

Projet de rénovation des infrastructures de l'aéroport de Yamoussoukro : analyse du trafic futur et dimensionnement des nouvelles capacités aéroportuaires

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPÉCIALITÉ Génie Civil – Bâtiment et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 20/01/2026 par

Aliyou Souleymane MEITE (20221080)

Directeur de mémoire : Dr Césaire HEMA, Enseignant-Chercheur, Institut 2iE

Encadrant : Dr Césaire HEMA, Enseignant-Chercheur, Institut 2iE

Maître de stage : Mr Koffi Gilles AMANI, Chef de Projet et TERRABO-Ingénieur Conseil

Structure d'accueil du stage : TERRABO-Ingénieur Conseil

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr Kokouvi Edem N'TSOUKPOE

Membres : Dr Hassane SEINI MOUSSA

M. Simon-Pierre Joy SALASSI

Promotion 2025- 2026

MEITE Aliyou Souleymane

*Promotion
2025-2026*

Dédicace

A ALLAH, le tout-puissant et le miséricordieux, pour ses bienfaits, sa protection et la force qu'il m'a accordé tout au long de ce parcours.

Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude envers sa sagesse et sa volonté.

A la mémoire de mes grands-parents, dont les valeurs, les bénédictions et l'héritage moral continuent de guider mes pas ;

A mes chers parents, sources de lumière, d'inspirations de ma vie ;

A toute ma famille, pour leur affection, leur patience et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours académique ;

Ce travail est le reflet de vos sacrifices et de votre foi en moi.

Citations

<< Choisis un travail que tu aimes et tu n'auras pas à travailler un seul jour de ta vie. >>

- **Confucius**

<< L'éducation est l'arme la plus puissante que vous puissiez utiliser pour changer le monde. >>

- **Nelson Mandela**

Remerciements

Au terme de ce mémoire, je souhaite exprimer mes plus vifs remerciements à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité du cadre académique et scientifique mis à ma disposition durant ma formation.

*J'exprime ma profonde gratitude à **Monsieur Césaire HEMA**, Directeur de ce mémoire et encadrant interne, pour son encadrement rigoureux, ses orientations, ses conseils pertinents et son accompagnement constant.*

*Je témoigne ma reconnaissance à la structure **TERRABO**, qui m'a accueilli en stage et m'a offert un cadre professionnel enrichissant.*

*J'adresse mes sincères remerciements à **Monsieur Gilles AMANI**, maître de stage, pour son soutien technique, ses conseils et sa disponibilité. Je souhaite également remercier **Monsieur Moïse BESSE** et **Monsieur Yao Diby THOMAS**, deux (2) experts aéronautiques de TERRABO-Ingénieur Conseil, pour leurs précieux conseils et leur appui tout au long de l'élaboration de ce travail.*

J'exprime ma gratitude à ma grande famille pour leur soutien moral, leur prière, leur confiance indéfectible et leur encouragement constant.

Enfin, j'adresse une pensée particulière à mes amis et camarades, pour leur fraternité, leur disponibilité et leur soutien moral, qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours. Leur présence bienveillante a rendu cette aventure académique plus agréable et stimulante.

A toutes et à tous, je dis un grand merci.

Résumé

Ce mémoire porte sur la rénovation des infrastructures de l'aéroport de Yamoussoukro afin de l'adapter au transfert progressif de la capitale politique de la Côte d'Ivoire. L'objectif est de proposer des solutions techniques conformes aux normes internationales pour répondre à l'évolution du trafic aérien futur. Le diagnostic technique des infrastructures existantes révèle une dégradation avancée des chaussées aéronautiques, marquée par une baisse du PCN de 60 à 41, limitant l'exploitation aux aéronefs de catégorie C, ainsi qu'une aérogare sous-dimensionnée, sans séparation fonctionnelle des flux et inadaptée à un trafic commercial régulier. L'évaluation du trafic aérien à l'horizon 2040, réalisée par les méthodes Top-down et de projection proportionnelle, conduit à un trafic de référence retenu par prudence d'environ 2,6 millions de passagers par an, servant de base au dimensionnement des infrastructures. Sur cette base, le dimensionnement de l'aérogare, effectué selon les standards de l'IATA, met en évidence la nécessité de nouvelles surfaces adaptées aux heures de pointe, notamment un hall public d'environ 1 625 m², des zones de contrôles fonctionnels et une salle d'embarquement d'environ 2 186 m², garantissant un niveau de service conforme aux exigences internationales.

Le dimensionnement des chaussées aéronautiques, réalisé conformément aux recommandations de l'OACI, montre la nécessité d'une réhabilitation complète afin de permettre l'accueil d'un aéronef critique de catégorie E. Enfin, l'analyse des impacts environnementaux et sociaux identifie des effets maîtrisables grâce à des mesures d'atténuation adaptées. Les résultats obtenus confirment que la rénovation de l'aéroport de Yamoussoukro constitue une solution techniquement faisable et stratégiquement pertinente, capable de soutenir durablement le transfert de la capitale politique.

Mots clés :

- Aéroport
- Aérogare
- Aéronefs
- Rénovation aéroportuaire
- Trafic aérien

Abstract

This thesis focuses on the rehabilitation and modernization of Yamoussoukro Airport in the context of the progressive transfer of Côte d'Ivoire's political capital. The main objective is to propose technical solutions compliant with international standards in order to meet future air traffic demand. The technical diagnosis of the existing infrastructures highlights a significant deterioration of airside pavements, with a decrease in the PCN from 60 to 41, restricting operations to Category C aircraft. The existing passenger terminal is undersized, lacks functional separation between departure and arrival flows, and is not suitable for regular commercial operations. The air traffic forecast for the 2040 horizon, based on the Top-down method and the proportional traffic projection method, results in a reference traffic of approximately 2.6 million passengers per year, retained for infrastructure design purposes. Based on this traffic, the passenger terminal sizing, carried out according to IATA standards, identifies the need for adequate spaces during peak hours, including a public hall of about 1,625 m² and a boarding lounge of approximately 2,186 m², ensuring an acceptable level of service. The airside pavement design, conducted in accordance with ICAO recommendations, confirms the need for a full rehabilitation to accommodate a Category E critical aircraft. Finally, the environmental and social assessment identifies manageable impacts through appropriate mitigation measures. The results demonstrate that the rehabilitation of Yamoussoukro Airport is technically feasible and strategically relevant, and represents a key infrastructure to support the effective transfer of the political capital.

Key words :

- Air traffic
- Air terminal
- Airport
- Airport Rehabilitation
- Airside pavements

Listes des Abréviations

ADRM : Airport Development Reference Manual

ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

ASK : Available Seat Kilometer ou Kilomètre-places disponibles

AN : Application Numérique

BBA : Béton Bitumineux Aéronautique

CBR : California Bearing Ratio

CE : Coefficient d'Equivalent

CF ou CP : Coefficient de pondération

cm : centimètre

DYOI : Yamoussoukro -Côte d'Ivoire

e : épaisseur

EIES : Etude d'Impact Environnemental et Social

FAA : Federal Aviation Administration

GB : Grave Bitume

GNT : Grave Non Traité

hab : Habitant

IATA : International Air Transport Association

m : mètre

min : minutes

MTOW : Maximum Take-off Weight

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale

OMGWS : Outer Main Gear Wheel Span ou hors-tout du train d'atterrissage principal

Pax : Passagers

PCN : Pavement Classification Number

PDP : Paramètre Dimensionnant du projet

Pers : personnes

RWY : Runway ou Piste de décollage et d'atterrissage

s : seconde

SODEXAM : Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique.

STEER : Steering Committee

SOMMAIRE

Dédicace	i
Citations	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Listes des Abréviations	vi
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	x
Introduction	1
Chapitre I. Présentation de la structure d'accueil et du projet.....	3
I.1. Introduction	3
I.2. Présentation de la structure d'accueil	3
I.3. Présentation de la zone d'étude	5
I.4. Données de base et documents de référence du projet.....	8
I.5. Conclusion partielle :	9
Chapitre II. Diagnostic technique des infrastructures de l'aéroport de Yamoussoukro et Évaluation du trafic à l'horizon 2040.....	10
II.1. Introduction	10
II.2. Diagnostic technique des infrastructures et des équipements de l'aéroport de Yamoussoukro.....	10
II.3. Évaluation du trafic à l'horizon 2040.....	11
II.4. Conclusion partielle :	15
Chapitre III. Evaluation des surfaces et besoins nécessaires pour l'aérogare à l'horizon 2040 16	
III.1. Introduction	16
III.2. Méthodologie	16
❖ Le Process	16
III.3. Résultats	19
III.4. Evaluation des process au départ	24
III.5. Evaluation des process à l'arrivé.....	36
III.6. Conclusion partielle :	43
Chapitre IV. Dimensionnement des chaussées de l'aérodrome	44
IV.1. Généralité sur les chaussées aéronautiques	44
IV.2. Méthode de dimensionnement	47

IV.3.	Résultat.....	51
IV.4.	Dimensionnement des structures Rigide	57
IV.5.	Calcul des aciers.....	60
IV.6.	Conclusion partielle :	62
Chapitre V.	Impacts environnementaux et sociaux du projet	63
V.1.	Contexte du projet	63
V.2.	Cadre politique, juridique et institutionnel.....	63
V.3.	Etats initial du Milieu.....	64
V.4.	Analyse des impacts environnementaux et sociaux	65
V.5.	Mesures d'atténuation et de gestion	66
V.6.	Suivi et surveillance	66
V.7.	Conclusion partielle :	66
Conclusion générale :		68
Annexes :		I

Liste des figures

Figure 1: Organigramme fonctionnel de TERRABO-Ingénieur Conseil.....	5
Figure 2 : Localisation de la ville de Yamoussoukro en Côte d'ivoire.....	6
Figure 3 : La structure de la piste avec ses dimensions	56
Figure 4 : La structure de l'aire de stationnement	59
Figure 5 : Plan de ferrailage de la dalle.....	62

Liste des tableaux

Tableau 1: Liens entre contexte socio-économique, transfert de capitale et projet aéroportuaire	8
Tableau 2: Résultat du diagnostic et proposition de quelques solutions	10
Tableau 3 : Coefficient d'ajustement [10]	13
Tableau 4 : Les hypothèses de la demande de départ	21
Tableau 5 : Les effectifs de la demande de départ	21
Tableau 6 : La synthèse de la demande de départ	21
Tableau 7 : Les résultats de la demande de départ	22
Tableau 8 : Les hypothèses de la demande d'arrivée	22
Tableau 9 : Les effectifs de la demande d'arrivée	23
Tableau 10 : La synthèse de la demande d'arrivée	23
Tableau 11 : Les résultats de la demande d'arrivée	23
Tableau 12 : Les résultats de la demande dans les Halls publics	24
Tableau 13 : Les hypothèses de contrôle de cartes d'embarquement	24
Tableau 14 : les résultats du contrôle des cartes d'embarquement	25
Tableau 15 : les hypothèses du check-in	26
Tableau 16 : les hypothèses du BLS	26
Tableau 17 : les hypothèses de la dépose de bagage	27
Tableau 18 : les hypothèses des comptoirs de la classe économique	27
Tableau 19: les hypothèses des comptoirs classe première et business	27
Tableau 20 : les résultats du Nombre d'équipement requis pour le check-in	28
Tableau 21 : les résultats des surfaces requises pour le check-in	28
Tableau 22 : les hypothèses du contrôle de police au départ	29
Tableau 23 : la synthèse des hypothèses des Aubettes classiques	29
Tableau 24 : la synthèse des hypothèses du PARAFE	30
Tableau 25 : les résultats du Nombre d'équipement requis pour le contrôle de police au départ	30
Tableau 26 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de police au départ	30
Tableau 27 : les hypothèses du contrôle de sûreté	31
Tableau 28 : les hypothèses du PIF O/D	32
Tableau 29: les hypothèses du PIF transfert	32
Tableau 30 : les résultats du nombre d'équipement requis pour le contrôle de sûreté	32
Tableau 31 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de sûreté	33

Tableau 32: Détermination du nombre de vol/jour	34
Tableau 33 : les paramètre des hypothèses du salle d'embarquement.....	35
Tableau 34 : la synthèse des hypothèses du salle d'embarquement	35
Tableau 35 : : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de sûreté.....	36
Tableau 36 : les paramètres d'hypothèse des Bureaux de demande Visa.....	36
Tableau 37 : les résultats des besoins du Bureaux de demande Visa.....	37
Tableau 38 : les paramètres des hypothèses du Contrôle des passagers en transfert	38
Tableau 39 : les résultats des besoin requis du Contrôle des passagers en transfert.....	38
Tableau 40 : les hypothèses du contrôle de police à l'arrivé.....	39
Tableau 41 : les hypothèses des aubettes du contrôle de police à l'arrivé	39
Tableau 42 : les hypothèses des PARAFE du contrôle de police à l'arrivé.....	39
Tableau 43 : les résultats des besoins requis pour le contrôle de police à l'arrivé.....	40
Tableau 44 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de police à l'arrivé	40
Tableau 45: les hypothèses des Salle de livraison des bagages	41
Tableau 46 : la synthèse des hypothèses de la Salle de livraison des bagages.....	42
Tableau 47 : les résultats des besoin requis pour la des Salle de livraison des bagages	42
Tableau 48 : Classification de chaussé selon la distance de la piste [16]	45
Tableau 49: Classification des aéronefs selon l'envergure [16]	46
Tableau 50 : Caractéristique d'un Boeing 747-400	49
Tableau 51 : La largeur en fonction du chiffre de code [19].....	50
Tableau 52 : détermination du nombre de mouvement/j.....	51
Tableau 53 : Epaisseur minimale des différentes parties de la chaussée pour la structure souple [20].....	52
Tableau 54: Coefficient de pondération (CP) de chaque aire de mouvement [20]	52
Tableau 55 : Détermination de la charge réelle pondérée (P').....	53
Tableau 56: Détermination des épaisseurs équivalent pour les aires de l'aérodrome.....	53
Tableau 57 : Détermination des épaisseurs minimales équivalent pour les aires de l'aérodrome	53
Tableau 58: Récapitulatif des calculs des épaisseurs de la composition de la chaussée.....	56
Tableau 59 : Calcul de la charge normale P"	57
Tableau 60 : Détermination de l'épaisseurs d'apron par abaque en fonction de la charge normale.....	58
Tableau 61 : Détermination des épaisseurs totales de la chaussée rigide	59

Introduction

Depuis son indépendance, le développement de la Côte d'Ivoire s'est fortement concentré autour d'Abidjan, générant une pression croissante sur ses infrastructures et accentuant les déséquilibres territoriaux. Pour corriger cette polarisation, la loi N°83-242 du 21 Mars 1983 a consacré le transfert de la capitale politique à Yamoussoukro, une décision portée par le président Félix Houphouët-Boigny [1]. Toutefois, plus de quarante ans après, ce transfert est attendu, notamment en raison du manque d'infrastructures stratégiques capables de soutenir pleinement les fonctions administratives et diplomatiques d'une capitale moderne.

Parmi ces infrastructures, l'aéroport de Yamoussoukro constitue un maillon critique. Bien qu'il dispose d'une piste et d'installations présentant un potentiel technique notable, la plateforme demeure sous-utilisée et inadaptée aux exigences d'un trafic commercial ou futur, lié à l'installation progressive des institutions étatiques. À l'inverse, l'aéroport d'Abidjan centralise l'essentiel du trafic aérien du pays, accentuant la dépendance nationale à une seule infrastructure [2].

Le présent mémoire intitulé « **Projet de rénovation des infrastructures l'aéroport de Yamoussoukro : analyse du trafic futur et dimensionnement des nouvelles capacités aéroportuaires** », vise à analyser les besoins techniques nécessaires pour renforcer la capacité opérationnelle de la plateforme. Cette étude porte spécifiquement sur la projection du trafic aérien futur, l'évaluation des besoins fonctionnels de l'aérogare et le dimensionnement réglementaire des infrastructures aéroportuaires conformément aux normes de l'OACI nécessaires pour soutenir le statut de capitale politique. L'étude répond à la question suivante : Quelles sont les données d'entrées fiables nécessaires à la rénovation et à l'expansion de l'aéroport de Yamoussoukro afin de répondre aux besoins futurs tout en respectant les exigences normatives et internationales ?

Pour y répondre, quatre objectifs spécifiques sont poursuivis : le diagnostic de l'état actuel des infrastructures et équipements, l'évaluation du trafic futur, évaluation des besoins et surfaces d'aménagement de l'aérogare et le dimensionnement des nouvelles infrastructures selon les normes internationales. Cette démarche permettra de proposer un projet de rénovation fonctionnel, conforme et durable, capable d'accompagner pleinement la mise en œuvre du transfert de la capitale ivoirienne.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, ce mémoire est organisé en cinq (5) chapitres complémentaires : après une présentation de la structure d'accueil et du projet dans le premier chapitre, le second chapitre s'intéresse au diagnostic des infrastructures existantes de l'aéroport. Le troisième chapitre est consacré à l'évaluation des besoins et des surfaces nécessaires pour l'aérogare, Tandis que le quatrième chapitre porte sur le dimensionnement des chaussées aéronautiques. Et enfin, le cinquième chapitre analyse les impacts environnementaux et sociaux liés à ce projet.

Chapitre I. Présentation de la structure d'accueil et du projet

I.1.Introduction

Afin de bien cerner le contexte dans lequel s'inscrit cette étude, il est indispensable de présenter, en amont, la structure d'accueil ainsi que le cadre général du projet. Cette étape permet de comprendre les acteurs impliqués, les objectifs poursuivis et les moyens mobilisés pour la réalisation des travaux. Elle constitue ainsi un préalable nécessaire à l'analyse technique et institutionnelle du projet.

I.2.Présentation de la structure d'accueil

I.2.1. Historique de l'entreprise

Fondé en 1996 par Monsieur KOUAME Konan Séraphin, Ingénieur en Génie Civil et Docteur en Mécanique des fluides, le bureau d'études TERRABO-Ingénieur Conseil est une Société à Responsabilité Limitée (SARL). Elle est inscrite sous le registre de commerce n° CI-ABJ-2004B-4722 du 22 juin 2004 et son siège est situé à Abidjan COCODY II Plateaux Rue des Jardins. TERRABO-Ingénieur Conseil (TIC) est aujourd'hui l'une des meilleures références de l'ingénierie en Afrique. Il s'illustre par la qualité de son management et le professionnalisme de ses experts dans ses domaines d'intervention. Aussi, son souci permanent du respect des cahiers de charges et son exigence d'utiliser les meilleurs outils de conception et de suivi des projets lui ont permis, au fil des années de réaliser des performances notables [3].

Aussi, conscient de son positionnement et des potentiels clients à satisfaire, TERRABO-Ingénieur Conseil s'est engagé à la certification Iso 9001version 2015 pour se faire attester auprès des normes internationales selon les procédures et les exigences de qualité.

Convaincu que l'approche participative est le véritable gage de la réussite d'un projet et se voulant le creuset des avancées technologiques, TERRABO-Ingénieur Conseil a développé des méthodes et des processus adaptés aux spécificités de l'environnement du sujet traité. La qualité de ses ressources humaines, son dynamisme, son savoir-faire et sa culture du partage de la connaissance, font de TERRABO-Ingénieur Conseil le partenaire idéal et le bâtisseur des générations futures [3].

I.2.2. Domaine d'intervention

Les activités dans lesquelles interviennent TERRABO-Ingénieur Conseil sont classées en huit (8) secteurs à savoir : le transport, l'eau, l'énergie, le bâtiment, la télécommunication, l'industrie, l'environnement et la plateforme logistique. [3]

I.2.3. Les métiers de l'entreprise

TERRABO-Ingénieur Conseil dispose de personnels divers ayant en commun la recherche de l'excellence, le respect des délais et la communication avec les clients aux fins d'anticipations des problèmes. Il développe ses activités auprès des organisations publiques et privées, des collectivités territoriales décentralisées et des bailleurs de fonds. En effet, son savoir-faire s'articule comme suit :

- Au niveau de l'ingénierie, plusieurs études sont perçues, à savoir : techniques, économiques, le suivi et contrôle des travaux, les schémas directeurs, faisabilité, ...
- Au niveau de l'assistance, conseil : études institutionnelles, de réglementaires, d'assistance aux collectivités territoriales, d'appui à la passation de marché, ...
- Au niveau de l'activité de recherche-développement, il existe plusieurs types d'études qui sont : l'appui à la recherche scientifique, le développement de procédés industriels, ...

