

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

École Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel



Mémoire de projet de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Industriel
Spécialité : Management industriel

Synchronisation des flux aval et développement logistique de
Stellantis El Djazaïr : Lean Management, transport multimodal et
perspectives des marchés d'exportation.

Présenté par : SIAD Souheil

Sous la direction de **Dr NIBOUCHE Fatima** (encadrante académique)
et de **M. BENBOUSSAD Noureddine** (encadrant industriel)

Présenté et soutenu publiquement le 5 septembre 2026

Jury d'examen :

Présidente :	Pr BOUCHAFAA Bahia	Maître de conférences, classe A	ENP
Examineur :	Mme AIT-BOUAZZA Sofia	Maître-assistante, classe A	ENP
Encadrante académique :	Dr NIBOUCHE Fatima	Maître de conférences, classe A	ENP
Encadrant industriel :	M. BENBOUSSAD Noureddine	Responsable Logistique opérationnelle et Qualité	Stellantis El Djazaïr

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

École Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel



Mémoire de projet de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Industriel
Spécialité : Management industriel

Synchronisation des flux aval et développement logistique de
Stellantis El Djazaïr : Lean Management, transport multimodal et
perspectives des marchés d'exportation.

Présenté par : SIAD Souheil

Sous la direction de **Dr NIBOUCHE Fatima** (encadrante académique)
et de **M. BENBOUSSAD Noureddine** (encadrant industriel)

Présenté et soutenu publiquement le 5 septembre 2026

Jury d'examen :

Présidente :	Pr BOUCHAFAA Bahia	Maître de conférences, classe A	ENP
Examineur :	Mme AIT-BOUAZZA Sofia	Maître-assistante, classe A	ENP
Encadrante académique :	Dr NIBOUCHE Fatima	Maître de conférences, classe A	ENP
Encadrant industriel :	M. BENBOUSSAD Noureddine	Responsable Logistique opérationnelle et Qualité	Stellantis El Djazaïr

الملخص

تتناول هذه الدراسة تحديات التوزيع التي تواجهها شركة ستيلانتس الجزائرية، في سوق السيارات الجزائري، الذي يشهد نمواً كبيراً في الطلب نتيجة القيود المفروضة على استيراد المركبات. وعلى الرغم من ارتفاع قدرة التجميع من 15,000 مركبة سنة 2023 إلى 135,000 مركبة متوقعة سنة 2028، أصبحت اللوجستيات النهائية عائقاً رئيسياً أمام تسليم المركبات إلى الزبائن والوكلاء.

أظهر تحليل تدفق القيمة أن كفاءة دورة العملية لا تتجاوز 2.87 %، في حين تمثل أوقات الانتظار أكثر من 97 % من إجمالي مدة الإنجاز. ولمعالجة هذا الاختناق، تقترح الدراسة اعتماد نظام لتسوية التدفقات وفق منهجية *Heijunka*، مدعوماً بالفوترة المسبقة للوكلاء ومحاكاة مونت كارلو. وقد بينت النتائج انخفاض متوسط مدة بقاء المركبات في الساحة من 11.72 إلى 2.18 يوماً، إلى جانب القضاء على الشحنات غير المكتملة والشحنات المكونة من مركبة واحدة. كما تحسّن معدل التدفق ليبلغ الإيقاع الإنتاجي الاسمي. كما تقترح الدراسة تطوير نموذج لتقييم تكاليف النقل متعدد الوسائط، بهدف تحويل جزء من التدفقات من النقل الطرقي إلى النقل بالسكك الحديدية. ويعد مقارنة البدائل المتاحة، تم استبعاد النقل البحري الساحلي بسبب ارتفاع تكلفته اللوجستية الإجمالية. وأخيراً، تم تحليل إمكانية توجيه الفائض الإنتاج نحو خمسة أسواق تصدير مجاورة في أفق سنة 2030.

الكلمات المفتاحية: ستيلانتس الجزائرية، توزيع السيارات، اللوجستيات النهائية، أسوية التدفقات، منهجية *Heijunka*، محاكاة مونت كارلو، النقل متعدد الوسائط، النقل بالسكك الحديدية، أسواق التصدير.

