



www.regardsuds.org

Revue de Géographie, d'Aménagement Régional et de Développement des Suds (REGARDSUDS)

01/09/2016

DEUXIEME NUMERO 2016

Institut de Géographie Tropicale – Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan-Côte
d'Ivoire)

ISSN 2414-4150

La ligne éditoriale

Pourquoi **REGARDSUDS** ? Si l'offre éditoriale dans le domaine de la géographie est abondante et diffuse à travers les nombreuses revues de géographie et disciplines connexes, il n'existe aucune revue de géographie axée spécifiquement sur l'Aménagement et le Développement des Suds. **REGARDSUDS** se donne pour mission de combler cet espace de connaissances et de productions scientifiques laissé vacant en lui apportant à travers la contribution des auteurs une réflexion théorique et pratique de haut niveau scientifique. La Revue souhaite vivement se positionner comme un lieu de débat pour tous les chercheurs en géographie, en urbanisme et en aménagement sur les questions de développement.

REGARDSUDS est au service des chercheurs, des praticiens et des doctorants.

L'équipe éditoriale

Directeur de la publication : IGT

Rédacteur en chef :

Dr KABLAN N'guessan Hassy Joseph, Maître de Conférences CAMES, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody (Abidjan), Institut de Géographie Tropicale (IGT).

kablanjoseph@yahoo.fr

Secrétariat de rédaction :

1-Dr. KASSI-DJODJO Irène, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).

irenekassi@yahoo.fr

2-Dr TRAORE Porna-Idriss, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).

traore.pornaidriss@yahoo.fr

3-Dr KOUASSI N'Guessan Gilbert, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).

Gilbertini2006@yahoo.fr

Concepteur scientifique du site

Dr TRAORE Porna-Idriss, Maître-assistant, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Institut de Géographie Tropicale (IGT).

traore.pornaidriss@yahoo.fr

PERIODICITE : REVUE BIANNULELE

Le comité scientifique de lecture

David Banister, Professeur, Université d'Oxford, UK.

Jérôme Aloko-Nguessan, Professeur titulaire, département de géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Anoh Kouassi Paul, Professeur titulaire, département de géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Ali Huzayyin, Professeur, Université de Caire, Egypte.

Anthony D. May, Professeur, Université de Leeds (UK).

Simplice Yapi Affou, Directeur de recherche, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Ayechero Koffi Akibodé, Professeur titulaire, Université de Lomé.

Valerie Ongolo Zogo, Professeur titulaire, Université de Yaoundé, Cameroun.

Francis Akindes, Professeur titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Cheng-Min Feng, Professeur, Université Nationale de Chiao Tung, China.

Yoshitsugu Hayashi, Professeur, Université de Nagoya, Japan.

Laetitia Dablang, Directeur de Recherche, Institut Française des Sciences et Technologie de Transport, Développement et réseaux (IFSTTAR), France.

Rao Krishna/, Professeur, Institut Indienne de Technologie Bombay (IITB), India.

Céline Yolande Koffie-Bikpo, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Koli Bi Zuéli, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Assi-kaudjhis Joseph, Maitre de Conférences à l'Université Alassane, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Tahar Baouni, Professeur, Ecole Polytechnique d'architecture et d'urbanisme d'Alger (Algerie) - Impact of LRT Alger.

Tapé Bidi Jean, Professeur titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Sylvain Bigot, Professeur des Universités, Université Joseph Fourier de Grenoble, France.

GOGBE Téré, Maître de conférences, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

NASSA Dabié Désiré Axel, Maître de conférences, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

HAUHOUOT Asseyo Célestin, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

SOMMAIRE

¹MAKPONSE Makpondéou, ²AÏDONOUGBO Aristide Coovi

Aménagement et assainissement de la base mécanique de l'entreprise Adéoti Sarl à Togoudo au Bénin

[texte intégral]

Septembre 2016 Aménagement, Urbanisme

¹Joseph Armathé AMOUGOU, ²Lucas Dominique BEMBONG EBOKONA, ³Romain Armand Soleil BATHA, ⁴Armand William MALA, ⁵Hortense NGONO

Estimation du stock de carbone dans deux unités de terre en zone de savane du Cameroun

[texte intégral]

Septembre 2016 Espace, Société, Territoire

¹BAMBA Yaya, ²HAUHOLOT Célestin, ³DANGUI Nadi Paul, ⁴BEUGRE Prisca, ⁵YAO Kouadio Salomon

Cartographie de la sensibilité du littoral Jacqueville-Port-Bouët à l'érosion côtière

[texte intégral]

Septembre 2016 Cartographie, Imagerie, SIG

¹Armand KANGAH 1, ²Eugene Kouadio KONAN, ³Della ALLA, ⁴Marie Antoinette OUATTARA

Cartographie par télédétection et analyse de l'influence des activités agricoles dans le terroir villageois odjoukrou (à l'ouest d'Abidjan, Côte D'ivoire)

[texte intégral]

Septembre 2016 Cartographie, Imagerie, SIG

¹COULIBALY Kélémary, ²KOULAÏ Armand

Développement de l'agriculture urbaine dans le contexte de la dynamique démographique et spatiale de la ville d'Anyama (Côte D'ivoire)

[texte intégral]

Septembre 2016 Espace, Société, Territoire

¹WADJA Jean-Bérenger, ²SERHAN Nasser, ³ADOU Diané Lucie

Impact des populations étrangères sur les activités économiques dans le département d'Adzopé (Côte D'ivoire)

[texte intégral]

Septembre 2016 Espace, Société, Territoire

¹LOUKOU Alain François

L'influence des Technologies de l'Information et de la Communication sur les mouvements migratoires des instituteurs dans le centre de la Côte d'Ivoire

[texte intégral]

Septembre 2016 Espace, Société, Territoire

¹ADAYE Akoua Assunta, ² KOFFI Koffi Marc

Le marché de gros de Bouaké dans l'approvisionnement en produits vivriers du centre nord de la Côte d'Ivoire

[texte intégral]

Septembre 2016 Espace, Société, Territoire

¹ABOUDOU YACOUBOU MAMA Aboudou Ramanou

Contribution du Projet de Gestion Urbaine Décentralisée (PGUD) à la gestion de la voirie urbaine à Parakou

[texte intégral]

Septembre 2016 Aménagement, Urbanisme

¹KASSI-DJODJO Irène, ²KOUASSI-KOFFI Michelline, ³Mamoutou TOURE

Privatisation du service public de transport scolaire à Abidjan

[texte intégral]

Septembre 2016 Aménagement, Urbanisme

¹Pauline A. DIBI KANGAH, ²Bathoh Zhodé Sylvain Gloayowi, ³Jean-Dominique H. Anoh

Modification du rythme des pluies et de la durée de l'harmattan sur le littoral de la Côte d'Ivoire (1971-2006)

[texte intégral]

Septembre 2016 Environnement, Nature, Paysage

¹KABLAN N'Guessan Hassy Joseph, ²YRO Koulaï Hervé

Le port de San Pedro à l'épreuve de la croissance du trafic conteneurisé

[texte intégral]

Septembre 2016 Espace, Société, Territoire

¹KOFFIE-BIKPO Céline Yolande, ²YEO Lanzéni

Maraichage urbain et sécurité sanitaire des aliments à Korhogo

[texte intégral]

Septembre 2016 Environnement, Nature, Paysage

¹Tuo Péga, ²Coulibaly Moussa, ³Aké Djaliah Florence Epse Awomon, ⁴Tamboura Awa Timité, ⁵Anoh Kouassi Paul

Ordures ménagères, eaux usées et santé de la population dans la ville de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[texte intégral]

Septembre 2016 Environnement, Nature, Paysage

¹Kablan Hassy N'Guessan Joseph, ²Kabran Gnankon Estelle Gisèle, ³Aké Aké Brice Patrick

Perturbations causées par la cohabitation des activités portuaires et le transport urbain : cas de l'agglomération d'Abidjan

[texte intégral]

Septembre 2016 Aménagement, Urbanisme

Aménagement et assainissement de la base mécanique de l'entreprise Adéoti Sarl à Togoudo au Bénin

Regional development and mechanical basic improvement of the company Adeoti Sarl at Togoudo in Benin

MAKPONSE Makpondéou, AÏDONOUGBO Aristide Coovi
makpons18@yahoo.fr, aaidonoubo@yahoo.fr

RESUME

Le site occupé par la base mécanique de l'entreprise Adéoti Sarl dans la commune d'Allada, est soumise à une forte érosion causée par les eaux de ruissellement. Le présent travail vise à, d'abord, à relever les facteurs qui induisent l'érosion pluviale sur ce site et ensuite, proposer un drainage efficace des eaux pluviales du site jusqu'à l'exutoire. Les données utilisées pour cette étude ont été obtenues grâce à la recherche documentaire et aux enquêtes de terrain réalisées. Les résultats obtenus ont montré que le site industriel de l'entreprise Adéoti Sarl présente un relief tabulaire incliné vers le sud avec des ruptures de pentes. Ainsi, pendant les périodes de pluies dans la zone d'étude où il tombe en moyenne par an 969.3 mm d'eau, la totalité des eaux descend vers le sud du site y créant un peu partout des ravins. Les eaux de ruissellement, transportant des particules de terre et d'autres débris solides dans leur descente, obstruent presque toutes les ouvertures créées dans les murs de clôture et destinées à faciliter leur écoulement vers le cours d'eau situé au sud du site. La volonté de juguler les conséquences nuisibles de cette érosion pluviale a poussé à l'élaboration d'un plan d'aménagement et d'assainissement du site afin de sauvegarder et de rentabiliser les investissements. L'élaboration de ce plan a été précédée d'une étude d'impact environnemental sommaire pour apprécier les nuisances de toutes natures et pour atténuer ou compenser leurs impacts négatifs.

Mots-clés: Allada, relief tabulaire, ravinements, érosion pluviale, plan d'aménagement et d'assainissement.