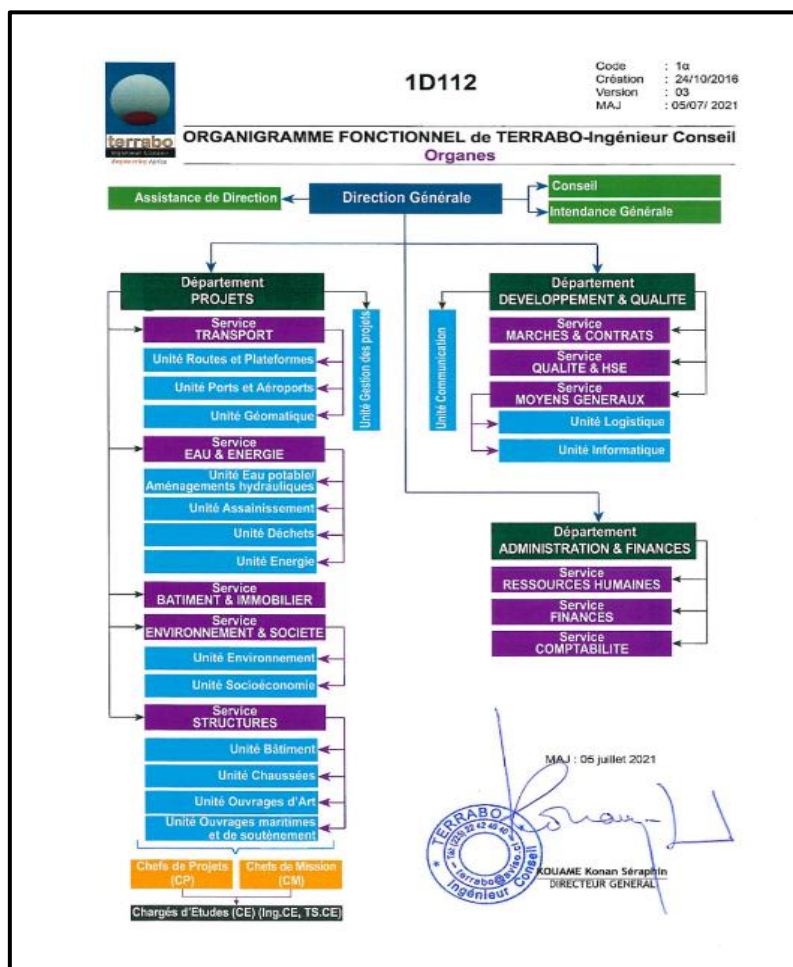


Figure 1: Organigramme fonctionnel de TERRABO-Ingénieur Conseil

I.3.Présentation de la zone d'étude

I.3.1. Historique et évolution de l'aéroport de Yamoussoukro

La construction de l'aéroport de Yamoussoukro s'inscrit pleinement dans la vision du Président Félix Houphouët-Boigny, déterminé à accompagner l'officialisation de Yamoussoukro comme capitale politique de la Côte d'Ivoire. Les premiers travaux débutèrent en 1969 avec la réalisation d'une piste de 2 500 mètres qui fut prolongée en 1970 à 3 000 mètres afin d'accueillir des avions de plus grande capacité. En 1974, la construction du bâtiment principal marqua une étape structurante dans la mise en place du Terminal, avant la mise en service officielle de l'aéroport en 1976. L'infrastructure a marqué l'histoire aéronautique nationale et internationale en recevant, à deux reprises, l'avion supersonique Concorde à l'occasion de la venue du président français François Mitterrand. [4]

I.3.2. Présentation et localisation de l'aéroport de Yamoussoukro

Situé à 245 km au nord-ouest d'Abidjan, sur l'axe Abidjan-Bouaké et à 15 Km au nord-ouest du centre-ville de Yamoussoukro, l'aéroport de Yamoussoukro est identifié par deux codes aéroportuaires : ASK comme code IATA et DYOI comme code OACI [5] [6]. Sa gestion est assurée par la Société de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Ses infrastructures sont limitées et nécessitent une modernisation. Son altitude est de 205 m, sa piste est orientée RWY 05/23 et est ouverte au trafic 24h/24 [6]. Il est surtout utilisé pour des vols officiels ou ponctuels, sans véritable trafic commercial régulier. Bien que l'aéroport présente peu de services commerciaux aujourd'hui, sa proximité avec la ville de Yamoussoukro lui confère un accès facilité aux hôtels et services de transport (voir Annexe 3)

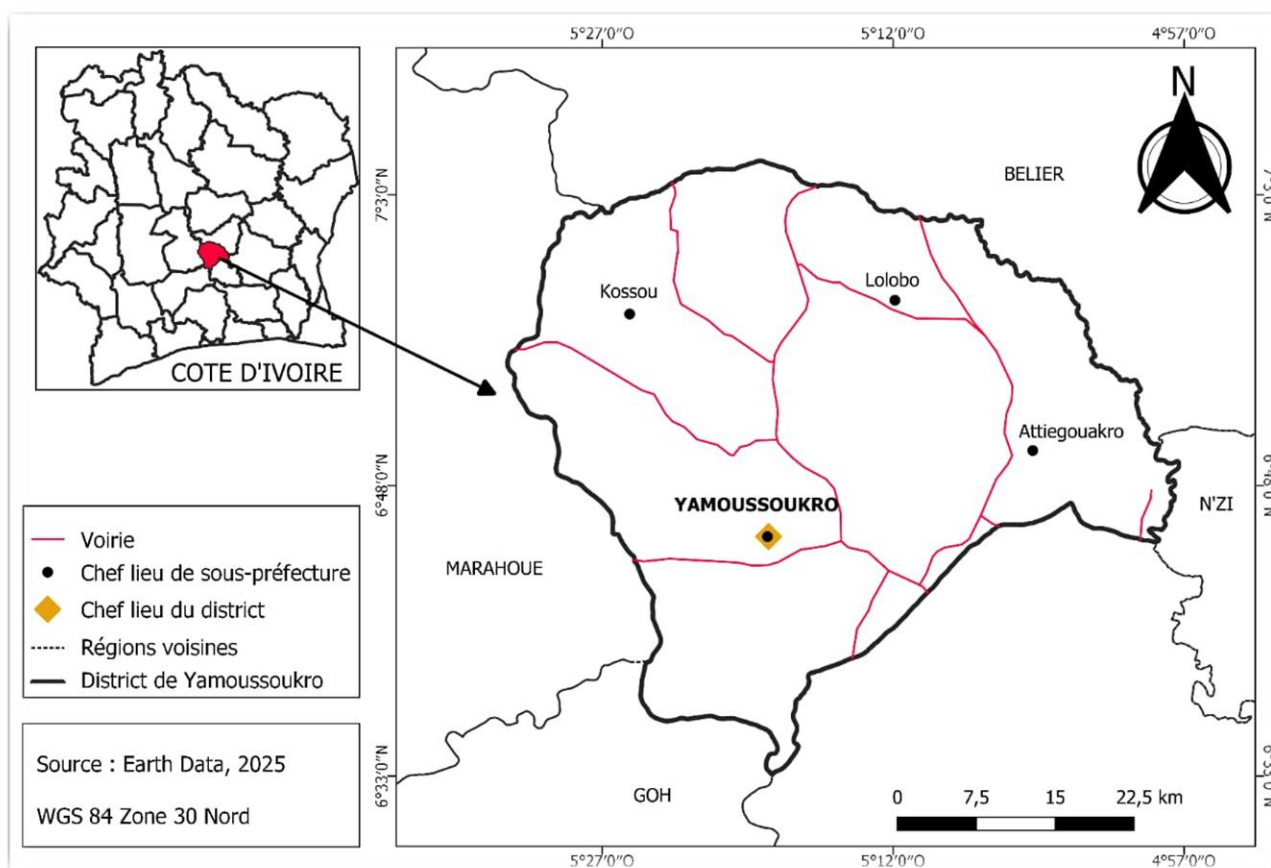


Figure 2 : Localisation de la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire

I.3.3. Objectif général

Proposer une solution technique de rénovation de l'aéroport afin de répondre à l'évolution du trafic aérien futur tout en respectant les normes et standards aéroportuaires en vigueur.

I.3.4. Objectifs spécifiques

Pour atteindre notre objectif général, des objectifs spécifiques ont été définis :

- Diagnostic technique des infrastructures et équipements de l'aéroport ;
- Evaluation du trafic futur ;
- Evaluation des surfaces nécessaires pour le futur trafic (l'horizon 2040) ;
- Dimensionnement des infrastructures de l'aéroport

I.3.5. Contexte socio-économique, transfert de capitale et projet aéroportuaire

Yamoussoukro, capitale politique de la Côte d'Ivoire, possède un environnement socio-économique et institutionnel particulier. La ville concentre la majorité des institutions politiques et administratives, tout en bénéficiant d'une population active composée de fonctionnaires, commerçants et agriculteurs. Son économie repose principalement sur le secteur tertiaire, les services administratifs et le commerce, avec un potentiel touristique et culturel important grâce à la Basilique Notre-Dame de la paix, etc. Le tableau ci-après synthétise le contexte socio-économique de Yamoussoukro et les informations clés du projet.

Tableau 1: Liens entre contexte socio-économique, transfert de capitale et projet aéroportuaire

Elément	Description/contexte	Lien avec le projet aéroportuaire
Population et démographique	Environ 400 000 hab ; population active : fonctionnaires, commerçants, agriculteurs	Nécessité d'infrastructures aéroportuaires capables de soutenir le flux administratif et les déplacements officiels et civils
Economie locale	Dominée par le secteur tertiaire, service administratifs et commerce	Modernisation de l'aéroport favorisant le commerce, le tourisme et les activités économiques
Institutions et rôle politique	Capitale politique, siège des ministères et institutions nationales	L'aéroport doit assurer la mobilité des fonctionnaires et visiteurs officiels, sécuriser le transport et soutenir l'administration
Transfert de la capitale	Déplacement progressif des institutions d'Abidjan vers Yamoussoukro (initié par Houphouët-Boigny)	Justifie l'extension et la modernisation de l'aéroport pour accueillir le trafic aérien accru et officiel
Modèle de développement urbain	Aménagement intégré : quartiers administratifs, résidentiels, services publics et infrastructures modernes	Nécessité d'un aéroport dimensionné et moderne, conforme aux normes de l'OACI et capable de soutenir le développement urbain et économique
Patrimoine et tourisme	Basilique, monuments historiques, Université	L'aéroport facilite l'accès des visiteurs, touristes et délégations internationales

I.4. Données de base et documents de référence du projet

Dans le cadre de la réalisation de ce mémoire, plusieurs documents techniques, données de référence et rapports existants ont été mis à disposition. Ces éléments constituent la base documentaire de l'étude et ont permis d'en définir le cadre l'étude, sans toutefois se substituer aux analyses et travaux développés dans le présent mémoire.

Les données de base reçues concernent principalement :

- les documents réglementaires et normatifs applicables aux infrastructures aéroportuaires, notamment les recommandations de l'OACI et de l'IATA ;
- les rapports d'études antérieures relatifs à l'aéroport de Yamoussoukro et au transport aérien national, incluant des analyses de trafic et des diagnostics généraux ;
- les données techniques et géométriques existantes de la plateforme aéroportuaire (piste, aires de mouvement, équipements) ;

- les données socio-économiques et démographiques de référence ayant servi de base aux projections.
- Ces informations ont été utilisées exclusivement comme éléments d'entrée pour la compréhension du contexte, l'analyse de l'existant et la définition des hypothèses de travail.
- Il est précisé que les évaluations techniques détaillées, les projections de trafic à l'horizon 2040, les calculs de dimensionnement et les propositions d'aménagement présentés dans ce mémoire constituent une contribution personnelle, réalisée dans un cadre académique, à partir des méthodes et normes en vigueur

I.5. Conclusion partielle :

En somme, la présentation de la structure d'accueil et du projet montre que le cadre institutionnel et technique est favorable à la réalisation de cette étude. Cette base solide permet désormais d'aborder le diagnostic de l'état des infrastructures aéroportuaires, étape essentielle pour évaluer les besoins réels de réhabilitation et de développement.

Chapitre II. Diagnostic technique des infrastructures de l'aéroport de Yamoussoukro et Évaluation du trafic à l'horizon 2040

II.1. Introduction

Le diagnostic des infrastructures existantes et l'analyse du trafic constituent des étapes déterminantes pour orienter les choix de réhabilitation et de dimensionnement d'un aéroport. Ils permettent d'identifier les limites techniques actuelles, d'anticiper les besoins futurs et de proposer des solutions adaptées à l'évolution du trafic.

Dans cette perspective, l'étude de l'aéroport de Yamoussoukro vise à évaluer sa capacité à jouer un rôle stratégique à l'échelle nationale et régionale.

II.2. Diagnostic technique des infrastructures et des équipements de l'aéroport de Yamoussoukro

II.2.1. Terminologies relatives au projet

La compréhension du présent projet nécessite la maîtrise de plusieurs concepts spécifiques relatifs à l'ingénierie aéroportuaire et à la planification territoriale. Pour la définition de ces termes, l'Annexe 14 de l'OACI a servi de référence principale [7].

- PCN (Pavement classification Number) est un indice international utilisé en aéroportuaire pour exprimer la résistance d'une chaussée aéronautique. Il permet de savoir quelle catégorie d'avions peut utiliser la chaussée sans l'endommager.
- L'aéroport est un ensemble d'installations (aérodromes, aérogare, ateliers) nécessaires au trafic aérien ;
- La piste est aire rectangulaire définie, sur un aérodrome terrestre, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs.
- Aérodrome est une Surface définie sur terre ou sur l'eau, destinée à être utilisée, en totalité ou en partie, pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface.
- Taxiway ou voie de circulation est une chaussée aménagée permettant aux aéronefs de se déplacer entre la piste, les aires de trafic, les hangars ou les aires de maintenance.

- L'Aérogare ou terminal est le bâtiment principal destiné à l'accueil, au traitement et au transit des passagers et de leurs bagages.
- Les aires de trafic sont des surfaces aéronautiques spécialement aménagées pour accueillir les aéronefs au sol.
- Le Prolongement d'arrêt ou stopway est une surface rectangulaire aménagée au-delà de l'extrémité d'une piste, spécialement conçue pour permettre à un aéronef d'interrompre son décollage en toute sécurité en cas d'urgence.
- Le prolongement dégagé ou Clearway est une surface dégagée d'obstacles située au-delà de l'extrémité de la piste utilisable pour le décollage.
- Niveau de sécurité incendie est l'ensemble des mesures organisationnelles, techniques et opérationnelles mises en place pour prévenir et maîtriser un incendie. Il est mesuré par la conformité, les temps de réaction, les capacités d'extinction, la gestion des risques et les performances d'évacuation.
- L'envergure est la distance totale mesurée entre les extrémités des deux ailes et c'est elle qui permet de catégoriser un aéronef.

II.2.2.Méthode

Une visite de site a été effectuée dans le cadre du projet afin d'identifier les caractéristiques géométriques, structures et fonctionnelles des infrastructures ainsi que les contraintes techniques du site. Elle a permis d'observer directement l'état des ouvrages et d'identifier les dégradations visibles. Cette approche in situ offre une vision réaliste des conditions d'exploitation et constitue la base essentielle pour évaluer les performances actuelles des infrastructures et orienter les analyses techniques.

II.2.3.Visite et Etat des lieux

L'analyse approfondie de l'aéroport de Yamoussoukro révèle que son niveau d'aménagement actuel demeure faible et largement en dessous des standards internationaux pour une plateforme appelée à soutenir le transfert progressif de la capitale. Néanmoins, en raison des contraintes liées à certaines considérations sociales, toute prise de vue photographique été interdite. Le tableau ci-dessous présente les résultats du diagnostic et quelques propositions de solutions.

Tableau 2: Résultat du diagnostic et proposition de quelques solution

Composante	État constaté	Appréciation	Niveau de dégradation	Aménagement requis pour un niveau international	Objectif international	Catégorie visée
Piste (3000 m × 45 m)	Des fissures transversales et longitudinales profonde d'environ 5 cm sur la moitié de la chaussée qui permettent aux herbes de pousser sur la piste, Présence de faïençages et des nids de poule sur la chaussée. Le PCN a chuté de 60 à 41 (aéronefs de catégorie C) selon les informations données par le service de sécurité de l'aéroport.	La capacité portante de la chaussée aux aéronefs de Masse 80 tonnes	Très Forte	Rénovation des chaussées aéronautique	Accueil des gros porteurs	Niveau international (catégorie E)
Aires de stationnement	Présence de fissurations profondes de type transversales et longitudinales comparables à celles constatées sur la piste ainsi que des affaissements localisés sur la chaussée	La capacité portante de la chaussée aux aéronefs de Masse 80 tonnes	Très Forte			
Prolongement d'arrêt	Des fissures longitudinales issues de la piste ainsi que des fissures transversales anormale	Non conforme à la norme	Forte			
Taxiways	Forte dégradation avec présence fréquente de peignage et d'affaissement local presque tout le long de la chaussée	Risques opérationnels accrus	Très Forte			
Marquage au sol	Complètement absent	Problème de guidage et de sécurité pour les pilotes	absents	Marquages conformes OACI, guidage complet, signalétique normalisée	Sécurité maximale	International
Balisage lumineux	Fonctionne correctement	Permet les opérations nocturnes	Moyen	Balisage LED nouvelle génération + système de précision	Opérations de nuit et faible visibilité	International
Drainage	Système bien réalisé et efficace	Pas de stagnation d'eau	Moyen	Améliorer en apportant de la modernisation	conforme à la norme	international
Aérogare	Faiblement aménagé, le bâtiment ne dispose pas de séparation fonctionnelle claire entre les flux arrivées et départs, ni d'aménagement requis pour un traitement adéquat des passagers et on constate un absent d'équipement.	Inadaptée à un usage commercial	Très forte	Rénovation ou réhabilitation complète	capable d'accueillir la demande futur	International moderne
Sécurité incendie (SI)	Baisse du niveau de SI de catégorie de 7 à 5	Capacité d'accueil drastiquement réduite	Forte	Mise au niveau Catégorie 8 ou 9	Accueil long-courriers	OACI – standard international
Dépôt pétrolier	Existant et opérationnel	Fonctionnel mais basique	Moyen	Améliorer en apportant de la modernisation	Ravitailer long-courriers	International
Parking automobile	Surface très petite	Capacité limitée	moyen	Etendre la surface	Satisfaire le besoin futur	grand capacité
Services annexes (fret, Bagages, etc.)	Presque absent car pas d'endroit fixe	Inadaptée à un usage commercial	Très Forte	Améliorer en apportant de la modernisation	répondre aux besoin futur	Haut niveau
Accès et voiries	Accès restreint (2×1 voie) avec une seule voie principale	Source d'embouteillage	moyen	Ajouter une autre voie pour fluidifier la mobilité	Accès facile	Moderne

II.3. Évaluation du trafic à l'horizon 2040

II.3.1. Définition et Méthode

II.3.1.1. Définition

Le trafic désigne l'ensemble des mouvements, flux ou échanges enregistrés sur une infrastructure de transport, notamment le nombre de passagers, de vols ou de marchandises qui y transitent sur une période donnée.

L'évolution du trafic aérien constitue un élément déterminant dans l'analyse du niveau de développement d'un aéroport. En effet, la capacité d'accueil d'une plateforme dépend directement du volume de passagers, du fret transporté et du nombre de mouvements d'avions enregistrés.

II.3.1.2. Méthode

Dans le cas de l'aéroport de Yamoussoukro, l'estimation du trafic est très importante puisqu'elle doit anticiper les effets futurs du transfert de la capitale politique.

Pour mener à bien notre étude, deux approches quantitatives seront utilisées :

- la méthode **top-down**, fondée sur une extrapolation macro-économique ;
- la méthode de **projection proportionnelle** du trafic, issue d'une projection du trafic d'une entité en proportion du trafic d'une autre entité de référence.

Ces méthodes sont complémentaires : la première se base sur des données locales de la région, tandis que la seconde part du trafic d'un aéroport majeur pour estimer celui d'un aéroport secondaire.

Cette étude est conduite à l'horizon 2040, correspondant à la période cible du développement projeté de l'aéroport.

II.3.2. Méthode Top-down

Cette méthode consiste à estimer le trafic de l'aéroport à partir des données agrégées au niveau national ou régional.

II.3.2.1. Méthodologie

Elle repose sur l'idée que la demande aérienne d'une région est proportionnelle à son poids démographique et économique par rapport à l'ensemble du pays. La méthode Top-down permet d'obtenir une estimation cohérente du trafic prévisionnel en fonction du développement global du pays. Formule : $T_f = \text{Population desservie} \times \text{taux de voyageur} \times k$

T_f : trafic prévisionnel de l'aéroport ou Trafic futur (2040)

k : coefficient d'ajustement reflétant le rôle politique et administratif de Yamoussoukro après transfert.

II.3.2.2. Détermination de la population desservie

La population desservie d'un aéroport correspond à l'ensemble des habitants résidant dans la zone d'attraction ou d'influence de cet aéroport, c'est-à-dire les personnes pour lesquelles cet aéroport est le plus accessible et le plus susceptible d'être utilisé pour leurs déplacements aériens.

❖ Mode d'approche

Dans le cadre de cette étude, la zone d'influence de l'aéroport de Yamoussoukro est délimitée par un rayon de 120 km autour de la plateforme. Ce choix repose sur la position dominante de l'aéroport international d'Abidjan, principal hub du pays, situé à environ 235 km. La distance de 120 km correspond ainsi à une limite d'attractivité à partir de laquelle les voyageurs ont tendance à privilégier l'aéroport d'Abidjan, mieux connecté et offrant une plus grande diversité de destinations. Les données ont été collectées et analysées au titre de l'année 2021, servant ainsi de base de référence pour les projections et évaluations réalisées dans cette étude (*Annexe 5*). Formule : **$\text{Population desservie} = \sum (\text{Population de chaque zone d'influence})$**

❖ Détermination de la population desservie à l'horizon 2040

Afin d'estimer la population desservie à l'horizon 2040, il convient de projeter la population de l'année de base (2021) à l'aide du taux de croissance démographique moyen de la commune de Yamoussoukro qui est de **2.3%** [8].

$$\text{Population desservie en 2040} = \text{Population desservie en 2021} \times (1+g)^t$$

Avec g : taux de croissance moyen annuel

t : le temps (2040-2021 = 19 ans)

II.3.2.3. Détermination du coefficient d'ajustement reflétant le rôle de capitale politique et administratif de Yamoussoukro (k)

k représente un facteur d'amplification du trafic prévisionnel, destiné à intégrer les effets induits par la concentration des fonctions étatiques et diplomatiques dans la nouvelle capitale. Il vise à compléter les prévisions issues des méthodes démographiques et économiques classiques, afin d'obtenir une estimation plus réaliste du trafic à l'horizon 2040.

❖ Mode d'approche et résultat

Pour cette partie l'observation de la méthode utilisée dans certains pays qui ont effectuée des transferts de capitale a été d'une aide remarquable et favorable.

Formule : $k = 1 + \alpha_P + \alpha_E + \alpha_T$

α_P : effet politique (déplacements des institutions publiques et diplomatiques)

α_E : effet économique (nouveaux emplois, activités administratives et services)

α_T : effet touristique et diplomatique (visites officielles, événements, tourisme d'affaires)

Ces données ci-dessous sont tirées d'un rapport [9], constituent des ordres de grandeur permettant d'intégrer les effets politiques et institutionnels non captés par les seules projections démographiques.

Tableau 3 : Coefficient d'ajustement [9]

Facteur	Impact estimé
Nouveaux emplois administratifs et services	+10 à +20 %
Transfert des institutions (ministères, ambassades)	+15 à +25 %
Déplacements liés aux missions officielles et tourisme d'affaires	+5 à +10 %

II.3.2.4. Résultat de la méthode Top-down

- Dans le cadre de la présente étude, il est retenu un taux de voyageurs de 30%, correspondant à la proportion estimée de la population de la zone d'influence susceptible d'utiliser l'aéroport. Une valeur approuvée par le Ministère du transport ivoirien dans son rapport final intitulé Analyse de marché et prévisions de trafic aérien [10].
- **Population desservie**

$$\text{Population desservie} = \sum (\text{Population de chaque zone d'influence})$$

AN : Population desservie en 2021 = 2 411 549 habitants

$$\text{Population desservie en 2040} = \text{Population desservie en 2021} \times (1 + g)^t$$

Avec g : taux de croissance moyen annuel et t : le temps (2040-2021 = 19 ans)

$$\text{AN : Population desservie en 2040} = 2\,411\,549 \times (1 + 2.3\%)^{19}$$

$$\text{Population desservie en 2040} = 3\,714\,781 \text{ habitants}$$

- A l'issue de l'analyse, le **coefficient d'ajustement global** du rôle politique et administratif de Yamoussoukro est estimé à 45% reparti comme suit :

$$\alpha_P = 20\% ; \alpha_E = 15\% ; \alpha_T = 10\% ; \text{Donc } k = 1 + 20\% + 15\% + 10\% \rightarrow k = 1.45$$

Sur la base des valeurs précédemment déterminées, le trafic prévisionnel de l'aéroport de Yamoussoukro peut être calculé :

$$\text{selon la Formule : } T_f = \text{Population desservie} \times \text{Taux de voyageur} \times k$$

$$\text{AN : } T_f = 3\,714\,781 \times 30\% \times 1.45$$

$$T_f = 1\,615\,930 \text{ passagers / an}$$

II.3.3. La méthode de Projection proportionnelle du trafic

La méthode de projection proportionnelle du trafic consiste à estimer un volume futur à partir d'une valeur de référence en lui appliquant un ratio fixe.

II.3.3.1. Méthodologie

Cette méthode repose sur l'hypothèse d'une relation proportionnelle et stable entre deux entités ou deux zones d'activité. Elle permet ainsi de déduire l'évolution d'un trafic secondaire en fonction des variations observées sur une plateforme principale, offrant une estimation simple, cohérente et facilement reproductible. Selon les projections établies par le Rapport Final par STEER pour le Ministère des Transports dans le cadre des études techniques de réhabilitation et d'extension de l'aéroport international Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (FHBA), le trafic annuel de la plateforme d'Abidjan devrait atteindre environ 6,6 millions de passagers à l'horizon 2040 [10]. Cette estimation constitue le scénario de référence servant de base à la planification nationale du transport aérien.

