

AMENAGEMENT DE LA ROUTE SEKOU-SOLOTOMEY AU BENIN : QUELLES APPROCHES POUR UN DEVELOPPEMENT SOCIOECONOMIQUE DURABLE ?

MAKPONSE Makpondéou

*Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE)/Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)/ Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS)/Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin
makpons18@yahoo.fr*

ADJAGODO Florent

Ecole Supérieure des Ingénieurs Géomètres-Topographe. Université Privé Cotonou

VISSOH Adjokè Loyal

Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionale (LEDUR) / Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)/ Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS)/Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin

Résumé

La route révèle une importance socioéconomique pour toutes les communautés sociales. Cette recherche vise à proposer un aménagement de la voie Sékou-Solotomey au Bénin pour un développement socioéconomique durable. Malgré les nombreux aménagements réalisés sur ce tronçon de route le transport des biens et des personnes est confronté à de nombreuses difficultés. L'analyse des aménagements antérieurs a permis de mettre en relief les insuffisances et d'explorer de nouvelles approches pour la durabilité de cette infrastructure et le bien-être social. Des données climatiques, démographiques et socioéconomiques ont été collectées grâce à une recherche documentaire, des entretiens, des observations réalisées à partir respectivement d'un guide d'entretien, d'une grille d'observation. Elles proviennent également d'un échantillon de 222 personnes, constitué à l'aide du protocole de Schwartz et par choix raisonné, soumis à un questionnaire. Des travaux topographiques, hydrologiques, hydrauliques ont permis de dimensionner des ouvrages qui vont assurer la durabilité de la route et le développement socioéconomique. Cette recherche a révélé à

travers le Modèle Numérique de Terrain que le relief du secteur d'étude est faiblement incliné (0,20 %) et contribue à la dégradation de la route avec une intensité pluviométrique annuelle moyenne de 1307 mm. Le sol ferrallitique à concrétions ferrugineuses du site de recherche est argilo-sableux, très glissant pendant les saisons pluvieuses et rend la circulation difficile. Les aménagements antérieurs ont des dalots de dimensions non appropriées et manquent d'exutoires. Pour les nouvelles approches d'aménagement, les facteurs hydrologiques, hydrauliques, géométriques et topographiques sont pris en compte et aboutissent au dimensionnement des ouvrages d'assainissement. Deux dalots de dimensions 1 mx2x1 sont projetés au niveau des points bas du terrain naturel. Des caniveaux projetés ont des sections variables (40x50 ; 50x70, etc.). La réalisation du plan d'aménagement pour un développement durable nécessite un montant estimé à 852.211.780 FCFA, qui peuvent provenir de l'Etat, des collectivités décentralisées, des usagers de la route.

Mots clés : Sékou – Solotomey – Aménagement - Collectivités territoriales - Développement durable

Abstract

The road reveals socio-economic importance for all social communities. This research aims to propose a development of the Sékou-Solotomey road in Benin for sustainable socio-economic development. Despite the numerous developments carried out on this section of road, the transport of goods and people is faced with numerous difficulties. The analysis of previous developments made it possible to highlight the inadequacies and explore new approaches for the sustainability of this infrastructure and social well-being. Climatic, demographic and socio-economic data were collected through documentary research, interviews, observations carried out using an interview guide and an observation grid respectively. They also come from a sample of 222 people, constituted using the Schwartz protocol and by reasoned choice, submitted to a questionnaire. Topographical, hydrological and hydraulic work made it possible to design structures which will ensure the sustainability of the road and socio-economic development. This research revealed through the Digital Terrain Model that the relief of the study area is slightly inclined (0.20%) and contributes to the degradation of the road with an average annual rainfall intensity of 1307 mm. The ferrallitic soil with ferruginous concretions of the research site is clayey-sandy, very slippery during the rainy seasons and makes circulation difficult. Previous developments have scuppers of inappropriate dimensions and lack outlets. For new development approaches, hydrological, hydraulic, geometric and

topographical factors are taken into account and result in the sizing of sanitation works. Two scuppers measuring 1 mx2x1 are projected at the level of the low points of the natural terrain. Projected gutters have variable sections (40x50; 50x70, etc.). The implementation of the development plan for sustainable development requires an amount estimated at 852,211,780 FCFA, which can come from the State, decentralized communities, road users.

Keywords: *Sékou – Solothomey – Planning - Local authorities - Sustainable development*

Introduction

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échanges entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques et sociales (Y. Kouadria 2019, p. 66). Le Bénin est un pays côtier de l'Afrique Subsaharienne, présentant une façade maritime de 125 km ouverte sur l'océan Atlantique. Cette position lui confère le rôle principal de couloir de communication entre la mer et les pays de l'arrière-pays et favorise le transport routier. Le réseau routier occupe une place stratégique dans le système de transport béninois, puisqu'il supporte plus de 95% du volume de transport de personnes et 80% des marchandises (S. K. Bawé, 2014, p. 54). Le renforcement et l'amélioration du niveau de service du réseau routier sont les principaux objectifs du Programme Sectoriel des Transports (PST) adopté par le Gouvernement du Bénin depuis une vingtaine d'années. Dans ce cadre, les objectifs suivants sont assignés, entre autres, au sous-secteur routier : l'extension du réseau bitumé en particulier et du réseau classé en général ; l'amélioration du niveau de service de tout le réseau et l'élévation du niveau de compétitivité du corridor béninois par rapport aux autres corridors concurrents vers les pays de l'arrière-pays. A cet effet, il convient de garantir un niveau de

service efficace pour tout le système de transport existant au Bénin en général et en particulier pour le transport routier car la route constitue un axe stratégique de développement économique d'une nation notamment par son rôle essentiel dans le transport des personnes et des marchandises (E. Mérénnée 1993, p. 45). Dans une vision globale du développement, le Gouvernement du Bénin s'engage à se servir de la route mieux que par le passé non seulement comme facteur de création de richesses, mais aussi et surtout comme un patrimoine à préserver, un capital accumulé et un outil de travail collectif qui doit contribuer au relèvement du PIB (C. Adjagboni, 2019, p. 77). Les communes d'Allada et de Zè sont voisines et ont une démographie assez importante. C'est une zone de transit des produits agricoles où le commerce est développé. En dehors de la RNIE II, la route Allada-Tori-Bossito et celle Zè-Zè plaque, toutes les routes communales sont en terre où l'aménagement et l'assainissement sont inefficaces, créent l'insécurité et la perte de temps. En effet, le transport doit surtout se faire dans des conditions de confort, de sécurité, de fluidité et de visibilité (T. H. Razafindratsimba, 2014, p. 94). Cette recherche s'inscrit dans l'analyse des facteurs de dégradation des routes et dans une perspective de proposition d'un aménagement durable pour le développement socioéconomique. Le projet d'aménagement et d'assainissement de la voie Allada-Zè (tronçon Sékou-Solotomey) s'inscrit dans le cadre de faciliter le déplacement des personnes et des biens vers les marchés des localités de la région. Les communes d'Allada et de Zè constituent de grandes zones de production agricole variée. L'ananas et la banane produits en grandes quantités sont des denrées périssables qui ont besoin d'être rapidement évacués des champs vers les marchés pour consommation. Il en est de même pour des milliers de tonnes de maïs, de manioc, de piments, de noix de palme et de légumes produits dont les surplus sont transportés et commercialisés sur les marchés locaux et voisins. La concentration des services administratifs et sociocommunautaires dans les localités de

Sékou et d'Allada fait de ces dernières des points de mire. Pour réduire la durée du parcours, les populations situées à l'est sont astreintes à passer par la corde Sékou-Solotomey au lieu de l'arc Zè-Sékou. Il en résulte un trafic important de piétons, de vélos, de motos, de tricycles, de voitures, de taxi, de camions parfois portant des marchandises. Les veilles et les jours des marchés le trafic des marchandises est particulièrement très important. Au total les Trafics Moyens Journaliers (TMJ) et Annuels (TMA) sont intéressants et présument d'une rentabilité socioéconomique en cas d'aménagement et d'assainissement. La route Sékou-Solotomey est très fréquentée, en mauvais état et peu sûre. Malgré les nombreux aménagements qu'a subi ce tronçon, les activités de transport sont confrontées à de nombreux problèmes. En effet, des crevasses et des nids de poule de profondeur variable s'échelonnent sur ce tronçon de route. Les eaux pluviales y stagnent pendant des jours. L'état défectueux de la voie fait perdre du temps, amortir les moyens de déplacement. Ainsi, les risques d'insécurité sont élevés. Des accidents de circulation, des pertes en vies humaines sont enregistrés surtout les jours de marchés. La circulation est pénible pour la population en toute saison et notamment pendant la saison pluvieuse au cours de laquelle, ce tronçon est impraticable. Ce calvaire que subit la population sur ce tronçon est à l'origine d'énormes pertes pour la population. En outre, sont enregistrés des retards des marchandises à destination ; des méventes dans les marchés ; des dépenses inutiles pour la réparation des engins ; des baisses de revenus de la population. C'est pour pallier ces problèmes, que de nouvelles approches sont proposées par ce travail pour assurer d'une part la durabilité et la résilience des aménagements de la route Sékou-Solothomey et le développement socioéconomique d'autre part. Pour y arriver, il importe de déterminer les facteurs de dégradation de cette route, d'analyser les raisons pour lesquelles ses aménagements précédents ne sont pas satisfaisants et enfin

proposer d'autres approches pour des aménagements et assainissements durables et résilients.