ABSTRACT:

The site occupied by the mechanical base of the company Adeoti Sarl in the town of Allada, is subject to heavy erosion caused by runoff. This work aims to, first, identify factors that induce rain erosion on this site and then propose an effective rain waters drainage of the site to the outlet. The data used for this study were obtained through desk research and field surveys. Indeed, the results obtained showed that the industrial site of the company Adeoti Sarl has an inclined tabular terrain to the south with slope failures. Thus, during periods of rainfall in the study area where it falls a year on average 969.3 mm of water which all goes south of the site with a speed almost uniform, are creating around washouts. Runoff, carrying soil particles and other solid debris in their descent, will block almost all the openings created in the walls closing and are intended to let sink to the river south of the site. Then the harmful consequences of this rain erosion led to the development of a management plan and remediation of the site to save and return on investment. The development of this plan was preceded by a summary environmental impact assessment to assess the impact of all kinds and to mitigate or compensate for adverse impacts

Keywords: Allada, tabular terrain, gullies, rain erosion, management and remediation plan

Introduction

Au lendemain des indépendances, le Bénin a connu l'implantations de plusieurs complexes industriels tels que les usines de fabrication de ciment, de textiles, d'huilerie, d'égrenage de coton et récemment la promotion d'une zone franche industrielle à Sèmè-Kpodji. C'est dans cette dynamique que de nouvelles générations d'entreprises comme Adéoti Sarl ont été créées. Ces complexes industriels sont souvent implantés sur de grands domaines qui nécessitent un bon aménagement avec un système d'assainissement adéquat. L'entreprise Adeoti Sarl, société spécialisée en bâtiments et travaux publics est un exemple puisque ses activités lui exigent un grand espace bien aménagé et assaini à l'instar de sa base mécanique situé à Togoudo dans la commune d'Allada au sud du Bénin. L'espace mobilisé pour l'installation de cette base fait 08 ha 33 a 57 ca et nécessite d'être aménagé et assaini pour le bien-être des employés et surtout pour un développement humain durable. En effet, «Le manque d'assainissement a des conséquences graves sur l'environnement avec des répercussions immédiates sur la santé humaine» (DHAC, 2010). Autrement dit, un mauvais aménagement

compromet le développement humain basé sur la trilogie Economie-Société-Environnement. De plus, « A l'heure actuelle où la pression démographique s'accroît dans les villes béninoises, l'emprise de l'homme sur la nature devient de plus en plus inquiétante créant ainsi d'énormes difficultés liées à l'assainissement et à l'évacuation des eaux de pluie. Au nombre de ces difficultés il y a le ravinement et la dégradation du sol, l'inondation, l'influence des déchets sur l'environnement et la pollution de l'environnement » (Dansou, 2011). L'étude de l'aménagement et de l'assainissement de la base mécanique de l'entreprise Adéoti Sarl pose la question du rapport entre le développement économique et la protection de l'environnement. Cette préoccupation s'inscrit dans le cadre des débats d'actualité qui peut se décliner en une série de questions aussi liées l'une à l'autre. Qu'est-ce que l'environnement ? Qu'est-ce que le développement ? Quel rapport existe-t-il entre environnement et développement ? Quelles sont les conséquences de la dégradation de l'environnement sur la vie des hommes ? Quelle est la nécessité de protéger l'environnement ? Comment concilier le développement économique et la protection de l'environnement ? Pour l'Organisation des Nations Unies (1978), la dégradation de l'environnement « compromet le développement et menace les progrès futurs en matières de développement » et « menace également tous aspects du bien-être humain. Il a été démontré que la dégradation de l'environnement est liée à des problèmes de santé humaine, comprenant certains types de cancers, de maladies à transmission vectorielle, de plus en plus zoonoses, des carences nutritionnelles et affections respiratoires ». L'épanouissement et le bien-être des employés de l'entreprise Adéoti Sarl et des populations environnantes dépendent de l'amélioration du cadre de vie de son site industriel surtout que celui-ci présente des aspects de dégradation relativement avancés. Pour ce faire, l'aménagement du domaine (figure 1) de cette entreprise de BTP constitue un des piliers essentiels à maîtriser pour la promotion de la production industrielle et le développement socio-économique. Cette étude s'inscrit dans l'optique de la sauvegarde d'un patrimoine économique à travers l'amélioration de la gestion de son environnement en général et de son site en particulier afin de prévenir les risques socio-économiques et environnementaux que pourraient courir les travailleurs de cette entreprise et les populations environnantes.

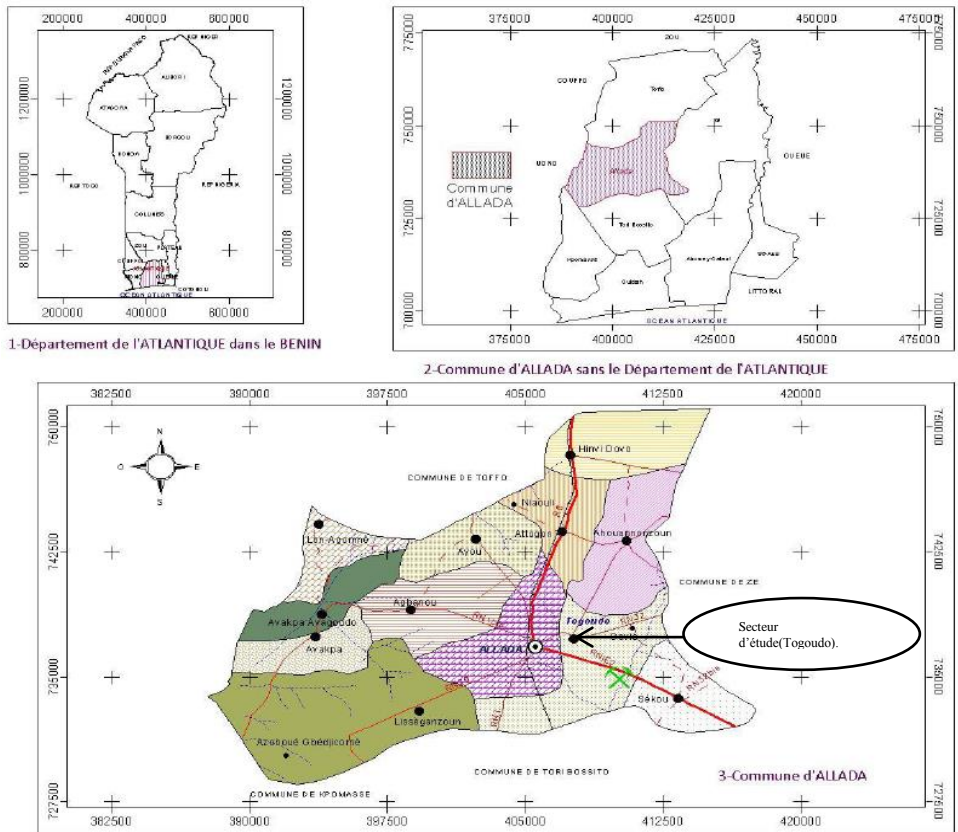


Figure 1 : Carte de situation du secteur d'étude

2- Méthodes utilisées

2-1- Collectes des données

Les données ont été collectées grâce à une recherche documentaire et à une enquête de terrain.

2_-1-1- Recherche documentaire

Dans le cadre de cette étude, des recherches ont été réalisées dans les centres de documentation et bibliothèques de l'ESIGT, de la DGTP, de l'IGN et de l'ASECNA. En plus, une prospection en lignes a été effectuée. Les données recueillies proviennent de l'exploitation des livres, des mémoires, des articles, des thèses, des revues, des rapports d'étude, statistiques et autres en rapport avec le thème. Ces informations sont relatives à des thématiques sur les complexes industriels, l'aménagement, l'assainissement, la politique du Bénin en matière d'assainissement, des données statistiques sur la démographie, le climat, la géomorphologie, l'hydraulique et l'hydrologie. D'autres informations complémentaires, ont été recueillies également à la mairie d'Allada.

2-1-2 Travaux de terrain

2-1-2-1 Techniques de collecte des données

Des entretiens, interviews, entrevues, sondages, focus group et observations ont été réalisés. Trois (03) focus group ont été installés à raison d'un (01) par village. Des observations directes et indirectes ont été faites. Elles ont permis de faire un diagnostic de l'état d'aménagement et d'assainissement de ce site industriel et de prendre des mesures.

2-1-2-2 Mesure de terrain

2-1-2-2-1 Visite de terrain

La visite de terrain, guidée par le chef du matériel, a permis de faire le croquis sur lequel figurent tous les détails représentés en leurs vraies formes ou par des signes conventionnels et qui a facilité la saisie des données appelée levé topographique. Le levé a fourni les données nécessaires à la connaissance du comportement spatial du site et de la forme géométrique des objets qui le composent.

2-1-2-2-2 Matérialisation et scellage des points du canevas

Avant le levé topographique, une polygonale de référence a été créée. Elle comporte dix bornes et est rattachée à deux bornes scellées (**BM1.13** et **BM1.11**) de la polygonale de la **RNIE2** en construction définie dans le système général. Une fois la polygonale créée et ses bornes bien scellées, s'en suivent les mesures d'angles et de distances.

2-1-2-2-3 Levé des points du canevas

❖ Planimétrie

Les positions des points ont été déterminées dans un même système de coordonnées par la méthode dite de cheminement polygonal. Plusieurs données ont été relevées. Il s'agit de la hauteur de l'appareil **H_i** qui est mesurée, les matricules des bornes arrière et avant sont transcrites, les lectures arrière et avant en position cercle droit sont relevées et transcrites, la différence entre lecture arrière et avant est calculée **H_z (d)**, les lectures arrière et avant en position cercle gauche sont relevées et transcrites, la différence entre lecture arrière et avant est calculée **H_z (g)**, la moyenne des différences **H_z (d)** et **H_z (g)** est calculée, **(H_z (d) + h_z (g)) x 1/2 = H_z (m)**, la distance horizontale est relevée et transcrite (**D_h**). Il est à signaler que la distance horizontale est mesurée dans les deux positions (cercle droit et cercle gauche) pour comparaison. Au total, la distance horizontale entre deux bornes consécutives est mesurée quatre fois ; ce qui permet d'éliminer les erreurs d'écriture sur la fiche ; la moyenne des

distances horizontales est calculée. C'est après deux stations consécutives que le calcul de la moyenne des distances horizontales a été possible.

❖ **Altimétrie**

Les altitudes des différents points de la polygonation ont été déterminées par application du principe du nivellement direct. Pour avoir des résultats fiables, le double cheminement qui est une des méthodes du nivellement direct, a été adopté. Cette méthode a l'avantage, à partir de deux stations distinctes, de déterminer doublement les dénivelés entre deux points. Ainsi, une moyenne a été alors calculée. Par ce procédé, tous les dix points de la polygonale ont été connus sur le plan altimétrique.

2-1-2-3 Outils de collecte des données

Des questionnaires ont été adressés à des populations cibles. Pour faciliter les entretiens et les observations sur le terrain, un guide d'entretien et une grille d'observation ont été élaborés. Ces techniques et outils de collecte des données ont permis de choisir un échantillon représentatif.

2-1-3 Matériels utilisés

Les principaux matériels utilisés sont : un appareil photographique numérique, une station totale de fabrication LEICA de type TS06, un niveau de fabrication LEICA et de type NA728, six jalons, deux mires pliantes en bois, un ruban d'acier de trois mètres, un ruban d'acier de 50 mètres, deux paires d'émetteurs radio de type MOTOROLA XTR446, deux cannes télescopiques de type GLS11, deux prismes de type GPR111, deux bipieds porte-prisme et canne. La station totale TS06 a permis d'avoir automatiquement les coordonnées X, Y et Z de tous les points rayonnés sur le terrain à partir des points de la polygonale dans un listing. Elle a été utilisée avec les accessoires tels que le ruban d'acier, les 02 paires de radio, les 02 cannes télescopiques, les 02 prismes et les 02 bipieds. Le niveau NA728 a été utilisé pour déterminer les altitudes des bornes de la polygonale mise en place. Il a été utilisé avec les 02 mires pliantes.

