des exploitants. Djalou et *al.* (2023) notent que les innovations low-tech comme les fossés d'infiltration ou les pompes solaires améliorent l'efficacité hydrique tout en réduisant la dépendance aux énergies fossiles.

Enfin, FAO (2023) souligne que la durabilité des systèmes d'aménagement dépend de leur intégration dans des stratégies locales, combinant ingénierie, finance rurale, renforcement institutionnel et équité d'accès.

Ainsi, pour réussir la transition agronomique et hydraulique, il est nécessaire d'adopter une approche inclusive, multisectorielle et participative, tenant compte des capacités locales, des vulnérabilités sociales et des contraintes environnementales spécifiques à chaque territoire.

4.4. Apports scientifiques et théoriques

Cette étude apporte une contribution significative à la compréhension des systèmes agronomiques hydrologiques et écologiques en contexte sahélien, en proposant une typologie opérationnelle des bas-fonds rizicoles fondée sur l'analyse croisée de variables physiques (topographie, disponibilité en eau), techniques (type d'aménagement), socio-économiques (organisation des producteurs, accès au crédit) et institutionnelles (présence de projets, dispositifs de soutien). En intégrant ces dimensions, elle dépasse les approches strictement techniques ou agronomiques pour offrir une grille de lecture systémique et contextualisée, adaptée aux dynamiques territoriales du Niger béninois. Cette approche permet d'identifier des leviers de transformation différenciés selon les types d'aménagements, facilitant ainsi l'élaboration de politiques publiques ciblées et adaptées.

Sur le plan théorique, l'étude met en évidence l'importance d'une gouvernance locale inclusive et territorialisée dans la gestion durable des ressources en eau et des infrastructures agricoles. Elle rejoint les recommandations des cadres de gouvernance collaborative (HLPE, 2023), qui prônent l'implication des acteurs locaux, la reconnaissance des savoirs paysans et la coordination interinstitutionnelle comme conditions de durabilité. En soulignant les inégalités d'accès aux

ressources et aux opportunités d'aménagement entre Communes, cette recherche appelle à repenser les modalités d'allocation des investissements publics en s'appuyant sur une logique de justice spatiale et d'équité territoriale, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour la planification agronomique et hydraulique dans les zones rurales vulnérables.

4.5. Limites de l'étude et perspectives de recherche

Malgré la richesse des données collectées, cette étude présente certaines limites relatives d'une part, à l'absence de base de données sur le potentiel de bas-fonds disponibles dans la vallée du Niger au Bénin pour confronter le recensement systématique des bas-fonds réalisé dans le cadre de ces travaux de recherche et d'autre part aux données climatiques et hydrologiques qui n'ont pas été directement mesurées sur le terrain.

Une perspective de recherche future pourrait s'intéresser à la rentabilité économique et à la résilience environnementale de chacun des types d'aménagements identifiés, afin d'orienter les choix d'investissement public et privé sur des bases plus rationnelles. Par ailleurs, il serait pertinent d'examiner les dynamiques de transformation institutionnelle autour de la gouvernance des ressources partagées, notamment dans le contexte des changements climatiques.

4.6. Implications pratiques pour les acteurs du développement

Les résultats de cette étude offrent plusieurs implications pratiques majeures pour les acteurs du développement (collectivités locales, ONG, projets agricoles, services déconcentrés de l'État, bailleurs). Premièrement, la typologie des aménagements identifiée peut servir d'outil de planification ciblée, permettant d'adapter les interventions techniques, financières et institutionnelles aux réalités spécifiques de chaque type de bas-fond.

Deuxièmement, l'étude met en lumière la nécessité de renforcer l'accompagnement des producteurs dans les zones marginalisées comme Karimama, en y orientant les investissements publics et en favorisant l'émergence de coopératives agricoles structurées.

Troisièmement, les disparités d'accès à l'eau et à la fertilité des sols appellent à la mise en œuvre de programmes intégrés de gestion durable (irrigation, agroécologie, conservation des sols) portés par des cadres multi-acteurs.

Enfin, les acteurs doivent promouvoir des approches de gouvernance participative et inclusive, favorisant l'implication des communautés locales dans les choix d'aménagement et dans la gestion des ressources, afin de renforcer l'appropriation et la durabilité des actions entreprises.

5. Conclusion

Les différentes analyses réalisées sur les aménagements des bas-fonds rizicoles dans la vallée du Niger au Bénin ont permis d'identifier trois typologies distinctes, chacune caractérisée par des pratiques agricoles, des modes de gestion et des infrastructures spécifiques. Ces typologies traduisent un gradient d'évolution allant des systèmes traditionnels individuels vers des dispositifs communautaires plus structurés et modernes. En ce sens, cette typologie peut être utilisée pour concevoir des politiques agricoles plus adaptées aux réalités locales, en favorisant une montée en gamme progressive des systèmes traditionnels vers des systèmes plus résilients et productifs, sans ignorer les contraintes

écologiques, institutionnelles et socio-économiques spécifiques à chaque territoire.

Une recommandation stratégique forte émerge : l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique publique nationale intégrée d'aménagement et de gestion durable des bas-fonds, adossée à une typologie fonctionnelle et participative, apparaît indispensable pour maximiser les retombées économiques et sociales de la riziculture irriguée dans la vallée du Niger au Bénin. Cette politique devrait inclure un dispositif de financement différencié, une ingénierie territoriale adaptée et un cadre de gouvernance multi-niveaux, mobilisant à la fois les collectivités locales, les organisations paysannes et les services de l'État.