1- Méthodologie

1-1 Présentation du milieu de recherche

La zone de projet est localisée dans la commune d'Allada, plus précisément dans l'arrondissement de Sékou. Le tronçon a son point de départ, point kilométrique zéro (PK0) situé à 6°37'56'' latitude nord et 2°13'32'' longitude est sur la Route Inter-Etat n°2 à côté du marché Sékou en passant devant le CEG Sékou et s'étend sur une distance de 4,5 km de long et finit au point kilométrique fin (PK Fin) qui est à 6°39'45'' latitude nord et à 2°15'15'' longitude est. La figure 1 présente une photo satellitaire qui montre la situation géographique de la zone de projet à l'échelle de l'arrondissement de Sékou. Elle montre également que le PK 0 du tronçon se trouve sur la RNIEII Cotonou-Allada, non loin du Lycée agricole Médji. La ligne rouge représente le tronçon Sékou-Solotomey, une route qui relie la commune d'Allada à celle de Zè. Le site de cette infrastructure sociocommunautaire est le plateau d'Allada (figure 2) qui a une altitude moyenne de 100 m (S. K. Adam et M. Boko, 1983, p. 13). Il est limité au sud par une plaine côtière, au nord par la dépression de la Lama qui est une plaine dont les rebords présentent des escarpements. Il s'agit d'un plateau de terre de barre qui est une formation provenant du démantèlement de sol latéritique (L.M. Oyédé, 1991, p. 46). Le relief relativement plat est favorable aux activités économiques et à la construction des infrastructures socioéconomiques comme les routes. La figure 2 présente le plateau d'Allada, son réseau hydrographique, ses limites et quelques localités. Il est situé entre 2°00' et 2°25' longitude est et entre 6°20' et 6°50' de latitude nord. Ce terrain est situé dans le département de l'Atlantique et limité au nord par le département du Zou, à l'est par le département de l'Ouémé, au sud par le département du

Littoral et la commune de Ouidah, et à l'ouest par les départements du Mono et du Couffo.



Figure 1 : Situation géographique de la route

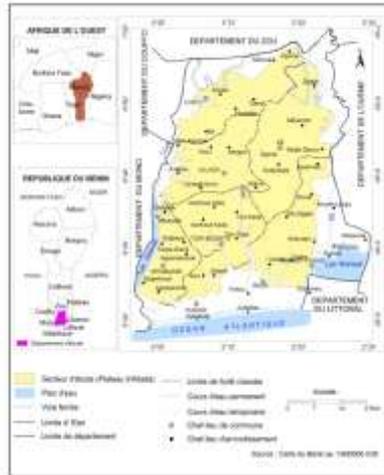


Figure 2 : Situation géographique du plateau Sékou-Solothomev

Source : Google earth

La section de route objet de cette recherche est arrosée par un climat dont le régime pluviométrique se présente tel que le montre ce diagramme pluviométrique construit à partir des moyennes pluviométriques mensuelles interannuelles (figure 3).

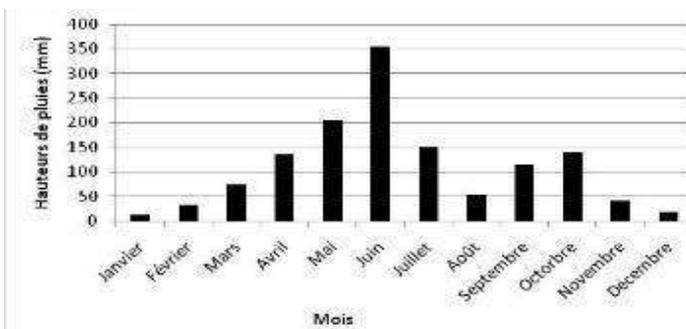


Figure 3 : Régime pluviométrique d'Allada de 1953-2022

Source : Météo-Bénin, 2023

La figure 3 montre deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La grande saison pluvieuse commence en mars pour terminer en juillet avec un mode de 350 mm en juin. Une petite saison sèche est observée notamment en août avec 50 mm de hauteur d'eau. Elle est suivie d'une petite saison pluvieuse qui s'étend de septembre à novembre avec un mode de 148 mm en octobre. La grande saison sèche commence de décembre pour prendre fin en février. Les précipitations se répartissent en moyenne entre 80 et 120 jours. La moyenne calculée à la station d'Allada sur 43 ans (1952 à 1995) est de 1313 mm et de 1210 mm de 1996 à 2022. Ceci révèle une tendance à la baisse de la pluviométrie avec une température moyenne annuelle comprise entre 27,6°C et 28°C. Selon M. Boko et *al.*, (2007, p.10), à l'échelle annuelle, la baisse des précipitations est comprise entre 11 et 28% et durant la période antérieure à 1971 et il y a un raccourcissement de la petite saison des pluies. Le ruissellement des eaux pluviales participe à la dégradation des routes en créant des ravins de formes et de profondeurs variables sur des sols en grande partie argilo-sableux. Il existe dans le secteur d'étude des sols ferrallitiques, ferrugineux tropicaux, hydromorphes, vertisols et des sols peu évolués. Humides et glissants les sols argilo-sableux constituent des handicaps à la circulation des biens et des personnes. Les sols hydromorphes et vertisols présentent des couches supérieures très argileuses et vaseuses à des profondeurs de 1 à 3 m. Pour la durabilité des infrastructures, il importe de les décaper pour éviter la dessiccation très dommageable aux routes. Ces sols sont couramment saturés en eau, ce qui justifie la présence d'une végétation typique de zone humide (FAO, n.d.). Ils sont compacts et ne facilitent pas l'infiltration rapide des eaux pluviales. Les sols ferrugineux tropicaux et peu évolués possèdent une bonne capacité de drainage, mais ne peuvent constituer d'importantes réserves en eau utile pour la végétation (B.Tente, 2010). Les sols ferrallitiques sont faiblement dénaturés, appauvris, développés sur des matériaux sédimentaires argilo-sableux du continental

terminal (CPCS, 1967 ; B. Volkoff et P. Willaime, 1976 ; B. Volkoff, 1976). Les sols hydromorphes constituent des zones fertiles sur lesquelles se développent des forêts marécageuses. Sur les vertisols, il y a peu de végétation. L'ensemble des formations pédologiques est favorable à l'agriculture dont une partie de la production est transportée et commercialisée. La formation végétale prédominante est le bush arbustif, même si quelques forêts claires émergent par endroits (N. Aho et al., 2018). La végétation fournit des matières premières ligneuses dont les buses sont transportées, transformées et vendues. Avec la déforestation, la végétation ne constitue plus dans son ensemble un obstacle à la construction et à la réhabilitation des infrastructures routières.

Le réseau hydrographique est composé des plans d'eau comme le lac Dati (15 km²) à Adimalè, le prolongement du lac Ahémé appelé Ava qui prend sa source à Niaouli dans l'arrondissement d'Atogon pour passer dans celui d'Avakpa avant de se jeter dans le fleuve Couffo dans l'Arrondissement de Long-Agonmey (Y. M. B. Hounsounou, 2014, p. 10). Il y a aussi la présence de la rivière Aoutè dans l'Arrondissement de Togoudo, des marécages et des bas-fonds. Les cours et plans d'eau permettent aux populations de pratiquer des activités halieutiques dont les produits sont en partie transportés et vendus dans les marchés. L'aménagement de la route Sékou-Solotomey nécessite le drainage des eaux pluviales vers des exutoires naturels et l'établissement des ponts sur les cours d'eau qui traversent ce tronçon de route. Ce dernier est utilisé notamment par les populations des communes d'Allada et de Zè qui comptent respectivement 127 512 habitants et 106 913 habitants.

Les économies de ces communes sont notamment basées sur les activités agricoles. Les principales cultures sont l'ananas (*Ananas comosus*), le manioc (*Manihot esculenta*), le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), le maïs (*Zea mays*), le haricot (*Phaseolus spp*), l'arachide (*Arachis hypogea*), la tomate (*Lycopersicum esculentum*), l'orange (*Citrus sinensis*), le

gombo (*Hibiscus esculentus*), le piment (*Capsicum annum*) et la banane (*Musa sp*). Les populations pratiquent également l'élevage, la pêche, le commerce, l'artisanat, le transport, l'exploitation du bois. Des marchés locaux contribuent à la commercialisation des matières premières et des produits manufacturés. Les plus importants sont ceux d'Avakpa, de Sékou, de Dessa, d'Allada centre, de Zè centre, de Zè Plaques, etc. Les principaux marchés voisins sont ceux de Glo-Djiddé, de Zopah, d'Akassato, de Godomey, de Dantokpa, de Sèhouè, de Bohicon. Dans le circuit de distribution, l'axe routier Sékou-Solothomey joue un rôle important à travers la densité du trafic routier et du transport de biens et de personnes. Il est alors nécessaire d'aménager et d'assainir de façon durable et résiliente ce tronçon pour promouvoir les activités économiques et contribuer au développement socioéconomique. Plusieurs données ont été collectées pour cette étude.

1-2 Collecte des données

1-2-1 Nature des données

Diverses données ont été collectées grâce à un matériel et à des techniques de recherche. Elles sont d'ordres démographiques et socioéconomiques issues des recensements généraux de la population et de l'habitat organisés par l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INStAD) en 1979, 1992, 2002 et en 2013 afin d'apprécier le rythme de la croissance de la population et de ses besoins. Des données topographiques et pédologiques sont utilisées pour analyser les dénivelés, les formes du relief et le nivellement topographique. Les caractéristiques des divers types de sol que traverse le tronçon routier ont été collectées et analysées afin d'appréhender la résistance et la dureté des particules rocheuses pour savoir la nature des infrastructures à implanter. Les données climatiques (pluies et températures), hydrologiques et hydrauliques ont permis d'apprécier l'évolution du régime pluviométrique dans le temps et dans l'espace afin de déterminer d'une part les

paramètres qui influencent le régime hydrique des bassins-versants qui alimentent les exutoires du site de l'aménagement et d'autre part d'identifier les passages d'eau nécessitant la construction des ouvrages, les méthodes de prédétermination de crue du projet, la conception et le dimensionnement des ouvrages.