Abstract

Stellantis El Djazaïr operates in an Algerian automotive market where import restrictions have made it the principal supplier and generated an order backlog exceeding 200,000 units. Assembly capacity has scaled from 17,000 vehicles in 2023 to a planned 135,000 by 2028, yet downstream distribution has become the binding constraint on delivery. This work diagnoses that constraint, designs a system to relieve it, and assesses the consequences of its relief. A downstream value stream analysis established a process cycle efficiency of 2.87%, waiting rather than processing accounting for more than 97% of lead time. A Heijunka levelling engine coupled with anticipated dealer billing was specified through functional analysis, architected using structured functional decomposition, and validated by Monte Carlo simulation over an 11,606-vehicle demand horizon; average yard dwell time falls from 11.72 to 2.18 days, empty-slot and single-vehicle dispatches are eliminated, and throughput rises to the nominal takt. An activity-based multimodal cost engine was then developed to transfer outbound flows from road to rail, maritime cabotage having been assessed and rejected on total logistics cost grounds. The resulting production surplus is finally assessed against five neighbouring export markets at the 2030 horizon.

Keywords : downstream logistics ; Heijunka levelling ; Monte Carlo simulation ; multimodal rail transport ; activity-based costing ; export market assessment.

Résumé

Stellantis El Djazaïr évolue sur un marché automobile algérien où les restrictions à l'importation en ont fait le fournisseur principal et ont engendré un carnet de commandes dépassant 200,000 unités. La capacité d'assemblage est passée de 17,000 véhicules en 2023 à 135,000 prévus en 2028, mais la distribution aval est devenue la contrainte déterminante de la livraison. Ce travail diagnostique cette contrainte, conçoit un système destiné à la lever et évalue les conséquences de cette levée. L'analyse de la chaîne de valeur aval établit une efficacité de cycle de processus de 2,87 %, l'attente et non le traitement représentant plus de 97 % du délai total. Un moteur de nivellement Heijunka, associé à une facturation anticipée, a été spécifié par analyse fonctionnelle, architecturé par décomposition fonctionnelle structurée, puis validé par simulation de Monte-Carlo sur un horizon de demande de 11,606 véhicules : le temps de séjour moyen en parc passe de 11,72 à 2,18 jours, les expéditions incomplètes et unitaires sont éliminées et le débit atteint le takt nominal. Un moteur de coût multimodal fondé sur les inducteurs d'activité a ensuite été développé afin de transférer les flux sortants de la route vers le rail, le cabotage maritime ayant été évalué puis rejeté sur la base du coût logistique total. L'excédent de production qui en résulte est enfin évalué au regard de cinq marchés d'exportation voisins à l'horizon 2030.

Mots clés : logistique aval ; nivellement Heijunka ; simulation de Monte-Carlo ; transport ferroviaire multimodal ; coût par inducteurs d'activité ; évaluation de marchés d'exportation.

Dédicace

Avant toute chose, Alhamdulillah. Je suis profondément reconnaissant envers Dieu de m'avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour arriver au terme de ce parcours. Ce travail est le fruit de nombreuses années d'efforts, de défis, de doutes et d'apprentissage, et je suis reconnaissant d'avoir eu l'opportunité de le mener à bien.

Je voudrais commencer par remercier ma famille, qui a été présente depuis le tout début de mes études à l'École Nationale Polytechnique. À mon père, qui a toujours été là et qui s'est assuré que j'aie tout ce dont j'avais besoin pour étudier et avancer, et à ma mère, dont le soutien constant et les encouragements m'ont porté dans les moments difficiles : merci. J'espère qu'après toutes ces années, vous pourrez enfin souffler un peu. Votre fils est maintenant ingénieur.

Je voudrais également remercier mon grand frère Abdelmadjid, qui a été présent de mille façons, grandes comme petites. Je n'oublierai jamais les innombrables fois où je t'ai traîné dehors à deux heures du matin pour me conduire à la gare routière, et où tu attendais avec moi jusqu'à l'arrivée du bus. Ces moments ont peut-être semblé ordinaires sur le moment, mais ils font maintenant partie des souvenirs que je garderai avec moi.