2-1-4 Etudes hydrologiques et hydrauliques

2-1-4 Etudes hydrologiques

Les données pluviométriques utilisées sont celles de la station synoptique de Cotonou. Il s'agit en l'occurrence de la série des hauteurs de pluies journalières, relevées sur quarante-trois (43) années soit de 1971 à 2013 qui ont permis de déterminer les pluviométries moyennes mensuelles sur plusieurs années et aussi de percevoir les répartitions en proportion annuelle des hauteurs mensuelles de ces pluies. De plus, l'étude de la distribution fréquentielle des pluies a donc porté sur l'échantillon des hauteurs de pluie journalière les plus élevées des périodes les plus pluvieuses de l'année sur les quarante-trois (43) années en étude. En ajustant à chacun de ces échantillons obtenus, la loi de distribution fréquentielle de Gumbel, selon laquelle, pour les 43 hauteurs maximales de pluie journalière d'un échantillon donné, la durée de retour expérimentale est égale à $T = 44/R$, R étant le numéro de rang des hauteurs de pluie choisies, classées par ordre décroissante. La fréquence d'apparition a été alors déduite de T. Elle est égale à $F = 1/T$.

2-1-4-1 Délimitation du bassin-versant

Le site, objet de la présente étude a été entièrement clôturé tout au début de l'installation de l'entreprise. En effet, aucune eau de ruissellement ne passe de l'extérieur vers l'intérieur du site et les seules ouvertures créées qui laissent passer les eaux de ruissellement ne sont qu'au sud du site. Alors les bassins versants à délimiter se réduisent alors à ceux du site industriel de l'entreprise Adéoti Sarl. Pour ce faire, il a fallu tenir compte d'un certain nombre de

paramètres à savoir : l'exutoire situé complètement au sud du site et le tracé de la ligne de partage des eaux. L'analyse des courbes de niveau du site a montré qu'il n'y a pas de crête. Il y a alors un seul bassin-versant.

2-1-4-2 Méthodes de calcul des débits

Pour calculer le débit du bassin-versant du site industriel de l'entreprise Adéoti Sarl, c'est la méthode rationnelle qui est appliquée. Au regard de la taille du bassin-versant correspondant au site étudié qui est inférieure à 4 km², la méthode rationnelle est celle adaptée pour le calcul du débit.

2-1-4-3 Evaluation du débit par la méthode rationnelle

Plusieurs indices ont été pris en compte :

➤ **calcul du temps de concentration T_c**

La formule de Kirpich, empirique, souvent utilisée et adaptée au continent africain dans le cadre de la détermination du temps de concentration, a été retenue dans le présent travail.

$T_c = \frac{1}{52} \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}$ avec T_c : temps de concentration en minutes, L : distance en mètre entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin, H : dénivelée en mètre entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin.

➤ **détermination de l'intensité (i) de l'averse**

La projection de la durée T_c sur la courbe hauteur durée fréquence de la station de Cotonou a permis de déterminer la hauteur H de la pluie sur la base des fréquences biennale, quinquennale et décennale. Par suite, i est déterminé dans les trois (03) cas par la relation

$$i = \frac{H}{T_c}$$

❖ **détermination de l'intensité corrigée i_c de l'averse**

La formule de Caquot a permis de corriger l'intensité moyenne i_c dans les trois (03) cas par la relation : $i_c = i A^{-\epsilon}$ avec A : la superficie du bassin versant en ha, $\epsilon = 0.05$

❖ **détermination proprement dite du débit hydrologique Q_{hydro}**

$$Q_{hydro} = A \times i_c \times C$$

Le débit à l'exutoire est fonction de l'aire de la surface du bassin-versant (B.V) ; de l'intensité i de la pluie et de la proportion de la quantité d'eau qui ruisselle. Le débit maximal Q de la crue a été calculé pour des fréquences biennale, quinquennale et décennale à partir de la station de Cotonou.

Q = débit de la crue (décennale) (en m³/s), A = Superficie du B.V du site étudié en ha,

i_c = Intensité corrigée de l'averse en mm/mn sur la période de concentration t_c ,

C = coefficient de ruissellement supposé uniforme sur le secteur d'étude.

2-1-5 Etudes hydrauliques

Les études géométriques des sections d'ouvrage hydrauliques ont pour but l'identification et la localisation des passages d'eau du projet d'aménagement puis le calcul de leur dimensionnement.

▪ **Choix du système d'assainissement**

Le système d'assainissement choisi dans la présente étude est le réseau unitaire d'assainissement afin de régulariser les eaux de ruissellement pour ne pas aggraver les problèmes en aval comme la saturation des réseaux existants ou l'aggravation des inondations.

▪ **Justification du réseau proposé et de la faisabilité hydraulique**

L'assainissement du périmètre d'étude se doit de prendre en compte les risques d'érosion, de dégradation et de stagnation des eaux de ruissellement, mais aussi de la conception des ouvrages. La protection du périmètre contre ces dégradations se fait en drainant les eaux de ruissellement par des ouvrages longitudinaux conçus à cet effet. Le terrain d'étude se présente comme un plateau en forme très inclinée. Ainsi, l'écoulement des eaux du site se fait suivant les pentes naturelles longitudinales de direction nord-sud. Quatre (4) zones identifiées ont permis d'avoir 6 sous-bassins-versants. Evacuer les eaux pluviales du périmètre revient à projeter transversalement les caniveaux CA1_1 et CA1_2 en aval de la zone 1. Ces ouvrages doivent recueillir les eaux provenant des parties nord et nord-ouest dont les superficies sont 34 000 m² soit 41 % de la superficie totale du site de l'entreprise Adéoti Sarl. Ainsi, le débit à évacuer correspond à **Q1 = Q(SBV1.1+ SBV1.2)**. Il faut de même projeter longitudinalement les caniveaux CA2_1 et CA2_2 en aval de la zone 2. Ces ouvrages doivent recueillir les eaux provenant de la partie centrale du site dont la superficie est 21900 m² soit 26.2 % de la superficie totale du site. Ainsi, le débit à évacuer correspond à **Q2 = Q(SBV2.1+ SBV2.2)**. L'opération suivante consiste à projeter longitudinalement le caniveau CA3 en aval de la zone 3 longeant le mur de clôture du côté Est du site. Cet ouvrage doit recueillir les eaux provenant de la partie nord-ouest du site dont la superficie est 9768 m² soit 11.7 % de la superficie totale du site. Le troisième ouvrage se chargera de drainer les eaux issues de la zone 3 et de protéger la clôture contre une probable dégradation de sa fondation compte tenu de la pente du terrain. Ainsi, le débit à évacuer correspond à **Q3 = Q(SBV3)** ; projeter le caniveau CO1 qui recueille les eaux des caniveaux CA1_1 et CA1_2, et se raccorde à l'intersection des caniveaux CA2_1 et CA2_2. Ainsi, le débit à évacuer vaut **Q(CO1) = Q1**. Il faut également projeter le caniveau CO2 qui recueille les eaux des caniveaux CA1_1 et CA1_2 et celles des CA2_1 et CA2_2, passe au sud de la zone 3 et au nord de la zone 4, et se raccorde à l'intersection avec le caniveau CA3. Ainsi, le débit à évacuer vaut **Q(CO2) = Q1+ Q2**. La projection du caniveau CO3 va permettre de recueillir les eaux de la zone 4, des caniveaux CA3 et CO2 et longe la clôture du côté Est pour finalement déverser son contenu dans le caniveau CO4. Ainsi le débit à évacuer vaut **Q(CO3) = Q(CO2) + Q3**. Celle du caniveau CO4 permettra de recueillir toutes les eaux du site et de les déverse dans le cours d'eau Datihouin. Ainsi, le débit à évacuer vaut **Q(CO4) = Q(CO3)**.

▪ **Détermination de la hauteur hydraulique (y)**

D'après la formule de Manning-Strickler, $Q = K_s \times R_H^{2/3} \times S \times I^{1/2}$. En prenant en compte les considérations économiques, la présente étude a adopté des caniveaux rectangulaires en section hydrauliquement favorable (SHF), donc $b = 2y$; $R_H = y/2$; $S = 2y^2$ avec b = largeur de la section de l'ouvrage, R_H = le rayon hydraulique de l'ouvrage, S = pente du radier de l'ouvrage. En introduisant ces nouvelles valeurs dans la formule de Manning-Strickler, elle devient : $Q = K_s 2^{1/3} y^{8/3} I^{1/2}$; Q , I et K_s étant connus, y est exprimée par la relation directe : $y =$

$\left[\frac{Q}{K_s \cdot 2^{1/3} \cdot I^{1/2}} \right]^{3/8}$ avec K_s = coefficient de rugosité de la paroi, ici $K_s=67$, y = tirant d'eau ou hauteur hydraulique, A = section mouillée.

▪ **Détermination de la hauteur critique et du type d'écoulement**

L'écoulement étant supposé permanent, uniforme et le fluide incompressible,

$$Q = by_c * (gy_c)^{1/2}, \text{ ce qui implique que } y_c = \left(Q^2 / (b^2 g) \right)^{1/3}$$

Les valeurs de y et y_c ont été comparées pour la détermination du type d'écoulement sur le site. Si $y > y_c$ alors l'écoulement est fluvial. Si $y < y_c$ alors l'écoulement est torrentiel ; ce qui est le cas de la présente étude. Puisque l'écoulement souhaité est fluvial, alors, la largeur (b) a été fixée à 1 m. Ainsi tous les autres paramètres tels que le tirant d'eau (y), le rayon hydraulique (R), la section mouillée (S), le périmètre (P) et la hauteur critique (y_c) ont été recalculés. La pente critique (i_c) et la vitesse de l'écoulement (V) ont été donc calculées à base des paramètres recalculés.

- **Calcul de la pente critique**

Il s'agit ici, de s'assurer si la pente donnée au canal ne détruira pas l'ouvrage. L'écoulement est dit alors critique si : $Q_n = Q_{max}$ soit $K_S \times R_H^{2/3} \times S \times I_c^{1/2} = S (g \times y_c)^{1/2}$, ce qui implique que $I_c = (K_S^{-2} \times g \times y_c) / R_H^{3/2}$. Pour assurer la non perturbation de l'écosystème de l'ouvrage, il faudrait que l'écoulement soit fluvial ainsi donc : $I < I_c$. La pente critique (i_c) étant calculée dans chaque cas, la pente à prendre en compte pour le dimensionnement des caniveaux a été alors fixée en respectant la condition de l'écoulement fluvial $I < I_c$

- **Détermination de la vitesse d'écoulement des eaux**

D'après l'équation de l'écoulement à surface libre : $V = C\sqrt{RI}$ et $C = K_S \times R^{1/6}$ donc $V = K_S \times R^{2/3} \times \sqrt{I}$. Si $V > 0,5$ m/s, alors l'écoulement assure le transport de tous sédiments dans l'ouvrage.