1-2-2 Matériel et méthodes de collecte des données

Un Global Positioning System (GPS) bi fréquence et un appareil photo numérique ont été respectivement utilisés pour la localisation et la prise des images des phénomènes géographiques utiles pour des illustrations. Pour le dimensionnement des ouvrages et la détermination de la taille, de la distance séparant des objets, un ruban d'acier de 50 mètres de long a été utilisé. Un marteau et des piquets en fer ont permis de matérialiser certains points importants pour l'étude. Deux téléphones portables et un ordinateur ont permis le transfert des données du terrain. Dans la phase de pré-enquête (décembre 2022 à février 2023), une recherche documentaire a été réalisée pour collecter des données relatives aux cadres naturel et humain. Les enquêtes de terrain (mars à juin 2023) ont permis de collecter des données en situation réelle. Des observations directes ont été faites à l'aide d'une grille d'observation. Des levés planimétriques et altimétriques ont été réalisés pour obtenir des informations sur le relief, l'occupation des abords du tronçon routier et pour relever les caractéristiques du réseau d'assainissement. Un récepteur GNSS en mode RTK a été utilisé à cet effet. L'ensemble des points du canevas de polygonaion a été relevé au GPS, au GNSS/GLONASS RTK avec pour référence le point géodésique du Bénin 2^{ème} ordre : point IGN 241 situé dans le Lycée Agricole Médji de Sékou et le point IGN 228 dans l'école primaire publique de Agbandonou. Des levés de corps de rue, des points de travers et de profil en long ont été réalisés.

Dans l'impossibilité d'interroger individuellement chaque membre de la population, un échantillon représentatif a été constitué à l'aide du protocole de Schwartz (1995) et du choix raisonné. Pour que l'échantillon (N) prenne en compte toutes les parties prenantes, chacun des douze (12) et onze (11) arrondissements respectivement des communes d'Allada et de Zè a fourni un effectif de base (N_1, \dots, N_{23}). La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule statistique de Schwartz (1995) : $N = T^2 PQ / e^2$ avec N= taille de l'échantillon de l'étude ; T^2 = écart fixé à 1,96 correspondant à un degré de confiance de 95 % ; P= effectif de la population par arrondissement / effectif de la population-mère ; Q = 1-P ; e = marge d'erreur qui est égale à 5 % et par la technique de choix raisonné. La population-mère est la somme des effectifs des populations des communes d'Allada et de Zè : 127 512 habitants + 106 913 habitants = 234425 habitants (INStAD, 2013). Le nombre de personnes à interroger est déterminé par arrondissement en se basant sur l'effectif de sa population (tableau I). Le nombre de personnes probables à interroger dans le premier arrondissement d'Allada via la formule de Schwartz est calculé de la façon suivante : $N_1 = 1,96 \times 1,96 (11480 : 234425) (1 - 0,05) / (0,05)^2 = 73$.

Dans le premier arrondissement d'Allada (Agbanou), 73 personnes sont à interroger. C'est de cette même manière que les effectifs de personnes à interroger dans les vingt-deux autres arrondissements ont été déterminés (tableau I). Le cumul des sous-échantillons des arrondissements fait 1403 personnes à interroger. Dans l'impossibilité d'interroger 1403 personnes, les sous-échantillons par arrondissement sont réduits de 10% pour obtenir le nombre de personnes réellement interrogées via la formule de Schwartz : n_1, \dots, n_{23} (tableau I). Ainsi, par la formule de Schwartz, 142 personnes ont été déterminées pour être interrogées. Le choix raisonné a été réalisé sur quota dont la base est le sous-échantillon le plus faible qui est ici égale à 2. Les rapports des sous-échantillons par rapport à cette base sont

déterminés (tableau I). L'arrondissement de Tokpa-Avagoudo ayant l'effectif le plus faible a servi de base de quota. Les proportions ont permis de déterminer le nombre de personnes à choisir par raison et par arrondissement. Par cette technique 80 personnes (tableau I) ont été ajoutées à l'effectif déterminé par le protocole de Schwartz. Au nombre des critères retenus, il y a notamment : avoir vécu dans les communes d'Allada et de Zè au moins pendant 30 ans, être propriétaire terrien, de maison, agriculteurs, pêcheurs, commerçants, leaders d'opinion, sages, autorités traditionnelles et administratives, spécialiste des questions d'aménagement du territoire, des sciences de vie et de la terre, socio-anthropologue, historien, etc. Au total, l'échantillon représentatif interrogé dans le cadre de cette étude est composé de 222 personnes. Cet échantillon a été soumis à un guide d'entretien et à un questionnaire.

Tableau I : Répartition des membres de l'échantillon déterminés par la formule de D. Schwartz (1995) et par choix raisonné

Arrondissements des communes d'Allada et de Zè	Effectif de la population par arrondissement	Nombre De Personnes à interroger (N _i)	Nombre de personnes interrogées (n _i)	Pourcentage de personnes interrogées	Nombre de fois du quota de base	Nombre De personnes interrogées par raison	Pourcentage de personnes interrogées par raison
Agbanou	1 1480	73	7	5%	3,5	4	5%
Ahouanonzoun	1 960	73	7	5%	3,5	4	5%
Allada	23287	138	14	10%	7	7	8%
Attogon	7123	45	5	4%	2,5	3	4%
Avakpa	4852	30	3	2%	1,5	2	3%
Ayou	7897	45	5	4%	2,5	3	4%
Hinvi	5160	30	3	2%	1,5	2	3%
Lisse-Gazoun	14989	87	9	6%	4,5	5	5%
Lon-Agonme	4 227	28	3	2%	1,5	2	4%
Sékou	26494	150	15	11%	7,5	8	10%
Togoudo	6051	30	3	2%	1,5	2	3%
Tokpa-Avagoudo	3992	15	2	1%	1	1	1%
Adjan	7367	30	3	2%	1,5	2	3%
Dawè	5431	30	3	2%	1,5	2	3%
Djigbé	4272	30	3	2%	1,5	2	3%

Dodji-Bata	13362	87	9	6%	4,5	5	5%
Hékanmè	11248	73	7	5%	3,5	4	5%
Koundokpoé	8478	59	6	4%	3	3	4%
Sèdjè-Dénou	8947	59	6	4%	3	3	4%
Sèdjè-Houégoudo	7104	45	5	4%	2,5	3	4%
Tangbo-Djèvié	14628	87	9	6%	4,5	5	5%
Yokpo	9 173	59	5	4%	2,5	3	4%
Zè	16903	100	10	7%	5	5	5%
Total	234425	1403	142	100%		80	100

Source : Travaux de terrain, juin 2023

Le tableau I montre le nombre de personnes interrogées par arrondissement par la méthode statistique de Schwartz et par choix raisonné par quota.

Les visites du tronçon de route Sékou-Solotomey ont permis de constater que le trafic est fluide et de compter le nombre de moyens de transport qui transitent par cette voie. Les données collectées ont été traitées et les résultats obtenus ont été analysés.

1-2-3. Traitement des données et analyse des résultats

Après le dépouillement manuel des données, elles ont été classées en catégories quantitative et qualitative et rangées sous formes de tableaux et de graphiques à l'aide des tableurs Excel et Word. Les résultats obtenus ont été analysés à l'aide des modèles FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces) et PEIR (Pressions, Etats, Impacts et Réponses). En effet, dans le cadre de cette étude, le secteur d'étude est considéré comme un système où il y a interrelations entre les différentes composantes de l'environnement. L'analyse des principales caractéristiques des différents types de routes selon les normes de référence de ICTAVRU (2008) a révélé que la route Sékou-Solotomey correspond aux caractéristiques des routes de type R, donc multifonctionnelles en milieu rural avec une partie en agglomération. Les études topographiques dans le cadre de cette étude ont permis de constater que la route Sékou-Solotomey

traverse un relief vallonné. De ce fait, la catégorie de route choisie est R60. Le tracé en plan de l'axe de la chaussée a été pris en compte car il vise à assurer les conditions de sécurité et de confort tout en intégrant au mieux la topographie du site dans la réalisation. Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des paraboles caractérisées par leur rayon. Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel, la déclivité maximale de 7% et le rayon minimal en angle saillant et rentrant de 1500 m sont retenus. Des profils en travers ont été établis pour permettre le calcul des mouvements de terres (cubatures), de définir le tracé idéal du projet de manière à rendre égaux les volumes de terres excavés avec les volumes de terre remblayés. Ils ont été utiles à la détermination de l'assiette, de l'emprise et des terrains à acquérir. Des données topographiques relevés dans le cadre de cette étude ont donné les côtes à des distances précises à partir de chaque profil de façon transversale à l'axe du projet. Toujours à partir des normes de ICTAVRU (2008), des paramètres géométriques du profil en travers type ont été définis. En effet, en rase campagne, la largeur de la chaussée est de 7 m, une largeur d'accotement d'un mètre (1 m) avec une pente transversale de 2,5%. En agglomération, il est observé une largeur de 9 m de chaussée, une largeur d'accotement de 2,5 m avec une pente transversale de 2,5% ; la piste cyclable (1m×2) est intégrée à la chaussée.