Et à mon petit frère Abderrahmane, merci d'avoir été le petit frère agaçant sur lequel je pouvais toujours compter — et de m'avoir offert le privilège de te rendre la pareille à chaque fois que je rentrais à la maison. Étonnamment, ces moments ont été plus précieux que tu ne l'as probablement jamais imaginé.

Je tiens aussi à exprimer ma sincère gratitude envers tous les professeurs qui m'ont accompagné tout au long de ces années. Chacun d'entre vous a, d'une manière ou d'une autre, été un mentor pour moi, et les connaissances ainsi que la vision que vous m'avez transmises ont façonné à la fois mon parcours académique et l'ingénieur que je suis en train de devenir.

Une mention spéciale revient au Dr Fatima Nibouche, qui m'a guidé tout au long de ce projet avec patience et dévouement. Je sais qu'il n'a pas toujours été facile de travailler avec moi. Je peux être têtu, impulsif, bruyant, trop curieux et, parfois, inutilement stressant. Pourtant, vous êtes restée patiente, vous m'avez guidé dans mes difficultés et vous m'avez aidé à arriver jusqu'ici. Pour cela, je vous suis sincèrement reconnaissant.

À tous les professeurs du Département de Génie Industriel, ainsi qu'à toute l'équipe académique et administrative de l'ENP, merci pour tout ce que vous avez fait pour nous. Vous nous avez aidés à traverser des défis académiques difficiles, vous nous avez soutenus lorsque les choses se compliquaient, et vous avez contribué à faire de ces années ce qu'elles ont été. Je vous dois également des excuses pour toutes les fois où j'ai été têtu, contestataire, ou où j'ai peut-être posé une question de trop. Avec du recul, ces moments faisaient aussi partie de ce qui m'a permis de vous apprécier davantage, ainsi que le travail que vous accomplissez.

Puis viennent les personnes qui ont fait de ces cinq années bien plus qu'un simple parcours académique : la famille que j'ai trouvée en chemin.

À Abderaouf, mon compagnon à travers les stages, les projets, les délais, et ce qui ressemblait parfois à une série infinie de débats civils : d'une manière ou d'une autre, malgré toutes les disputes, les désaccords et les avis différents, nous avons toujours réussi à faire en sorte que les

choses avancent. Nous avons parcouru un sacré chemin ensemble, et j'en suis reconnaissant. Et oui, je suis toujours désolé de t'avoir laissé diplômé tout seul.

À Ilyes et Rayane, merci d'avoir rendu mémorable le trajet entre les cités universitaires et l'école. Cinq ans à emprunter ce chemin auraient probablement dû être ennuyeux, mais d'une certaine manière, ça ne l'a jamais été. Entre l'un de vous toujours en retard et l'autre qui trouvait l'énergie de chanter dès le réveil, il n'a jamais manqué d'histoires.

À toute ma promotion, je ne pourrais jamais tout mentionner ici. Nous avons partagé les délais, les examens, le stress, les échecs, les réussites, les moments absurdes et d'innombrables rires. Durant certaines des périodes les plus difficiles et les plus stressantes, le fait d'avoir autour de nous des personnes qui comprenaient exactement ce que nous traversions a rendu les choses plus faciles. Merci à vous tous pour ces souvenirs.

Je voudrais aussi remercier l'IEC, qui a joué un rôle important dans mon parcours à l'ENP. Grâce au club, j'ai eu l'occasion de rencontrer des personnes que je n'aurais peut-être jamais connues autrement, de travailler avec différentes générations d'étudiants et d'apprendre bien au-delà de ce qui était enseigné en classe. À chaque membre, passé, présent et futur : merci de faire vivre l'IEC, de créer des liens entre les générations, et d'en faire un lieu où l'on peut apprendre, contribuer et rencontrer des personnes remarquables.

Enfin, je ne peux pas oublier la famille de la résidence Bouraoui, où j'ai passé cinq années de ma vie. Plus qu'une simple résidence, c'est devenu un deuxième foyer. Les parties de domino tard dans la nuit, les soirées dans le jardin, les conversations sans fin, les blagues, et tous ces petits moments qui nous faisaient oublier les examens, les projets et tout ce qui nous attendait le lendemain matin resteront des souvenirs que je n'oublierai jamais.