- **Calcul de la revanche r (m) : $r = y/3$.**

La revanche, dans la présente étude, a été calculée en fonction de la valeur du tirant d'eau. Sa valeur a été ajoutée à celle du tirant d'eau y pour avoir la hauteur totale de l'ouvrage dimensionné.

- **Calcul des sections hydrauliques des ouvrages**

Connaissant la largeur b , la pente i et le débit hydrologique Q , il est alors plus aisé de calculer la hauteur mouillée h par itération en utilisant la formule de Manning-Strickler.

2-1-6 Méthodes d'organisation de l'espace

De façon pratique, le plan d'aménagement proposé consiste à recenser et tenir compte des contraintes de toute nature qui affectent le site, notamment la disposition des constructions existantes, leur nature et les pentes du terrain ; à définir sur le site de nouveaux modes d'utilisation du sol et à concevoir et préciser la composition du site c'est-à-dire le zonage à effectuer en tenant compte des intentions d'extension telles que les futures constructions et installations.

2-1-6-1-Processus d'organisation de l'espace

Pour une organisation adéquate du site, il a été utilisé des moyens basiques à savoir : le tracé, le découpage ou zonage, l'affectation des découpages. Le premier groupe rassemble les installations existantes telles que les différents ateliers de fabrication ou de réparation, de garage des engins réparés et en attente de réparation, du parking abritant les moyens de déplacement des agents, de l'aire réservée aux produits d'hydrocarbures, les voies de circulation et de la cantine. Le second regroupe les installations à projeter telles que les aires de préfabrication et de stockage des pavés, entrepôts des épaves et le pont bascule.

2-1-6-2 Critères d'aménagement

Il s'agit d'intégrer les installations projetées à celles existantes dont les aires feront l'objet d'extension (les ateliers de réparation, le garage des machines réparées ou en attentes de réparation, le parking abritant les moyens de déplacement des agents).

2-1-6-3 Description des aménagements

➤ Installations existantes à modifier :

Il y a les ateliers de réparation des engins en panne, installés sur une superficie d'un demi-hectare avec deux postes d'intervention mécanique et les ateliers de peinture, de lavage, de soudure et tôlerie, feront l'objet d'extension surtout pour les postes d'intervention mécanique qui passeront à cinq pour accroître leur rendement. L'aire ainsi projetée atteindra les 3/4 d'ha de la superficie totale du site étudié. L'extension affectera également le garage des engins réparés et en attente de réparation, installé sur une superficie de demi-hectare et qui abrite actuellement seuls les engins réparés ou nouvellement acquis. Les engins en attente de réparation sont garés sur l'aire occupée par les ateliers de réparation et constituent ainsi un encombrement. Pour y remédier, il faudra alors agrandir le garage des engins réparés avec une séparation nette jusqu'à 8000 m² pour accueillir les engins en attente de réparation de ceux en bon état. Enfin, le parking, actuellement en hangar, occupe 100 m² visiblement insuffisants pour accueillir les véhicules à deux ou quatre roues des usagers du site et des visiteurs. Il sera étendu à 500 mètres carrés.

➤ Installations projetées :

L'aire de préfabrication et de stockage des pavés, projetée sur un hectare au nord-ouest du domaine produira en fonction des besoins sur ses différents chantiers en cours d'exécution, les pavés d'épaisseurs 8 et 11. C'est dans le souci de ne plus être confrontée aux problèmes fonciers dans l'installation de ses chantiers que l'entreprise a décidé d'avoir sur son site industriel à Allada, cette aire de préfabrication de pavés. En effet, pour l'installation d'un chantier qui regroupe les bureaux, les magasins, les parkings, l'aire de préfabrication, la centrale d'asphalte, le garage mécanique, le laboratoire géotechnique, l'entreprise a besoin d'au moins cinq hectares. Une telle surface de terre libre est assez rare de nos jours au sud du Bénin. Le pont bascule, projeté pour le pesage de tous les véhicules poids lourd chargés d'approvisionner la centrale d'asphalte et l'aire de préfabrication en matériaux de construction, va permettre aussi de faire respecter les charges à l'essieu des porte-engins et des camions chargés d'asphalte en direction des chantiers. En somme, la finalité poursuivie dans cette rubrique est de proposer une meilleure organisation de l'espace en modifiant l'ancien ordre.

2-1-7 Traitement des données

Les données collectées ont fait l'objet de traitements manuel et informatique avec divers logiciels. En effet, certaines données ont été manuellement dépouillées et mises en thématique. Le traitement à l'aide de support informatique, a permis de saisir les données, de concevoir des tableaux, des graphiques, des cartes et plans. Pour ce faire, les logiciels tels qu'office 2010 (Word, Excel), Polyroute2.00, Covadis9.1, Piste5, surfer et arcview3.2 ont été exploités.

2-1-8 Analyse des résultats

Le caractère pluridisciplinaire de la présente étude met en exergue l'interaction, l'interdépendance et l'interrelation des différentes composantes des milieux naturel et humain.

Pour cette raison, les modèles d'analyse des résultats utilisés sont l'approche systémique et le SWOT. A l'issue de la démarche méthodologique adoptée, des résultats ont été obtenus et ont permis de proposer un plan d'aménagement et d'assainissement du site industriel de l'entreprise Adéoti Sarl.

3- Résultats et discussion

3-1 Facteurs de l'érosion pluviale

3-1-1 Caractéristiques géomorphologiques du site de l'entreprise Adéoti Sarl

Le site de l'entreprise Adéoti Sarl est sur un plateau caractérisé par ses dimensions et sa vigueur, c'est-à-dire par son altitude et son système de pentes. Le secteur d'étude est alors à une altitude donnée et présente un système de pentes déterminées.

3-1-1-1 Altitude du site de l'entreprise Adéoti Sarl

L'identification de la hauteur du site est subordonnée à l'établissement des courbes de niveau. Cette réalisation a permis de mettre en relief les inégalités à la surface du site à travers les courbes de niveau (**figure 2**). En effet, la différence entre les courbes de niveau maîtresses de basses altitudes (42.00 m) sur le site étudié et d'altitudes les plus élevées (60.00 m) fait 18.00 m. Celle entre les deux courbes de niveau maîtresses consécutives est d'un mètre. En outre, le rendu 3D du site étudié (**figure 3**) confirme la faiblesse des écarts des dénivellations. Fort de ces résultats, il y a à retenir que la surface du site présente un relief tabulaire relativement plat. Mais le degré de la platitude dépend des systèmes de pentes.

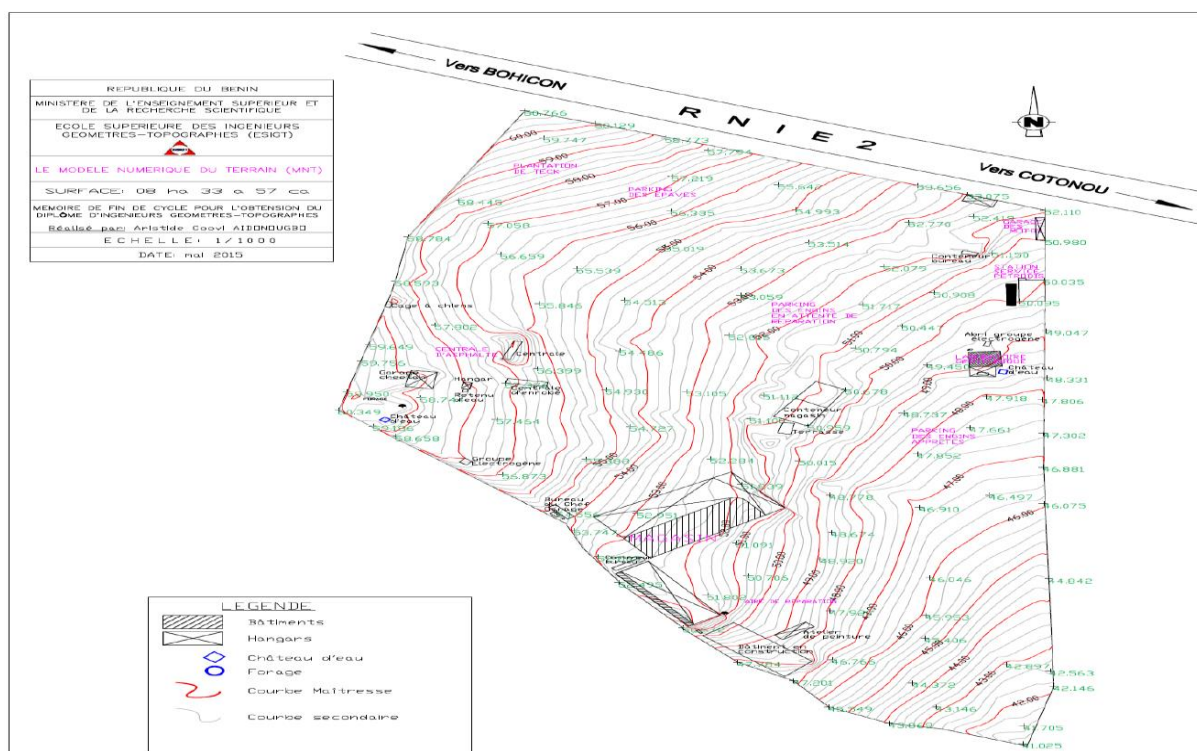


Figure 2: Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la zone d'étude

Source : Résultat du traitement du levé topographique, mai 2015

3-1-1.2. Système de pentes du site étudié

La pente est l'inclinaison ou la déclivité par rapport à l'horizontal. Sur le site étudié, des ruptures de pentes sont observées. Ces dernières ont créé un versant incliné du nord au sud (**figure 3**). Elle présente suivant la pente un versant unique, visiblement rectiligne. La figure 4 montre des courbes de niveau obtenues à l'aide du MNT (les principales en rouge et les

secondaires en gris) ainsi que les différentes installations présentes sur le site étudié. Cette figure montre l'inclinaison du relief du site étudié en 3 dimensions (X, Y et Z). Elle a été obtenue à l'aide du MNT. Le rendu 3D (**figure 3**) a permis de confirmer le rôle très actif du relief dans la vitesse de l'écoulement des eaux.