Dans la perspective du renforcement du rôle institutionnel de Yamoussoukro, associé à la modernisation progressive de son aéroport, il est raisonnable d'estimer qu'une partie significative du trafic actuellement concentré à Abidjan pourrait être redistribuée. Les études

comparatives menées sur les cas du Nigéria (transfert de Lagos vers Abuja) et du Ghana (montée en puissance des hubs secondaires tels que Kumasi et Tamale) montrent qu'un déplacement de 15 à 40 % du trafic peut être observé lorsqu'une politique de décentralisation fonctionnelle est bien mise en œuvre [11] [12]. En s'appuyant sur ces précédents régionaux et sur les spécificités ivoiriennes, une hypothèse raisonnable est de considérer que Yamoussoukro pourrait capter environ 35 % du trafic projeté pour Abidjan. Ainsi, sur les 6,6 millions de passagers projetés pour Abidjan en 2040, plus de 2 millions pourraient potentiellement être captés par Yamoussoukro, à condition que les fonctions gouvernementales s'y consolident et que les infrastructures aéroportuaires soient adaptées aux besoins d'une capitale politique active. Cette redistribution ne remettrait pas en cause la primauté économique d'Abidjan, qui continuerait de concentrer la quasi-totalité du trafic international et commercial, mais permettrait de structurer davantage le réseau aéroportuaire national autour d'un pôle administratif à Yamoussoukro et d'un pôle économique à Abidjan, conformément aux tendances observées dans d'autres pays ayant opéré un transfert ou une décentralisation des fonctions de gouvernance.

II.3.3.2. Résultats

$$\text{Formule : } T_f = 35 \% \times \text{Trafic}_{A_{2040}}$$

T_f : Trafic estimé de l'aéroport international de Yamoussoukro ou Trafic futur (2040) ;

$\text{Trafic}_{A_{2040}}$: Estimation du trafic d'Abidjan en 2040 ;

$$\text{AN : } T_f = 35 \% \times 6\,600\,000$$

$$\underline{\underline{T_f = 2\,310\,000 \text{ Passagers / an}}}$$

II.4. Conclusion partielle :

En définitive, l'état des lieux révèle un aéroport aux infrastructures globalement robustes, mais fortement dégradées du fait d'un déficit de maintenance et de l'absence de réhabilitation. Dans l'optique de faire de l'aéroport de Yamoussoukro un hub international et un aéroport de dégagement, une restructuration et une modernisation des installations s'imposent. L'analyse comparative des deux méthodes de prévision a conduit au choix de la méthode de projection proportionnelle, jugée la plus défavorable, conformément au principe de prudence. Cette valeur servira de base au dimensionnement des infrastructures dans la suite de l'étude.

Chapitre III. Evaluation des surfaces et besoins nécessaires pour l'aérogare à l'horizon 2040

III.1. Introduction

L'aérogare est l'infrastructure aéroportuaire principale qui assure l'accueil et le traitement, des passagers ainsi que la gestion de leurs bagages, depuis leur arrivée à l'aéroport jusqu'à l'embarquement ou depuis la sortie de l'avion. Sa capacité est l'ensemble des ressources (espaces et équipements) nécessaires pour traiter un volume de passagers donné avec un niveau de service fixé (temps d'attente, confort, sécurité, ...). La capacité de l'aérogare ou du terminal ne se base pas sur le trafic annuel global, mais sur les pics de trafic observés à certaines périodes de l'année et de la journée. Ces valeurs représentent les volumes de passagers les plus élevés, utilisés pour concevoir les espaces afin qu'ils restent fonctionnels même en situation de charge maximale.

III.2. Méthodologie

❖ Le Process

Le process d'un aéroport est l'ensemble des opérations et procédures nécessaires pour assurer le passage des passagers, des bagages et du fret depuis leur arrivée sur la plateforme jusqu'à l'embarquement ou depuis l'atterrissage jusqu'à la sortie de l'aéroport.

❖ Hypothèses par process

Les hypothèses peuvent être générales ou spécifiques au process étudié. Elles sont établies sur la base de l'expérience (comme des valeurs qui ont été retenus pour évaluer l'aérogare d'Abidjan), de mesures, d'informations fournies par l'exploitant ou encore imposés par les critères de niveau de service à respecter.

❖ Méthodes de calculs

Le dimensionnement de l'aérogare s'appuie sur la méthode indiquée par l'Aiport Development Reference Manual (**ADRM**) **12^e Edition** [13], un document publié par l'IATA. Les formules sont uniformes pour tous les processus passagers soumis à un contrôle, à l'exception des halls

publics, salles d'embarquement et zones de livraison des bagages, qui font l'objet de méthodes spécifiques. Dans certains cas, des ajustements mineurs sont appliqués pour tenir compte de particularités propres à certains processus, sans modifier le principe général de dimensionnement.

III.2.1. Process de contrôle

Un process de contrôle désigne l'ensemble des opérations successives destinées à vérifier l'identité, la conformité et la sûreté des passagers, de leurs bagages et de leurs documents de voyage avant l'accès en zone réservée ou à bord de l'aéronef.

Le besoin en nombre d'équipement (bureaux, guichets, lignes de traitement) est défini par la

formule suivante : $Besoin = \frac{D \times \frac{PT}{60}}{\Delta t + MQT}$; Avec :

D : Nombre de passagers se présentant au process sur la période de dimensionnement

PT : Temps nécessaire au traitement d'un passager (en secondes)

Δt : Durée de référence du dimensionnement (en min)

MQT : Temps d'attente maximal : défini par les niveaux de service IATA (en minutes)

La définition d'une surface par équipement permet ensuite de connaître le besoin surfacique pour les installations. A cette surface doit être ajoutée la surface dédiée à l'attente des passagers, celle-ci est définie par la formule suivante :

$$Surface = Besoin \times \left(\frac{60 + MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right) ;$$

Avec :

PT : Durée du process : Temps nécessaire au traitement d'un passager (en seconde)

MQT : Temps d'attente maximal : Défini par les niveaux de service IATA (en minutes)

SP : Surface par passagers : Défini par les niveaux de service IATA (en m²)

SE : Surface par équipement (en m²)

Circ = coefficient de circulation, espace entre les passagers / obstacles

III.2.2. Halls et salles d'embarquement

Le Hall d'un aéroport est un espace public de l'aérogare destiné à accueillir, orienter et répartir les passagers.

La salle d'embarquement est une zone de contrôle située après les points de sûreté et de police.

Le besoin surfacique dans les halls publics et salles d'embarquement est défini par la formule suivante : $A = D \times (SAP \times SR + SDP \times (1 - SR)) \times (1 + Circ)$;

Avec :

A : Surface d'attente et D = Demande : Nombre de passagers se présentant au process sur la période de dimensionnement

SAP : Surface pour une personne assise : définie par les niveaux de service IATA

SDP : = Surface pour une personne debout : définie par les niveaux de service IATA

SR : Taux de places assises : définie par les niveaux de service IATA

Circ : coefficient de circulation, espaces entre passagers/ obstacles

III.2.3. Les salles de livraison de bagages

La salle de livraison des bagages est la zone de l'aérogare où les passagers récupèrent leurs bagages enregistrés à l'issue du vol.

Le nombre de carrousels (tapis) de livraison bagages est déterminé à partir de la formule suivante :

$$Besoin = Mvts_{MP/GP} \times \frac{OT_{MP/GP}}{60} ; \text{ Avec :}$$

Mvts_{MP/GP} : Nombre de mouvement par type d'avion

OT_{MP/GP} : = Temps d'occupation d'un carrousel pour un aéronef moyen porteur ou gros porteur

La longueur de tapis nécessaire pour traiter un aéronef est déterminée comme suit :

$$Longueur = Demande \times PB \times LB ; \text{ Avec : Demande : Nombre de bagage dans l'avion}$$

PB : Taux de bagage en simultané sur le tapis et LB : Longueur d'un bagage (en m)

III.2.4. Niveau de service

Les niveaux de service retenus pour le dimensionnement correspondent à la tranche optimale définie par l'IATA dans l'ADRM (12^e édition). La valeur appliquée pour chaque process est précisée dans la section « *Hypothèses* » de l'**Annexe 6**. Pour les processus propres à l'aérogare, les niveaux de service ont été assimilés à ceux de processus similaires : les contrôles de cartes d'embarquement (avant enregistrement et en transfert) sont alignés sur les contrôles aux frontières, tandis que les bureaux de demande de visa suivent les critères des banques d'enregistrement.

III.3. Résultats

III.3.1. Détermination du trafic de conception de l'aérogare

A partir du trafic annuel estimé **2 611 335 de passagers/an**, le trafic de pointe journalier et trafic de pointe horaire seront déterminés.

III.3.1.1. Trafic Moyen journalier (TMJ)

Le trafic Moyen journalier désigne le nombre total de passagers enregistrés sur une journée donnée dans un aéroport. Il constitue un indicateur du niveau d'activité quotidienne de la plateforme.

$$TMJ = \frac{T_f}{365}$$

$$TMJ = \frac{2\,611\,335}{365}$$

$$\underline{\underline{TMJ = 6329 \text{ Pax / jour}}}$$

III.3.1.2. Trafic heure de pointe (THP)

Le Trafic Horaire de Pointe (THP) est le volume de passagers traités pendant l'heure la plus chargée de la journée de pointe.

Le dimensionnement des infrastructures terminales requiert la connaissance des volumes horaires correspondant à la journée de référence. Conformément à la FAA (Federal Aviation Administration) des Etats-Unis d'Amérique, les heures de pointe peuvent représenter 12 à 20 % du trafic journalier total. [14]. Pour le calcul du trafic horaire de pointe (THP), une valeur centrale de $r = 0.12$ est retenue à cause du rôle secondaire que l'aéroport va occuper au détriment

de celui d'Abidjan (pour plus d'économie). Les bornes 0,12 et 0,20 sont utilisées respectivement pour les scénarios de référence et prudentiel, conformément aux recommandations de la FAA et aux pratiques internationales de dimensionnement des terminaux.

$$\text{Formule : } THP = r \times TMJ$$

Avec r : Fraction horaire du jour de pointe $\in [0,12 ; 0,20]$

$$\text{AN : } THP = 0,12 \times 6329$$

$$\underline{\underline{THP = 759.48 \text{ Passagers / h}}}$$

Cette valeur 760 pax / heure est la charge maximale que le terminal doit pouvoir traiter. Elle représente ainsi le trafic de conception de l'aérogare.

❖ Passagers en transit ou correspondance

Les passagers en correspondance représentent une catégorie particulière d'utilisateurs qui ne commencent ni ne terminent leur voyage dans l'aéroport, mais y effectuent simplement un transfert entre deux vols successifs. Les passagers en transit doivent être explicitement pris en compte dans le dimensionnement des terminaux et représentent souvent 30 à 50 % pour les hubs internationaux [15].

Pour le dimensionnement de l'aérogare en considérant Yamoussoukro comme un hub, il est supposé qu'environ **35 % des passagers** seront en transit.

$$\text{Passagers en transit} = 35\% \times 760$$

$$\underline{\underline{\text{Passagers en transit} = 266 \text{ Personnes /heure}}}$$

III.3.2. Evaluations des Halls publics

III.3.2.1. La demande de départ

Hypothèses

Les surfaces par personne indiquées ci-dessous ont été définies à partir des critères IATA de niveaux de services et ajustés en fonction des comportements attendus par les passagers (nombre et types de bagages emportés).

Tableau 4 : Les hypothèses de la demande de départ

Nom	PEP
Pointe passagers au départ	760
Nombre d'accompagnants par passagers	1,5
Temps passé dans le hall pour les passagers (min)	20
Temps passé dans le hall pour les accompagnants (min)	20

L'effectif maximum présent dans le hall est calculé comme suit : $Pointe \times \frac{Temps\ passé}{60}$

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 5 : Les effectifs de la demande de départ

Échéance	PEP
Effectif passagers en simultané	254
Effectifs accompagnants en simultané	381
Effectif maximal dans le hall départ	635

III.3.2.2. Synthèse

Le tableau ci-dessous récapitule les données d'entrées pour le calcul des paramètres étudiés :

Tableau 6 : La synthèse de la demande de départ

Notion	Nom	PEP
Dpax	Effectif passagers	254
Dacc	Effectifs accompagnants	381
SDa	Surface pour un accompagnant debout (m²/pers)	1,5
SAa	Surface pour un accompagnant assis (m²/pers)	2
SDp	Surface pour un passager debout (m²/pax)	2
SAP	Surface pour un passager assis (m²/pax)	2,5
SR	Taux de places assises	20%
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	10%

- $Dacc = \text{Effectifs accompagnants} : Dacc = Dpax \times SDa$
- Surfaces accompagnants debout : $Saccd = Dacc \times SDa \times (1 - SR)$
- Surfaces accompagnants assis (Sacca) : $Sacca = Dacc \times SAa \times SR$
- Surfaces passagers debout (Spaxd) : $Spaxd = Dpax \times SDp \times (1 - SR)$
- Surfaces passagers assis (Spaxa) : $Spaxa = Dpax \times SAP \times SR$

- Surfaces circulations (Scirc) : $Scirc = Circ \times (Saccd + Sacca + Spaxd + Spaxa)$

$$SURFACE\ TOTALE\ DES\ HALLS\ DE\ DEPART\ (ST) = \sum (des\ surfaces\ Calculées)$$

III.3.2.3. Résultats

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats obtenus :

Tableau 7 : Les résultats de la demande de départ

Notion	Nom	PEP
Saccd	Surface accompagnants debout (m²)	457
Sacca	surface accompagnants assis (m²)	152
Spaxd	Surface passagers debout (m²)	406
Spaxa	Surface passagers assis (m²)	127
Scirc	Surface circulation	114
ST	Surface Totale (m²)	1257

III.3.3. La demande d'arrivée

III.3.3.1. Hypothèse

La demande dans le hall public à l'arrivée est déterminée de la même façon que pour le hall public au départ. Le tableau ci-dessous présente les hypothèses retenues pour le calcul :

Tableau 8 : Les hypothèses de la demande d'arrivée

Nom	PEP
Pointe passagers au départ	760
Nombre d'accompagnants par passagers	1,5
Temps passé dans le hall pour les passagers (min)	5
Temps passé dans le hall pour les accompagnants (min)	30

L'effectif maximum présent dans le hall est calculé comme suit : $Effectif = Pointe \times \frac{Temps\ passé}{60}$

Pour les résultats de ce calcul d'effectif maximum, il faut se référer au tableau suivant :

Tableau 9 : Les effectifs de la demande d'arrivée

Échéance	PEP
Effectif passagers en simultané	63
Effectifs accompagnants en simultané	93
Effectif maximal dans le hall départ	158

III.3.3.2. Synthèse

Le tableau ci-dessous récapitule les données d'entrées pour le calcul des paramètres étudiés :

Tableau 10 : La synthèse de la demande d'arrivée

Notion	Nom	PEP
Dpax	Effectif passagers	63
Dacc	Effectifs accompagnants	95
SDa	Surface pour un accompagnant debout (m ² /pers)	1,5
SAa	Surface pour un accompagnant assis (m ² /pers)	2
SDp	Surface pour un passager debout (m ² /pax)	2
SAP	Surface pour un passager assis (m ² /pax)	2,5
SR	Taux de places assises	20%
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	10%

III.3.3.3. Résultats

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats obtenus :

Tableau 11 : Les résultats de la demande d'arrivée

Notion	Nom	PEP
Saccd	Surface accompagnants debout (m ²)	114
Sacca	surface accompagnants assis(m ²)	38
Spaxd	Surface passagers debout (m ²)	152
Spaxa	Surface passagers assis (m ²)	32
Scirc	Surface circulation	34
ST	Surface Totale	369

III.3.4. Résultats des Halls Publics

Les résultats totaux des Halls publics sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau 12 : Les résultats de la demande dans les Halls publics

Résultats Totaux	PEP
Surface accompagnants debout (m ²)	571
Surface accompagnant assis (m ²)	190
Surface passagers debout (m ²)	558
Surface passagers assis (m ²)	159
Surface circulations (m ²)	148
Surface Totale Attente Hall Public (m ²)	1625

III.4. Evaluation des process au départ

III.4.1. Contrôle des cartes d'embarquement

Le contrôle des cartes d'embarquement est une étape du parcours passager à l'aéroport consistant à vérifier l'authenticité et la validité de la carte d'embarquement avant l'accès aux zones réservées du terminal, notamment la zone sous douane ou la salle d'embarquement.

Les formules indiquées au point peuvent être utilisées telles qu'indiquées précédemment :

$$\text{Calcul du besoin en position de contrôle : } \text{Besoin} = \frac{\frac{D \times PT}{60}}{\Delta t + MQT}$$

$$\text{Calcul du besoin surfacique : } \text{Surface} = \text{Besoin} \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + \text{Circ}) + SE \right)$$

III.4.1.1. Hypothèse

Le contrôle des cartes d'embarquement au départ est le premier filtre franchi par les passagers entre le Hall Public et le Hall d'Enregistrement. Il s'agit d'un contrôle rapide, ici considéré comme équivalent à un contrôle de police aux frontières. Les hypothèses de dimensionnement sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Les hypothèses de contrôle de cartes d'embarquement

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers en simultané au process	293
PY	Temps de traitement d'un passager (secondes)	30
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	20
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	7
SE	Surface par équipement/position de contrôle (m ²)	4,5
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	2,2
Circ	Coefficient supplémentaire de circulation dans les attentes	20%

La demande est définie comme l'effectif passager utilisé dans la demande de départ en haut augmenté d'un coefficient de sur pointe de 10%. La période de référence du dimensionnement est de 20 minutes pour s'adapter à la période considérée pour la mesure de l'effectif dans le Hall Public.

D : Nombre de passagers en simultané au process = $266 + (266 \times 10\%) = 293 \text{ Pax / h}$

III.4.1.2. Résultats

$$Besoin = \frac{\frac{D * PT}{60}}{\Delta t + MQT}$$

La surface indiquée dans le tableau ci-dessus inclut la surface nécessaire à l'installation des équipements et la surface dédiée à l'attente et à la circulation des passagers.

$$Surface = Besoin \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right)$$

Tableau 14 : les résultats du contrôle des cartes d'embarquement

Notion	Nom	PEP
Besoin	Nombre de position de contrôle nécessaire	5
Surface	Surface nécessaire pour accueillir la zone de contrôle (m²)	225

III.4.2. Enregistrement

L'enregistrement (ou check-in) est la première étape du processus de départ des passagers dans un aéroport. Il consiste à confirmer la présence du voyageur sur un vol réservé, à vérifier ses documents de voyage (billet, passeport, visa, etc.) et à enregistrer ses bagages pour leur acheminement en soute jusqu'à la destination finale.

L'évaluation du hall d'enregistrement prend en compte l'installation de bornes libre services, de comptoirs de dépose bagages, de comptoirs d'enregistrement classiques (avec une distinction entre classe économique, et première classe/business) et de comptoirs hors-format.

Pour chaque méthode d'enregistrement, les formules indiquées ci-dessous pourront être

appliquées : Besoin en équipement : $Besoin = \frac{\frac{D * PT}{60}}{\Delta t + MQT}$

Besoin surfacique : $Surface = Besoin \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right)$

III.4.2.1. Hypothèse

Quatre valeurs de « demande » sont utilisées pour ce dimensionnement, celles-ci correspondent à la pointe départ augmenté d'un facteur de 10% et divisée entre les types d'enregistrement avec les ratios. Ces hypothèses sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 15 : les hypothèses du check-in

Pointe passagers au départ	760
Coefficient de sur-pointe	10%
Taux d'utilisation des BLS	10%
Taux d'utilisation des Comptoirs Classiques	90%
Taux de passagers Classe Economique	85%
Taux de passagers Première et Business	15%
Nombre de passagers aux BLS et Dépose Bagage	84
Nombre de passagers aux Comptoirs Classe Economique	646
Nombre de passagers aux Comptoirs Première et Business	114

- Nombre de passagers aux BLS et Dépose Bagage : $760 \times 10\% \times (1 + 10\%)$
- Nombre de passagers aux Comptoirs Classe Economique : $760 \times 85\%$
- Nombre de passagers aux Comptoirs Première et Business : $760 \times 15\%$

➤ Bornes libre-Service (BLS)

Tableau 16 : les hypothèses du BLS

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux BLS	84
PT	Temps de traitement aux BLS (secondes)	90
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	2
SE	Surface pour une BLS (m ²)	2
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	2,2
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ Dépose de Bagage

Tableau 17 : les hypothèses de la dépose de bagage

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux dépose bagages	84
PT	Temps de traitement aux dépose bagages (secondes)	60
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	5
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	9
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	2,2
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ Comptoirs classiques (Classe économique)

Tableau 18 : les hypothèses des comptoirs de la classe économique

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux Comptoirs économique	646
PT	Temps de traitement aux Comptoirs économique (secondes)	160
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	15
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	9
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	2,2
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ Comptoirs classique (Première et business)

Tableau 19: les hypothèses des comptoirs classe première et business

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux Comptoirs P & B	114
PT	Temps de traitement aux Comptoirs P & B (secondes)	160
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	3
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	9
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	2,2
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ Comptoirs hors-format

Le nombre de comptoir hors format est défini comme 5% du total de comptoirs classiques (arrondi au supérieur).

III.4.2.2. Résultats

Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

$$\text{➤ Nombre d'équipement requis : } \text{Besoin} = \frac{\frac{D \cdot PT}{60}}{\Delta t + MQT}$$

Tableau 20 : les résultats du Nombre d'équipement requis pour le check-in

Critère	PEP
Besoin en bornes libre-service	2
Besoin en dépose bagages	1
Besoin en comptoirs classiques (classe économique)	23
Besoin en comptoirs classiques (Première et Business)	5
Besoin en comptoirs Hors-Format	1

$$\text{➤ Surfaces requises : } \text{Surface} = \text{Besoin} \times \left(\frac{60 + MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right)$$

La surface indiquée dans le tableau ci-dessus inclut la surface nécessaire à l'installation des équipements et la surface dédiée à l'attente et à la circulation des passagers.

Tableau 21 : les résultats des surfaces requises pour le check-in

surface requises	PEP
Surface bornes libre-service (m²)	11
Surface dépose bagages (m²)	29
Surface comptoirs classiques (classe économique) (m²)	548
Surface (Première et business) (m²)	58
Surface hors-format (m²)	18
Surface totale Hall d'enregistrement (m²)	663

III.4.3. Contrôle de police au départ

Le contrôle de police au départ est une étape réglementaire du parcours des passagers à l'aéroport, consistant à vérifier l'identité et la validité des documents de voyage avant qu'ils ne quittent le territoire national.

Les contrôles frontières au départ sont évalués pour une partie des passagers passant un contrôle classique (aubette avec agent) et une partie utilisant des PARAFE (Passage Automatisé Rapide Aux Frontières Extérieures).

$$\text{Calcul du besoin en position de contrôle : } \text{Besoin} = \frac{\frac{D \times PT}{60}}{\Delta t + MQT}$$

$$\text{Calcul du besoin surfacique : } \text{Surface} = \text{Besoin} \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + \text{Circ}) + SE \right)$$

III.4.3.1. Hypothèse

Ces hypothèses sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 22 : les hypothèses du contrôle de police au départ

Pointe passagers au départ	760
Coefficient de sur-pointe	10%
Taux d'utilisation des aubettes classiques	70%
Taux d'utilisation des PARAFE	30%
Nombre de passagers aux aubettes classiques	585
Nombre de passagers aux PARAFE	251

- Nombre de passagers aux aubettes classiques : $760 \times 70\% \times (1+10\%)$
- Nombre de passagers aux PARAFE : $760 \times 30\% \times (1+10\%)$

III.4.3.2. Synthèse des hypothèses

Les tableaux ci-dessous présentent les synthèses de calcul facilitant l'analyse des résultats :

➤ Aubettes classiques

Tableau 23 : la synthèse des hypothèses des Aubettes classiques

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux aubettes classiques	585
PT	Temps de traitement aux aubettes classiques	45
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	7
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	4,5
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,1
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ PAFARE (Passage Automatisé Rapide Aux Frontières Extérieures)

Tableau 24 : la synthèse des hypothèses du PARAFE

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux PARAFE	251
PT	Temps de traitement aux PARAFE	30
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	3
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	5
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,1
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

III.4.3.3. Résultats

Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

➤ Nombre d'équipement requis : $Besoin = \frac{\frac{D \times PT}{60}}{\Delta t + MQT}$

Tableau 25 : les résultats du Nombre d'équipement requis pour le contrôle de police au départ

Critère	PEP
Besoin en aubettes classiques	7
Besoin en PARAFE	2

➤ Surfaces requises :

$$Surface = Besoin \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right)$$

Tableau 26 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de police au départ

Critère	PEP
Surfaces aubettes classiques (m ²)	110
Surfaces PARAFE (m ²)	26
Surfaces Circulations d'entrée/sortie (m ²)	161
Surface Totale Zone Contrôle Frontière (m ²)	321

III.4.4. Contrôle de sûreté

Le contrôle de sûreté est consistant à détecter et à interdire l'introduction à bord des aéronefs de tout objet ou substance prohibée susceptible de menacer la sécurité des passagers, du personnel et des installations aéroportuaires.