À Mazouz, Khayrou, Tamer, Ghafour, Yahia, Yahya, Moncef, Jawed, Ghanou, Rostom, Amine, et à tous les autres qui ont partagé ces années avec moi, merci. Et Lokman, je n'ai pas oublié les soirées dans le jardin.

Cinq ans, c'est long. Il est impossible de remercier chaque personne qui a contribué à ce parcours ou de mentionner chaque souvenir qui l'a rendu si précieux. Ce que je peux dire, c'est que je quitte l'ENP avec bien plus qu'un diplôme. Je pars avec des leçons, des expériences, des amitiés, des histoires et des souvenirs que je garderai partout où j'irai.

À tous ceux qui ont fait partie de ce parcours, merci.

Et enfin, Alhamdulillah. Nous y sommes arrivés.

Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'études, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des personnes et institutions ayant contribué, de près ou de loin, à sa réalisation et à l'aboutissement de mon parcours à l'École Nationale Polytechnique.

Je tiens tout d'abord à remercier l'École Nationale Polytechnique, ainsi que le Département de Génie Industriel, pour la qualité de la formation dispensée et pour l'environnement académique qui m'a permis d'acquérir les connaissances et les compétences nécessaires à l'exercice du métier d'ingénieur.

J'adresse mes sincères remerciements à Dr. Fatima Nibouche, mon encadrante académique, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses conseils et la rigueur qu'elle a apportée tout au long de ce projet. Son encadrement et ses orientations ont largement contribué à la réalisation de ce travail.

Je remercie également M. Nouredine Benboussaad, mon encadrant industriel, ainsi que l'ensemble des collaborateurs de Stellantis El Djazaïr, pour leur accueil, leur disponibilité et leur contribution au bon déroulement de mon stage et de ce projet de fin d'études. Les échanges et les connaissances partagées durant cette expérience ont constitué une contribution importante à ma formation professionnelle.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du Département de Génie Industriel pour la qualité de leur enseignement, leur disponibilité et les connaissances transmises tout au long de mon cursus. Leur accompagnement académique a joué un rôle essentiel dans ma formation et dans le développement de ma vision du métier d'ingénieur.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel académique et administratif de l'École Nationale Polytechnique pour leur travail, leur disponibilité et leur accompagnement durant les différentes étapes de mon parcours.

Enfin, j'adresse mes remerciements aux membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour l'intérêt porté à ce projet.

À toutes les personnes ayant contribué à ma formation et à la réalisation de ce travail, je présente mes sincères remerciements.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des acronymes

Introduction générale	22
1 Etat de lieux et diagnostique	25
1.1 PRÉSENTATION DU GROUPE ET CONTEXTE STRATÉGIQUE	26
1.1.1 Analyse à l'échelle mondiale : Stellantis N.V.	26
1.1.1.1 Contexte macro-industriel et positionnement mondial de Stellantis (2026)	26
1.1.1.2 Identité de l'entreprise, histoire et architecture du portefeuille de marques	27
1.1.1.3 Cadre stratégique : Le plan FaSTLAne 2030 et ses piliers fondamentaux	28
1.1.1.4 Projets technologiques clés	29
1.1.1.5 Données de référence opérationnelles et financières mondiales	30
1.1.2 Analyse à l'échelle régionale : Stellantis Moyen-Orient et Afrique (MEA)	32
1.1.2.1 Le modèle opérationnel régional mondial	32
1.1.2.2 La région MEA : Identité stratégique en tant que « troisième moteur »	33
1.1.2.3 Empreinte d'industrialisation régionale et autonomie d'approvisionnement	33