Pour la gestion des eaux pluviales la délimitation des bassins-versants a été réalisée. L'importance de ces derniers dépend de leur superficie. En effet, un bassin-versant est qualifié de très petit lorsque sa superficie (S) est comprise entre $0 < S < 10 \text{ km}^2$, de petit quand la surface se situe entre $10 < S < 200 \text{ km}^2$, de grand lorsqu'il couvre entre $200 < S < 2000 \text{ km}^2$ et de très grand quand $S > 2000 \text{ km}^2$. Du fait que les bassins-versants délimités dans le cadre de cette étude sont de taille inférieure à 4 km^2 , c'est la méthode rationnelle qui a été utilisée. Le débit (Q) en m^3/s de la crue décennale est estimé par la formule $Q = 0,278 C I A$ où C

= coefficient de ruissellement décennal, I = intensité de l'averse en mm/h, A = superficie du bassin-versant en km² et Q = débit à l'exutoire en m³/s. Le coefficient de ruissellement (C) varie suivant plusieurs facteurs (surface, pente du bassin-versant, perméabilité du sol, couvert végétal, zones aménagées, ...). Pour le projet de construction du tronçon de route Sékou-Solotomey, le coefficient de ruissellement utilisé est 0,70. Les paramètres de MONTANA pour la station de Cotonou Aéroport, la station la plus proche du secteur d'étude (55 km) ont été utilisés. C'est le temps de retour de 2 ans qui a été retenu pour le projet. A cause du dimensionnement du réseau et des caniveaux de drainage, une étude hydraulique a été réalisée. Pour le calcul des dimensions des ouvrages, la sortie dénoyée avec l'écoulement à surface libre est généralement, la plus considérée et plus fréquente. La hauteur amont (H1) est alors inférieure ou égale à 1,25 fois la hauteur (D) de l'ouvrage et H1/D < 1,25.

Pour le calcul des dimensions des dalots, des débits quinquennal, décennal et de la profondeur en amont (H1) des ouvrages, a été utilisé la méthode superficielle de Caquot : $Q = 0,826 \text{ m} I^{0.15} C^{1.1} S^{0.87}$ avec Q = débit de projet (m³/s), I = pente (m/m), S = superficie du bassin-versant (ha), C = coefficient de ruissellement du bassin-versant (sans unité). La conformité de H1 à la situation topographique de l'ouvrage a été vérifiée. Pour que l'ouvrage soit capable d'évacuer le débit critique correspondant à la profondeur **H1** amont, il faut que la pente longitudinale (I) de l'ouvrage soit au moins égale ou supérieure à la pente critique (Ic). La pente critique de l'ouvrage (Ic) a été calculée et a guidé sur le choix de la pente longitudinale (I) de l'ouvrage. La vitesse de l'eau dans l'ouvrage est calculée et vérifiée si elle ne dépasse pas la vitesse limite retenue égale à 3 m/s. Le débit réduit **q*v** est calculée à partir des formules dérivées de Manning Strickler et en fonction de la pente longitudinale retenue : $q^*v = \frac{q}{C \times I^{1/2} \times B^{8/3}}$. Cette valeur réduite **q*v** a donné grâce à l'abaque de « Hydraulique routière », la

valeur de V^* selon laquelle la valeur de la vitesse V recherchée est déduite de $V = V^* \times C \times I^{1/2} \times B^{2/3}$. Si la vitesse est acceptable (c'est-à-dire autour de 3 m/s), le calcul est terminé, sinon il faut changer les paramètres d'ouverture et reprendre totalement tout le cheminement.

L'assainissement de la route sera assuré par la mise en place de fossés de drainage rectangulaires ou caniveaux réalisés en béton armé. Le calcul des dimensions des caniveaux tient compte des considérations et critères comme la vitesse admissible entre 0,4 et 4 m/s, la pente minimale de 0,1%, le remplissage maximal des fossés ou caniveaux à 80%. Selon les normes de l'Hydraulique Routière (VAN TUUN, 1979), le caniveau retenu aura une section rectangulaire. La largeur ou le miroir (l) et la profondeur (y) sont les dimensions du caniveau retenu. A l'aide de la formule de Manning Strickler : $Q = Ks \times l \times y \times \left(\frac{l \times y}{l+2y}\right)^{2/3} \times \sqrt{i}$, les dimensions (l) et (h) sont déterminées. Après

transformations de cette formule, il se trouve que $y = \frac{1}{l} \left[\frac{Q(l+2y)^{2/3}}{Ks \sqrt{i}} \right]^{3/5}$. En fixant au départ des valeurs de la largeur (l) et de la profondeur (y), elles sont variées par itération de manière à faire coïncider la profondeur fixée à celle calculée. La formule adaptée pour le dimensionnement des fossés est celle de Manning Strickler : $Q = Ks \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \times S$, avec Q = débit de l'eau, calculé par la formule rationnelle (m^3/S), Ks = coefficient de rugosité du caniveau (égale à 70 pour les parois en béton), Rh = rayon hydraulique (m) ; $Rh = Am/Pm$ (Am = Section mouillée en m^2 et Pm = périmètre mouillé en m, I = pente du caniveau (m/m).

2-Résultats

2-1 Tronçon routier Sékou-Solotomey, une infrastructure génératrice d'avantages et de contraintes socioéconomiques

2-1-1 Avantages du transport routier sur l'axe Sékou-Solotomey

La route Sékou-Solotomey génère des bénéfices grâce à sa position géographique qui facilite les interactions entre les populations des communes d'Allada et de Zè deux grands greniers de la région. Elle permet également le transport des biens et des personnes en l'occurrence les produits agricoles dont les plus transportés et commercialisés sont les fruits. Le commerce de ces derniers est organisé et structuré. Il est animé par trois catégories de commerçants : les grossistes, les demi-grossistes et les détaillants. Les premiers utilisent souvent des véhicules à quatre (04) roues comme des voitures bâchées, des taxi villes, des minibus et des camions qui ramassent les fruits dans des fermes et les acheminent vers les centres urbains comme Bohicon, Cotonou, Lokossa, Parakou au Bénin et vers les frontières du Niger et du Nigéria. Ils estiment leurs bénéfices annuels qui oscillent entre 3 et 6 millions. Interrogés, 68,3% des commerçants grossistes de fruits révèlent que le capital minimal de démarrage de cette activité varie entre 2 et 5 millions de francs CFA. Les demi-grossistes disposent des magasins de stockage temporaire, de courte durée car, il s'agit des denrées périssables. Les moyens de transport souvent utilisés sont des tricycles et des taxi-motos communément appelés « *Zémidjan* » (planche 1).



Planche 1 : Moyens de transport des demi-grossistes
 Prise de vue : ADJAGODO, février 2023

Les photos de la planche 1 montrent de la gauche vers la droite un conducteur de taxi-moto et un tri cycliste transportant tous deux des fruits (bananes et ananas). Pour 74,1% des demi-grossistes interrogés, le capital minimal nécessaire pour le démarrage du commerce des fruits varie entre 500000 à 1500000 FCFA et leurs bénéfices annuels se situent entre 300000 et 450000 FCFA. Les détaillants sont exclusivement des femmes qui s'installent aux abords des voies notamment le long de la RNIE II. Elles prennent d'assaut les potentiels clients que sont les voyageurs. Interrogées, 86,9% de ces femmes affirment démarrer ce commerce avec un revenu variant entre 2000 et 100000 FCFA et leurs bénéfices annuels varient entre 50000 et 350 000 FCFA. Dans le transit des fruits et autres produits agricoles le tronçon de route Sékou assure 65,8% du trafic avec une charge annuelle de 200125,124 tonnes de marchandises transportées. Les visites de terrains réalisées dans le cadre de cette étude ont permis d'identifier les différents moyens de transport qui parcourent cette route. Il s'agit des membres supérieurs et inférieurs des piétons, des vélos, des motos à deux roues, des tricycles, des voitures personnelles, des voitures de transport en commun comme les taxis. Les grands moyens sont des camions, des gros porteurs, etc., (Planche 2).



Planche 2 : Grands moyens de transport de biens et de personnes sur la route Sékou-Slotomey

Prise de vue : ADJAGODO, février 2023

La planche 2 montre des véhicules de 4 à 6 roues transportant abondamment des produits agricoles, des animaux et des personnes.

Les statistiques journalières du trafic moyen de chacun de ces moyens de transport attestent le caractère fluide du trafic notamment en dehors des veilles et jours des grands marchés locaux et régionaux d'une part et d'autre part les jours de réjouissance, de fêtes, de cérémonies d'enterrements ou de cultes, etc. Au cours des jours exceptionnels, le trafic est orange. Les jours ordinaires et exceptionnels, les trafics se présentent différemment (tableau II).

Tableau II : Trafics des moyens de transport sur la route Sékou-Solotomey

Types de moyen de transport	Trafics les jours ordinaires	Trafics les jours exceptionnels
Membres/ piétons	814 piétons/jour en moyenne	2551 piétons /jour
Motos à deux roues	226 motos à deux roues / jour	856 motos à deux roues /jour
Tricycles	85 tricycles/jour	524 tricycles / jour
Camions	22 camions / jour	59 camions /jour
Gros porteurs	12 gros porteurs/jour	56 gros porteurs /jour.

Source : Travaux de terrain, juin 2023

Le tableau II montre que pour les jours ordinaires comme les jours exceptionnels, les trafics des piétons sont plus importants que tous les autres trafics. Ils sont suivis respectivement de ceux des motos à deux roues, des tricycles, des camions et enfin des gros porteurs.