Les contrôles de sûreté sont évalués pour traiter la pointe départ O/D (Origine/Départ) d'une part, et la pointe Transfert d'autre part. Les passagers en transfert sont injectés en amont des PIF (Poste d'Inspection Filtrage) et utilisent des lignes dédiées.

- Calcul du besoin en équipement : $Besoin = \frac{\frac{D \times PT}{60}}{\Delta t + MQT}$
- Calcul du besoin surfacique :

$$Surface = Besoin \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right)$$

III.4.4.1. Hypothèse

Ces hypothèses sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 27 : les hypothèses du contrôle de sûreté

Pointe passagers Origine/Départ	760
Pointe passagers Transferts	266
Coefficient de sur-pointe	10%
Nombre de passagers aux PIF O/D	836
Nombre de passagers aux PIF Transfert	293

- Nombre de passagers aux PIF Transfert = $760 \times 35\% \times (1 + 10\%)$
- Nombre de passagers aux PIF O/D = $760 \times (1 + 10\%)$

III.4.4.2. Synthèse des hypothèses

Le dimensionnement surfacique prend en compte l'installation de lignes C3 (lignes de contrôle des bagages à main) et de body scanners (appareils de détection corporelle, utilisés en complément des portiques classiques) en contrôles secondaires. Les tableaux ci-dessous présentent les synthèses de calcul facilitant l'analyse des résultats :

➤ PIF O/D

Tableau 28 : les hypothèses du PIF O/D

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux PIF O/D	836
PT	Temps de traitement (secondes)	14,4
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	7
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	150
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,1
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ PIF transfert

Tableau 29: les hypothèses du PIF transfert

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers au PIF transfert	293
PT	Temps de traitement (secondes)	14,4
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	5
SE	Surface pour dépose bagages (m ²)	110
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,1
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

III.4.4.3. Résultats

Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

➤ Nombre d'équipement requis : Calcul du besoin en équipement :

$$Besoin = \frac{\frac{D * PT}{60}}{\Delta t + MQT}$$

Tableau 30 : les résultats du nombre d'équipement requis pour le contrôle de sûreté

Critère	PEP
Besoin en PIF O/D	3
Besoin en PIF Transfert	1

➤ Surfaces requises : $Surface = Besoin \times (\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE)$

Les surfaces incluent la surface nécessaire à l'installation des équipements et la surface dédiée à l'attente et à la circulation des passagers.

Tableau 31 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de sûreté

Critère	PEP
Surfaces en PIF O/D	564
Surfaces en PIF Transfert	149
Surface Totale Zone Contrôle Frontière (m²)	713

III.4.5. Salle d'embarquement

La salle d'embarquement est un espace situé en zone sous douane (ou zone internationale) de l'aéroport, réservé aux passagers ayant accompli toutes les formalités préalables au vol.

Elle constitue la dernière étape avant l'accès à l'avion et joue un rôle essentiel dans la gestion du flux passagers et le confort d'attente avant l'embarquement.

La particularité de cette évaluation se trouve dans la définition de la demande, qui est calculée à partir d'une pointe mouvements et d'une capacité d'emport des aéronefs, plutôt que par l'utilisation d'une pointe passagers.

La formule de dimensionnement de la surface de la salle d'embarquement sera modifiée pour intégrer un coefficient de mutualisation des assises (C_{Ma}) correspondant aux échanges de places assises pouvant survenir dans la salle d'embarquement lors des mouvements de passagers : $A = D \times (SAP \times SR + SDP \times (1 - SR) \times (1 + Circ))$

Pour la modélisation du trafic aérien, trois types d'aéronefs ont été retenus afin de représenter les principales catégories de vols :

- Bombardier Q400 pour les vols domestiques, en raison de sa faible capacité, de son économie d'exploitation et son aptitude aux courtes distances (70 sièges) ;
- Airbus 320 pour les vols régionaux ou moyen-courriers, largement utilisé dans les liaisons intra-africaines (150 sièges) ;
- Airbus 330 pour les vols long-courriers, en raison de ses performances techniques, sa capacité élevée, sa large utilisation dans les réseaux intercontinentaux Africains et sa compatibilité avec la majorité des infrastructures aéroportuaires internationales (250 sièges).

Les statistiques issues de l'Airport Development Reference Manual (IATA) indiquent qu'en moyenne, seuls **9 %** des vols concernent le trafic domestique, tandis que **91 %** relèvent du trafic international. Parmi ces derniers, **46 %** correspondent à des liaisons régionales et **45 %** à des vols long-courriers, illustrant la prédominance du trafic international dans la structure globale des mouvements aériens [16]

- $Pax/h = THP \times \% Vol$
- $Nombre\ de\ vol\ /h = \frac{Pax/h}{Siège} \times Taux\ de\ remplissage$
- Le taux de remplissage des aéronefs sera compris entre 85% et 90 % selon la ligne

III.4.5.1. Hypothèses

La demande est calculée à partir des pointes avions, de la capacité de l'aéronef de référence, du taux de remplissage, et d'un taux de présence en simultané dans la salle d'embarquement.

$$Nombre\ de\ mouvement = 2 \times Nombre\ de\ Vol$$

Pour faciliter la détermination du nombre de vol/jour, un tableau a été utilisé :

Tableau 32: Détermination du nombre de vol/jour

Ligne	THP	% vol	Pax/h	siège	Taux de remplissage	Nombre de vol
Domestique	760	9%	70	70	85%	1
Régional/ cour-moyen-courrier		46%	350	150	90%	2
long courrier		45%	340	250	90%	1

Les paramètres des hypothèses du salle d'embarquement ont été récapitulé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 33 : les paramètres des hypothèses du salle d'embarquement

Nom	PEP
Pointe mouvements Gros-Porteur	2
Pointe mouvements Moyen-Porteur	4
Pointe mouvements domestique	2
Capacité Avion Gros-Porteur	250
Capacité Avion Moyen-Porteur	150
Capacité Avion domestique	70
Taux de remplissage aéronefs	85%
Passagers en attente en simultané	75%
Effectif simultané en salle d'embarquement	832

III.4.5.2. Synthèse des Hypothèse

Les tableaux ci-dessous présentent les synthèses de calcul facilitant l'analyse des résultats :

Tableau 34 : la synthèse des hypothèses du salle d'embarquement

Notion	Nom	PEP
D	Effectif passagers	832
SDp	Surface pour un passager debout (m ² /pax)	1,35
SAP	Surface pour un passager assis (m ² /pax)	2
SR	Taux de places assises	70%
CMA	Coefficient de mutualisation des assises	10%
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

Effectif simultané en salle d'embarquement : $(70 \times 85\% \times 2 + 150 \times 90\% \times 4 + 250 \times 90\% \times 2) \times 75\%$

III.4.5.3. Résultats

- Surfaces d'attente debout : $\text{Effectif passagers} \times 30\% \times 1.35$
- Surfaces d'attente assise : $\text{Nombre de place assise} \times 2$
- Nombre de places assises : $\text{Effectif passagers} \times SR \times (1 - CMA)$
- $\text{Surfaces de circulations} = \text{Circ} \times (\text{Surface d'attente debout} + \text{Surfaces d'attente assise})$
- Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

Tableau 35 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de sûreté

Critère	PEP
Surfaces d'attente debout	337
Nombre de places assises	524
Surfaces d'attente assise	1048
Surfaces de circulation	277
Surface Zone d'Attente en Salle d'Embarquement (m²)	2186

III.5. Evaluation des process à l'arrivée

III.5.1. Bureaux de demande visa

Les bureaux de demandes de visa sont des espaces administratifs situés dans ou à proximité d'un aéroport, destinés à traiter les formalités d'entrée sur le territoire pour les voyageurs étrangers qui doivent obtenir un visa à leur arrivée (*visa on arrival*) ou régulariser leur situation avant le passage au contrôle de police.

Les formules indiquées depuis le début peuvent être utilisées telles qu'indiquées précédemment : Calcul du besoin en position de contrôle : $Besoin = \frac{\frac{D \times PT}{60}}{\Delta t + MQT}$

Calcul du besoin surfacique : $Surface = Besoin \times (\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE)$

III.5.1.1. Hypothèses

Le contrôle des cartes d'embarquement au départ est le premier filtre franchi par les passagers entre le Hall Public et le Hall d'Enregistrement. Il s'agit d'un contrôle rapide, ici considéré comme équivalent à un contrôle de police aux frontières. Les hypothèses de dimensionnement sont indiquées ci-dessous :

Tableau 36 : les paramètres d'hypothèse des Bureaux de demande Visa

Notation	Nom	PEP
D	Nombre de passagers en simultané au process	167
PT	Temps de traitement d'un passager (secondes)	180
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	20

SE	Surface par équipement/position de contrôle (m ²)	6
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,3
Circ	Coefficient supplémentaire de circulation dans les attentes	20%

La demande est définie comme 20% de l'effectif passager utilisé 3.1 augmenté d'un coefficient de sur-pointe de 10%. La période de référence du dimensionnement est de 20 minutes pour s'adapter à la période considérée pour la mesure de l'effectif dans le Hall Public.

$$D = 859 \times 20\% \times (1 + 10\%)$$

III.5.1.2. Résultats

La surface inclut la surface nécessaire à l'installation des équipements et la surface dédiée à l'attente et à la circulation des passagers. Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

Tableau 37 : les résultats des besoins du Bureaux de demande Visa

Notion	Nom	PEP
Besoin	Nombre de position de contrôle nécessaire	6
Surface	Surface nécessaire pour accueillir la zone de contrôle (m ²)	103

III.5.2. Contrôle des passagers en transfert

Le contrôle des passagers en transfert est l'ensemble des vérifications et formalités effectuées à l'aéroport sur les voyageurs qui arrivent d'un vol pour en prendre un autre, sans sortir de la zone internationale. Il vise à garantir la conformité réglementaire, la sûreté et la fluidité du transit des passagers entre deux vols, notamment lorsque ceux-ci proviennent ou se dirigent vers des pays différents.

Le contrôle des passagers en transfert est évalué de la même façon que les contrôles frontières à l'arrivée. Pour le calcul du besoin en position de contrôle : $Besoin = \frac{D \times PT}{\frac{60}{\Delta t + MQT}}$ et le calcul du besoin surfacique : $Surface = Besoin \times (\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE)$

III.5.2.1. Hypothèses

Le contrôle des cartes d'embarquement au départ est le premier filtre franchi par les passagers entre le Hall Public et le Hall d'Enregistrement. Il s'agit d'un contrôle rapide, ici considéré comme équivalent à un contrôle de police aux frontières. Les hypothèses de dimensionnement sont indiquées ci-dessous :

Tableau 38 : les paramètres des hypothèses du Contrôle des passagers en transfert

Notation	Nom	PEP
D	Nombre de passagers en simultané au process	167
PT	Temps de traitement d'un passager (secondes)	45
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	10
SE	Surface par équipement/position de contrôle (m ²)	4,5
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,1
Circ	Coefficient supplémentaire de circulation dans les attentes	20%

La demande est définie comme l'effectif passager utilisé 3.1 augmenté d'un coefficient de sur pointe de 10%. La période de référence du dimensionnement est de 20 minutes pour s'adapter à la période considérée pour la mesure de l'effectif dans le Hall Public.

III.5.2.2. Résultats

La surface indiquée inclut la surface nécessaire à l'installation des équipements et la surface dédiée à l'attente et à la circulation des passagers. Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

Tableau 39 : les résultats des besoin requis du Contrôle des passagers en transfert

Notion	Nom	PEP
Besoin	Nombre de position de contrôle nécessaire	2
Surface	Surface nécessaire pour accueillir la zone de contrôle (m ²)	40

III.5.3. Contrôle de police à l'arrivé

Les contrôles frontières à l'arrivée sont dimensionnés de la même façon qu'au départ : une partie des passagers passant un contrôle classique (aubette avec agent) et une partie utilisant des PARAFE. Les formules indiquées au début peuvent être utilisées telles qu'indiquées précédemment :

Les formules indiquées au début peuvent être utilisées telles qu'indiquées précédemment :

Calcul du besoin en position de contrôle : $Besoin = \frac{D \cdot PT}{\Delta t + MQT}$

Calcul du besoin surfacique : $Surface = Besoin \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + Circ) + SE \right)$

III.5.3.1. Hypothèses

Nombre de passagers aux aubettes classiques (Nac) : $859 \times 70\% \times (1+10\%) = 661$ Pax

Nombre de passagers aux PARAFE (Np) : $859 \times 30\% \times (1+10\%) = 283$ Pax

Les hypothèses de dimensionnement sont indiquées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 40 : les hypothèses du contrôle de police à l'arrivée

Pointe passagers à l'arrivée	760
Coefficient de sur-pointe	10%
Taux d'utilisation des aubettes classiques	70%
Taux d'utilisation des PARAFE	30%
Nombre de passagers aux aubettes classiques	585
Nombre de passagers aux PARAFE	251

➤ Aubettes classiques

Tableau 41 : les hypothèses des aubettes du contrôle de police à l'arrivée

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux aubettes classiques	585
PT	Temps de traitement aux aubettes classiques	45
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	10
SE	Surface pour déposer bagages (m ²)	4,5
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,2
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

➤ PARAFE

Tableau 42 : les hypothèses des PARAFE du contrôle de police à l'arrivée

Notion	Nom	PEP
D	Nombre de passagers aux PARAFE	251
PT	Temps de traitement aux PARAFE	30
Δt	Période de référence du dimensionnement (minutes)	60
MQT	Temps d'attente maximum accepté (minutes)	5
SE	Surface pour déposer bagages (m ²)	5
SP	Surface par passager dans la file d'attente (m ² /pax)	1,2
Circ	Ratio supplémentaire pour les circulations	20%

III.5.3.2. Résultats

Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

$$\text{Nombre d'équipements requis : } \text{Besoin} = \frac{\frac{D \times PT}{60}}{\Delta t + MQT}$$

$$\text{Surfaces requises : } \text{Surface} = \text{Besoin} \times \left(\frac{60 \times MQT}{PT} \times SP \times (1 + \text{Circ}) + SE \right)$$

Tableau 43 : les résultats des besoins requis pour le contrôle de police à l'arrivée

Critère	PEP
Besoin en aubettes classiques	6
Besoin en PARAFE	2

Les surfaces indiquées dans le tableau ci-dessous incluent la surface nécessaire à l'installation des équipements et la surface dédiée à l'attente et à la circulation des passagers.

Tableau 44 : les résultats des surfaces requises pour le contrôle de police à l'arrivée

Critère	PEP
Surfaces aubettes classiques (m²)	149
Surfaces PARAFE (m²)	37
Surfaces Circulations d'entrée/sortie (m²)	186
Surface Totale Zone Contrôle Frontière (m²)	372

III.5.4. Salle de livraison des bagages

La salle de livraison des bagages (ou salle de récupération des bagages) est une zone située dans la partie arrivée d'un aéroport, où les passagers venant d'un vol récupèrent leurs bagages enregistrés après avoir débarqué de l'avion. Elle assure la mise à disposition des bagages après leur déchargement des soutes de l'avion, grâce à un système de tapis roulants ou carrousels.

III.5.4.1. Méthode de calcul

La salle de livraison bagage est dimensionnée à partir du nombre d'aéronefs en pointe à l'arrivée : $\text{Besoin} = Mvtsi \times \frac{OT_i}{60}$

La longueur de tapis nécessaire pour traiter un aéronef est déterminée comme suit :

$$\text{Longueur} = \text{Demande} * PB * LB$$

III.5.4.2. Hypothèse

La demande en salle de livraison bagage peut être définie à partir du nombre de passagers ou du nombre de bagages (en fonction de l'élément le plus contraignant). Au vu du nombre de bagages emportés par les passagers à l'aéroport, la demande sur les tapis de livraison sera calculée à partir d'une demande en nombre de bagages calculée comme suit :

$$Demande_{MP/G} = PAX_{avion} \times Bags \times TBags$$

Les hypothèses de dimensionnement sont indiquées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 45: les hypothèses des Salle de livraison des bagages

Notion	Nom	PEP
PAXd	Nombre de passagers dans un avion domestique	60
PAXmp	Nombre de passagers dans un avion Moyen-Porteur	135
PAXgp	Nombre de passagers dans un avion Gros-Porteur	225
Bags	Nombre moyen de bagages par personne	1,5
TBags	Taux de passagers avec un bagage à récupérer	75%
Demande(d)	Nombre de bagages dans un avion domestique	68
Demande(mp)	Nombre de bagages dans un avion Moyen-Porteur	152
Demande(gp)	Nombre de bagages dans un avion Gros-Porteur	253

III.5.4.3. Synthèse des hypothèses

La largeur du tapis inclus les surfaces perdues « derrière » les convoyeurs. Les surfaces d'attente incluent la zone d'attente, les circulations, le stockage des chariots et les séparations entre les tapis à bagage. Les tableaux ci-dessous présentent les synthèses de calcul facilitant l'analyse des résultats :

Tableau 46 : la synthèse des hypothèses de la Salle de livraison des bagages

Notion	Nom	PEP
Mvts(d)	Nombre de mouvements de domestique en pointe	2
Mvts(mp)	Nombre de mouvements de Moyen-Porteur en pointe	4
Mvts(gp)	Nombre de mouvements de Gros-Porteur en pointe	2
OT (d)	Temps d'occupation pour un avion domestique (minutes)	20
OT (mp)	Temps d'occupation pour un avion Moyen-Porteur (minutes)	20
OT (gp)	Temps d'occupation pour un avion Gros-Porteur (minutes)	45
Demande(d)	Nombre de bagages dans un avion domestique	68
Demande(mp)	Nombre de bagages dans un avion Moyen-Porteur	152
Demande(gp)	Nombre de bagages dans un avion Gros-Porteur	253
PB	Taux de bagage en simultané sur chaque tapis	60%
LoB	Longueur pour un bagage sur un tapis (m)	0,55
LaB	Largeur d'un tapis de livraison (m)	3
LaA	Largeur des surfaces d'attente en front des tapis (m)	9

III.5.4.4. Résultats

$$Besoin = Mvts_{MP/GP} \times \frac{OT_{MP/GP}}{60} ;$$

Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux ci-après et les détails de ces calculs sont à l'**Annexe 7**.

Tableau 47 : les résultats des besoin requis pour la des Salle de livraison des bagages

Notion	Nom	PEP
Besoin(d)	Besoin en tapis domestique	1
Besoin(mp)	Besoin en tapis Moyen-Porteur	1
Besoin(gp)	Besoin en tapis Gros-Porteur	2
Besoin (d)	Longueur pour un tapis domestique (m)	23
Longueur(mp)	Longueur pour un tapis Moyen-Porteur (m)	50
Longueur(gp)	Longueur pour un tapis Gros-Porteur (m)	84
Longueur(tot)	Longueur totale requise (m)	241
Surface E	Surface totale requise pour les équipements (m)	723
Surface A	Surface totale pour l'attente des passagers (m ²)	2169
Surface T	Surface totale du hall de livraison bagages (m ²)	2892

Tableau 48 : Comparaison des nouvelles surfaces avec celles existantes

Process	Surface	
	existantes	futures
Hall public	600 m ²	1625 m ²
Contrôles des cartes d'embarquement	absent	225 m ²
Enregistrement	absent	663 m ²
Contrôles de police au Départ	100 m ²	321 m ²
Contrôles de Sûreté	100 m ²	713 m ²
Salle d'Embarquement	100 m ²	2186 m ²
Contrôles de police à l'arrivé	100 m ²	372 m ²
Bureaux Visa	absent	103 m ²
Contrôles Passagers Transferts	absent	40 m ²
Salle de livraison bagage	500 m ²	2892 m ²

III.6. Conclusion partielle :

Au regard des analyses réalisées, la capacité limitée de l'aérogare actuelle constitue un frein majeur au développement de l'aéroport de Yamoussoukro. Une stratégie progressive combinant extension, réorganisation fonctionnelle et modernisation technique est recommandée à court terme, tandis que la construction d'une nouvelle aérogare apparaît comme la solution la plus durable pour accompagner le transfert de la capitale politique et le développement du trafic aérien national (surface future = 9140 m² > surface actuelle 1500 m²). L'évaluation des besoins fonctionnels et des surfaces de l'aérogare de l'aéroport de Yamoussoukro met en évidence une insuffisance significative de la capacité de l'infrastructure existante. Conçue pour un trafic limité, l'aérogare actuelle ne permet pas de répondre aux exigences opérationnelles liées au développement futur du trafic aérien, notamment dans le contexte du transfert progressif de la capitale politique de la Côte d'Ivoire. Les surfaces disponibles sont insuffisantes pour assurer une gestion fluide des flux passagers, une séparation fonctionnelle conforme aux standards internationaux et un niveau de service acceptable. Cette situation justifie la nécessité d'une intervention majeure sur l'infrastructure aéroportuaire.

Pour la disposition des espaces (surface) de l'aérogare, il faut se référer à Annexe 8.

Chapitre IV. Dimensionnement des chaussées de l'aérodrome

Introduction

Ce chapitre traite du dimensionnement des infrastructures aéroportuaires, notamment les chaussées aéronautiques, en tenant compte de l'avion critique, des caractéristiques du sol et des contraintes climatiques.

IV.1. Généralité sur les chaussées aéronautiques

IV.1.1. Une chaussée

Selon l'annexe 14 de l'OACI, une chaussée aéronautique désigne l'ensemble des surfaces aménagées et revêtues d'un aérodrome destinées à permettre le roulement, le décollage, l'atterrissage et les manœuvres des aéronefs. Elle regroupe principalement la piste, les voies de circulation (taxiways) et les aires de stationnement (aprons).