1.1.2.4	Performance sur le marché et piliers stratégiques régionaux .	34
1.1.2.5	Indicateurs opérationnels et financiers : Région MEA	34
1.1.3	ANALYSE À L'ÉCHELLE LOCALE : STELLANTIS ALGÉRIE ET ÉCOSYSTÈME NATIONAL	35
1.1.3.1	Vision et objectifs stratégiques	35
1.1.3.2	Modèle d'agent commercial et cadre juridique	36
1.1.3.3	Jalons historiques et chiffres de production publiés	37
1.1.3.5	Partenaires stratégiques de l'écosystème	37
	Indicateurs opérationnels publiés : Analyse à l'échelle locale	38
1.2	Analyse intern et extern de l'entreprise	39
1.2.1	Le paradoxe d'un marché captif	39
1.2.2	L'effondrement de la logistique aval : une crise principal-agent	39
1.2.3	Opérations palliatives actuelles (les « solutions de fortune »)	40
1.2.3.1	Hémorragie financière liée aux destinations mixtes	40
1.2.3.2	Transport de proximité à coût premium	42
1.2.4	Cadres de diagnostic macro et micro	43
1.2.4.1	Diagnostic du marché externe : le modèle VUCA	43
1.2.4.2	Diagnostic structurel interne : le modèle des 7S de McKinsey	45
1.3	Analyse de la cartographie de la chaîne de valeur aval (VSM)	48
1.3.1	Décomposition du flux de processus et dynamique du cycle	49
1.3.2	Évaluation mathématique de l'efficacité du cycle de processus (PCE)	50
1.3.2.1	Composantes temporelles	51
1.3.2.2	Synthèse des temps et du PCE	51
1.3.3	Modélisation statistique des goulets d'étranglement de stagnation	52
1.3.3.1	Courbe du temps d'attente total en aval	52
1.3.3.2	Schéma d'attente de facturation administrative	53
1.3.3.3	Synthèse et conclusion stratégique	55
1.4	Analyse de la structure d'analyse des 6M	55

1.4.1	Synthèse de section et conclusion stratégique	59
1.5	Maîtrise statistique des procédés et cartographie des tendances de la demande .	59
1.5.1	Analyse de la variabilité du processus (Moyennes hebdomadaires, σ et CV)	59
1.5.1.1	La distorsion liée à l'effet d'échelle et le vecteur de croissance d'Alger	61
1.5.1.2	Le coefficient de variation (CV) comme indicateur de contrôle normalisé	61
1.5.1.3	Le Mura (irrégularité) et le défaut d'Heijunka	62
1.5.1.4	La réalité du carnet de commandes en retard (Volatilité interne vs externe)	62
1.5.2	Dispersion trimestrielle du processus	63
1.5.3	Stratification géographique de la demande et cartographie des tendances	64
1.5.3.1	Logique de classification des profils de charge structurels . .	64
1.5.4	Synthèse de section et diagnostic quantitatif	68
1.6	Utilisation de la flotte logistique et anomalies de planification en aval	69
1.6.1	Logistique de proximité et paradoxe de la répartition modale	69
1.6.2	Le gaspillage de Pareto : cartographie prioritaire des ressources de dépannage	70
1.6.3	Fluctuations historiques de la capacité de chargement et gaspillage d'emplacements vides	71
1.6.4	Le phénomène du « pic de panique » de fin de mois	73
1.7	Activité opérationnelle quotidienne et désynchronisation du flux de produits finis	73
1.7.1	Désynchronisation production-livraison (Analyse de la fragmentation des lots)	74
1.7.2	Goulets d'étranglement administratifs et dynamique de facturation par lots	75
1.7.3	Accumulation cumulative du stock et saturation de la capacité de stockage	76
1.7.4	Synthèse de section et diagnostic micro-opérationnel	77
1.8	Gaspillage de distribution en aval : distance des emplacements vides et impact financier	78