La quantité de marchandises transportées par jour varie aussi suivant les moyens de transport et la nature des jours (tableau III).

Tableau III : Quantités de marchandises transportées par jour

Types de moyen de transport	Trafics de marchandises les jours ordinaires	Trafics de marchandises les jours exceptionnels
Membres/ piétons	50 kg	85 kg
Motos à deux roues	300 à 500 kg	1,5 t
Tricycles	2 t	6,5 t
Camions	5 à 10 t	12 à 18 t
Gros porteurs	15 à 20 t	20 à 30 t

Source : Travaux de terrain, juin 2023

Le tableau III révèle que pour les jours ordinaires comme les jours exceptionnels, les trafics des piétons sont plus petits que tous les autres trafics. Ils sont suivis respectivement de ceux des motos à deux roues, des tricycles, des camions et enfin des gros porteurs. Les sens dominants de la circulation sont de l'est à l'ouest et du nord au sud. Le trafic est relativement intense les jours exceptionnels.

Pour 75, 1% des usagers interrogés, le tronçon routier Sékou-Solotomey est la corde de l'arc Zè-Sékou. Selon eux, cette corde permet la réduction de la durée des déplacements de 80% notamment lorsqu'elle est profilée, les coûts de transport de 60% et la croissance des activités commerciales sur le marché. L'existence de cet axe routier a multiplié des opportunités d'emplois non agricoles comme le commerce, la transformation des produits agricoles, la croissance des activités artisanales

comme la mécanique, la couture, la coiffure, la sculpture, etc. Les femmes représentent plus de 75,4% des acteurs des activités non agricoles. L'aménagement et l'assainissement de ce tronçon de route vont contribuer à l'augmentation des activités agricoles, non agricoles et des revenus des populations. Ceci pourrait générer une demande de services fournis par des fournisseurs pauvres. Le tronçon routier Sékou-Solotomey présente aussi des contraintes qui impactent négativement les activités de transport et certains de leurs acteurs.

2-1-2 Contraintes du transport routier sur l'axe Sékou-Solotomey

Les levés altimétriques ont permis la génération du relief du tronçon routier. Les côtes relevées varient entre 82 m et 91 m. La dénivellation est de sept (7) m. Les pentes de la zone d'étude sont assez douces et en moyenne de 0,20 %. Il s'agit des pentes faibles. Le modèle numérique du terrain (MNT) obtenu a permis de modéliser le relief en 3D, x, y et z (figure 4).

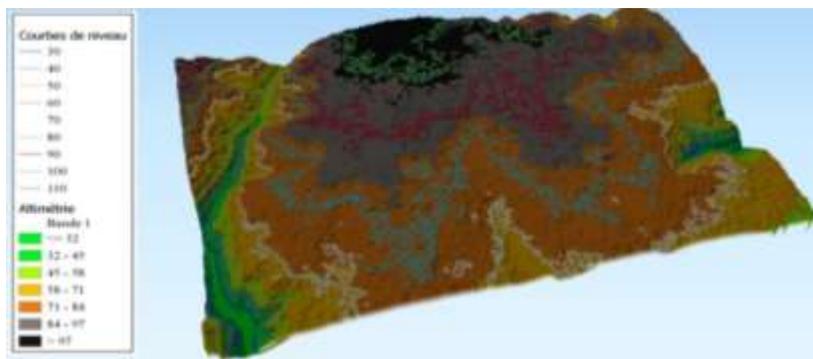


Figure 4 : Rendu 3D du terrain de la route Sékou-Solotomey
Source : Travaux de terrain, août 2023

La vue en 3D du relief montre l'orientation des pentes qui détermine globalement le sens de l'écoulement des eaux pluviales. Avec les courbes de niveau, un seul niveau de morphologie s'observe de l'amont à l'aval. La surface tabulaire

est inclinée vers le sud et astreint les eaux de ruissellement à une énergie cinétique très peu variable suivant leur position géographique. Les données pluviométriques collectées au Météo-Bénin sur une durée de 38 ans, c'est-à-dire de 1984 à 2019 ont permis de mettre en relief la variation interannuelle de la pluviométrie du secteur d'étude. L'analyse statique des séries pluviométriques de la station synoptique de Cotonou-Aéroport, la plus proche du secteur d'étude a permis de dresser les caractéristiques statistiques centrales et de dispersion des distributions expérimentales des pluies annuelles moyennes spatiales (tableau IV).

Tableau IV : Statistiques de la pluviométrie de 1981 à 2019

Moyenne	1307 mm
Maximum	2203 mm
Médiane	1502 mm
Minimum	799,8 mm
Ecart type	306
Coefficient de variation	0,26
Coefficient de variabilité max/min	2,75
Coefficient de dispersion moy/med	0,87

Source : Météo-Bénin, 2020

L'ajustement statistique de la loi normale aux distributions expérimentales des pluies annuelles observées est satisfaisant. La pluviométrie annuelle moyenne est de 1307 mm. Le coefficient de variation (CV) faible de 0,26 dénote de l'influence prédominante de la régularité du régime subéquatorial comme le révèlent les profils pluviométriques mensuels moyens en (%) du total annuel (tableau V).

Tableau V : Pluviométrie mensuelle

Cotonou Aéroport	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(%)	1,3	3,15	5,5	9,5	16,1	25,2	9,35	3,4	10,2	12,2	3,0	1,1

Source : Météo-Bénin, 2020

Les premières pluies se font rares en février, plus généralement en mars. Le maximum de l'apport se situe en juin. Le mois d'août est singulièrement peu pluvieux avant la saison des pluies (Septembre à novembre). Il y a une pluviométrie saisonnière et le pourcentage moyen des pluies varie d'une période à une autre (tableau VI).

Tableau VI : Pluviométrie saisonnière

Cotonou Aéroport	Mars- Juillet	Août	Sept- Novembre	Décembre- Février	Année
(%)	48,86	12,78	31,54	6,82	100

Source : Météo-Bénin, 2020

L'analyse du tableau VI révèle que l'intensité de pluie est plus élevée au cours de la période de mars à juillet (48,86 %), suivie de celles de septembre à novembre (31,54%), du mois d'août, (12,78%) et de décembre à février (6,82%). Il est observé sur le terrain que l'intensité pluviale est en rapport avec l'ampleur des effets érosifs des eaux de ruissellement dont les vitesses varient avec les types de pente et la présence ou non du couvert végétal. Le tronçon routier Sékou-Solotomey ne dispose pratiquement pas de réseaux de collecte des eaux pluviales. Cette situation cumulée avec les pluies de forte intensité fait déborder les eaux de ruissellement des rigoles ou fossés. Ainsi, celles-ci participent à la dégradation des infrastructures routières (planche 3).



Planche 3 : Etat de la voie après une semaine de pluie.

Prise de vue : Adjagodo, février 2022

L'analyse de la planche 3 montre des crevasses, des incisions, de petites rigoles et ravins de dimensions variables de 0,25 cm à 1,20 m de largeur et de 15 cm à 0,91m en moyenne de profondeur. Ils favorisent la stagnation des eaux pluviales sur la route et rendent les déplacements difficiles aux usagers. A ces contraintes, il faut ajouter le caractère argilo-sableux de la terre qui à l'état humide est très glissante. Il en résulte des pertes de temps, l'amortissement des moyens de déplacement (vélos, motos, voitures, etc.), des accidents et pertes en vies humaines. Interrogés, 41,3% des usagers affirment avoir fait une fois d'accident sur ce tronçon de route, 36,9% déclarent avoir perdu des biens à cause de l'état défectueux de la route et 21,8% se sont plaints de la lenteur qu'impose le caractère entaillé de la route Sékou-Solotomey. L'incivisme des riverains urbains est dénoncé par 64,1% des usagers. En effet, certains riverains jettent sur la voie des ordures ménagères et occupent les trottoirs. Pour 35,88%, cette malfaçon est due à l'inertie et à l'irresponsabilité des autorités notamment administratives.

Le chargement et le déchargement des moyens de transport sont essentiellement manuels et font courir aux certains acteurs du transport des risques d'accidents et des maladies de traumatisme musculaire.

2-2 Stratégies appropriées pour la durabilité et la résilience des aménagements de la route Sékou-Solotomey et le développement socioéconomique

Pour des aménagements et assainissements durables et résilients dans un milieu, l'économie, l'environnement et le social sont intégrées aux études.

2-2-1 Etude d'impact environnemental du secteur d'étude

Le tronçon de route Sékou-Solotomey contribue au développement socioéconomique de ses usagers et des populations de sa région. L'aménagement et l'assainissement durables et résilients de cette voie est un gage pour un développement humain durable des populations des communes d'Allada et de Zè qui en sont les principales utilisatrices. La durabilité suppose la prise en compte dans le projet des mesures pouvant permettre à la fois l'accumulation des richesses pour satisfaire les besoins socioéconomiques et protéger l'environnement. Pour ce faire, les impacts positifs et négatifs majeurs qui découleraient de la mise en œuvre du projet ont été analysés. Des mesures efficaces d'atténuation des effets négatifs ont été définies pour être appliquées en cas de besoins. Des mesures correctives ont été de même proposées. En effet, la présente étude a élaboré un plan de gestion environnemental. Ce plan a consisté à proposer le matériel, la logistique et les comportements civiques et citoyens nécessaires à l'exécution du projet. Il a tenu compte des problèmes socioéconomiques et environnementaux existants et des contraintes liées à son exécution.