Ces chaussées sont conçues pour supporter les charges répétées des avions, garantir la sécurité des opérations aéronautiques et assurer une exploitation optimale en toutes conditions météorologiques. Elles doivent répondre à des exigences techniques strictes telles que spécifiées par l'Annexe 14 et les documents techniques associés [17] :

- **La portance** représente la capacité de la chaussée à supporter les charges imposées par les aéronefs sans subir de déformation excessive ni de dégradations structurelles. Elle est évaluée par l'indice CBR et constitue un critère essentiel pour assurer l'adéquation entre la chaussée et les avions qui l'utilisent ;
- **Le drainage** désigne l'ensemble des dispositifs permettant d'évacuer les eaux de pluies à la surface et en profondeur de la chaussée afin d'éviter l'accumulation d'eau, la perte d'adhérences ou l'infiltration pouvant affaiblir la structure. L'Annexe 14 impose des pentes transversales et longitudinales minimales pour garantir un écoulement efficient ;
- **La rugosité** (texture de surface) correspond aux irrégularités microscopiques et macroscopiques du revêtement qui influencent l'écoulement de l'eau et le contact pneu-surface. L'Annexe 14 stipule que la texture doit assurer une bonne évacuation de l'eau pour prévenir l'aquaplanage et maintenir un niveau adéquat de friction ;

- **La friction ou coefficient de frottement** désigne la capacité d'une surface de chaussée à fournir une adhérence suffisante entre les pneus des aéronefs et le revêtement. L'Annexe 14 impose des niveaux de friction minimaux à maintenir, mesurés régulièrement, car ils conditionnent la sécurité au décollage et à l'atterrissage, notamment sous pluie.
- **La géométrie** regroupe l'ensemble des paramètres dimensionnels et topographiques des chaussées : largeur, longueur, profils en travers, pentes longitudinales, rayons de virage, zones de sécurité, etc. L'Annexe 14 fixe des critères géométriques précis adaptés au code de référence de l'aérodrome ;
- **La résistance structurelle** correspond à la capacité mécanique de la chaussée à supporter, dans le temps, les sollicitations répétées dues aux charges d'aéronefs sans rupture, fissurations ou déformations.
- **Le marquage** désigne l'ensemble des symboles, lignes et inscriptions peintes sur la piste, les voies de circulation et les aires de stationnement pour guider visuellement les pilotes. L'Annexe 14 en définit la forme, la couleur, les dimensions et l'emplacement (marquages de seuil, axe, distance restante, guidage taxiway, positions de point d'attente...).
- **La distance de référence** est la distance qu'il a un avion pour décoller. Elle est donnée par le constructeur de l'avion.

Une chaussée aéronautique est caractérisée par deux codes :

- Le chiffre de code 1 est un chiffre fondé sur la distance de référence de l'avion. Le tableau ci-après illustre parfaitement cette phrase.

Tableau 49 : Classification de chaussée selon la distance de la piste [13]

Elément de code 1	
chiffre de code	Distance de référence de l'avion
1	moins de 800 m
2	de 800 m à 1200 m exclus
3	de 1200 m à 1800 m exclus
4	1800 m et Exclus

- La lettre de code est une lettre fondée sur les valeurs maximales des envergures et des largeurs hors-tout des trains principaux des avions auxquels l'installation est destinée.

Pour illustrer cette phrase, un tableau de classification des aéronefs en fonction de l'envergure est donné en dessous :

Tableau 50: Classification des aéronefs selon l'envergure [13]

Elément de code 2	
Lettre de code	Envergure
A	moins de 15 m
B	de 15 m à 24 m exclus
C	de 24 m à 36 m exclus
D	de 36 m à 52 m exclus
E	de 52 m à 65 m exclus
F	de 65 m à 80 m exclus

IV.1.2. La structure d'une chaussée

La structure d'une chaussée aéronautique est composée de plusieurs couches superposées, chacune jouant un rôle essentiel dans la résistance de l'ouvrage face aux charges élevées générées par les aéronefs. (**Annexe 9**)

IV.1.3. Les différents types de chaussée

Il existe deux (2) grandes catégories de chaussée :

- Une chaussée souple est une structure multicouche constituée principalement de couches bitumineuses reposant sur une fondation granulaire composée de matériaux non traités ou traités (grave concassée, grave latéritique, sol-ciment, sol-bitume), elle-même supportée par le sol support (plate-forme).
- Une chaussée Rigide est une structure composée principalement de dalle en béton de ciment.

IV.1.4. Le choix d'une chaussée aéronautique

Le choix entre une chaussée souple et rigide dépend de plusieurs facteurs : la nature du trafic aérien, les conditions géotechniques, les contraintes économiques, du climat, Cependant, certaines aires justifient l'utilisation d'un type de chaussée plutôt que d'un autre :

- Pour la constitution de revêtements légers destinés aux accotements de piste, aux prolongements d'arrêt et aux voies de circulation, etc., une structure de type souple est

préférable. Elle présente l'avantage de sa flexibilité face aux variations climatiques et aux sols hétérogènes, ainsi que de sa capacité à être réparée rapidement avec un coût limité.

- Pour les aérodromes fréquentés par un trafic commercial, les sols médiocres, les aires de freinage intense et les postes de stationnement pour gros porteurs, une chaussée rigide serait recommandée. Elle offre une durée de vie plus longue, une résistance accrue aux charges répétées (lourdes) et aux produits chimiques, ce qui la rend idéale pour les zones fortement sollicitées des grands aéroports. Elle a une faible déformation de surface, ce qui garantit une meilleure régularité pour la circulation des aéronefs.

IV.1.5. Entretien de la chaussée aéronautique

En termes d'entretien, les chaussées souples nécessitent des interventions fréquentes mais rapides et moins coûteuse, telles que le rebouchage des nids-de-poule, le resurfaçage et le traitement des fissures. Quant aux chaussées rigides, elles requièrent des opérations plus rares mais souvent coûteuses, comme le remplacement des dalles, la réparation des joints ou le polissage du béton.

IV.1.6. Dimensionnement des chaussées aéroportuaires

Le dimensionnement des chaussées aéronautiques consiste à déterminer l'épaisseur, la structure et les matériaux des différentes couches d'une chaussée destinée à supporter les opérations aéronautiques : atterrissages, décollages, roulage et stationnement des aéronefs.

IV.2. Méthode de dimensionnement

La méthode appliquée pour le dimensionnement de nos différentes chaussées aéronautiques est la méthode de dimensionnement empirique française, développée par le service technique des Bases aériennes (STBA) en 1983. Cette méthode propose deux (2) types de dimensionnement et repose sur deux (2) approches distinctes :

- La méthode de dimensionnement forfaitaire : elle se fait en fonction d'une charge normale de calcul que la chaussée doit supporter. Il ne prend en compte qu'un type d'avion pour le trafic normal ;
- La méthode de dimensionnement optimisé : elle est utilisée lorsque des informations plus détaillées sur le trafic sont disponibles (les fréquences, les charges et la durée de

vie, ...). Ce dimensionnement prend en compte tous les types d'avions devant produire un effet significatif sur la chaussée pendant une durée de vie déterminée ;

- L'équation CBR (California Bearing Ratio) est utilisée pour le dimensionnement des chaussées souples en fonction de la portance du sol support ;
- Et quant à l'équation de Westergaard, elle est utilisée pour déterminer le module réaction du sol, afin de dimensionner correctement l'épaisseur de la dalle des chaussées rigides.

Compte tenu de l'indisponibilité actuelle de certaines données essentielles au dimensionnement optimal, il a été jugé pertinent de retenir la méthode de dimensionnement forfaitaire. Cette approche, bien que moins précise, constitue une alternative méthodologique reconnue permettant d'obtenir des résultats cohérents dans un contexte où les données nécessaires au calcul optimal ne sont pas encore disponibles.

IV.2.1. Méthode de dimensionnement forfaitaire

Dans le cas de la méthode forfaitaire, le dimensionnement est effectué à partir d'un seul type d'aéronef représentatif, appelé avion critique. Cette approche simplifie l'analyse en considérant que l'ensemble des infrastructures est conçu pour répondre aux exigences opérationnelles de cet avion, supposé être le plus contraignant en termes de géométrie et de charge. Par conséquent, les besoins des autres aéronefs sont implicitement couverts par les marges de sécurité intégrées aux ratios forfaitaires. Pour le dimensionnement de nos chaussées aéronautiques, il serait prudent et cohérent d'adopter une chaussée souple pour la piste, les voies de circulation et les accotements, compte tenu de leur sollicitation dynamique et de la flexibilité requise. En revanche, l'aire de stationnement devrait être dimensionnée en chaussée rigide, car elle est la partie la plus solliciter de de l'aérodrome.

IV.2.2. Choix de l'avion critique

Le dimensionnement se fera avec l'avion ayant la plus grande masse au décollage (MTOW). Ainsi, pour le dimensionnement de la structure de notre chaussée, l'aéronef critique retenu est le Boeing B747-400 de capacité 400 siège.

Le choix du Boeing B747-400 comme aéronef critique se justifie par plusieurs facteurs techniques : sa charge à l'essieu élevée, configuration du train d'atterrissage complexe, poids maximal au décollage élevée (MTOW), catégorie OACI de code E (envergure =

64.44 m) et même si le trafic réel peut être dominé par d'autres avions (A330, A320, etc.), le B747-400 constitue un cas défavorable permettant de garantir la durabilité de la chaussée face à des opérations éventuelles de gros-porteurs.

IV.2.3. Caractéristique du Boeing B747-400

La charge d'un aéronef est le poids total de l'aéronef, incluant le poids à vide, la charge utile, le carburant, et l'équipage. Voir tableau ci-dessous pour les caractéristiques de l'avion critique.

Tableau 51 : Caractéristique d'un Boeing 747-400

Constructeur	Type	Série	Masse maxi (kg)	Pression pneu (Bar)	Nombre de roues (Atterrisseurs principal)	Envergure	Catégorie	Pression standard des pneus	Répartition des charge (Vs)	Empattement
Boeing	747	400	395 900	1.38	4	64,4 m	E	1.38 MPa	23.4%	1,470 m

IV.2.4. Caractéristique du sol support

La portance du sol est déterminée au laboratoire sur des échantillons prélevés lors des sondages Préliminaires. Pour l'aéroport de Yamoussoukro, La portance du sol a été étudié et publié par l'ASCENA à travers le PCN : une résistance moyenne (B) [6], cela veut dire que :

- **Pour la chaussée souple** : $K = 80 \text{ MN/m}^3$ et le CBR est compris entre 8 et 13
- **Pour la chaussée rigide** : K compris entre 60 et 120 MN/m^3 et $\text{CBR} = 10$ (La valeur de $k=70 \text{ MN/m}^2$ a été adoptée d'après l'abaque de référence, assurant ainsi la disponibilité des données adéquates pour le dimensionnement des chaussées.).
- **Pour le module d'élasticité** : $100 \leq E < 150 \text{ MPA}$; Avec K : le module de réaction du sol et E le module d'élasticité

IV.2.5. Facteurs climatiques et les contraintes lié au site

Ils ont été étudiés et publiés par l'ASECNA [6]:

- Température moyenne : 26 – 27°C
- Précipitation pluviométrie annuelle : 1000 – 1150 mm/an
- Vitesse moyenne annuelle modérée (vent) : 2 – 3 m/s
- Altitude : 213 m (697 ft)

- Température maximale : 34°C

IV.2.6. Géométrie de l'aérodrome

C'est l'ensemble des distances aéronautiques applicables à un aérodrome. Elle découle directement du code de référence fixé par l'OACI dans l'Annexe 14. Ce dernier, établi à partir des caractéristiques de l'aéronef critique. Ici le Boeing 747-400 classé en code E constitue le fondement normatif qui encadre le dimensionnement des infrastructures.

IV.2.6.1. La largeur de la piste

Elle dépend de la largeur hors tout de l'avion critique. La largeur hors tout d'un avion aussi appelée envergure est la distance maximale entre les extrémités des deux ailes, mesurée d'un bout d'aile à l'autre. Le tableau ci-dessous les différentes largeurs en fonctions du chiffre de code.

Tableau 52 : La largeur en fonction du chiffre de code [18]

Largeur hors tout du train principal (OMGWS)				
Chiffres de code	Moins de 4,5 m	De 4,5 m à 6 m exclus	De 6 m à 9 m exclus	De 9 m à 15 m exclus
1	18 m	18 m	18 m	-
2	23 m	23 m	23 m	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	-	-	-	45 m

Dans le cadre de cette étude, l'aérodrome étant de chiffre de code 4, la largeur réglementaire de la piste est fixée à **45 m**, conformément aux normes de l'OACI applicables aux opérations.

IV.2.6.2. La longueur de la piste

La longueur d'une piste est déterminée à partir des performances de décollage et d'atterrissage de l'aéronef critique. Elle dépend principalement de la **distance de référence** qui est définie par le constructeur. La distance de référence d'un aéronef est la distance que cet engin a besoin pour décoller ou atterrir en toute sécurité dans des conditions normales d'exploitation. Les gros porteurs ont une distance de référence supérieure ou égale 1800 m car leurs dimensions et leurs performances constituent la limite supérieure de sécurité pour les catégories E et F. Tout aérodrome conçu pour accueillir un Boeing 747-400 est automatiquement classé code 4E.

En se référant au tableau 3 un plus haut, on constate qu'un aéronef classé code 4 nécessite une piste dont la longueur minimale est de 1 800 m mais pouvant être adaptée à des distances réelles supérieures ou égale 3 000 m pour plus de sécurité. [18]

IV.2.7. Système de drainage

Les pentes aéronautiques sont fixées par l'Annexe 14 de l'OACI, qui définit pour chaque catégorie d'aérodrome des valeurs limites en fonction du code de référence applicable.

➤ Les pentes transversales

Il est recommandé que, sur la partie d'une bande devant être nivelée, les pentes transversales soient suffisantes pour empêcher l'accumulation d'eau sur la surface mais ne dépassent pas **2.5 %** lorsque le chiffre de code est 3 ou 4. [18]

➤ Les pentes longitudinales

Pour les aéronefs de code E, les pentes ne doivent pas être supérieure à 1%. [18]

IV.3. Résultat

IV.3.1. Dimensionnement des chaussées souples

L'objectif du dimensionnement est de garantir une structure durable et sûre, capable de répartir efficacement les charges vers le sol, de résister aux sollicitations mécaniques répétées et d'assurer une surface de roulement stable et confortable pendant toute la durée de vie prévue de la chaussée. Cette démarche implique l'analyse des caractéristiques du sol support, la nature et l'intensité du trafic, ainsi que les contraintes climatiques.

IV.3.1.1. Détermination du nombre de mouvement réel par jour

Le calcul du nombre de mouvements aériens journaliers a été synthétisé sous forme de tableau afin de faciliter la lecture et la compréhension des résultats obtenus.

Tableau 53 : détermination du nombre de mouvement/j

Ligne	TMJ	Nombre de Siège moyen	Taux de remplissage	Pax moyenne par vol	Nombre de vol/j	Nombre de mouvement/j
B 747-400	6329	400	90%	360	18	35

$$\text{Nombre de Vol} = \frac{TMJ}{Pax \text{ moyen/vol}}$$

$$Pax \text{ moyenne par vol} = \text{Nombre de Siège moyen} \times \text{Taux de remplissage}$$

$$\text{Nombre de mouvement} = 2 \times \text{Nombre de Vol}$$

IV.3.1.2. Choix des matériaux de la structure souple

- Couche de surface : en béton bitumineux aéronautique (BBA)
- Couche d'assise : en Grave bitume (GB)
- Couche de forme : en Grave non traité (GNT)

IV.3.1.3. Epaisseur minimale des différentes parties de la chaussée pour la structure souple

Ce tableau ci-dessous montre les différentes épaisseurs minimales des parties de la structure de la structure souple.

Tableau 54 : Epaisseur minimale des différentes parties de la chaussée pour la structure souple [19]

Aire de l'aérodrome	Couche de surface	Couche d'assise	Couche de forme
Piste	6 cm	10 cm	Pas de restriction
Accotement	6 cm	10 cm	Pas de restriction
Voie de circulation	6 cm	10 cm	Pas de restriction
Poste de stationnement	8 cm	12 cm	Pas de restriction

IV.3.1.4. Détermination des épaisseurs

- Calcul de la charge réelle (P) : $P = M \times VS$

Avec M : masse maximale au roulage et Vs : le coefficient de répartition de la charge

- Calcul de la charge réelle pondérée (P') : $P' = CP \times P$

Avec CP qui représente le coefficient de pondération pour chaque aire (**Annexe 10**).

Les différentes CP de chaque partie de la chaussée sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 55: Coefficient de pondération (CP) de chaque aire de mouvement [19]

Aire de l'aérodrome	Coefficient de pondération (CP ou CF)
Piste	1
Accotement	0,7

Bande d'arrêt	0,5
Voie de circulation ou Taxiway	1
Poste de stationnement	1,2

- Calcul de la charge normale de calcul (P'') : $P'' = \frac{P'}{CT}$

Avec $CT = 1,2 - 0,2 \log(n)$;

CT est le coefficient de correction du trafic ; n est le nombre de mouvement réel par jour.

Pour faciliter les calculs un tableau de détermination de la charge pondérée a été mise en place :

Tableau 56 : Détermination de la charge réelle pondérée (P')

Aérodrome	M (t)	Vs	P (t)	CP	P' (t)	n	CT	P'' (t)
Accotement	395,9	23,40%	92,64	0,7	64,85	35	0,89	72,77
Piste				1	92,64			103,95
Taxiway				1	92,64			103,95
Prolongement d'arrêt				0,5	46,32			51,98

Les résultats de la détermination des épaisseurs équivalent pour les aires de l'aérodrome, par lecture sur abaque en fonction du CBR et la charge normale P'' (**Annexe 11**), ont été mis dans le tableau ci-dessous.

Tableau 57: Détermination des épaisseurs équivalent pour les aires de l'aérodrome

Aire de l'aérodrome	P'' (t)		Epaisseur équivalente (cm)
Accotement	72,77	Lecture sur l'abaque avec un CBR = 10	56
Piste	103,95		75
Taxiway	103,95		75
Bande d'arrêt	51,98		45

Détermination des épaisseur équivalent minimale de dimensionnement par lecture sur l'abaque (**Annexe 13**) en fonction des épaisseurs équivalente et le CBR (abaque de calcul des épaisseurs minimale de matériaux traité) : les résultats ont été inscrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau 58 : Détermination des épaisseurs minimales équivalent pour les aires de l'aérodrome

Aire de l'aérodrome	Epaisseur équivalente (cm)		Epaisseur minimale équivalente (cm)
Accotement	56	Lecture sur l'abaque avec un CBR = 10	28
Piste	75		37
Taxiway	75		37
Bande d'arrêt	45		23

□ Calcul des épaisseurs de la composition des chaussées de chaque aire de l'aérodrome sauf aire de stationnement

➤ Détail du calcul des épaisseur réelles des aires de mouvements d'un chaussée souples

- Composition de chaussée de chaque aire, en indiquant les épaisseurs réelles

Soit : e_i = épaisseur équivalente de la couche

e_{ri} = épaisseur réelle à mettre en œuvre de la couche

CE = coefficient d'équivalence [20]

On a $e_i = e_{ri} \times CE$

Calcul des épaisseurs au niveau de la piste et du Taxiway

- Couche de surface (en BBA avec CE = 2) [20]

$$e_{rBBA} = 6\text{cm}$$

$$e_{iBBA} = e_{rBBA} \times CE$$

$$e_{iBBA} = 6 \times 2$$

$$e_{iBBA} = 12\text{ cm}$$

- Couche d'assise (en GB avec CE = 1.5) [20]

$$e_{iGB} = e_{rGB} \times CE$$

$$\text{Or } e_{iGB} = 37\text{ cm} - 12\text{ cm}$$

$$e_{iGB} = 25\text{ cm}$$

$$e_{rGB} = e_{iGB} / CE = 25 / 1.5 = 16.67\text{ cm donc } e_{rGB} = 17\text{ cm}$$

- Couche de forme (en GNT avec CE = 1) [20]

$$e_{iGNT} = 75 \text{ cm} - 37 \text{ cm}$$

$$e_{iGNT} = e_{rGNT} = 38 \text{ cm}$$

Calcul des épaisseurs au niveau de l'accotement

- Couche de surface (en BBA avec CE = 2) [20]

$$e_{rBBA} = 6 \text{ cm}$$

$$e_{iBBA} = e_{rBBA} \times CE = 6 \times 2 = 12$$

$$e_{iBBA} = 12 \text{ cm}$$

- Couche d'assise (en GB avec CE = 1.5) [20]

$$e_{iGB} = e_{rGB} \times CE$$

$$\text{Or } e_{iGB} = 28.5 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 16.5 \text{ cm}$$

$$e_{rGB} = e_{iGB} / CE = 16 / 1.5 = 11 \text{ cm} < 12 \text{ cm, Prenons } 12 \text{ cm}$$

$$e_{rGB} = 12 \text{ cm}$$

$$e_{iGB} = 1.5 \times 12 = 18 \text{ cm}$$

- Couche de forme (en GNT avec CE = 1) [20]

$$e_{iGNT} = 56 \text{ cm} - 12 \text{ cm} - 18 \text{ cm}$$

$$e_{iGNT} = e_{rGNT} = 26 \text{ cm}$$

Calcul des épaisseurs au niveau de la bande d'arrêt

- Couche de surface (en BBA avec CE = 2) [20]

$$e_{rBBA} = 6 \text{ cm}$$

$$e_{iBBA} = e_{rBBA} \times CE = 6 \times 2 = 12$$

$$e_{iBBA} = 12 \text{ cm}$$

- Couche d'assise (en GB avec CE = 1.5) [20]

$$e_{iGB} = e_{rGB} \times CE$$

$$\text{Or } e_{iGB} = 23 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 11 \text{ cm} < 12 \text{ cm, Prenons } 12 \text{ cm}$$

$$e_{rGB} = 12 \text{ cm}$$

$$e_{iGB} = 1.5 \times 12 = 18 \text{ cm}$$

- Couche de forme (en GNT avec $CE = 1$) [20]

$$e_{iGNT} = 45 \text{ cm} - 12 \text{ cm} - 18 \text{ cm}$$

$$e_{iGNT} = e_{rGNT} = 15 \text{ cm}$$

IV.3.1.5. Tableau récapitulatif de la composition des chaussées pour chaque aire

Les résultats des calculs relatifs aux épaisseurs des différentes couches composant les chaussées sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 59: Récapitulatif des calculs des épaisseurs de la composition de la chaussée

Aire de l'aérodrome	BBA	GB	GNT	Epaisseur Totale	
				e réelle	e équivalent
Piste	6 cm (12 cm)	17 cm (25 cm)	38 cm (38 cm)	61 cm	75 cm
Accotement	6 cm (12 cm)	12 cm (18 cm)	26 cm (26 cm)	44 cm	56 cm
Taxiway	6 cm (12 cm)	16 cm (24 cm)	34 cm (34 cm)	61 cm	75 cm
Prolongement d'arrêt	6 cm (12 cm)	12 cm (18 cm)	15 cm (15 cm)	33 cm	45 cm

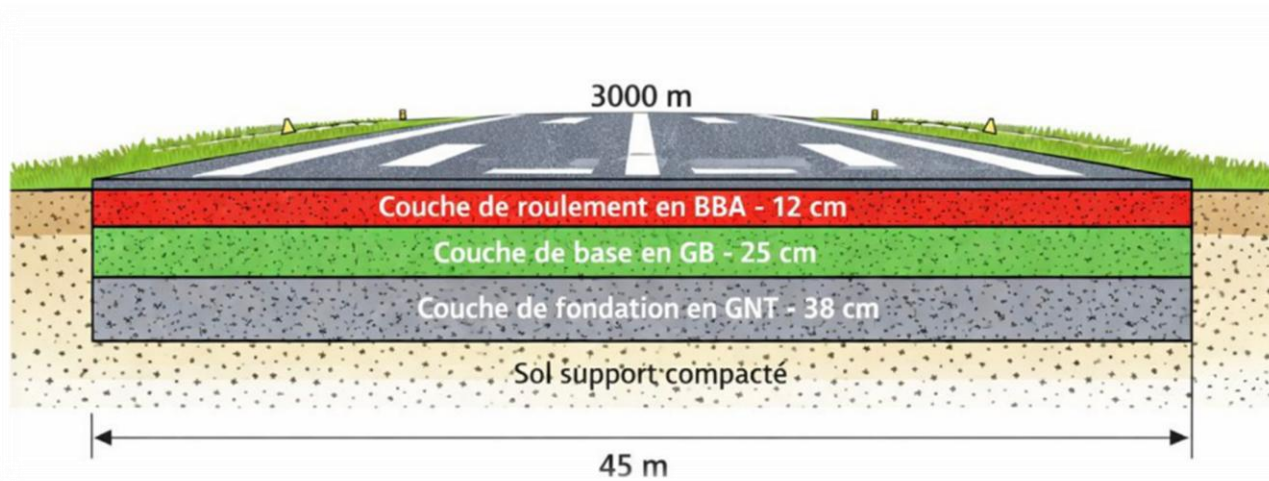


Figure 3 : La structure de la piste avec ses dimensions

IV.4. Dimensionnement des structures Rigide

L'objectif du dimensionnement est d'assurer une structure stable et durable, capable de supporter de fortes charges répétées sur une longue durée de vie, tout en maintenant une surface de roulement régulière et sécurisée pour le trafic aérien.