1.8.1	La pénalité spatiale : multiplication géométrique du gaspillage de distance	78
1.8.2	La fuite financière : monétisation de la sous-utilisation des capacités . .	79
1.8.3	L'hémorragie du réseau à longue traîne	80
1.8.4	Synthèse de section et recommandations tactiques	80
1.9	Synthèse du diagnostic opérationnel et énoncé unifié du problème	81
1.9.1	Synthèse du diagnostic	82
1.9.2	La chaîne définitive des 5 Pourquoi	82
1.9.3	Énoncé du problème du chapitre	83
2	État de l'art	84
2.1	Introduction	85
2.2	Cadres de diagnostic stratégique et organisationnel	85
2.2.1	Analyse VUCA de l'environnement externe	85
2.2.2	Le modèle 7S de McKinsey	86
2.3	Diagnostic Lean et analyse des flux	86
2.3.1	Cartographie des flux de valeur et efficacité du cycle de processus . . .	86
2.3.2	Muda, mura et muri	86
2.3.3	Lissage Heijunka	87
2.3.4	Analyse des causes : le diagramme d'Ishikawa et la taxonomie des 5M .	87
2.3.5	Priorisation selon la loi de Pareto	87
2.3.6	Théorie des contraintes	88
2.3.7	Sélection	88
2.4	Analyse fonctionnelle et modélisation système	88
2.4.1	Expression fonctionnelle du besoin	88
2.4.2	Analyse structurée et architecture fonctionnelle	89
2.4.3	Machines à états pour la modélisation du cycle de vie	89
2.4.4	Industrie 5.0 et principe de l'humain dans la boucle	89
2.5	Méthodes quantitatives et simulation	90

2.5.1	Caractérisation de la variabilité	90
2.5.2	Loi de Little	90
2.5.3	Simulation de Monte-Carlo	90
2.6	Modélisation des coûts de transport ferroviaire et multimodal	91
2.6.1	Coût logistique global	91
2.6.2	Structure des coûts ferroviaires basée sur les activités	91
2.6.3	Énergie de traction	92
2.6.4	Gabarit de chargement	92
2.6.5	Cabotage maritime et transport roro (Roll-on/Roll-off)	92
2.7	Évaluation et prévision du marché automobile	93
2.7.1	Projection par taux de croissance composé	93
2.7.2	Motorisation et revenu	93
2.7.3	Nomenclature commerciale et isolement du marché officiel	93
2.7.4	Règles d'origine et accès commercial préférentiel	94
2.8	Représentation spatiale des coûts et de la demande	94
2.8.1	Pondération par l'inverse de la distance	94
2.8.2	Cartographie thématique	95
2.8.3	Données de limites administratives	95
2.8.4	Outils de calcul	95
2.9	Synthèse des méthodes retenues	95
2.10	Conclusion	97
3	Solutions proposées	98
3.1	Premier horizon	99
3.1.1	Définition du besoin : analyse Bête à cornes	99
3.1.1.1	1. À qui le système doit-il rendre service?	99
3.1.1.2	2. Sur quoi le système doit-il agir?	99
3.1.1.3	3. Dans quel but?	99

3.1.2	Choix technique et solution proposée	100
3.1.3	Analyse fonctionnelle externe	101
3.1.3.1	Introduction et méthodologie	101
3.1.3.2	Identification des éléments extérieurs (interacteurs)	101
3.1.3.3	Définition des fonctions	102
3.1.3.4	Tableau du Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)	103
3.1.3.5	Diagramme Pieuvre	103
3.1.3.6	Conclusion de l'analyse externe	104
3.1.4	Analyse fonctionnelle interne : méthodologie SADT	105
3.1.4.1	Diagramme de contexte global (Niveau A-0)	105
3.1.4.2	Décomposition interne du système (Niveau A0)	106
3.1.4.3	Spécifications intégrées et objectifs opérationnels	107
3.1.5	Architecture de la solution et mise en œuvre technique	108
3.1.5.1	Architecture stratégique et conceptuelle	108
3.1.5.2	Architecture logicielle et des données	111
3.1.5.3	Moteur algorithmique et formulations mathématiques	115
3.1.5.4	Interface et flux de travail opérationnels	117
3.1.6	Résultats de la simulation et comparaison historique	119
3.1.6.1	Sélection de l'échantillon et paramètres de test	119
3.1.6.2	Profils opérationnels quotidiens	120
3.1.6.3	Analyse visuelle comparative directe	121
3.1.6.4	Performance quantitative et impact financier	124
3.2	Deuxième Horizon	127
3.2.1	Migration systémique du goulot d'étranglement et analyse des contraintes du marché	127
3.2.1.1	Passage des frictions de processus internes aux contraintes du marché externe	127
3.2.1.2	Diagnostic TOC du marché national du transport de véhicules	128