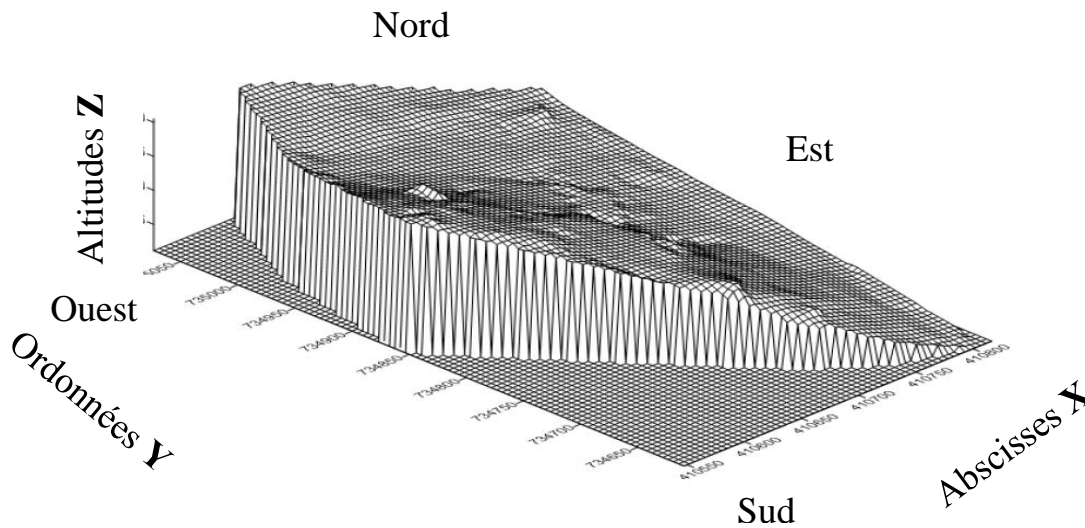


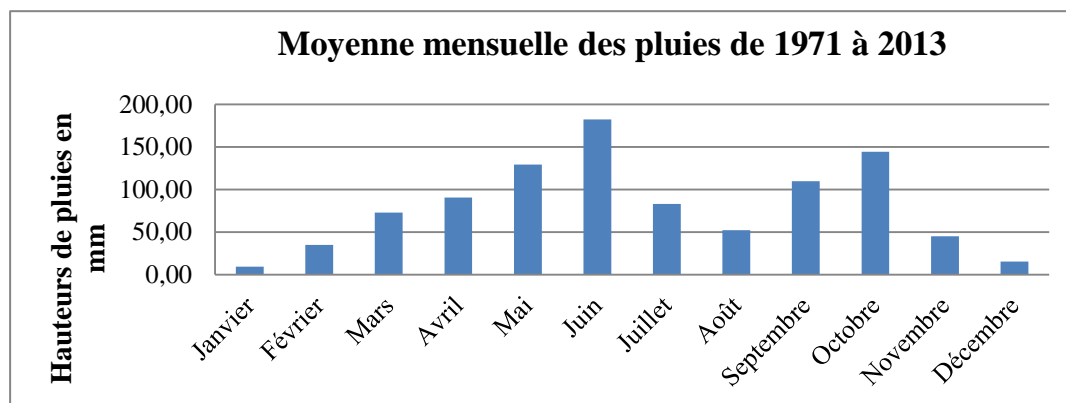
Figure 3: Rendu 3D du site étudié
 Source : Résultat du traitement du levé topographique, mai 2015

En somme, les caractéristiques géomorphologiques du site industriel, astreignent les eaux de ruissellement à une énergie cinétique très peu variable suivant leur position géographique. En effet, sur le rendu 3D, un seul niveau de morphologie s'observe de l'amont à l'aval. La surface tabulaire est inclinée du nord vers le sud. Cette portion de terre est soumise à l'action des éléments du climat qui donnent au milieu d'étude des caractéristiques hydrologiques et hydrauliques.

Ce phénomène est récurrent car le climat subéquatorial de la commune d'Allada y est très favorable.

3-1-2. Caractéristiques hydrologiques du site étudié

L'analyse du régime pluviométrique du secteur d'étude de 1971 à 2013 (**figure 4**), permet de constater qu'à travers les moyennes pluviométriques, le climat est humide car il n'existe pas



de mois sans pluies.

Figure 4: Moyenne mensuelle des pluies de 1971 à 2013
 Source : Données issues de l'ASECNA (Station de Niaouli)

La figure 4 montre la quantité moyenne de pluie tombée chaque mois de l'année. Les fortes valeurs intercalées de petites attestent du caractère bimodal de la pluviométrie. Il pleut alors quasi-continuellement toute l'année et c'est pendant les mois de mai, juin, septembre et octobre qu'il pleut plus dans l'année. Les périodes de pluies redoutées sont celles des mois de juin et d'octobre qui enregistrent les hauteurs pluviométriques les plus importantes de l'année ; au cours de ces mois, les ruissellements deviennent les plus abondants sur le site. Les temps de retour sont déterminés par ajustement de la loi de distribution fréquentielle de Gumbel aux valeurs extrêmes des pluies journalières du mois de juin (**tableau I**).

Tableau I: Fréquence d'apparition

Périodes de retour	Hauteur (mm)	Probabilité dépassement
	Juin	
1	33.6	97.73
2	180	50.00
5	269.7	34.05
10	300	10.32

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Pour leur calcul, les hauteurs de pluie ont été d'abord classées par ordre décroissante et ensuite, elles se sont vues attribuer chacune un numéro correspondant à leur rang. Ainsi, le premier temps de retour a été calculé comme suit : $T = (43+1)/1 = 44$ (**tableau II**).

Tableau II: Détermination des temps de retour

RANG	HAUTEUR (mm)	T = (N+1)/R (an)
1	395	44.00
2	361.8	22.00
3	316.1	14.67
4	309.4	11.00
5	298	8.80
6	294	7.33
7	276.7	6.29
8	275.8	5.50
9	269.7	4.89
10	268.2	4.40
11	231.5	4.00
12	229.6	3.67
13	225.5	3.38
14	222.1	3.14
15	209.1	2.93
16	208.5	2.75
17	198	2.59
18	195.2	2.44
19	192	2.32
20	187.6	2.20
21	181.6	2.10
22	180	2.00

RANG	HAUTEUR (mm)	T = (N+1)/R (an)
23	159	1.91
24	157	1.83
25	150.6	1.76
26	148.1	1.69
27	146.1	1.63
28	144.5	1.57
29	143.7	1.52
30	142	1.47
31	129.7	1.42
32	127.4	1.38
33	125.3	1.33
34	122.8	1.29
35	120.6	1.26
36	111.4	1.22
37	95	1.19
38	64	1.16
39	59.3	1.13
40	56.1	1.10
41	44.1	1.07
42	36.7	1.05
43	33.6	1.02

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Le tableau II montre que les hauteurs de pluie les plus importantes ont de faible probabilité d'apparition. Ainsi, pour limiter les risques de crue qui mettront en péril les installations, le dimensionnement des ouvrages a pris en compte un temps de retour de 10 ans dont la probabilité d'apparition est de 10.32 %. Cette probabilité a été calculée (Tableau III).

Tableau III: Hauteurs Durées fréquences des averses à Cotonou

Durée de la pluie	Hauteur (mm) suivant la période de retour
	T = 10 ans
5 mn	16.6
10 mn	26.9
15 mn	36.9
30 mn	57.6
45 mn	69
1 H	75.5
1.5 H	89.5
2 H	97.6
4 H	110.9
12 H	124.1
24 H	125.8

Source : Travaux CIEH

Le tableau III montre les travaux du CIEH relatif aux différentes hauteurs de pluie suivant la période de retour de 10 ans. Le bassin-versant étudié se limite au domaine occupé par l'entreprise Adéoti Sarl. En effet, en tenant compte de la position de l'exutoire et du sens d'écoulement des eaux de ruissellement, le domaine a été découpé en 4 zones. Ce zonage comporte 6 sous-bassins-versants présentant des caractéristiques (tableau IV).

Tableau IV : Caractéristiques des sous-bassins-versants

N° Zone	Sous-Bassins versants	Superficie A (ha)	Périmètre P (m)	Longueur Hydraulique L (m)	Altitude Amont (m)	Altitude Aval (m)	Dénivelée dZ (m)	Pente p (%)
Zone 1	SBV1.1	2.244	604.94	229.79	60.766	53.890	6.876	2.992
	SBV1.2	0.806	376.94	128.09	58.968	53.890	5.078	3.964
Zone 2	SBV2.1	1.653	570.67	227.73	55.250	49.210	6.040	2.652
	SBV2.2	0.643	364.17	113.63	55.500	49.210	6.290	5.536
Zone 3	SBV3	0.979	543.82	101.29	49.500	45.500	4.000	3.949
Zone 4	SBV4	2.011	565.72	201.01	52.470	41.000	11.47	5.706

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Le tableau IV présente des sous-bassins-versants délimités. Chacun d'eux correspond à une zone découpée bien déterminée. La superficie, le périmètre, la longueur hydraulique et les altitudes sont déduits du levé topographique du terrain. Les calculs de la dénivelée et de la pente du SBV1.1 ont été effectués en prenant $dZ = 60.766 - 53.890 = 6.876$; $p(\%) = dZ/L = 6.876/229.79 * 100 = 2.992$. Les zones et sous-bassins-versants délimités sur le site ont chacun un positionnement géographique (figure 5). Le zonage obtenu donne 4 sous zones. La pluviométrie dans la commune d'Allada est caractérisée par une forte concentration des pluies sur de brèves périodes de l'année : d'avril à juillet pour la première saison pluvieuse et de septembre à octobre pour la seconde saison pluvieuse. La période d'avril à octobre reçoit à elle seule 76.28 % de la pluviométrie totale annuelle avec des hauteurs de pluie dépassant largement les 50 mm en 1h à 1h 30 mn d'averse Au contact d'un sol ferrallitique dont l'intensité d'infiltration, selon les résultats de Hirtz (1992), varie entre 1,5 et 30 mm/h suivant le degré d'humectation, 60 à 80 % des eaux précipitées pourraient traîner en surface. Le fort coefficient de ruissellement de ces sols en est aussi une preuve. Il est alors nécessaire d'évaluer la quantité d'eau qui ruisselle sur la surface de ce site par unité de temps. Ainsi,

compte tenu de la taille du site étudié qui est inférieure à 4 km², la méthode de calcul des débits hydrologiques adoptée a été la méthode rationnelle.