Les enquêtes de terrain ont permis de recenser dans le secteur d'étude les principaux problèmes environnementaux comme l'érosion du sol, la déforestation, la perte de biodiversité, la prévalence des vecteurs de maladies (paludisme, choléra, fièvres typhoïde et jaune, etc.), les épizooties, la pollution sous plusieurs formes. Les difficultés socioéconomiques identifiées grâce à ces prospections sont notamment la pauvreté, le

chômage, l'insécurité, les maladies humaines endémiques et le non-respect des règles environnementales. La santé humaine et la sécurité ont été les premières priorités prises en compte. A l'exécution des travaux, le chantier doit être pourvu d'une alimentation en eau potable, les conditions d'hygiène sont à respecter et à être contrôlées rigoureusement. La présence d'un dispensaire (infirmierie notamment) équipé pour les premiers soins par un infirmier d'Etat est indispensable en cas d'accidents et de maladies. Des préservatifs et médicaments usuels sont à distribuer au personnel pour leur protection contre les maladies sexuellement transmissibles. Sur les sites d'aménagements et d'assainissement, les zones des travaux seront délimitées par des balises et cordons de sécurité. Tout le personnel doit être doté d'équipements de sécurité tels que les chaussures de sécurité, les lunettes, les masques respiratoires, les casques, les gilets fluorescents, les gants, etc... Leur port sera rigoureusement contrôlé surtout au niveau des ouvriers qui sont plus à portée des accidents. Des extincteurs d'incendie seront posés au niveau de tous les locaux. Des poubelles internes seront disposées dans tous les locaux. A l'externe, elles seront mises au niveau des secteurs clés de la base de l'entreprise tels que les bureaux du personnel principal de l'entreprise, le magasin central, le laboratoire géotechnique, les ateliers de réparation des engins, les aires de stationnement des engins, et surtout le réfectoire du personnel ouvrier. Les déchets ainsi collectés et conservés dans ces poubelles doivent être évacués par les services compétents. Des mesures de prudence sont à prendre pendant la manipulation des produits toxiques et contaminants tels que le gasoil, le bitume, le ciment, les huiles de vidange et les produits issus du laboratoire, afin d'éviter tout contact entre eux et l'eau de la retenue. Pour ce faire, des mesures sont à prendre par rapport aux cours et plans d'eau. Il sera interdit toute manipulation de ces produits et la construction des fosses devant contenir les eaux usées et des vanes issues des toilettes à proximité des cours et plans d'eau. Les déchets seront conservés dans des

poubelles solidement fermées pour les déchets solides et dans des fûts hermétiquement bouchonnés pour les liquides jusqu'à leur évacuation par les services compétents pour éviter la pollution des sols et de la nappe phréatique.

Les normes environnementales seront respectées pour l'usage de tout produit, les moyens de transport et les outils de travail. Ainsi, tous les moteurs des engins à consommation d'hydrocarbures seront régulièrement réglés et vérifiés afin d'éviter les mauvaises carburations qui entraînent les échappements de fumée nocives aussi bien à l'homme, à la faune qu'à la flore. Les hydrocarbures à utiliser proviendront des fournisseurs agréés afin de s'assurer de leur qualité. La pollution atmosphérique est à limiter surtout avec l'usage du ciment. L'épandage de ce matériau se fera aux moments où la circulation atmosphérique est moins agitée pour diminuer ses impacts sur l'état de santé des populations environnantes, de la faune, de la flore et des paysages ambiants. La pollution esthétique des paysages est à réduire au maximum. Les locaux à construire seront en harmonie avec les paysages. Les installations de la base de l'entreprise d'exécution du projet seront aménagées loin des agglomérations de façon à ne pas perturber la quiétude des populations par une pollution surtout acoustique et des accidents. Une attention particulière doit être portée à la flore, à la faune et aux sols afin de ne pas déstabiliser les écosystèmes du secteur d'étude. Pour ne pas porter atteinte aux conditions de subsistance, voire de sécurité alimentaire, les zones de cultures agricoles sont à protéger au maximum. Les feux de végétation ne seront pas des outils de désherbage. Les mineurs ne sont pas des bienvenus à être employés pour les travaux et les femmes ne le seront que lorsque les travaux ne nécessitent pas des efforts considérables. Toute dégradation de bien privé ou public par l'entreprise sera réparé et dédommagé. La mise en exécution du projet permettra l'embauche de 300 personnes. Ceci contribuera à la croissance du trafic des marchandises, au développement des activités commerciales, à la création de nouveaux emplois,

à la réduction de la pauvreté et du chômage au niveau de la population. L'étude d'impact environnemental étant bouclée, il est alors plus aisé de proposer un plan d'aménagement et d'assainissement du site qui réduira les effets néfastes des caractéristiques géomorphologiques, hydrologiques et de l'occupation du site.

2-2-2 Dispositions opérationnelles pour des aménagements et assainissements durables et résilients de la route Sékou-Solotomey

Une politique de développement des routes rurales nécessite la prise en compte des interactions entre les différentes composantes des milieux naturels et humains afin d'éviter d'autres goulots d'étranglement (faible revenu, niveau d'instruction, faible densité de la population, ...). La durabilité et la résilience des aménagements de la route Sékou-Solotomey exige que la chaussée soit dimensionnée de manière à supporter les trafics relativement intenses observés notamment les veilles et les jours de marchés et que la vitesse de référence pour que la conception du tronçon soit bien définie. La conception est composée d'alignement droit et des courbes. La longueur minimale d'alignement droit doit être de 120 m et la longueur maximale de 1500 m, afin d'éveiller les sens du conducteur pour lui éviter de somnoler. Pour assurer la sécurité et le confort des usagers, les paramètres de la conception géométrique sont à respecter. Des caniveaux doivent être suffisamment dimensionnés pour assurer l'évacuation des eaux pluviales qui constituent une menace pour la chaussée. L'entretien et le curage des caniveaux doivent être assurés périodiquement par le service technique de gestion de la voirie. Il faut le respect de la signalisation horizontale tels que : les bandes de passage pour piéton, la ligne continue et discontinue, les flèches de sélection et la signalisation verticale tels que les panneaux montrant : la chaussée rétrécie des deux côtés, arrêt obligatoire (stop), etc. Il est aussi indispensable d'intégrer les données topographiques

aux aménagements de cette route. Les levés topographiques réalisés avec un rattachement au système géodésique national N° 241 et 228 du 2^{ème} ordre ont révélé des écarts (tableau VII) entre les résultats obtenus et ceux de l'Institut National Géographique (IGN).

Tableau VII : Ecart entre les coordonnées obtenus et relevés

Pts	E _X (mm)	E _Y (mm)	E _Z (mm)
241	-19	-24	-4
228	-21	+17	+8

Source : Résultats de terrain, février 2022

Le tableau VII révèle l'imprécision du nivellement topographique. Le transfert des données et le report des croquis ont permis de réaliser l'état des lieux avec satisfaction car il y a eu un compromis entre les différentes contraintes du relief de la route Sékou-Solotomey et les normes de conception géométrique de route. Pour l'aménagement durable et résilient de ce tronçon de route, un tracé en plan et un profil en long ont été réalisés présentant chacun ses caractéristiques (tableau VIII et IX). Tout au long du projet, neuf (9) droites, huit (8) arcs et quatre clothoïdes ont été déterminés et dimensionnés sur l'axe en plan tandis que sur le profil en long il s'agit de 12 pentes et de 11 paraboles. Quelques échantillons des éléments caractéristiques sont présentés (tableau VIII et IX).

Tableau VIII : Caractéristiques des éléments de l'axe en plan

Eléments Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	55.6900gr	493.079	0+000.000	414408.812	733158.805
Arc 1	Rayon	4500.000 m	129.924	0+493.079	414787.201	733474.952
	Centre X	417672.459 m				
	Centre Y	730021.651 m				
Droite 5	Gisement	65.0903gr	224.799	1+810.141	415833.543	734273.705

Clothoïde 1	Paramètre	94.868	50.000	2+034.941	416025.383	734390.890
Arc 5	Rayon	180.000 m	26.200	2+084.941	416066.765	734418.877
	Centre X	415952.570 m				
	Centre Y	734558.016 m				
Longueur totale de l'axe 4679,768 mètre(s)						

Source : Résultats de terrain, février 2022.

Le tableau VIII révèle que le tronçon de route débute au niveau de l'intersection avec la Route Inter-Etat n°2 PK 0+000 en passant devant le CEG Sékou et prend fin au niveau du village Solotomey au PK 4+679,768 avec une longueur de 4679,768 m. Son profil en long présente plusieurs caractéristiques (tableau IX).

Tableau IX : Caractéristiques des éléments du profil en long

Eléments Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom avec une longueur de	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.19 %	165.836	0+000.000	85.074
Parabole 1	Rayon	2000.000 m	14.431	0+165.836	84.764
	Sommet	0+169.574 m			
	Absc.				
	Sommet Alt.	84.761 m			
Pente 2	Pente	0.53 %	133.216	0+180.267	84.789
Parabole 2	Rayon	-900.000 m	11.267	0+313.484	85.501
	Sommet	0+318.296 m			
	Absc.				
	Sommet Alt.	85.514 m			
Longueur partielle de l'axe 4679.555 mètre(s)					
Longueur développée partielle de l'axe 4679.584 mètre(s)					

Source : Résultats de terrain, février 2022.

Le tableau IX montre que le profil en long est réalisé en tenant compte des profils en terrain naturel (TN), de l'environnement, de l'estimation des mouvements de terre, des pentes minimales à accorder en vue d'un bon assainissement, de l'adoucissement des déclivités du tracé. Les pentes du profil projet diffèrent de celles du TN du fait de la présence des remblais et des déblais, onze (11) paraboles de rayon sont compris entre 900 m et 4500 m. Les études hydrologiques et hydrauliques sont menées. Des bassins-versants (figure 5) et sous-bassins-versants sont délimités.