Cette approche prend en compte la résistance du béton, la capacité portante du sol, le trafic aérien (type et poids des avions) et les conditions environnementales. Pour le calcul de la chargée normale, un tableau a été utilisé :

Tableau 60 : Calcul de la charge normale P''

Aérodrome	M (t)	Vs	P (t)	CF	P' (t)	n	CT	P'' (t)
Aire de stationnement	395,5	23,40%	92,55	1,2	111,17	35	0,89	124,74

IV.4.1. Matériaux et épaisseur de la structure de la chaussée rigide

- Couche de fondation en béton de ciment d'épaisseur 20 cm
- Dalle de béton a coulé sur place : grave ciment

IV.4.2. Détermination de l'épaisseur réelle et l'épaisseur équivalente de la couche de fondation

- Couche de fondation : $15 \leq e_{\text{fondation}} \leq 20\text{cm}$

Une épaisseur réelle de 20 cm sera considérée pour la couche de fondation.

- Epaisseur équivalent de la couche de fondation

$$e_{\text{ifondation}} = e_{\text{rfondation}} \times CE$$

Avec $CE = 1.5$ [20] car on a un grave traité en ciment

$$e_{\text{ifondation}} = 20 \times 1.5 = 30 \text{ cm}$$

IV.4.3. Correction du Module de réaction k

La correction du module de réaction K se fait par lecture sur l'abaque en fonction du module de réaction K_0 et de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation.

Ainsi, pour $K_o = 70 \text{ MN/m}^3$ et $e_{\text{fondation}} = 30 \text{ cm}$ on trouve : $K = 98 \text{ MN/m}^3$ (voir **Annexe 14**)

IV.4.4. Contraintes du béton

Pour le dimensionnement, la seule caractéristique du béton prise en compte est la contrainte admissible de traction par flexion ($\bar{\sigma}_{bt}$). Elle est égale à la résistance de traction par flexion à la rupture du béton mesuré à 90 jours et notée f_{t90} divisée par un coefficient de sécurité CS : $\bar{\sigma}_{bt} = \frac{f_{t90}}{CS}$

La chaussée rigide aéronautique se compose principalement d'une dalle en béton de haute résistance. Ce type de béton présente une résistance en traction à 28 jours inférieure à 4 MPa [21] et augmente d'environ 10 % entre 28 et 90 jours. [20]

$$AN : f_{t90} = 3.8 \times 1.1 = \mathbf{4.18 \text{ MPa}}$$

IV.4.5. Coefficient de sécurité (CS)

Il dépend du type des joints de construction et des joints de dilatation de la chaussée. Ici nous allons utiliser les **dowels**, Les valeurs sont fixées à 1.8 pour les joints munis de dispositifs de transfert de charge efficaces et à 2.6 dans le cas contraire. Les joints de retrait- flexions tels qu'ils sont réalisés de façon courante sont supposés assurer un transfert de charges corrects par engrenement. [20]

IV.4.6. Calcul des contraintes du béton

- 1^{er} cas : avec dispositif de transfert de charges (CS = 1.8) :

$$\bar{\sigma}_{bt} = \frac{f_{t90}}{CS} = 3.85 / 1.8 \approx 2.14 \text{ MPa}$$

- 2^e cas : sans dispositif de transfert de charge (CS = 2.6)

$$\bar{\sigma}_{bt} = \frac{f_{t90}}{CS} = 4.18 / 2.6 \approx 1.61 \text{ MPa}$$

IV.4.7. Détermination des épaisseurs de l'aire de stationnement

Elle se fera par la lecture sur abaque (voir **Annexe 15**) en fonction des contraintes et de la charge normale P'' . Un tableau récapitulatif est mis en place pour les résultats obtenus :

Tableau 61 : Détermination de l'épaisseurs d'apron par abaque en fonction de la charge normale

Aire de l'aérodrome	P'' (t)	Epaisseur fondation	Epaisseur de la dalle de béton à couler sur place (K = 98 MN/m³)	
			Sans dispositif = 2,32 MPa	Avec dispositif = 1.6 MPa
Poste de stationnement	124,74	20 cm	49,5 cm	Valeur hors abaque

L'épaisseur de la dalle avec dispositif de transfert de charge n'a pas pu être déterminée, car les dimensions de l'abaque disponible sont insuffisantes pour permettre une lecture précise des valeurs correspondantes.

- Dalle Grave ciment

$$e_{\text{fondation}} = e_{\text{sans dispositif}} \times CE$$

$$AN : e_{\text{fondation}} = 49.5 \times 1.5 = 74.25 \text{ cm}$$

$$e_{\text{réelle}} = 20 + 49.5 = 69.5 \text{ cm}$$

$$e_{\text{équivalent}} = 74.25 + 30 = 104.25 \text{ cm}$$

Le tableau ci-après récapitule les résultats de détermination des épaisseurs totales de la chaussées rigide.

Tableau 62 : Détermination des épaisseurs totales de la chaussée rigide

Aire de l'aérodrome	Couche de fondation (mini)	Dalle en béton armé	Epaisseur Totale	
			e réelle	E équivalent
Poste de stationnement	20 cm (30 cm)	49.5 cm (74.25 cm)	69.5 cm	104.25 cm

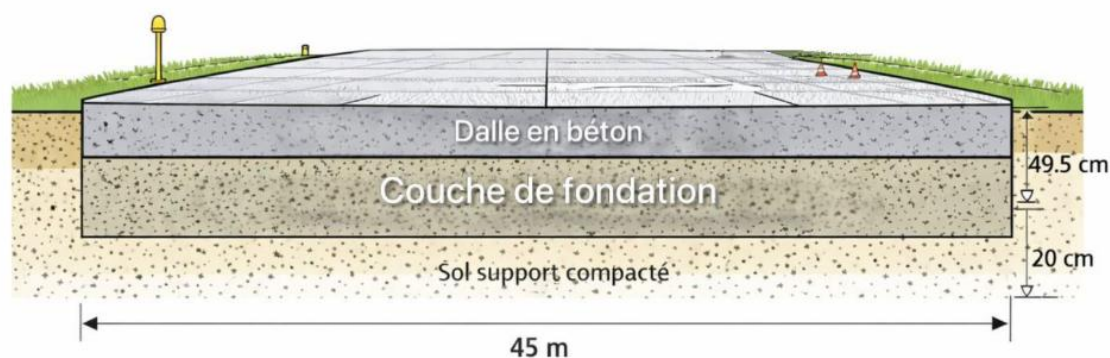


Figure 4 : La structure de l'aire de stationnement

IV.5. Calcul des aciers

➤ Détails des calculs des ferrailles

Données d'entrées (Hypothèses) :

1. Les calculs seront pour un mètre (1m)

- Épaisseur de la dalle (h) : 50 cm
- Enrobage : 5cm
- Largeur de la bande (B) : 100 cm
- Qualité du béton : C35/45 (Résistance à la traction $c_{tm} = 4.18\text{MPa}$)
- Acier : fe500
- Taux d'acier préconisé (ρ) : 0,8% (soit 0,008) [22]

2. Calcul du Ferrailage Longitudinal (Les barres principales)

Étape A : Section d'acier totale (A_s)

$$A_s = B \cdot h \cdot \rho$$

$$A_s = 100 \times 50 \times 0.008 = 40 \text{ cm}^2$$

Choix du diamètre ($\varnothing$). On choisit des barres de 20 mm ($\varnothing 20$). section d'une barre.

$$(\varnothing 20) = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 2^2}{4} = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nbres} = \frac{40}{3.14} = 12.73 \longrightarrow 13 \text{ barres}$$

$$\text{Espacement} = \frac{100}{n-1} = \frac{100}{13-1} = 8.33 \text{ cm soit } 8 \text{ cm}$$

Vérification 1 : Le non-fragilité (L'acier est-il assez fort ?)

Il faut que l'acier soit capable de reprendre l'effort de traction au moment où le béton se fissure.

$$A_{s, \min} = B \cdot h \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_y} \right)$$

$$A_{s, \min \text{ total}} = 100 \times 50 \times (4.18/500) = 41.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s, \min \text{ total}} > A_s \text{ condition non vérifier}$$

Alors on utilisera le $A_{s, \min \text{ total}}$

$$\text{Nbres} = \frac{41.8}{3.14} = 13.31 \longrightarrow (14\text{HA}20)$$

$$\text{Espacement} = \frac{100}{n-1} = \frac{100}{14-1} = 7.69 \text{ cm soit } 7 \text{ cm}$$

Vérification2 : L'ouverture des fissures

La vérification de l'ouverture des fissures (w) est l'étape qui valide si votre taux d'acier de **0,7 %** est suffisant pour protéger la piste contre la corrosion et l'érosion. On considère qu'au-delà de **0,5 mm**, la fissure devient un danger structurel.

La formule de calcul de l'ouverture (w)

L'ouverture d'une fissure dans une piste en béton armé continu (BAC) résulte de la différence de mouvement entre le béton qui se rétracte et l'acier qui le retient. La formule simplifiée utilisée par la **FAA** et le **STAC** est :

$$\omega = L_{\max} \times (\epsilon_{sh} + \alpha_c \cdot \Delta T - \frac{\sigma_s}{E_s})$$

Avec :

$L_{\max}$: l'espacement : maximal entre deux fissures (0.7m)

ϵ_{sh} : coefficient de retrait du béton (dépend de l'humidité et du dosage en ciment)

α_c : le coefficient de dilatation thermique du béton ($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

ΔT : la chute de température maximale (température de pose moins température minimale)

σ_s/E_s : allongement de l'acier sous tension.

Hypothèses :

Espacement constaté des fissures (0.7m)

Chute de température (ΔT) : 15

Le coefficient de retrait du béton (ϵ_{sh}) : 0.0004

$$W = 70 \times [0.0004 + (10 \times 10^{-6} \times 15)]$$

$$W = 0.385 \text{ mm} < 0.5 \text{ mm} \text{ critère validé}$$

4. Le Ferrailage Transversal (Les barres de répartition)

Elles se posent **sous** les barres longitudinales pour les maintenir. On utilise un taux plus faible (0,1%).

$$A_{sr} = 100 \times 50 \times 0.001 = 5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Choix : } (5\text{HA}12) = 5.57 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espacement} : \frac{100}{n-1} = \frac{100}{5-1} = 25 \text{ cm}$$

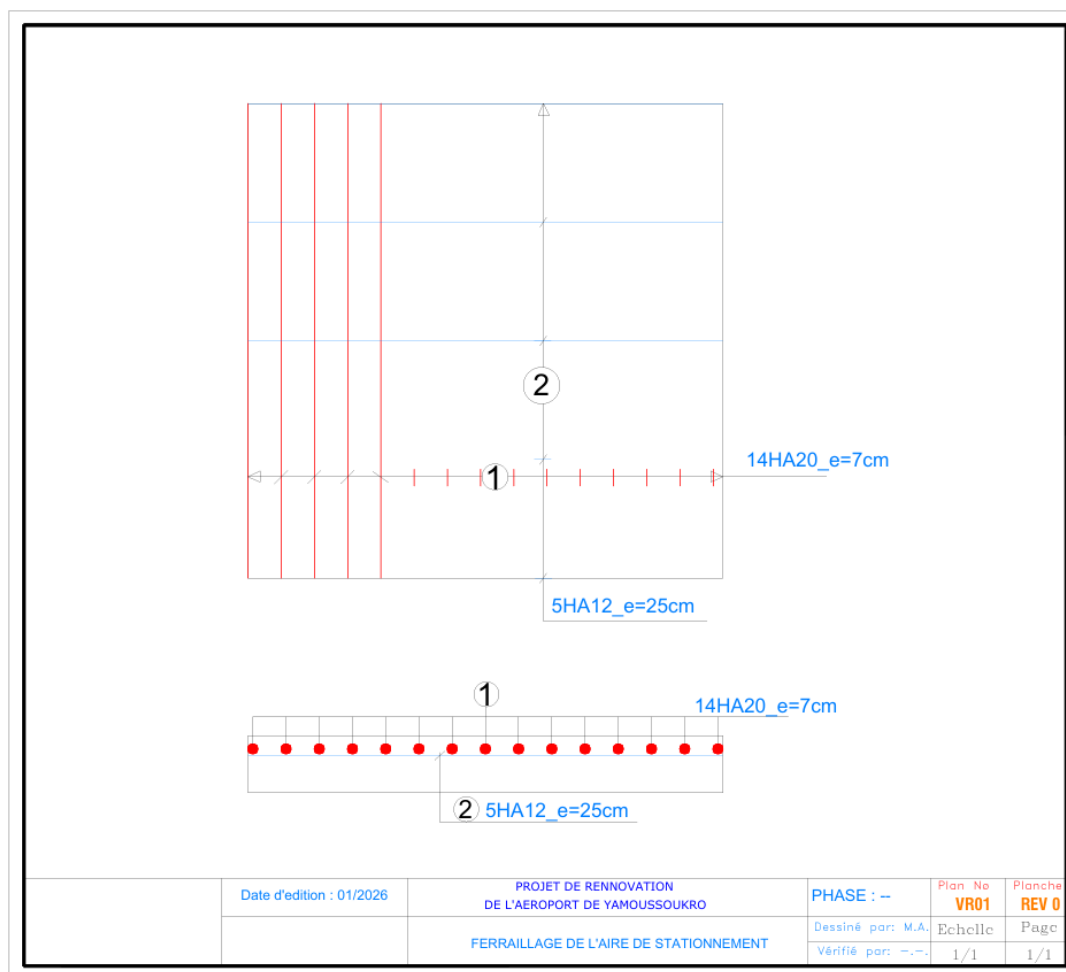


Figure 5 : Plan de ferrailage de la dalle

IV.6. Conclusion partielle :

Ce chapitre a permis de définir les structures nécessaires au dimensionnement des infrastructures côté piste de l'aéroport de Yamoussoukro, conformément aux recommandations de l'OACI et de la FAA. Le choix du **Boeing 747-400** comme avion critique, associé aux caractéristiques du sol et aux contraintes climatiques, a conduit à proposer des structures adaptées aux charges des aéronefs de catégorie E.

Les calculs des chaussées souples et rigides ont permis de déterminer des épaisseurs garantissant un niveau de sécurité conforme aux normes et une capacité portante suffisante. Les résultats montrent que la réhabilitation et le renforcement des structures existantes sont indispensables pour assurer une exploitation durable et sécurisée de la plateforme.

Chapitre V. Impacts environnementaux et sociaux du projet

V.1. Contexte du projet

L'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) du projet d'aménagement et de modernisation de l'aéroport de Yamoussoukro vise à identifier, analyser, et évaluer les impacts potentiels du projet sur le milieu physique, biologique et humain. Elle assure également la conformité du projet aux exigences réglementaires nationales (décret n°2017-017 du 22 février 2017, précédent décret de 1996) et aux standards internationaux pertinents.

Le projet ayant une influence directe sur le territoire, la législation ivoirienne impose une EIES détaillée afin d'anticiper les effets négatifs, renforcer les effets positifs et déterminer les mesures d'atténuation nécessaires.

V.2. Cadre politique, juridique et institutionnel

Cadre politique national : La politique environnementale de la Côte d'Ivoire repose sur la protection des ressources naturelles, la gestion durable des écosystèmes et la salubrité du cadre de vie. Les documents stratégiques tels que le PND 2021-2025, le Programme de Gestion Environnementale et les politiques sectorielles en matière d'infrastructures et de transport soutiennent ce projet qui contribue à l'intégration régionale et au développement économique.

Cadre institutionnel : L'administration environnementale comprend plusieurs acteurs :

Le ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MINEDD), l'Agence Nationale de l'Environnement (ANDE) : structure centrale de validation des EIES, les Structures décentralisées (Direction Régionale de l'Environnement (DRE), services déconcentrés), les Préfets, maires et autorités locales et les Autres ministères sectoriels : hydraulique, assainissement, sécurité, transport, construction,

Cadre juridique : Les principaux textes encadrant l'études sont : le code de l'Environnement, le décret 96-894 relatif aux EIES, le décret 2017-017 définissant les compétences environnementales, la loi n°98-755 et décret n°98-782 relatifs à la gestion des déchets et les Normes sectorielles : qualité des eaux, pollution atmosphérique, bruit, etc. Les textes obligent

tout maître d'ouvrage à prévenir les risques, protéger les ressources et mettre en place les mesures nécessaires pour réduire les impacts négatifs du projet.

V.2.1. Cadre international

Le projet s'aligne sur plusieurs conventions : la diversité biologique, Convention sur la désertification, Convention de Stockholm (polluants organiques), Accords de Paris (climat) et les normes internationales de l'OACI (Annexe 14, bruits, exploitation aéroport).

V.3. Etats initial du Milieu

V.3.1. Milieu biophysique

Le climat de Yamoussoukro est caractérisé par deux (2) saisons pluvieuses, une longue saison sèche influencée par l'harmattan, une température moyenne de 26-27°C, une humidité de 54-85% et des vents dominants SW-NE. Les conditions influencent la dispersion atmosphérique et la stabilité de la qualité de l'air. La zone repose sur un socle précambrien avec altérations ferrallitiques. Les sols sont riches mais sensibles à l'érosion, exposés aux ruissellements et vulnérables au compactage lors des travaux. Il y'a une forte présence de petits cours d'eau et de rivières saisonnières dans cette localité (réseau hydrographique irrégulier, forte dépendance aux pluies, débits faibles en saison sèche et le risques d'inondation ponctuels). La qualité de l'air est globalement bonne avec de niveaux faibles en NO_x, SO₂, CO, des niveaux de particules élevées ponctuellement durant l'harmattan, une absence d'activité industrielle majeure dans les environs et une pollution localisée à la circulation et aux activités domestiques.

Les nuisances sonores sont limitées actuellement aux trafics routiers, quelques aéronefs de militaire et de particulier (aéroport sous-exploité), les activités locales et particulièrement des zones sensibles existent : villages, écoles, centres sociaux.

V.3.2. Le Milieu biologique

La végétation est dominée par une savane et des formations dégradées, soumises à une forte pression atmosphérique liée à l'agriculture et aux défrichements, sans présence majeure de forêts denses ni d'espèces protégées majeures, tandis que quelques zones humides intermittentes offrent néanmoins un habitat favorable à une biodiversité locale. La faune locale est composée d'espèces communes de savane, notamment de petits mammifères, de reptiles et

d'oiseaux, etc., sans présence majeure d'espèces menaçantes dans un environnement aux habitats déjà fortement fragmentés.

V.3.3. Le milieu humain

Au niveau démographie : Quatre villages seront touchés par ce projet : Zatta, N'Gattakro, Djamalabo et Gbelissou avec leurs populations en croissance, une structure jeune forte dépendante à l'agriculture (voir **Annexe 16**). Au niveau d'activités économique : cette zone est dominée par l'agriculture vivrière, de petit commerce, des services et majoritairement par l'emploi informel. Au niveau d'équipements sociaux : dans ses zones, on retrouve des écoles, des centres de santé, des lieux de culte. Ses infrastructures sont souvent insuffisantes. Au niveau d'occupation du sol : on trouve des cultures, des habitats dispersés, les zones vierges ou en jachère.

V.4. Analyse des impacts environnementaux et sociaux

V.4.1. Impacts en phase de construction

Au niveau du sol : il y'aura une dégradation, une érosion, des risques de pollution accidentelle (hydrocarbures), probable perte de couverture végétale, ...Les mesures : terrassement contrôlés, plan anti-pollution, stockage sécurisé, revégétalisation, ...

Au niveau des eaux : risque d'envasement, pollution par ruissellement, modification des écoulements naturels, ...les mesures : dispositifs de drainage, bassins de décantation, contrôle des rejets.

Au niveau de l'air : émissions de poussière lors des travaux, gênes pour les riverains, augmentation des particules. Les mesures : arrosage, limitation vitesse, engins en bon état.

Au niveau des bruit : nuisances sonores élevées mais temporaires, risques pour les zones sensibles, ...les mesures : horaires limités, équipements silencieux.

Au niveau de la biodiversité : dégradation temporaire d'habitats, dérangement des espèces, ...Les mesures : défrichement contrôlé, compensation végétale.

Au niveau du milieu humain : Pression sur services sociaux, circulation d'engins et risques d'accident, conflits d'usage foncier. Les mesures : information des populations, signalisation, gestion des déchets, programme de sécurité.

V.4.2. Impact en phase d'exploitation et quelques solutions

- Air : Émissions d'aéronefs (NOx ; CO₂) ; les mesures : amélioration grâce aux technologies modernes (moteurs plus propres)
- Bruit aéronautique : Risque de nuisance sonore, zones de gêne acoustique (National Adaptation Plan), villages proches ; les mesures : trajectoires optimisées, couvre-feu partiel, servitudes aéronautiques.
- Sols et eau : Gestion des eaux usées, pollution possible par carburants ou produits chimiques, ... les mesures : systèmes de rétention, bassins, zones étanches.
- Activités socio-économiques : emplois permanents, dynamisation économique, attractivité, développement du commerce et du tourisme, ...
- Sécurité et risques : Risques incendie, risques liés aux opérations aériennes, risques sanitaires, ... les mesures : plans d'urgence, système de sécurité OACI.

V.5. Mesures d'atténuation et de gestion

- Mesures environnementales : Gestion rationnelle des déchets, contrôle des pollutions, revégétalisation, protection des zones humides, stations de traitement des eaux, ...
- Mesures sociales : Communication continue avec les populations, indemnisations, gestion foncière, priorité d'emploi local, mesures de sécurité routière, ...
- Plan de gestion environnementales et sociale (PGES) : il faut inclure les responsabilités institutionnelles, le calendrier, le budget, des indicateurs de suivi, des mécanismes de plainte, ...

V.6. Suivi et surveillance

Le programme de suivi comprend le contrôle de la qualité de l'air, la surveillance de l'eau, des bruit (zones sensibles), la conformité des travaux, le suivi social et gestion des litiges, des audits environnementaux réguliers,

V.7. Conclusion partielle :

Ce projet présente des impacts significatifs sur le milieu notamment en phase de travaux. Cependant, ceux-ci sont maîtrisables grâce à un système rigoureux environnementale et sociale conforme aux normes de l'OACI et aux dispositions légales ivoiriennes.

Les impacts positifs sont majeurs (création d'emplois, amélioration de la mobilité, développement économique et intégration territoriale. Avec la mise en œuvre des mesures proposés, le projet est compatible avec le développement durable de la région.