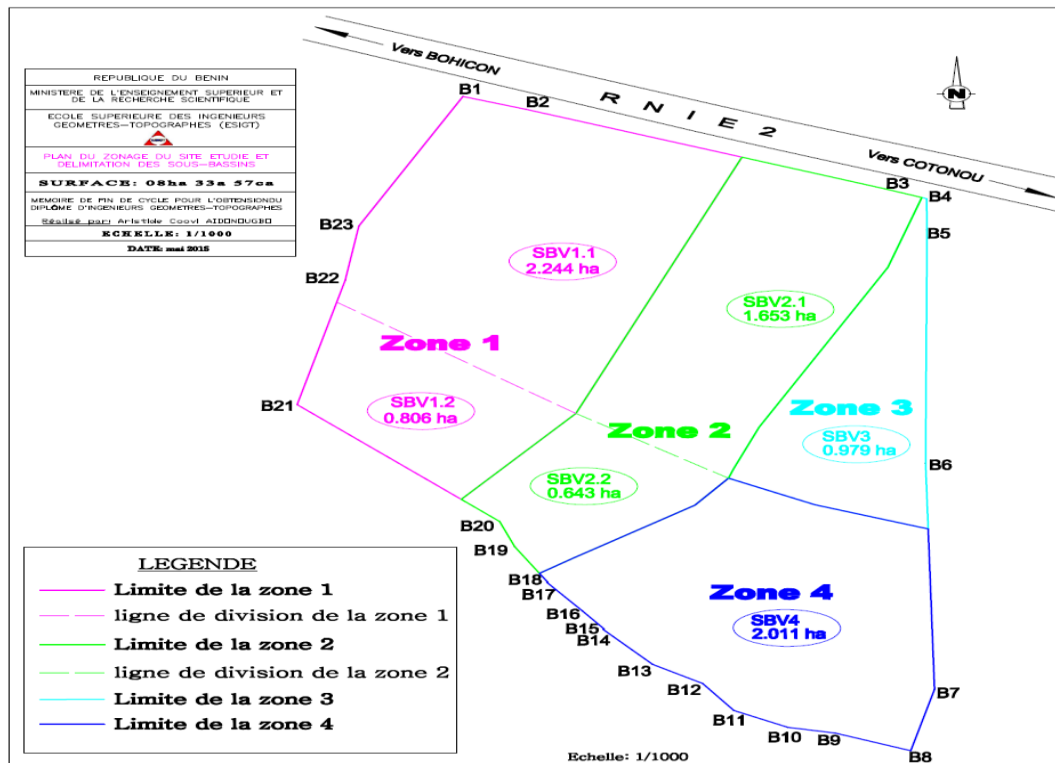


Figure 5: Zonage du site étudié et les caractéristiques de ses sous-bassins délimités
 Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Le calcul des différents éléments tels que le temps de concentration **Tc**, la hauteur de pluie **H** à partir des courbes hauteurs-durées-fréquence (HDF) des stations de Cotonou, l'intensité **I** de l'averse et l'intensité corrigée **I_c** de l'averse ont alors permis de déterminer enfin les débits des sous- bassins versants suivant le temps de retour de 10 ans (**Tableau V**).

Tableau V: Détermination des débits hydrologiques des sous- bassins versants du site étudié

N° Zone	Sous-Bassins versants	Superficie A (ha)	Coef. Ruissellement C	Temps de Concentration Tc (mn)	Temps de Concentration Corrigé Tc (mn)	Hauteur de Pluie H (mm)	Encadrement Tc et H selon CIEH	Intensité de Pluie I (mm/mm)	Intensité de Pluie Corrigée Ic (mm/mm)	Débit Hydrologique Q (m ³ /s)
Zone 1	SBV1.1	2,24	0,7	4,8010897	5	16,6	5'<Tc<10' 16.6<H<26.9	3,32	3,18878826	0,833
	SBV1.2	0,803	0,7	2,75090721	5	16,6	5'<Tc<10' 16.6<H<26.9	3,32	3,35662099	0,314
Zone 2	SBV2.1	1,653	0,7	4,99155548	5	16,6	5'<Tc<10' 16.6<H<26.9	3,32	3,23760932	0,624
	SBV2.2	0,851	0,7	2,20966465	5	16,6	5'<Tc<10' 16.6<H<26.9	3,32	3,34689129	0,332
Zone 3	SBV3	0,976	0,7	2,29940471	5	16,6	5'<Tc<10' 16.6<H<26.9	3,32	3,32403504	0,378
Zone 4	SBV4	2,011	0,7	3,38893212	5	16,6	5'<Tc<10' 16.6<H<26.9	3,32	3,20602925	0,752

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Concernant le SBV1.1, valeurs ont été calculées:

$$Tc \text{ (mn)} = (1/52)*[(229.79^{\wedge}1.15)/(6.876^{\wedge}0.38)] = 4.797 \text{ mn soit } Tc \text{ (corrigé)} = 5 ;$$

H (mm) = 16.6 déduite de la courbe Hauteur-Durée-Fréquence du CIEH.

i (mm/mn) = $H/T_c = 16.6/5 = 3.32$; i (corrigée) = $i * A^{(-0.05)} = 3.32 * 2.24^{(-0.05)} = 3.189$ mm/mn. Q (m³/s) = $C * i(\text{corrigée}) * A = 0.7 * 3.189 * 2.24 = 0.833$. La connaissance des débits de chaque sous-bassin-versant a permis de projeter des ouvrages afin de drainer les eaux pluviales du site jusqu'à l'exutoire.

3-2 Conséquences des caractéristiques géomorphologiques, hydrologiques et de l'occupation du site

Avant l'implantation de l'industrie, objet de la présente étude, le site était couvert par des forêts semi-décidues pratiquement disparues de nos jours, des jachères, des plantations de palmier à huile et des champs. Les activités de l'industrie vont accélérer la dégradation. La base mécanique de l'industrie Adéoti Sarl est sur un plateau de terre de barre avec un sol ferrallitique argileux. L'observation du site montre que celui-ci est occupé et exploité (**Photos 1 et 2**).



Photo 1 : Voie principale en asphalte du site
Prise de vue : Aïdonougbo, mai 2015



Photo 2 : Voie secondaire en terre du site
Prise de vue : Makponssè, mai 2015

La végétation qui couvrait le sol a cédé sa place peu à peu aux installations des équipements et aux différents ateliers. Ainsi, en parcourant les voies d'accès et de circulation du site, le constat est assez probant. La photo 1 présente la voie d'accès principale revêtue en asphalte, le bâtiment du laboratoire géotechnique et une partie de l'aire occupée par les engins déjà réparés ou nouvellement acquis. La photo 2 expose la voie d'accès secondaire en terre et une partie de l'aire occupée par les engins déjà réparés ou nouvellement acquis. Cette anthropisation réduit la surface d'infiltration des eaux pluviales surtout avec les passages répétés des gros engins entassent le sol, de telle sorte que presque toute la quantité d'eau tombée ruisselle sur le sol. Ainsi, lorsqu'il pleut, les eaux de ruissellement coulent du nord vers le sud du domaine suivant les pentes du versant. Cette inclinaison du versant induit la vitesse de l'écoulement des eaux de ruissellement. C'est cette vitesse qui permet à ces eaux d'arracher les particules du sol créant ainsi les ravins observés sur le site (**Photos 1 et 2**).



Photo 3: Ravin au nord-ouest du site étudié
Prise de vue : Aïdonougbo, mai 2015



Photo 4: Ravin à l'est du site étudié
Prise de vue : Makponssè, mai 2015

Ces photos présentent des ravins semblables à des lits de cours d'eau temporaire. Cela dénote de l'importance de l'érosion sur le site étudié. En effet, la photo 1 montre un ravin moins

profond d'environ 15 cm que celui de la photo 2 dont la profondeur avoisine 1 m en moyenne. Cette différence est due au revêtement en concassé granitique sur l'espace de la photo 1. Afin de permettre l'écoulement des eaux de ruissellement vers l'exutoire, des ouvertures de dimensions différentes avaient été créées au bas des murs de clôture des côtés est et sud. Cette différenciation de dimensions est due à l'effondrement du mur (du côté est, entre temps reconstruit) dont la cause principale est le faible dimensionnement des ouvertures. En effet, l'obstruction de ces ouvertures empêche la sortie des eaux de ruissellement ce qui crée une accumulation d'eau au sud du site. Sur le site, les ateliers de réparations ont des effets négatifs sur l'environnement de par leurs activités en laissant par terre des traces d'huiles à moteur. Ainsi, lorsqu'il pleut, une partie de ces huiles est transportée vers l'exutoire et l'autre s'infiltre dans le sol. Cet état de chose provoque la pollution du cours d'eau ainsi que de la nappe phréatique. Face à cet état de dégradation de l'environnement, un plan d'aménagement et d'assainissement du site est indispensable. Mais avant tout, il faut une étude d'impact d'environnemental.

4. Etude d'impact environnemental

4-1 Problèmes socio-économiques et environnementaux existants et éventuels

Les enquêtes de terrain ont permis de recenser dans le secteur d'étude plusieurs problèmes : l'érosion du sol ; la déforestation ; la perte de biodiversité ; des maladies endémiques (paludisme, choléra, fièvres typhoïde et jaune, etc.) ; les épizooties ; la pollution sous toutes ses formes ; la pauvreté, le chômage, le non-respect des règles environnementales et autres. Face à ces différents problèmes auxquels sera confrontée l'exécution du plan d'aménagement et d'assainissement du site, des mesures ont été prises.

4-2 Mesures de travail et de sécurité

Il s'agit notamment des mesures de préservation de la santé et de sécurité humaine. A l'exécution des travaux, le chantier devra être pourvu d'une alimentation en eau potable. Les conditions d'hygiène devront être respectées et rigoureusement contrôlées. Le chantier devra être doté d'un dispensaire équipé pour les premiers soins en cas d'accident et de maladie. Des préservatifs et médicaments usuels devront être distribués au personnel par une infirmerie installée sur place. Sur le site, les zones des travaux devront être délimitées par des balises et cordons de sécurité. Tout le personnel devra 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 devront être posés au niveau de tous les locaux. Des poubelles internes devront être disposées dans tous les locaux, et des poubelles externes au niveau des secteurs clés de la base de l'entreprise. Les déchets ainsi recueillis et conservés dans ces poubelles doivent être évacués par les services compétents. Des mesures de prudence devront être prises pendant la manipulation des produits toxiques et contaminants afin d'éviter leur contact avec les sources d'eau notamment le cours d'eau Datihouin situé au sud du site. Les déchets issus de ces produits contaminants devront être recueillis et conservés dans des poubelles solidement fermées pour les solides, et des fûts hermétiquement bouchonnés pour les liquides jusqu'à leur évacuation par les services compétents. Des fosses devant contenir les eaux usées et vannes issues des toilettes devront être réalisées à une bonne distance d'éloignement des sources d'eau. Lors des vidanges des moteurs, la manipulation des huiles de vidange devra être suivie de façon rigoureuse afin d'éviter tout contact avec le sol. L'exploitation des produits toxiques et contaminants devra tenir compte des normes environnementales. Tous les moteurs des engins à consommation d'hydrocarbures devront être régulièrement réglés et vérifiés afin d'éviter les mauvaises carburations qui entraînent les échappements de fumées nocives aussi bien à l'homme, à la

faune qu'à la flore. Les hydrocarbures devront provenir de fournisseurs agréés afin de s'assurer de leur qualité. L'utilisation du ciment devra se faire en prenant des précautions pour qu'il ne soit pas emporté et propagé par les vents pour ne pas affecter l'état de santé des populations environnantes, de la faune, de la flore et du paysage. L'aménagement des espaces de la base mécanique de l'entreprise devra tenir compte des conditions esthétiques et d'urbanisation du milieu. Les locaux seront aménagés de façon à rester en harmonie avec le paysage ambiant. Pendant la construction des 150 m de caniveau à l'extérieur du site et de l'aménagement de la base de l'entreprise, une attention particulière doit être portée à la flore et à la faune afin de ne pas déstabiliser l'écosystème de la région. Alors, les zones exploitées en cultures agricoles devront être évitées au maximum afin de ne pas porter atteinte aux subsistances de la région. Les feux de végétation devront aussi être évités comme solution de désherbage. L'entreprise devra éviter au maximum d'affecter la fertilité des sols, ni contaminer la flore et la faune existante. Le patrimoine culturel déclaré et reconnu de la région doit être sauvegardé. Les installations de la base de l'entreprise devront être aménagées loin des agglomérations de façon à ne pas perturber la quiétude des populations. L'entreprise évitera l'exploitation des mineurs comme employés pour les travaux ; elle évitera aussi d'employer les femmes pour des travaux nécessitant des efforts considérables. Toute dégradation de bien privé ou public par l'entreprise doit faire objet de réparations. L'exécution de ce plan suscitera la création d'emploi pour environ 100 personnes. Cela contribuera à la réduction de la pauvreté et du chômage.