3.2.1.3	Élévation de la contrainte par l'évaluation de modes de transport alternatifs	129
3.2.2	Évaluation de la faisabilité du cabotage maritime	130
3.2.2.1	La justification stratégique de l'étude du cabotage	130
3.2.2.2	Facteurs d'échec opérationnels et techniques	130
3.2.2.3	Cadres d'analyse décisionnelle	131
3.2.2.4	Rejet stratégique définitif	132
3.2.3	Stratégie opérationnelle et évaluation de l'infrastructure	132
3.2.3.1	Contexte et vue d'ensemble de l'infrastructure	132
3.2.3.2	Alignement des parties prenantes et négociations commerciales	134
3.2.3.3	Sélection des wagons et cadre de filtrage structurel	135
3.2.3.4	Analyse technique des infrastructures et contraintes de gabarit	136
3.2.3.5	Stratégies opérationnelles retenues	137
3.2.3.6	Massification du réseau et stratégie de terminaux	138
3.2.3.7	Architecture de distribution routière régionale du dernier kilomètre	139
3.2.4	Moteur de calcul des coûts de transport multimodal et modélisation opérationnelle	140
3.2.4.1	Cadre théorique et justification méthodologique	140
3.2.4.2	Calculs granulaires détaillés étape par étape	140
3.2.4.3	Fonctions dynamiques des coûts de transport de ligne	144
3.2.4.4	Sources de données externes et justification du benchmarking	144
3.2.4.5	Facteurs opérationnels et dimensionnement de la puissance de traction	145
3.2.4.6	Calcul d'ingénierie direct des frais d'activation du train	146
3.2.4.7	Calcul d'ingénierie des frais de hub	146
3.2.4.8	Agrégation complète et consolidée des coûts	147
3.2.4.9	Équations multimodales directrices finales	147
3.2.4.10	Comparaison des prix de livraison de bout en bout	148

3.2.4.11	Formulation du coût par véhicule	149
3.2.4.12	Est géographique versus Est financier	149
3.2.4.13	Stratégies d'expédition opérationnelles et négociations ferro- viaires	153
3.2.4.14	Matrice d'évaluation comparative des risques et stratégies . .	154
3.2.4.15	Conclusion stratégique du Deuxième Horizon	155
3.3	Troisième et Dernier Horizon	156
3.3.1	Évaluation des marchés voisins pour l'exportation de véhicules assem- blés en Algérie	156
3.3.1.1	Périmètre et justification industrielle	156
3.3.1.2	L'intégration locale comme passerelle vers l'exportation pré- férentielle	158
3.3.1.3	Recommandation : viser 40 % de contenu originaire	158
3.3.2	Estimation du marché et méthodologie de projection à l'horizon 2030 .	159
3.3.2.1	Modèle de croissance composée	159
3.3.2.2	Isolation du marché officiel	159
3.3.2.3	Estimation du marché sahélien	160
3.3.3	Évaluations des marchés nationaux à l'horizon 2030	160
3.3.3.1	Tunisie	160
3.3.3.2	Libye	160
3.3.3.3	Mauritanie	161
3.3.3.4	Mali	161
3.3.3.5	Niger	161
3.3.4	Évaluation régionale consolidée	162
3.3.4.1	Marché total adressable en 2030	162
3.3.4.2	Attractivité du marché régional et potentiel d'exportation . .	162
3.3.5	Infrastructure logistique d'exportation : la SNTF comme épine dorsale de l'exportation	162
3.3.5.1	Transposition du moteur de coûts du Deuxième Horizon . . .	163

3.3.5.2	Corridor 1 : Tunisie	163
3.3.5.3	Corridor 2 : Tindouf et Mauritanie	164
3.3.5.4	Corridor 3 : Mali et Niger	164
3.3.5.5	Corridor 4 : Libye	164
3.3.5.6	Niveau de préparation des infrastructures à l’horizon 2030 . .	164
3.3.6	Conclusion stratégique du Troisième Horizon	165
4	Conclusion générale	167
A	Python Code for OSRM Road Distance Calculation	171
B	Python Code for the Stellantis Oran Yard Simulation	174
C	Python Code for Geographic Cost Mapping and Route Assignment	179
D	Python Code for Statistical Process-Control Analysis	181
E	Python Code for Wilaya Demand Trend Mapping	188
	Bibliographie	196

confidentiel