Conclusion générale :

La présente étude visait à analyser les conditions de réhabilitation et de modernisation de l'aéroport de Yamoussoukro afin d'accompagner le transfert progressif de la capitale politique et la croissance du trafic aérien. Pour ce faire, une démarche méthodologique progressive a été adoptée, allant de l'analyse du contexte au dimensionnement des infrastructures. Le chapitre I a mis en évidence le rôle stratégique de Yamoussoukro dans le système territorial et institutionnel. Le chapitre II a révélé que, malgré une structure globalement robuste, les infrastructures sont fortement dégradées en raison d'un déficit de maintenance. Le chapitre III a estimé le trafic futur à environ 2,3 millions de passagers par an à l'horizon 2040, confirmant le fort potentiel de croissance de la plateforme. À partir de ces résultats, le chapitre IV a montré que l'aérogare actuelle est largement sous-dimensionnée face à un trafic horaire de pointe de 760 passagers. Enfin, le chapitre V a démontré qu'il est techniquement possible d'accueillir des avions de catégorie E, sous réserve du renforcement des infrastructures. En conclusion, la modernisation de l'aéroport de Yamoussoukro apparaît indispensable et stratégique pour en faire un pôle aérien complémentaire au hub d'Abidjan et soutenir le développement du système aéroportuaire ivoirien.

Ce projet ouvre ainsi la voie à une requalification complète de la plateforme, capable de jouer un rôle complémentaire au hub d'Abidjan et de renforcer l'équilibre du système aéroportuaire national. Toutefois, les résultats obtenus soulignent également la nécessité d'approfondir certaines analyses afin d'optimiser les choix techniques, économiques et environnementaux.

Recommandations

- 1- A l'entreprise géotechnique (SODEXAM) : Réaliser des investigations géotechniques approfondies pour affiner le dimensionnement des chaussées selon les normes OACI/FAA.
- 2- A SODEXAM : Moderniser le balisage, les aides radioélectriques et SSLIA conformément aux exigences de l'Annexe 14.
- 3- A l'entreprise de réalisation : Reconfigurer les aires de mouvement pour améliorer la sécurité et la fluidité opérationnelle.

Perspectives

- 1- Développer un modèle prévisionnel avancé de trafic aérien lié au transfert de la capitale.
- 2- Réaliser une EIES complète et un PGES pour accompagner la modernisation.
- 3- Explorer le développement du fret aérien et la fonction d'aéroport de dégagement.
- 4- Effectuer une analyse financière exhaustive.

Bibliographie

- [1] District de Yamoussoukro, «Site officiel du district de Yamoussoukro,» [En ligne].
Available: <https://yamoussoukro.district.ci/transfert.php>.
- [2] Ministère des transports ivoiriens, «les transports en chiffres de la Côte d'ivoire,» 2024.
- [3] Groupe Terrabo, «Terrabo-site en construction,» 2016-2025. [En ligne]. Available:
<https://terrabo.com>.
- [4] Abidjan.net, «transfert de la capitale,» *Yamoussoukro peut-elle recevoir Ouattara ?*, 18
Juillet 2011.
- [5] F. A. MEMEL, «Structuration du réseau routier et développement du transport à
Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire,» 2019.
- [6] ASECNA, «AIP ASECNA,» 27 Novembre 2025. [En ligne]. Available:
<https://aim.asecna.aero/htm>. [Accès le 9 septembre 2025].
- [7] OACI, *Normes et pratiques recommandées internationales*, 9 éd., vol. 1, Annexe 14,
2022.
- [8] Agence nationale de statistique (Anstat), «Chiffres clés de la côte d'ivoire,» Juillet 2025.
[En ligne]. Available: <https://www.anstat.ci/>. [Accès le 9 Decembre 2025].
- [9] K. D. Kouadio, «Problématique du transfert effectif de la capitale politique et
administrative à Yamoussoukro,» 2017.

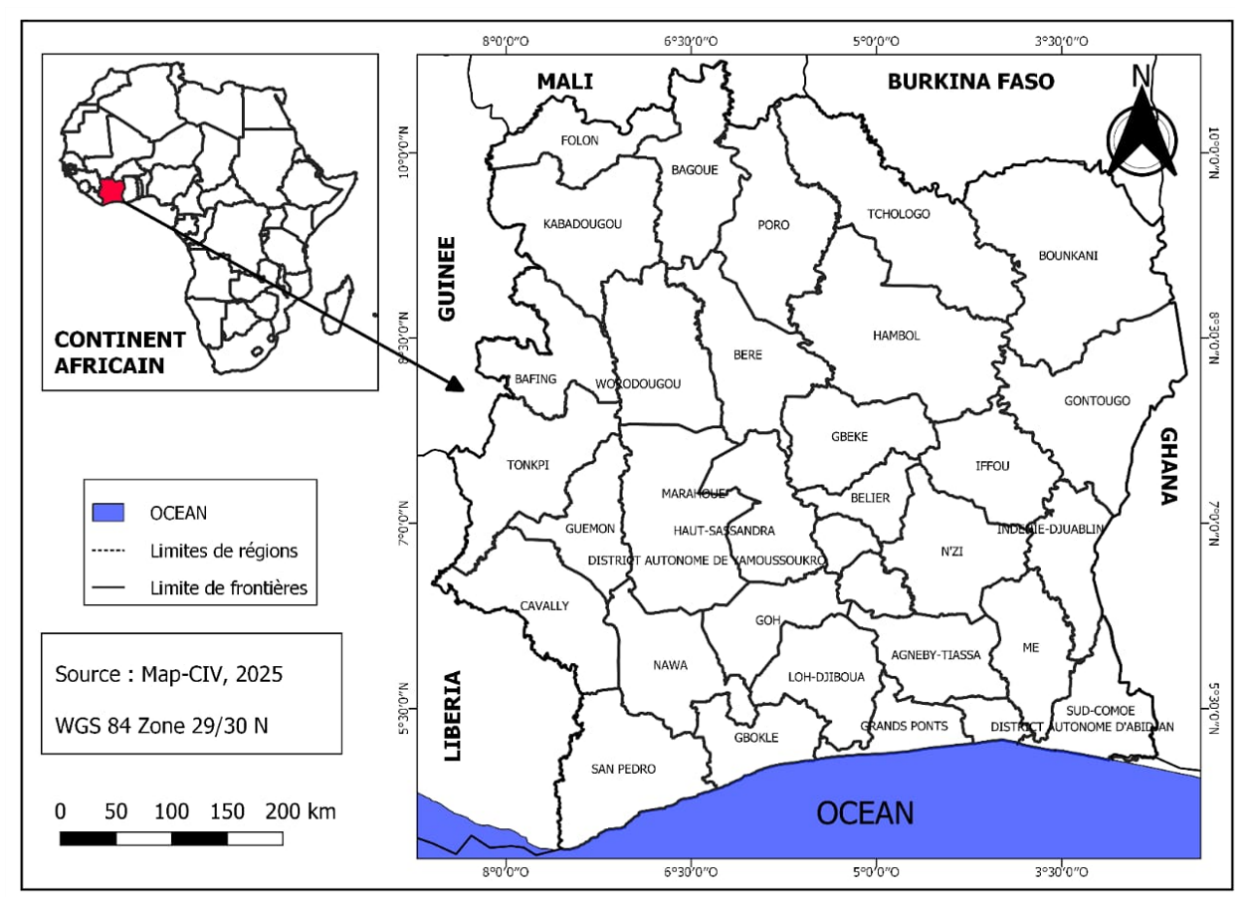
- [10] STEER (Steering Committee), «Analyse de marché et prévisions de trafic aérien,» Abidjan, 2024.
- [11] Federal Airports Authority of Nigeria, «Statistiques officielles du trafic domestique,» 2020.
- [12] Ghana Airports Company Limited (GACL), «Annual trafic statistics Reports,» 2023.
- [13] IATA, *ADRM*, International Air Transport Association, 2022.
- [14] FAA, «Planning and design guidelines for Airport Terminal facilities,» 1988.
- [15] IATA, «Airports council international, guidance on Airport Capacity Declarations,» 2023.
- [16] IATA, «THE VALUE OF AIR TRANSPORT TO CÔTE D'IVOIRE,» 2023.
- [17] OACI, *Chaussées*, 2022.
- [18] OACI, *Annexe 14, conception et exploitation technique des Aéroports*, 2022.
- [19] M. Z. David, *Infrastructure Aéroportuaire (fascicules de cours)*, 2025.
- [20] SBA DGAC; STBA, «Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodrome et détermination des charges admissibles,» 1988.
- [21] P. A. MESSAN, *Béton spéciaux (fascicule de cours)*, 2025 .
- [22] FHWA-HIF-12-039 (techbrief), «www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete,» septembre 2012. [En ligne].

[23] Ministère de l'équipement des transports et du tourisme (Service technique des bases aériennes), «Dimensionnement des chaussées s'aérodrom (Tableaux de caractéristiques et abaques de dimensionnement pour les principaux avions commerciaux),» 1993.

[24] wikimedia Foundation, inc, «Wikipédia,» 8 Novembre 2025. [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki>. [Accès le 10 Septembre 2025].

Annexes :

Annexe 1 : Localisation de la Côte d'Ivoire en Afrique ; Régions, limites et position dans le continent africain -----	II
Annexe 2 : Localisation de l'aéroport de Yamoussoukro -----	III
Annexe 3 : Le plan de l'aéroport de Yamoussoukro -----	IV
Annexe 4 : Voie principale menant à l'aéroport international de Yamoussoukro -----	V
Annexe 5 : Les différentes villes et populations Zone d'influence (distance et population) [8] -----	VI
Annexe 6 : Les paramètres des hypothèses du niveau de service de l'évaluation du terminal -----	VII
Annexe 7 : Détermination des besoins, des longueurs de tapis et les surfaces -----	VIII
Annexe 8 : Carte de disposition de l'aérogare -----	IX
Annexe 9 : Superposition de la structure d'une chaussée -----	X
Annexe 10 : Les coefficient de pondération de chaque aire de trafic -----	XI
Annexe 11 : Abaque de détermination des épaisseurs minimales en fonction P'' de la chaussée souple [23] -----	XII
Annexe 12 : Abaque de détermination des épaisseurs minimales en fonction P'' de la chaussée souple [23] -----	XIII
Annexe 13 : Abaque de détermination des épaisseurs équivalentes en fonction des épaisseurs minimales [23] -----	XIV
Annexe 14 : Abaque de correction de k_0 [23] -----	XV
Annexe 15 : Abaque de détermination des épaisseurs minimales en fonction P'' de la chaussée rigide [23] -----	XVI
Annexe 16 : La cartes des quatre (4) villages touchés par le projet -----	XVII



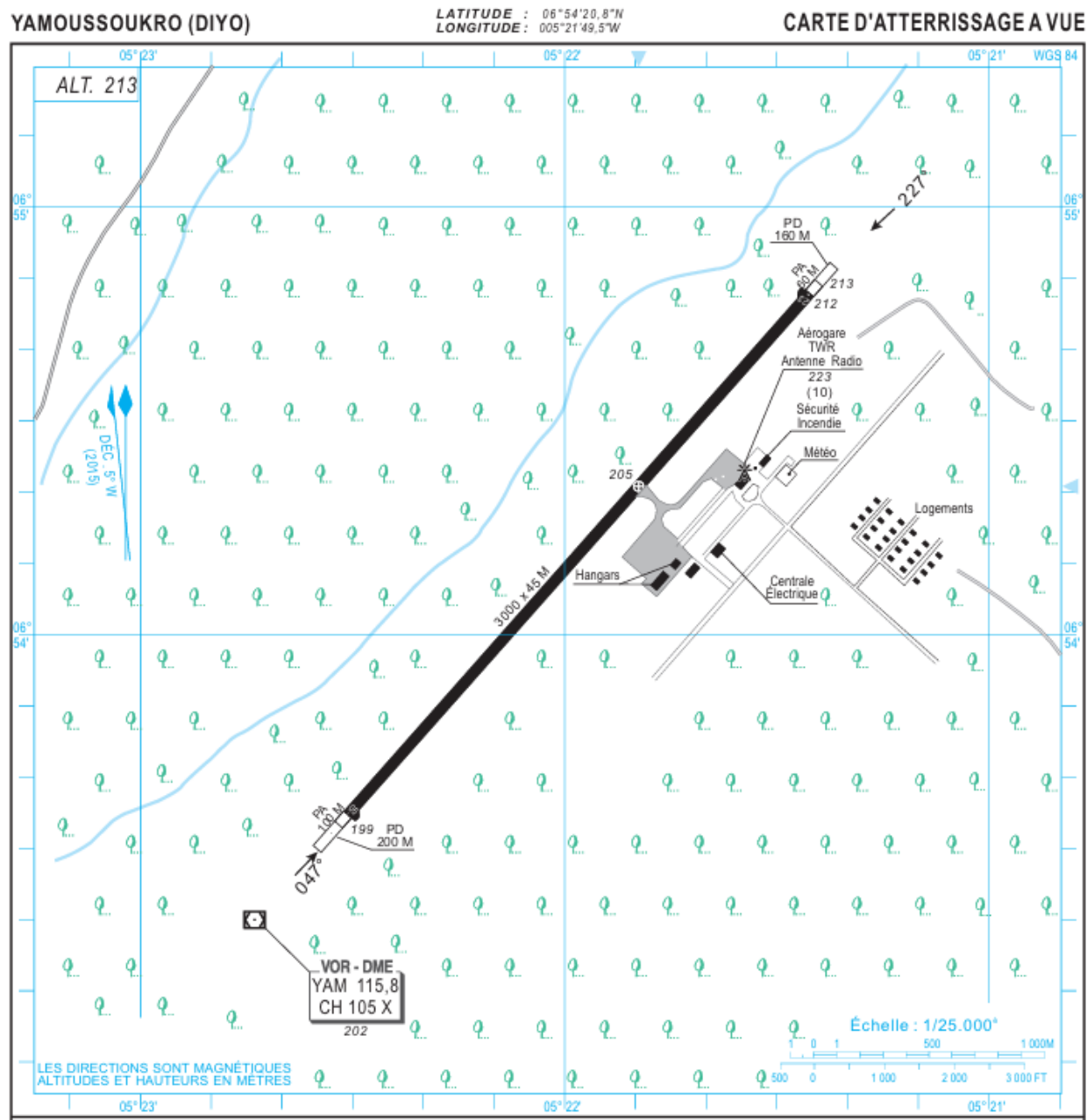
Annexe 1 : Localisation de la Côte d'Ivoire en Afrique ; Régions, limites et position dans le continent africain

Localisation de l'Aéroport International de Yamoussoukro



Coordonnées GPS : 6,9032° N, 5,3656° W

Annexe 2 : Localisation de l'aéroport de Yamoussoukro



Annexe 3 : Le plan de l'aéroport de Yamoussoukro



Annexe 4 : Voie principale menant à l'aéroport international de Yamoussoukro

Ville	Population (habitant)	Distance (km)
Lakota	169 330	116,84
Botro	36 461	114,81
Tiassalé	83 648	113,9
Divo	294 559	109,46
Zuénoula	78 613	108,31
Gagnoa	122 800	106,49
Bouaké	536 700	100,64
Beoumi	70 000	100,45
Bocanda	59 242	89,92
Sinfra	137 210	74,22
Sakassou	20 727	70,53
Bouaflé	213 967	54,95
Oumé	127 153	51,07
Tomodi	88 580	22,01
Yamoussoukro	372 559	0
Total	2 411 549	1 234

Annexe 5 : Les différentes villes et populations Zone d'influence (distance et population) [8]

LOS+B4 : O24 Guidelines		Space Guidelines (m²/pax)			QUEUING (Minutes)						SEATING GUIDELINES (Seating offering/occupant)		
					Economy Class			Business Class					
LOS Parameter		Over-Design	Optimum	Sub-optimum	Over-Design	Optimum	Sub-optimum	Over-Design	Optimum	Sub-optimum	Over-Design	Optimum	Sub-optimum
Public Departure Hall		> 2,3	2,0 - 2,3	< 2,0	n/a			n/a			15-20%		
Check - In	Self-service kiosk (Boarding Pass / Bag tagging	> 1,8	1,3 - 1,8	<1,3	<1	1-5	>2	< 1	1-2	> 2			
	Bag Drop Desk (queue width 1,4-1,6 m)	> 1,8	1,3 - 1,8	<1,3	<1	1 - 5	> 5	<1	1 -3	> 3			
	Check-in Desk (queue width 1,4-1,6 m)	> 1,8	1,3 - 1,8	<1,3	< 10	10 -20	> 20	<3	Business Class : 3-5	> 3			
								< 1	First Class : 1-3	> 3			
Security control (queue width : 1,2 m)		> 1,2	1,0 - 1,2	< 1,0	< 5	5 -10	> 10	<1	Fast Class : 1-3	> 3			
Emigration Control (outbound passport control (queue width : 1,2 m)	Staffed Emigration Desk	> 1,2	1,0 - 1,2	< 1,0	< 5	5- 10	> 10	<1	Fast Class : 1-3	> 3			
	Automatic Border control	> 1,2	1,0 - 1,2	< 1,0	< 1	1 - 5	> 5	n/a					
Gate holdrooms	Seating	> 2,2	1,8 -2,2	< 1,8	n/a			n/a			50 -70 %		
	Standing	> 1,5	1,2 - 1,5	< 1,2									
Immigration control (inbound passport control) (queue width : 1,2 m)	Staffed Immigration Desk	> 1,2	1,0 - 1,2	< 1,0	< 5	5 -10	> 10	< 1	Fast Class : 1-5	> 5			
	Automatic Border control	> 1,2	1,0 - 1,2	< 1,0	< 1	1 - 5	> 5	n/a					
Baggage Reclaim (1)	Narrow Body Aircraft	> 1,7	1,5 -1,7	< 1,5	< 0	0 / 15	> 15	< 0	0 / 15	> 15			
	Wide body Airraft	> 1,7	1,5 -1,7	< 1,5	< 0	0 / 25	> 25						
Customs control (2)		> 1,8	1,3 - 1,8	< 1,3		1 - 5	> 5	< 1	1 - 5	> 5			
Public Arrival Hall		> 2,3	2,0 - 2,3	< 2,0	n/a			n/a			15 -20%		

Annexe 6 : Les paramètres des hypothèses du niveau de service de l'évaluation du terminal

LOS : Level of service, B4 : Niveau de service cible et O24 : opération 24h sur 24 h

➤ Détail du calcul des besoin

$$\text{Besoin} = \text{Mvts}_{\text{MP/GP}} \times \frac{OT_{\text{MP/GP}}}{60}$$

❖ Vols domestiques

- Besoin (d) : Besoin en tapis domestique

$$d = 2 \times \frac{20}{60} = 1$$

- Longueur(d) : Longueur pour un tapis domestique (m)

$$d = 68 \times 60\% \times 0.55 = 23 \text{ m}$$

❖ Vols régionaux

- Besoin (mp) : Besoin en tapis Moyen-Porteur

$$\text{Mp} = 6 \times \frac{20}{60} = 2$$

- Longueur(mp) : Longueur pour un tapis Moyen-Porteur (m)

$$\text{mp} = 152 \times 60\% \times 0.55 \approx 50 \text{ m}$$

❖ Vols gros porteurs

- Besoin(gp) : Besoin en tapis Gros-Porteur

$$\text{Gp} = 4 \times \frac{45}{60} = 3$$

- Longueur(gp) : Longueur pour un tapis Gros-Porteur (m)

$$\text{gp} = 253 \times 60\% \times 0.55 = 84 \text{ m}$$

❖ Longueur Totale

- Longueur(tot) : Longueur totale requise (m)

$$\text{Tot} = 84 \times 2 + 23 \times 1 + 50 \times 1 = 241 \text{ m}$$

❖ Surface

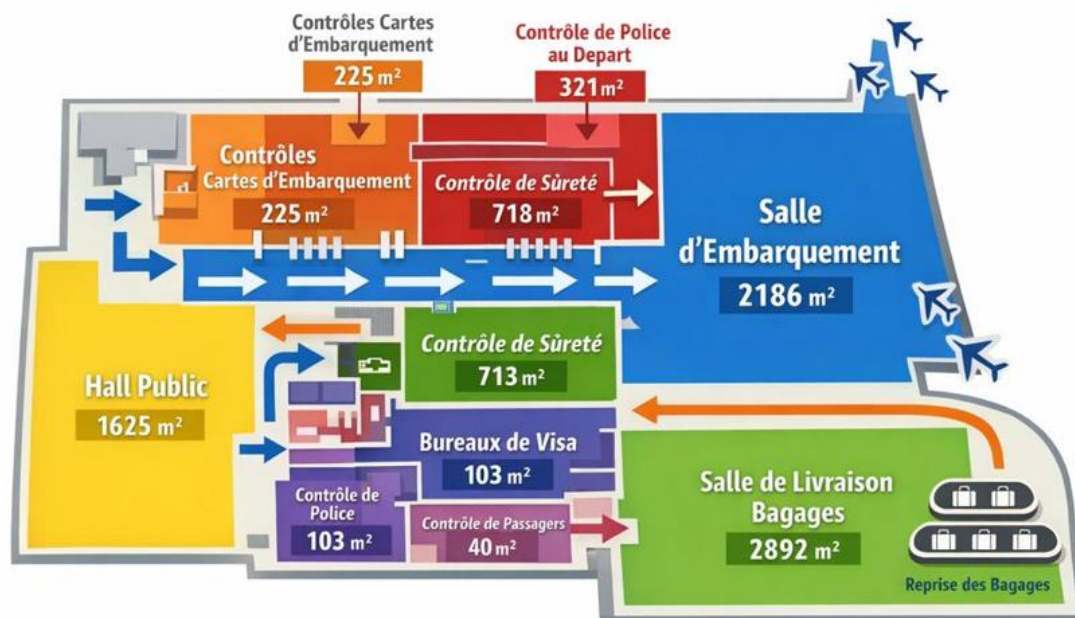
- Surface E : Surface totale requise pour les équipements (m²)

$$E = 241 \times 3 = 723 \text{ m}^2$$

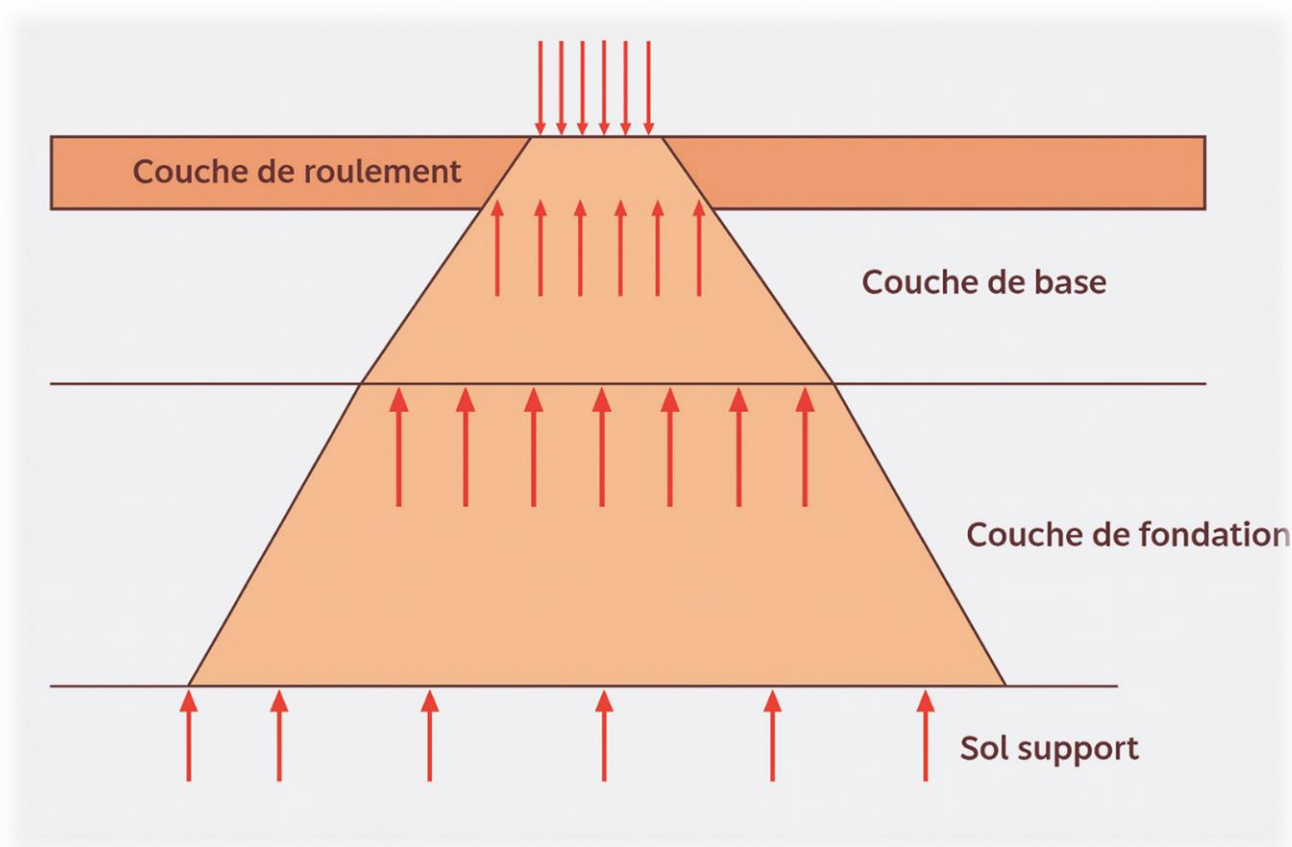
- Surface A : Surface totale pour l'attente des passagers (m²)