5- Drainage efficient des eaux à l'exutoire

5-1 Plan d'aménagement et d'assainissement du site étudié

5-1-1 Facteurs d'aménagement et d'assainissement du site

En dehors des facteurs naturels que sont les eaux de ruissellement et le système de pentes, il y a la volonté administrative. En effet, le plan d'aménagement projeté a été obtenu en tenant compte des préoccupations des usagers du site et en intégrant les nouvelles activités prévues à court, moyen et long terme à l'organisation déjà mise en place. Les enquêtes de terrain ont révélé le souci de la direction générale de l'entreprise qui ne compte plus avoir la centrale d'asphalte et les épaves sur son site. Alors, la production d'asphalte ne s'y fera plus ainsi que les épaves qui seront tous évacuer du site à l'horizon 2016.

5-1-2 Etapes nécessaires à l'aménagement et à l'assainissement du site

5-1-2.1 Zonage du site

Le zonage du site a été projeté en tenant compte des préoccupations des gestionnaires du site (**figure 6**). Aussi, il a été intégré, à cet aménagement, le volet verdure. En effet, à la limite des zones délimitées, des arbres doivent être plantés en vue de préserver quelque peu la nature. Cette figure montre les positions de certaines aires et ateliers qui ont été maintenues sur le site mais de nouvelles aires y ont été intégrées (aire de préfabrication, aire de stockage des éléments de préfabrication, le pont bascule et l'élargissement de l'atelier de réparation).

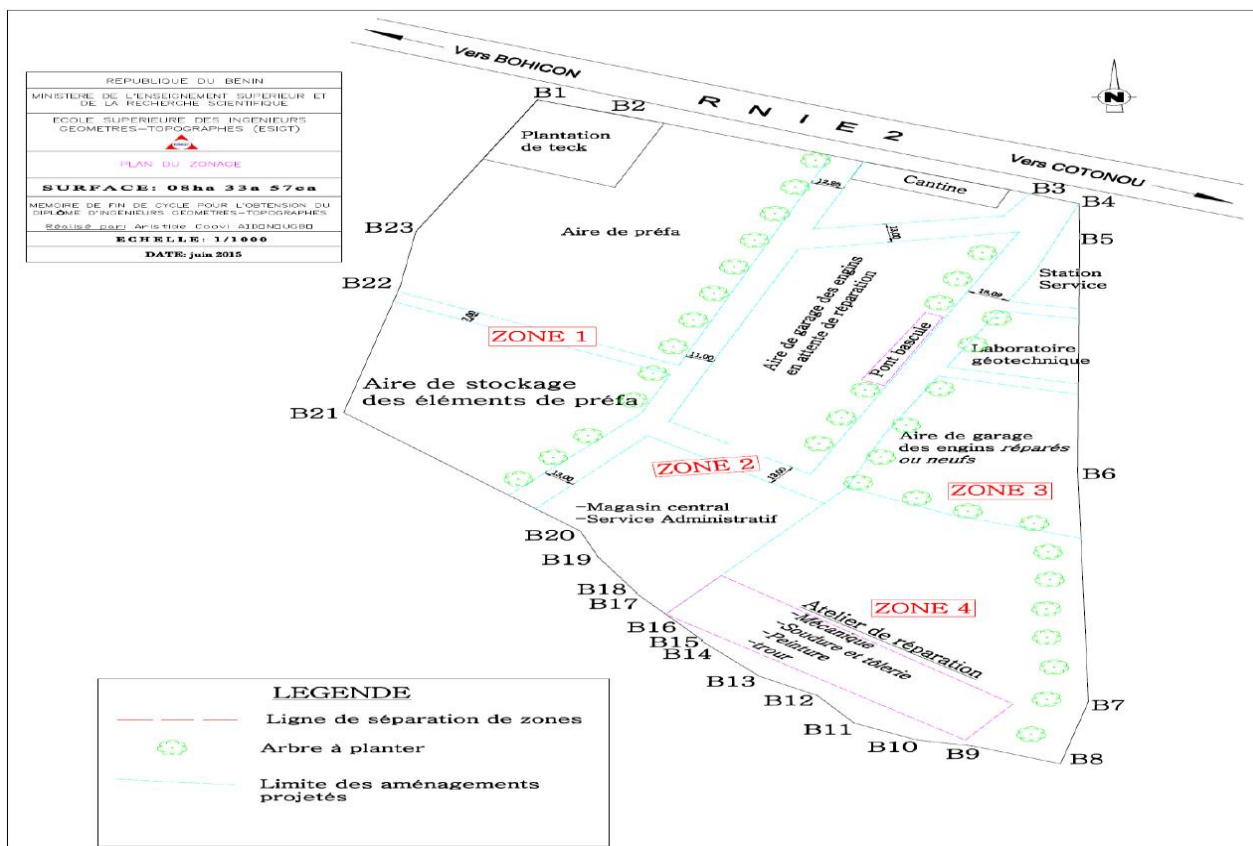


Figure 6 : Zonage du site étudié
Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

5-1-2-2 Lutte contre l'érosion pluviale

5-1-2-2-1 Drainage des eaux pluviales

Pour drainer les eaux de ruissellement, des caractéristiques hydrauliques sont nécessaires aux ouvrages. En tenant compte du relief du site étudié et des quantités d'eau à évacuer, les ouvrages de drainage projetés sont des caniveaux positionnés longitudinalement et transversalement par rapport au site pour piéger les eaux de ruissellement. Ainsi, à chaque caniveau projeté correspond un débit à évacuer (Tableau VI).

Tableau VI : Débits à évacuer par chaque caniveau

N° Zone	N° Caniveau	SBV concernés	Débits à évacuer par SBV (m ³ /s)	Débit total (m ³ /s)
Zone 1	CA1_1	SBV1.1	0.833	1.147
	CA1_2	SBV1.2	0.314	
Zone 2	CA2_1	SBV2.1	0.624	2.103
	CA2_2	SBV2.2	0.332	
	CO1	SBV1.1; SBV1.2	1.147	
Zone 3	CA3	SBV3	0.378	0.378
	CA4	SBV4	0.752	
Zone 4	CO2	SBV1.1; SBV1.2; SBV2.1; SBV2.2	3.250	4.38
	CA3	SBV3	0.378	
	Exutoire	CO4	SBV1.1; SBV1.2; SBV2.1; SBV2.2; SBV3; SBV4	

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Le caniveau CO4 est positionné pour évacuer les eaux de tout le domaine soit la somme des débits de tous les sous-bassins versants. Ce tableau VI affiche les débits totaux obtenus par zone en additionnant les débits des sous-bassins versants de chaque zone. Pour déterminer la section des caniveaux projetés, leurs paramètres géométriques sont calculés : la hauteur hydraulique ou tirant d'eau y , la largeur b , le rayon hydraulique, la section mouillée S , le périmètre P , la hauteur critique y_c (Tableau VI). Ensuite, les valeurs de y et y_c ont été comparées afin de s'assurer de l'écoulement de l'eau dans les ouvrages. Ainsi après comparaison, les valeurs de y_c sont supérieures à y , donc l'écoulement est torrentiel. La largeur b de l'ouvrage est fixée pour calculer à nouveau la hauteur hydraulique ou tirant d'eau y , le rayon hydraulique R , la section mouillée S , le périmètre P , la hauteur critique y_c (Tableau VII).

Tableau VII : Calcul des paramètres géométriques des caniveaux (Période de retour 10 ans)

N° Caniveau	Débit Hydrologique Q (m ³ /s)	Coefficient de Rugosité k	Pente du Canal i (m/m)	Tirant d'eau y (m)	Largeur b (m)	Rayon Hydraulique R (m)	Section mouillée S (m ²)	Périmètre P (m)	Hauteur Critique y _c (m)
CA1_1	0.833	67	0.010	0.374	0.749	0.187	0.280	1.498	0.502
CA1_2	0.314	67	0.021	0.123	0.246	0.062	0.030	0.493	0.550
CA2.1	0.624	67	0.011	0.277	0.553	0.138	0.153	1.106	0.506
CA2.2	0.332	67	0.020	0.132	0.263	0.066	0.035	0.526	0.546
CO1	1.148	67	0.010	0.516	1.032	0.258	0.532	2.063	0.502
CO2	2.104	67	0.015	0.876	1.753	0.438	1.536	3.506	0.528
CA3	0.378	67	0.029	0.139	0.279	0.070	0.039	0.558	0.572
CO3	4.380	67	0.035	1.556	3.112	0.778	4.843	6.225	0.587
CO4	4.380	67	0.030	1.602	3.204	0.801	5.131	6.407	0.575

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

La pente critique et la vitesse de l'écoulement ont été aussi calculées afin de garantir la pérennité des ouvrages. La valeur i fixée de la pente du canal est inférieure à la valeur calculée i_c et la valeur de la vitesse de l'écoulement dans chaque ouvrage est supérieure à 0.5 m/s, alors toutes les conditions ont été réunies pour enfin déterminer les sections des caniveaux.