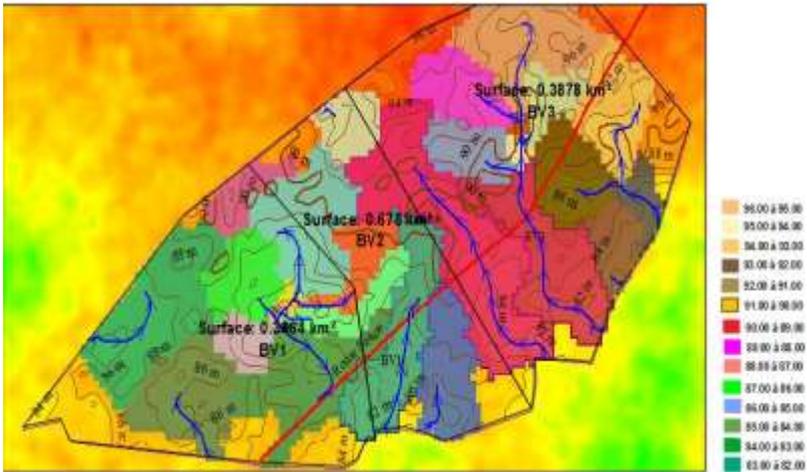


Figure 5 : Bassins-versants délimités

Source : : Travaux de terrain, février 2022

La figure 5 présente trois bassins-versants à établir pour collecter les eaux pluviales. Six sous-bassins-versants sont prévus pour les soutenir. Chacun des bassins-versants et sous-bassins-versants a des caractéristiques spécifiques (tableaux X et XI).

Tableau X : Caractéristiques des bassins-versants délimités

Bassins	Surface (Km ²)	C	Longueur (km)	Pente (%)
BV1	0.3464	0.7	11.632	0.052
BV2	0.678	0.7	10.700	0.092
BV3	0.3878	0.7	11.022	0.127

Source : : Travaux de terrain, février 2022

Le tableau X montre les caractéristiques très variables des bassins-versants. Celles des sous-bassins sont consignées dans le tableau XI.

Tableau XI : Caractéristiques des sous-bassins-versants

Bassins	Profils	Superficie (ha)	Alt max(m)	Alt min (m)	Longueur (m)	ΔH	Pente %
SBV1	P1 P8	0.2579	85.07	84.69	173.25	0.38	0.22
SBV2	P8 P13	0.2147	85.35	84.69	140.06	0.66	0.47
SBV3	P13 P32	0.8782	85.35	82.73	436.69	2.62	0.60
SBV4	P32 P61	1.7891	85.95	82.73	725.02	3.22	0.44
SBV5	P61 P73	0.6569	85.95	85.56	274.41	0.39	0.14
SBV6	P73 P83	0.5804	86.01	85.56	250.00	0.45	0.18

Source : Travaux de terrain, février 2022

Ce tableau XI affiche les différentes caractéristiques des sous-bassins-versants qui vont permettre les calculs des débits. La taille des bassins étant inférieure à 4 km², la méthode rationnelle a été retenue pour le calcul des débits (tableau XII).

Tableau XII : Débits (Q) des sous-bassins-versants par la méthode rationnelle

Bassins	Profils	Superficie (km ²)	C	Tc (min)	I (mm/h)	Q (m ³ /s (Débits))
SBV1	P1 P8	0.002579	0.70	10.43	589.45	0.30
SBV2	P8 P13	0.002147	0.70	6.62	771.52	0.32
SBV3	P13 P32	0.008782	0.70	14.50	396.20	0.68
SBV4	P32 P61	0.017891	0.70	24.01	258.07	0.90
SBV5	P61 P73	0.006569	0.70	17.52	337.34	0.43
SBV6	P73 P83	0.005804	0.70	14.91	395.73	0.45

Source : Travaux de terrain, février 2022

Le tableau XII affiche les différents débits des sous-bassins-versants qui vont servir à calculer les dimensions des caniveaux de drainage et des dalots. Les caniveaux recueillent les eaux venant directement de la chaussée et des zones environnantes. Leurs sections proposées sont rectangulaires car leur mise en œuvre est très facile. La pente du caniveau sera fonction de celle du profil en long de la route Sékou-Solotomey. La période de retour pour le dimensionnement du réseau de drainage est de 2 ans. Le calcul de la section hydraulique de l’ouvrage à projeter est déterminé en fonction du débit par la formule de Manning-Strickler (tableau XIII).

Tableau XIII : Dimensionnement des caniveaux de drainage

Bassins	Profils	Q (m ³ /s)	I (m/m)	Ks	Largeur (b) m	Hauteur (h) m	V (m/s)	Sections retenues
SBV1	P1 P8	0,30	0,0022	70	0,48	0,67	0,86	50×70
SBV2	P8 P13	0,32	0,0047	70	0,41	0,72	1,14	40×70
SBV3	P13 P32	0,68	0,0060	70	0,52	0,78	1,7	50×80
SBV4	P32 P61	0,90	0,0044	70	0,63	0,98	1,5	60×100
SBV5	P61 P73	0,43	0,0014	70	0,58	0,87	0,80	60×90
SBV6	P73 P83	0,45	0,0018	70	0,63	0,92	0,83	60×90

Source : Travaux de terrain, février 2022

Le tableau XIII montre les dimensions variables des sections de caniveaux retenues. Deux dalots doivent être projetés : un dalot au PK 0+750 et un autre au PK 3+325. Le débit (Q) projeté pour le bassin-versant (BV) du dalot est 1,01 m³/s avec B = 2 et D = 1 avec D et B (hauteur et largeur des dalots). La profondeur en amont H₁ doit être calculée et vérifiée si elle est conforme à la situation topographique de l'ouvrage. Il est nécessaire de calculer le débit réduit q* en utilisant la formule (q*H₁).

$$q^*H_1 = \frac{q}{S} \times \frac{1}{\sqrt{2gD}}, \text{ avec } S = 2; g = 9,81; D = 1; q^*H_1 = \frac{1.01}{2\sqrt{2 \times 9.81 \times 1}}$$

, q*H₁ = 0,114 . Cette valeur donnera la valeur réduite H*1 en utilisant l'abaque 1, H*1 = 1,04. La valeur de H₁ est ainsi calculée par la relation H*1 = H₁/D, H₁ = H*1 x D = 1,04 x 1, H₁ = 1,04, H₁ < 1,25, ce qui est acceptable pour le projet. Pour le calcul de la pente critique Ic, il faut calculer les variables adimensionnelles Q* et Ic*.

Le débit réduit pour la pente critique est calculé connaissant B et q et en utilisant la formule : Q_i* = $\frac{q}{\sqrt{gB^5}}$ avec B = 2, Q_i* = $\frac{1,01}{\sqrt{9,81 \times 2^5}}$, Q_i* = 0,06 . Par lecture sur l'abaque 2, Ic* = 2,65

La pente critique Ic est $Ic = \frac{gI^*c}{C^2B^{1/3}}$ avec C = 70 ; B = 2, Ic = $\frac{9,81 \times 2,65}{70 \times 2^{1/3}}$, Ic = 0,0005. Le calcul de la vitesse réelle d'écoulement exige celui des variables adimensionnelles Q* et V* Q_v* =

$$\frac{q}{C \times Ic^{1/2} \times B^{8/3}}, \quad Q_{v^*} = \frac{1.01}{70 \times 0.0005^{1/2} \times 2^{8/3}}, \quad Q_{v^*} = 0,102.$$

Par lecture sur abaque 3, V* = 0,53. La vitesse V est donnée par la formule : V = V* x C x Ic^{1/2} x B^{2/3}, V = 0,53 x 70 x 0.0005^{1/2} x 2^{2/3}. V = 1,31m/s. La vitesse calculée est inférieure à 3,5m/s. Des dalots sont dimensionnés (tableau XIV).

Tableau XIV : Dimensionnement des dalots projetés

Ouvrage projeté	PK	Q m ³ /s
1X2X1	0+750	1,01
1X2X1	3+325	1,19

Source : Travaux de terrain, février 2022

Le tableau XIV propose un dalot de dimension 1x2x1 projeté au PK 0+750 m pour évacuer un débit de 1,01m³/s.

Un autre de dimension 1x2x1 est projeté au PK 3+325 m pour évacuer un débit de 1,19 m³/s.

2-2-3 Estimation financière des travaux

Le processus de financement du projet d'aménagement de la route Sékou-Solotomey est complexe. Les travaux prévus pour être exécutés en entreprise peuvent être décomposés en plusieurs postes de travaux regroupés en installation de chantier, les travaux préparatoires, les terrassements, les ouvrages d'assainissement, la signalisation, l'éclairage public, les mesures sociales et environnementales, les travaux divers. Le devis estimatif des différents coûts du projet est réalisé (tableau XV).