Références bibliographiques

- Adégbidi, A., & Gounsé, J. D. (1996). *Structure, conduite et performance du marché du porc local au Sud-Bénin*. Faculté des Sciences Agronomiques – Université Nationale du Bénin, Série d'Économie et de Sociologie Rurale n°20.
- Akakpo, A. D. R. (2011). *Caractérisation agro-morphologique de riz Oryza spp. du Bénin*. Thèse d'ingénieur agronome, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- Amoussou, A., & Adjéoda, A. (2023). Analyse des effets des changements climatiques sur les moyens d'existence durables des producteurs de riz et stratégies d'adaptation au nord Bénin. *Agronomie Africaine*, 34(1), 21-32.
- Azontondé, H. A., Igué, A. M., Dagbénonbakin G. (2016). La carte de fertilité des sols du Bénin par zone agroécologique du Bénin. Rapport final. Dépôt légal n°9045 du 21/11/2016, 4^{ème} trimestre 2016. Bibliothèque Nationale du Bénin. ISBN : 978-99919-2-607-0.
- Bationo, A., Houssou, N., & Koussoubé, E. (2020). *Structuration des coopératives agricoles et accès au crédit rural en Afrique de l'Ouest*. Revue Économie Rurale, 2020(1), 77–90.
- Bourguignon, L., & Bourguignon, C. (2022). *Stratégies paysannes de gestion de la fertilité des sols autour des bas-fonds*. African Journal of Land Policy and Geospatial Sciences, 5(1).
- CIRAD. (2019). *Typologies des producteurs dans les aménagements rizicoles en Afrique de l'Ouest*. Montpellier : CIRAD.
- Diouf, M., Badiane, O., & Sané, M. (2019). *Variabilité climatique et stratégies d'adaptation des riziculteurs en Basse-Casamance*. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, 19(1).
- Dossou, J. P., & Houndekon, V. A. (2022). Impact des stratégies d'adaptation au changement climatique sur la production rizicole au Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 20(3), 163-172.
- Dugué, P., & Sissoko, F. (2020). *Dynamiques agraires et durabilité des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'Ouest*. Montpellier: CIRAD.
- FAO. (2011). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2015). *Irrigation techniques for small-scale farmers: Key practices for DRR implementers*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2023). *Water Infrastructure at the 43rd Session of FAO Conference*. Rome: FAO.
- HLPE. (2023). *Réduction des inégalités au service de la sécurité alimentaire et de la nutrition*. Rome: HLPE-FSN du CSA.
- Houngnibo, C., & Dossou, J. P. (2021). Efficacité technique et rentabilité financière de la production de semences de riz : cas du périmètre irrigué de Koussin-Lélé dans la Commune de Covè au Bénin. *Revue Africaine d'Agriculture et de Développement Durable*, 21(2), 45-58.
- Kamiri, H. M., Mutambara, J., & Makurira, H. (2018). Typology of smallholder irrigation schemes and their performance in sub-Saharan Africa. *Irrigation and Drainage Systems Engineering*, 7(1), 1–10.
- Lebart, L., Piron, M., & Morineau, A. (2006). Statistique exploratoire multidimensionnelle : visualisation et inférences en fouilles de données. Paris : Dunod, 464 p. (Sciences Sup : Cours). ISBN 2-10-049616-6.
- Le Bars, M. (2014). Gestion de l'eau agricole et gouvernance locale en Afrique de l'Ouest : entre pratiques communautaires et régulation étatique. *Revue Tiers Monde*, 218(2), 55–74.
- Leite, J. F., Silva, E. S., & Costa, A. G. (2021). Performance of irrigation canals in smallholder rice schemes. *Agricultural Water Management*, 243, 106461.
- Orou Pete Alou, G. S., Gbewezoun, H. G. V., Alassane Zakari, A., Alassane, A., Lawin, A. E., Mama, D., & Boukari, M. (2021). Caractérisation De L'aquifère Superficiel Du Bassin Sédimentaire De Kandi (Nord-Est Bénin, Afrique Ouest): Nature Et Structure Du Reservoir, Hydrodynamique. *European Scientific Journal*, ESJ, 17(3), 79.
- Rochegeude, A. (2007). *L'accès à l'eau en Afrique rurale : entre droit, légitimités et pratiques*. Paris : IRD Éditions.
- Tahirou, S., Zerbo, P., Ouattara, S., & Ado, M. N. (2022). Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole de Saga (Niamey) dans la vallée du fleuve Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(2): 842-854. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). Yabi, J. A., & Afouda, Y. (2020). Typologie des stratégies d'adaptation développées en riziculture au Bénin ainsi que les déterminants. *Journal of Agricultural Science*, 12(4), 112-125.
- Zannou, A., & Hounnou, F. E. (2021). Influence du changement climatique sur le rendement des cultures vivrières au Bénin. *Journal of Agricultural Science*, 13(1), 45-60.

Zossou, E., & Zoundji, G. C. (2022). Déterminants socio-économiques du changement des pratiques dans la plateforme de chaîne de valeur du riz étuvé à Malanville, Bénin. *European Scientific Journal*, 18(10), 140-157.