Tableau VIII : Reprise du calcul des paramètres géométriques des caniveaux avec la largeur (b) fixée (Période de retour: 10 ans)

N° Caniveau	Débit Hydrologique Q (m ³ /s)	Largeur b (m)	Tirant d'eau y (m)	Rayon Hydraulique R (m)	Section mouillée S (m ²)	Périmètre P (m)	Hauteur Critique y _c (m)	Pente Critique i _c (m/m)	Pente du Canal i (m/m)	Vitesse de l'écoulement V (m/s)
CA1_1	0.833	0.90	0.45	0.23	0.41	1.80	0.444	0.009	0.006	1.920
CA1_2	0.314	0.80	0.40	0.20	0.32	1.60	0.251	0.006	0.003	1.191
CA2.1	0.624	0.80	0.40	0.20	0.32	1.60	0.396	0.010	0.005	1.620
CA2.2	0.332	0.80	0.40	0.20	0.32	1.60	0.260	0.006	0.003	1.255
CO1	1.148	1.10	0.55	0.275	0.605	2.2	0.481	0.007	0.006	2.195
CO2	2.104	1.30	0.65	0.325	0.845	2.6	0.644	0.008	0.006	2.453
CA3	0.378	0.80	0.40	0.20	0.32	1.60	0.283	0.007	0.004	1.356
CO3	4.380	1.80	0.90	0.45	1.62	3.60	0.845	0.006	0.006	3.048
CO4	4.380	1.80	0.90	0.45	1.62	3.60	0.845	0.006	0.006	3.048

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Ce tableau présente des sous-bassins-versants délimités propres à chaque zone découpée. La superficie, le périmètre, la longueur hydraulique et les altitudes sont déduits du levé topographique du terrain (Figure 5). Les calculs de la dénivelée et de la pente du SBV1.1 ont été effectués de la façon

suivante : $dZ = 60.766 - 53.890 = 6.876$; $p(\%) = dZ/L = 6.876/229.79 \times 100 = 2.992$. Par la formule de Manning-Strickler, les caractéristiques de chaque caniveau ont été déterminées (Tableau IX).

Tableau IX : Calcul des sections des caniveaux

N° Caniveau	Débit à évacuer Q (m ³ /s)	Largeur b (m)	Tirant d'eau y (m)	Revanche r (m)	Section Hydraulique	Longueur caniveau (m)
CA1.1	0.833	0.90	0.50	0.15	90x70	194.74
CA1.2	0.314	0.80	0.40	0.13	80x50	77.78
CA2.1	0.624	0.80	0.50	0.13	80x60	164.00
CA2.2	0.332	0.80	0.40	0.13	80x50	23.84
CO1	1.148	1.10	0.60	0.18	110x80	79.00
CO2	2.104	1.30	0.66	0.22	130x90	89.00
CA3	0.378	0.80	0.34	0.13	80x50	154.00
CO3	4.380	1.80	0.82	0.30	180x110	155.03
CO4	4.380	1.80	0.82	0.30	180x110	150.00

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

La connaissance des débits de chaque sous-bassin-versant a permis de projeter des ouvrages afin de drainer les eaux pluviales du site jusqu'à l'exutoire. La longueur totale des caniveaux à construire est de 1087.39 m (Tableau X).

Tableau X : Récapitulatif des différentes sections obtenues

Section hydraulique	Longueur (m)
80x50	255.62
80x60	164.00
90x70	194.74
110x80	79.00
130x90	89.00
180x110	305.03
Total	1087.39

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

Ce tableau affiche les différentes sections des ouvrages projetés (figure 7). La figure 7 montre le réseau d'assainissement avec la position des caniveaux projetés ainsi que leurs sections et leurs longueurs. De plus, afin de réduire le risque de dégradation causé par les eaux de ruissellement à l'aval du système d'assainissement projeté, il a été prévu un renforcement au bord du cours d'eau Datihouin

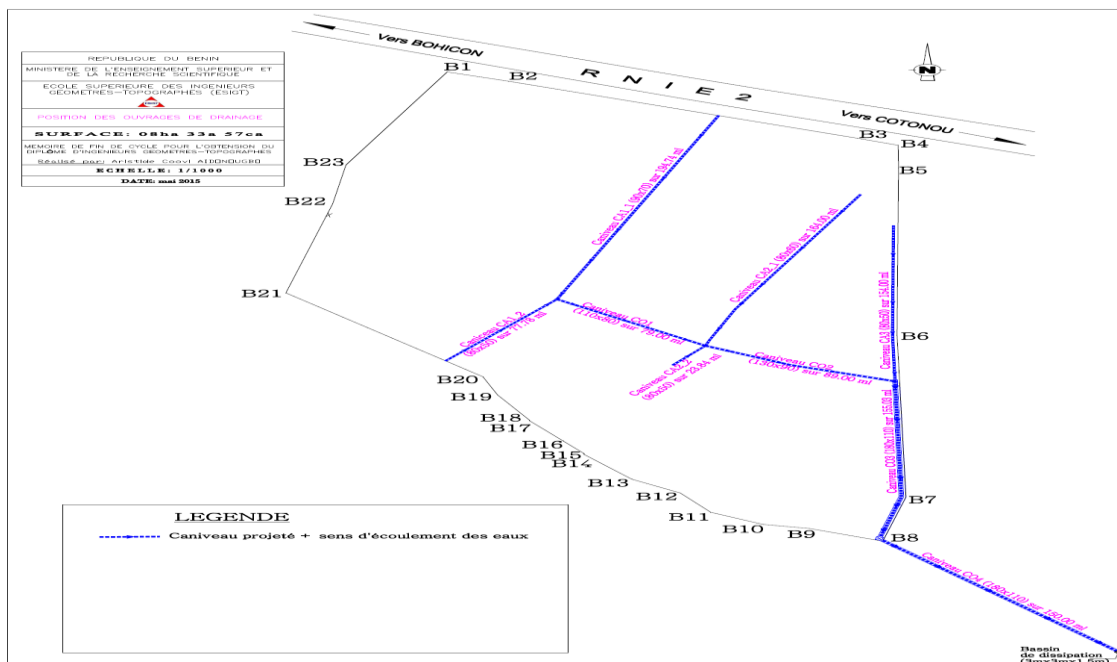


Figure 7 : Position des caniveaux
Source : Enquête de terrain, juin 2015

La figure 7 montre le positionnement géographique des zones et sous-bassins-versants délimités sur le site. Ce renforcement consiste en la construction d'un petit bassin de dissipation en maçonnerie de moellons servant de réceptacle aux eaux de ruissellement juste à la sortie du caniveau. Ainsi, de ce bassin, les eaux pourront s'écouler vers le lit du cours d'eau à une vitesse généralement lente. Ensuite un zonage a été créé donnant quatre zones occupées par des aires dont certaines ont subi quelques modifications axées sur leurs superficies. Enfin, pour le drainage des eaux pluviales, des caniveaux ont été projetés et ont un coût (Tableau XI)

Tableau XI : Estimation du coût de la construction des ouvrages projetés.

Section hydraulique	Longueur (m)	Prix Unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
80x50	255.62	158 000	40 387 960
80x60	164.00	170 000	27 880 000
90x70	194.74	196 000	38 169 040
110x80	79.00	215 000	16 985 000
130x90	89.00	275 000	24 475 000
180x110	305.03	355 000	108 285 650
MONTANT TOTAL			256 2 650

Source : Enquêtes de terrain, juin 2015

La réalisation est estimée à **deux cent cinquante-six millions cent quatre-vingt-deux mille six cent cinquante (256 182 650) francs CFA**. Les prix unitaires appliqués ont été obtenus du bureau d'études de la direction technique de l'entreprise Adéoti Sarl.

5-1-2-2-2 Autres mesures de protection du sol

Compte tenu de l'évolution des dégradations sur le site, d'autres mesures ont été envisagées afin de ralentir le transport des particules du sol des endroits où il n'a pas été prévu de caniveau. Au nombre de ces mesures, il y a : l'utilisation des sacs de jutes remplis de sable, les cultures des graminées, la plantation des arbres et l'établissement des murets en tenant compte des courbes de niveau.

Conclusion

La base mécanique de l'entreprise Adeoti Sarl s'étend sur une superficie de 08 ha 37 a 57 ca et a servi de cadre à un projet d'aménagement et d'assainissement. Pour y arriver, un diagnostic sur l'état d'aménagement et d'assainissement du site est réalisé, puis un plan topographique du périmètre est dressé. Les ravinements, l'accumulation des eaux au sud du site par ruissellement et les cas d'effondrement de certaines parties du mur de clôture sont causés par le régime pluviométrique, la topographie et la nature des sols. De par les diverses installations, la surface d'infiltration ainsi réduite fait accélérer les écoulements. Ainsi, sur la base des études hydrologiques et hydrauliques, les informations réunies ont conduit à la création de 04 zones d'aménagement où cohabitent tous les ateliers ou unités de production dans un cadre sain grâce aux caniveaux projetés pour drainer les eaux pluviales vers l'exutoire. La présente étude a mis en évidence les liaisons intimes entre les différents facteurs favorisant l'érosion à travers les modèles graphiques et numériques puis a examiné les dispositifs hydrauliques utiles à l'évacuation convenable des eaux. La réalisation des ouvrages de drainage, suivant les prix unitaires de béton armé de l'entreprise Adéoti Sarl, a été évaluée à *deux cent cinquante-six millions cent quatre-vingt-deux mille six cent cinquante (256 182 650) francs CFA*. Vu l'importance des dégâts, il est alors souhaitable d'une part, que l'entreprise Adéoti Sarl démarre assez rapidement les travaux qui devraient réduire considérablement les risques d'érosion pluviale et d'effondrement des murs de clôture et d'autre part, que la verdure des parties environnantes du site soient maintenues comme elle l'est actuellement pour l'équilibre de l'écosystème de toute la zone.

Bibliographie

- 1-ABE, (1999) :** *Loi n°98-030* portant Loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin, 64p.
- 2-ABE (2001) :** Guide général d'étude d'impact sur l'environnement, JC presse inter. Bénin, 78 p.
- 3-AFOUDA et HOUANYE (2004) :** L'assainissement pluvial au Bénin: cas de la ville de Cotonou, Partenariat National de l'Eau du Bénin/Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 15p.
- 4-ALVERGNE, C.-LATOUCHE, 2007 :** Etude comparée des politiques d'aménagement du territoire et de développement régional dans les pays du sud ; Municipalisation d'un Etat couloir à l'ombre d'un grand voisin. Cas du Bénin, 134p.
- 5-AZONSI F., (2010) :** Atlas hydrographique du Bénin. Un système d'information sur l'hydrographie. DG-Eau Bénin, 35p.
- 6-AZONTONDE A., (1981) :** Synthèse des travaux sur l'érosion hydrique en République Populaire du Bénin de 1960-1980, 16 p.
- 7-CIEH, (1984) :** Conception général des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte africain. Aspect technique, Fond d'Aide et de Coopération. Burkina-Faso, 338p.
- 8-DANSOU, B. 2011 :** Erosion pluviale et adaptation des populations dans la commune urbaine de Pobè (Bénin). Université d'Abomey-Calavi. Bénin, 86p.
- 9-HIRTZ E., (1992) :** Le ruissellement urbain à Porto-Novo Benin. Causes et Impacts. Mémoire de maîtrise de géographie FLASH, Université Nationale du Bénin, 90p.
- 10-INSAE, (2010) :** Les entreprises industrielles au Bénin, 67p.
- ROOSE E., (1977) :** Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest. 20 années de mesures en petites parcelles expérimentales. Travaux et document de l'ORSTOM Paris, 78p.
- 11-KAKPO C. B., 1998 :** Etudes diagnostiques des problèmes d'évacuation des eaux pluviales dans la ville de Cotonou. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur géomètre CPU/ UNB. Bénin