Tableau XV : Estimation des différents Coûts

N° prix	Définition des tâches	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total HT (FCFA)	
000	Installation et repli de chantier					
001	Installation de chantier	Ff	1	128 152 602	128 152 602	
002	Repli de chantier	Ff	1	147 230 120	147 152 602	
total série 000 : Installation et repli de chantier					275 305 204	
100	Dégagement des emprises					
101	Nettoyage du terrain et Débroussaillage	m ²	70215	1 000	70 215 000	
102	Abattage d'arbres	U	06	50 000	300 000	
total série 100 : Dégagement des emprises					70 515 000	
300	ouvrages d'art et drainage					
301	Caniveau					
	301-1	40x50	MI	50	70 000	3 500 000
	301-2	50x70	MI	300	93 000	27 900 000
	301-3	40x70	MI	225	90 000	20 250 000
	301-4	50x80	MI	1275	103 000	131 325 000
	301-5	60x100	MI	725	107 000	77 575 000
	301-6	60x90	MI	1125	94 000	105 750 000

	301-7	70x120	MI	628	110 000	69 080 000
	301-8	60x110	MI	358	120 000	42 960 000
302		Dalette				
	302-1	40x50	MI	50	20 000	1 000 000
	302-2	50x70	MI	300	28 000	8 400 000
	302-3	40x70	MI	225	30 000	6 750 000
	302-4	50x80	MI	1275	32 000	40 800 000
	302-5	60x100	MI	725	35 000	25 375 000
	302-6	60x90	MI	1125	30 000	33 750 000
	302-7	70x120	MI	628	40 000	25 120 000
	302-8	60x110	MI	358	50 000	17 900 000
303		Dalot				
	303-1	100x200	MI	15	400 000	6 000 000
total série 400 : ouvrages d'art et drainage						643 435 000
Montant total hors taxe (ht)						768 121 000
TVA 18%						138 261 780
Montant total TTC						852 211 780

Source : Travaux de terrain, juin 2023

Le Tableau XV présente l'estimation des coûts des différents travaux à exécuter dans le cadre de l'aménagement du tronçon routier Sékou-Solotomey pour que cette voie contribue à un développement socioéconomique. Le montant du devis s'élève à 852 211 780 FCFA. La mobilisation du fonds ne peut passer que par la gestion participative. Les enquêtes de terrain dans le cadre de cette étude ont révélé que par cotisation sur 10 ans les populations concernées prendront en charge 30% du financement, les Mairies 50% et l'aide de l'Etat 20%.

3 Discussion

Cette étude a révélé que la position géographique du tronçon de route, objet d'étude favorise des interactions entre les populations des communes d'Allada et de Zè. Pour 75,1% des

usagers interrogés, le tronçon routier Sékou-Solotomey est la corde de l'arc Zè-Sékou. Selon eux, cette corde permet la réduction de la durée des déplacements de 80% notamment lorsqu'elle est profilée, les coûts de transport à 60% et la croissance des activités commerciales sur le marché. Etant deux grands greniers de la région, les communes d'Allada et de Zè vendent le surplus de leur production agricole sur des marchés locaux, régionaux voire internationaux. L'axe routier a multiplié des opportunités d'emplois non agricoles comme le commerce, la transformation des produits agricoles, la croissance des activités artisanales comme la mécanique, la couture, la coiffure, la sculpture, etc. Les femmes représentent plus de 75,4% des acteurs des activités non agricoles. L'aménagement et l'assainissement de ce tronçon de route va contribuer à l'augmentation des activités agricoles, non agricoles et des revenus des populations. Ceci pouvait générer une demande de services fournis par des fournisseurs pauvres. Ces résultats corroborent avec ceux de S. Dercon et *al.*, (2006, p. 23) avec ses études sur l'accès à des routes tous temps dans 15 villages d'Ethiopie, de N. Limano et A. J. Venables (2001, p. 45) et de D. Van der Walle (2007, p.12) sur l'impact de l'infrastructure routière sur les marchés et la productivité. Les résultats des études topographiques ont révélé que la différence d'altitude est de six mètres (06) m et que la pente de la zone d'étude est assez douce (0,2%). Ces résultats sont contraires à ceux de S. Aissaoui (2019, p.95) qui révèle que le secteur d'étude présente un relief accidenté et incliné vers le sud. Ils sont également contraires au dénivelé de 23 m avec une pente de 0,82%, valeurs auxquelles sont parvenus les travaux de I. A. Moussa (2020, p.131) effectués sur le même terrain d'étude. En respectant les conditions de confort et de sécurité dans les virages, la longueur totale de l'axe en plan dans le cadre de cette étude est de 4680,989 m avec neuf (9) alignements droits d'une longueur totale de 3664,313 m et quatre clothoïdes projetés. Une étude menée par I.A. Djougou (2012, p. 108), a montré que sur une

longueur totale de 6571,761 m, l'axe en plan présente : trois alignements droits ; quatre clothoïdes. Pour A. R. Simporé (2013, p .50) sur une longueur de 4031,665 mètres, l'axe en plan présente : sept (7) alignements droits et six (6) courbes. Le profil en long projeté du tronçon Sékou-Solothomey présente comme caractéristiques : neuf (9) alignements droits avec une pente faible de 0,378% ; huit (8) paraboles avec un rayon moyen de 60000 m. D'après la projection de I.A. Djougou (2012, p. 108), le profil en long présente onze (11) alignements droits avec une pente faible de 0,612% ; neuf (9) paraboles avec un rayon moyen de 3600 m. Selon les résultats des profils en long projetés, les deux (2) auteurs projettent à peu près une pente faible mais de rayon différent. Les études hydrologiques et hydrauliques aboutissent au dimensionnement des ouvrages d'assainissement. Deux (2) dalots de dimensions 1m x 2 x 1 sont projetés au niveau des points bas du terrain naturel. Des caniveaux projetés ont des sections : 40x50, 50x70, 40x70, 50x80, 60x100, 60x90. Ces résultats diffèrent des dimensions des ouvrages hydrauliques retenus par S. Aissaoui (2019, p. 95) avec qui les dalots projetés présentent des dimensions 1x5x2.4 m. A. R. Simporé (2013, p. 50) a projeté quatre dalots de dimensions : 2x1.5x1.5 ; 0.80x0.80 ; 5x2.0x1.5 ; 2.00x1.00 et des caniveaux de sections : 100x100 ; 120x110 ; 140x110 ; 160x120 ; 180x120 ; 200x120 ; 50x50 ; 70x50 ; 110x90 ; 80x70 ; 110x80 et 70x60.

Conclusion

L'étude ainsi réalisée dans le cadre de l'aménagement et l'assainissement de la route a concerné une partie de la route Sékou-Zè dans la commune d'Allada plus précisément dans l'arrondissement de Sékou au Bénin. Ce tronçon débute au niveau de la RNIE II en passant devant le CEG Sékou et prend fin au village Solothomey, soit un itinéraire de 4.681 km. Les différentes études effectuées dans le cadre de ce projet ont permis d'aboutir à la proposition d'infrastructures répondant aux

normes techniques et d'éléments nécessaires dont la réalisation opte pour le développement durable. En effet, une chaussée d'emprise de 9 mètres est retenue dans l'agglomération et 7 mètres en rase campagne. Dans l'intention de protéger la route contre la venue des eaux, des ouvrages d'assainissement ont été conçus. Il s'agit de deux dalots de section 1x2x1m et des caniveaux des sections respectivement 40x50, 50x70, 40x70, 50x80, 60x100, 60x90, 70x120 et 60x110. Une signalisation routière adéquate est à réaliser le long du tronçon pour le respect de la règle de circulation. Devant coûté approximativement **852 211 780** FCFA, cette route devrait être entretenue périodiquement pour qu'elle puisse accomplir les fonctions qui lui sont assignées. En outre, pour le non-respect de la vitesse limite et les surcharge, le maître d'ouvrage doit impérativement les sanctionner car ils sont à l'origine de la dégradation des routes notamment bitumées.

Références bibliographiques

Aho, N., Aho, S., Agbokou, I., Kaffo, B. A., Seni, S., & Loconon, D. Z. (2018). *Introduction à la résilience aux changements climatiques en Afrique de l'Ouest : répertoire des dates prédéterminées des saisons pluvieuses dans les villages et quartiers de ville du Bénin*. Cotonou : Ministère de l'Energie, de l'Eau et des Mines – PNUD Bénin. https://www.zoomagro.com/wpcontent/uploads/2020/03/Repertoire_dates_saisons_pluvieuses_Benin_VF-1.pdf

CPCS, (1967). *Classification des sols*. Rapport Ensa Grignon, 87 p

Oyédé L. M., (1991). *Dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-littoral du Bénin (Afrique de l'Ouest)*. Thèse nouveau régime. Université de Bourgogne et Université Nationale du Bénin, 302 p.

Dercon S., Gilligan D., Hoddinott J., Woldehanna T., (2006). *The Impact of Agricultural Extension and Roads on Poverty and Consumption Growth in Fifteen Ethiopian Villages*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2009.01325.x>

FAO (n.d.). *Caractéristiques socio-économiques et écologiques du pays*. <http://www.fao.org/3/AB395F/ab395f02.htm>

Limao N. and Venables, A. J., (2001). Infrastructure, Geographical Disadvantage, Transport Costs, and Trade. *The World Bank. Economic Review*, 15, 451-479. <https://doi.org/10.1093/wber/15.3.451>

Tente, B. (2010). *Les principaux facteurs environnementaux au Bénin*. In *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*, Tome I: Bénin. Frankfurt: Institute of Physical Geography - Frankfurt University, 35 p

Volkoff B. et Willaime P. (1993). Cahiers. *Orstom*, série. Pédologie. Volume XXVIII, n° 2, pp 22-217

Volkoff B. (1976). Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200000. Feuille Abomey. Paris, *Orstom*, Notices explicatives, 66 (2), 40 p., 1 carte h.t.

Volkoff B. et Willaime P., (1976). Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin. Feuille Porto-Novo. Paris, *Orstom*, Notices explicatives, 66 (1), 39 p., 1 carte h.t. 226