$$A = 241 \times 9 = 2169 \text{ m}^2$$

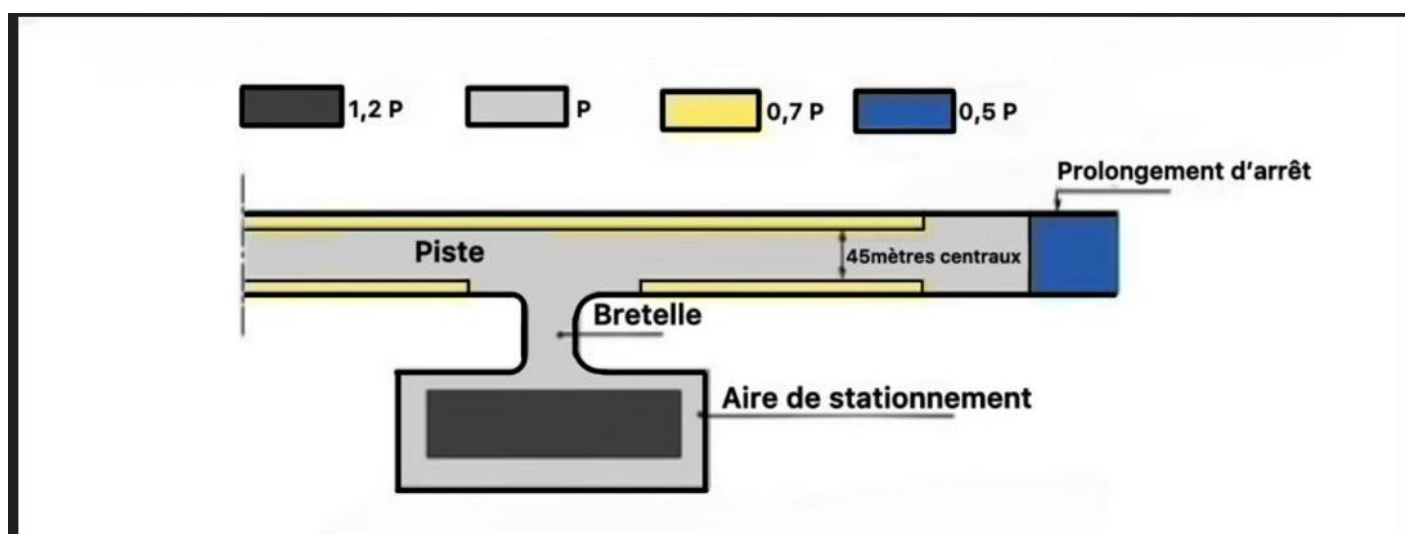
Annexe 7 : Détermination des besoins, des longueurs de tapis et les surfaces



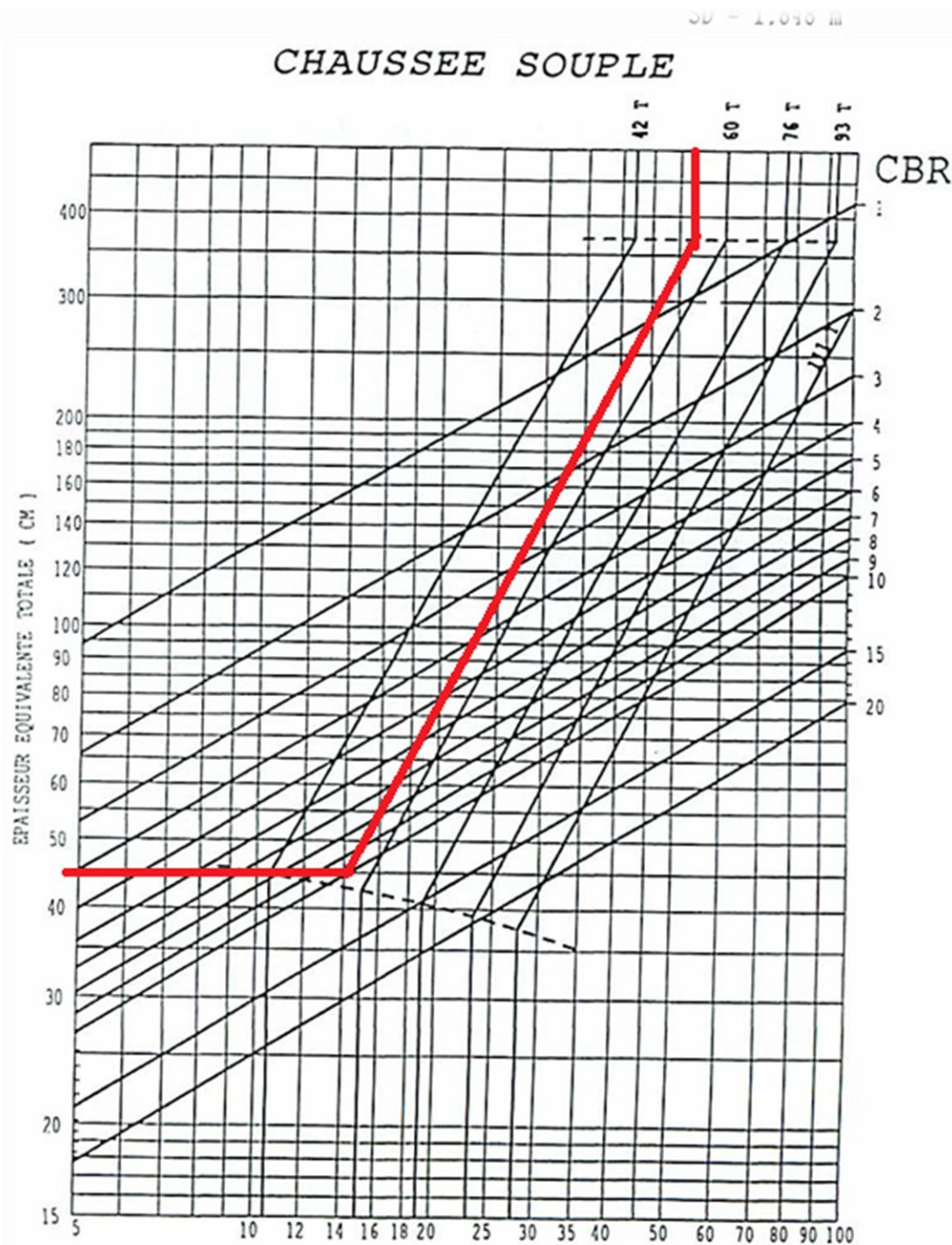
Annexe 8 : Carte de disposition de l'aérogare



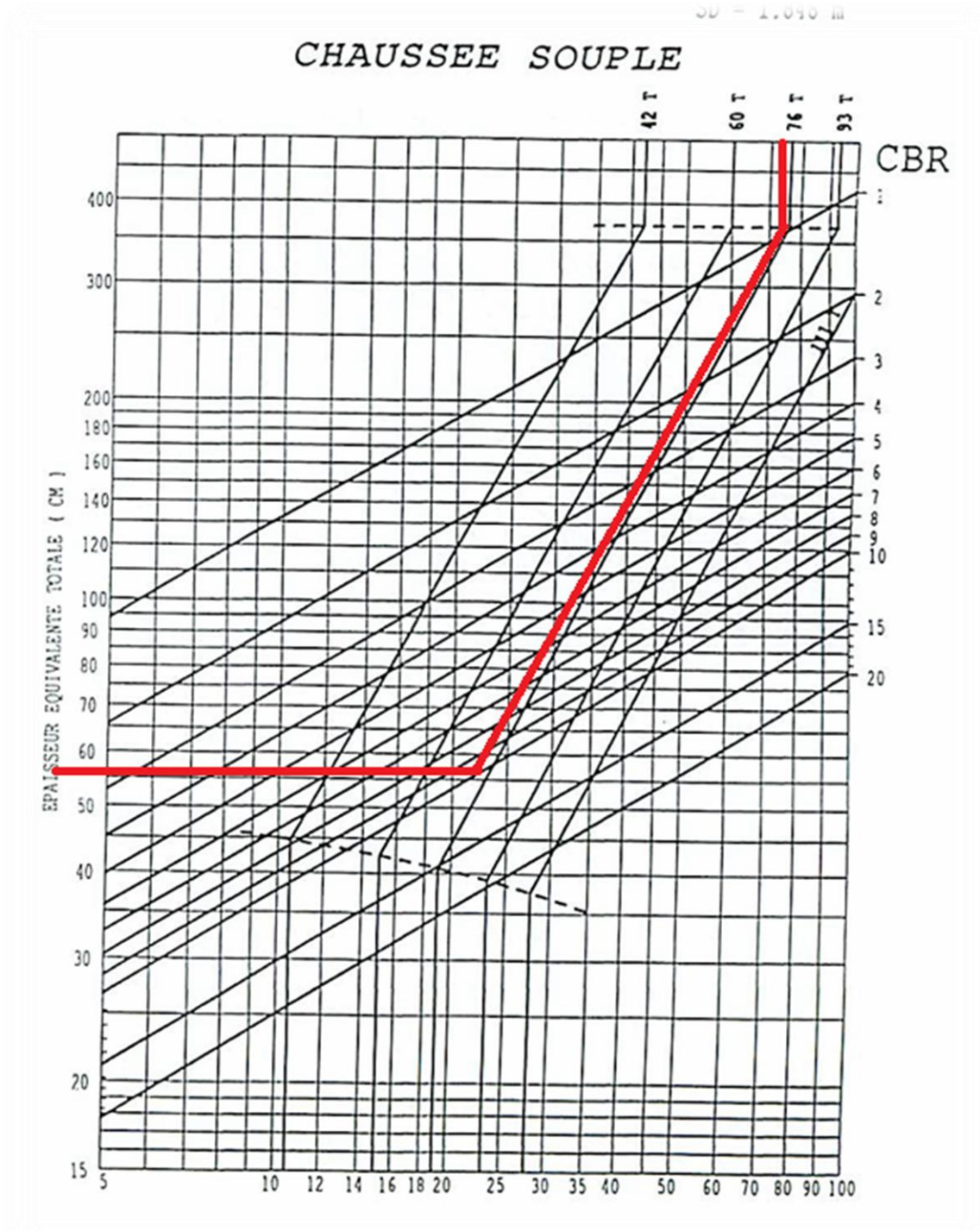
Annexe 9 : Superposition de la structure d'une chaussée



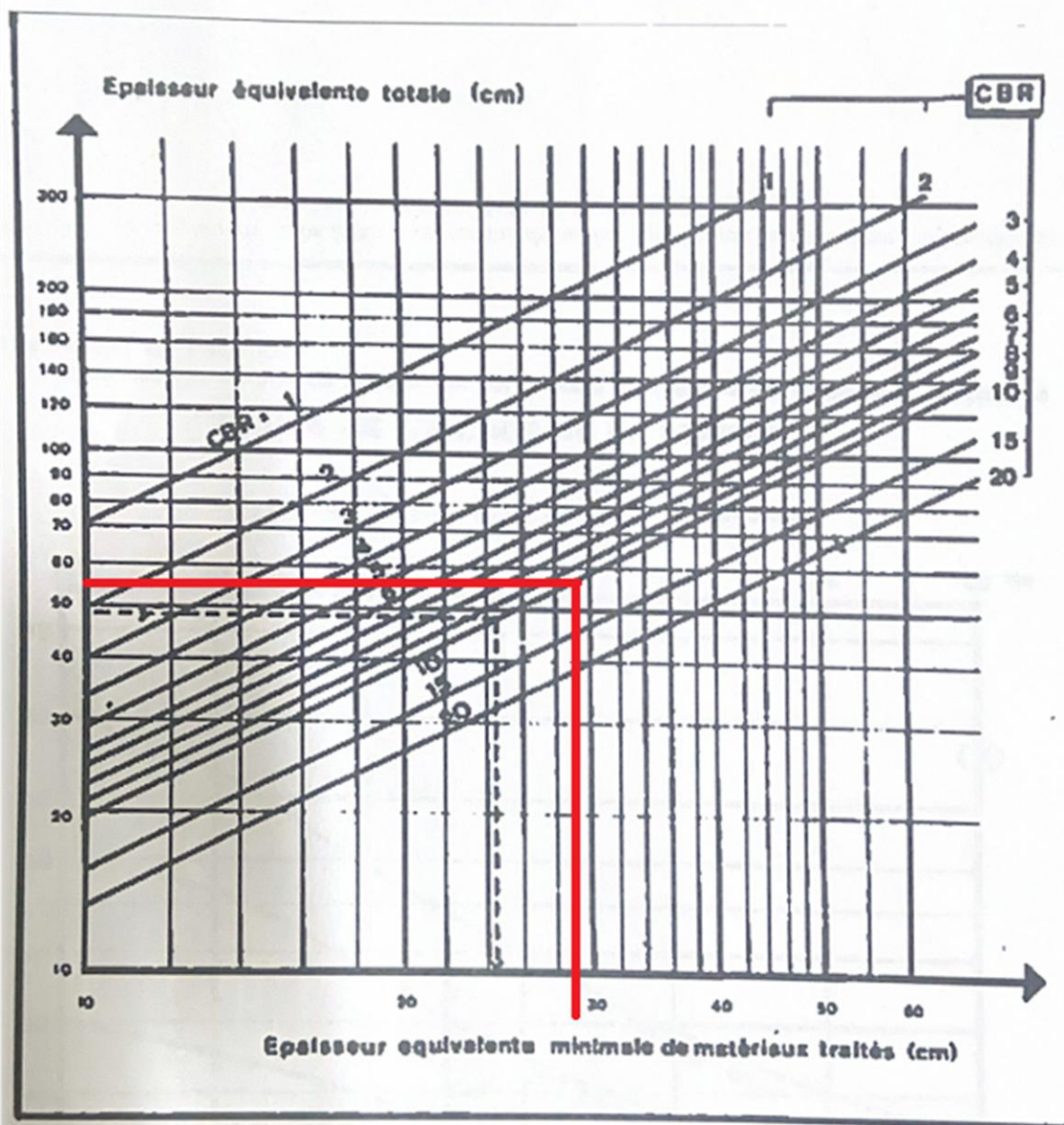
Annexe 10 : Les coefficient de pondération de chaque aire de trafic



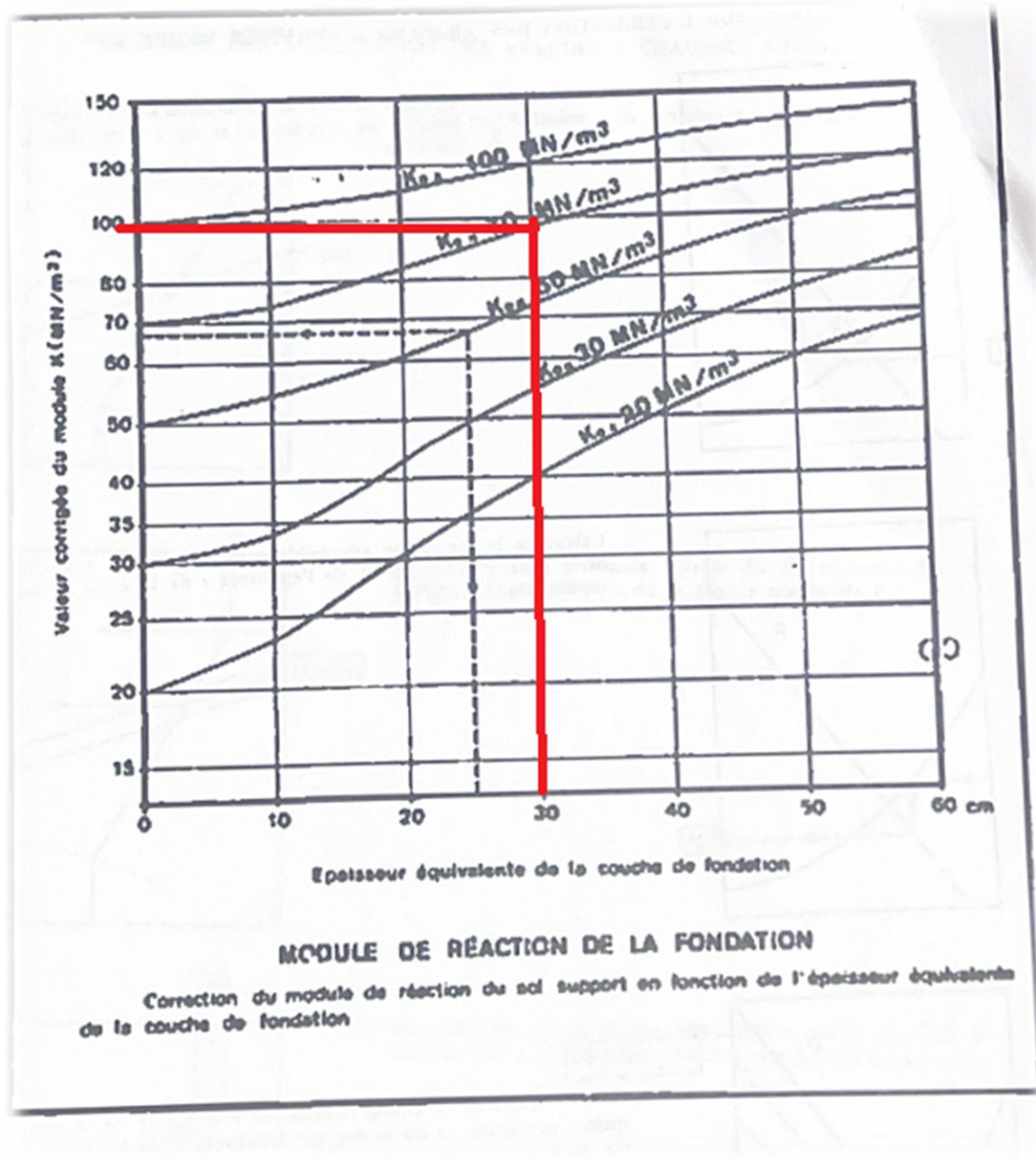
Annexe 11 : Abaque de détermination des épaisseurs minimales en fonction P'' de la chaussée souple [23]



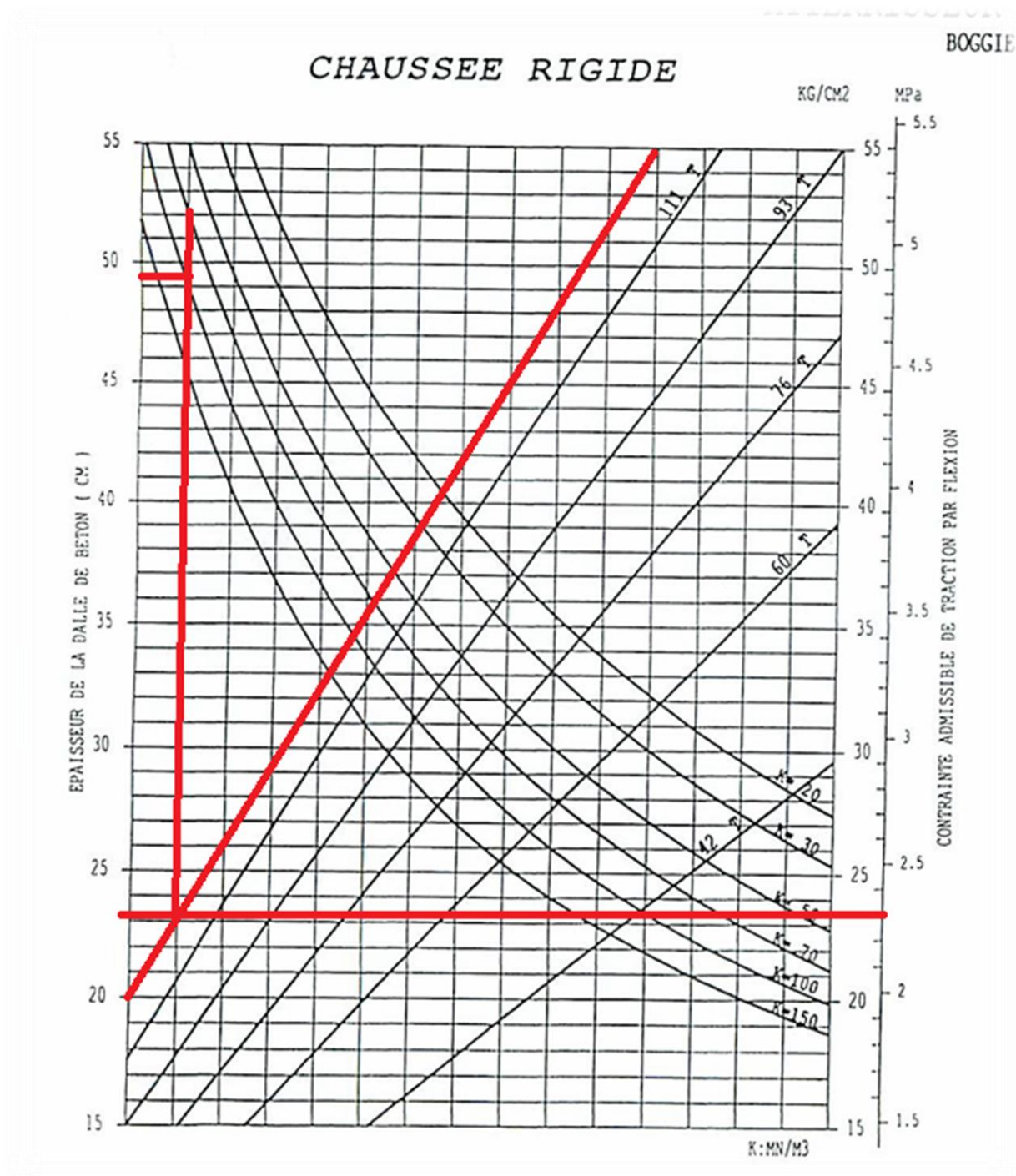
Annexe 12 : Abaque de détermination des épaisseurs minimales en fonction P'' de la chaussée souple [23]



Annexe 13 : Abaque de détermination des épaisseurs équivalentes en fonction des épaisseurs minimales [23]



Annexe 14 : Abaque de correction de k_0 [23]



Annexe 15 : Abaque de détermination des épaisseurs minimales en fonction P'' de la chaussée rigide [23]



Annexe 16 : La cartes des quatre (4) villages touchés par le projet