



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
DOMAINE DES SCIENCES DE LA SOCIETE  
MENTION ECONOMIE  
OPTION ECONOMIE MATHEMATIQUE



LICENCE ES-SCIENCES ECONOMIQUES

---

**LE POIDS DU SECTEUR FERROVIAIRE SUR LE  
DEVELOPPEMENT DES SECTEURS DE L'ECONOMIE  
MALAGASY**

---

**CRESCENT Allardis Pierrat**

Mémoire sous la direction de Monsieur Thierry RAZANAKOTO  
Université d'Antananarivo

Année Universitaire : 2017 – 2018





UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
DOMAINE DES SCIENCES DE LA SOCIETE  
MENTION ECONOMIE  
OPTION ECONOMIE MATHEMATIQUE



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence en économie –  
Option ECONOMIE MATHEMATIQUE



**LE POIDS DU SECTEUR FERROVIAIRE SUR LE  
DEVELOPPEMENT DES SECTEURS DE L'ECONOMIE  
MALAGASY**

Présenté par

**CRESCENT Allardis Pierrat**

Soutenu le 14 Mars 2019 devant le jury composé de :

- 
- Monsieur Julien SALAVA
  - Monsieur Thierry RAZANAKOTO
- 

Examineur  
Encadreur

Université d'Antananarivo

CRESCENT Allardis Pierrat  
Numéro : 319  
Id : 59526



# Remerciements

Le présent mémoire est le résultat d'une réunion d'acteurs qui m'ont permis de le réaliser. C'est pourquoi, je tiens à les remercier ici.

Avant toute chose, ce mémoire a été élaboré sous la direction de Monsieur Thierry RAZANAKOTO qui a toujours veillé à développer le recul critique et la rigueur. Et il a accepté de diriger ce travail malgré ses lourdes responsabilités. Je lui exprime ma profonde gratitude.

Je remercie également les personnes suivantes au sein de l'Université d'Antananarivo :

- Monsieur Panja Armand René RAMANOELINA, Président de l'Université d'Antananarivo.
- Monsieur David Olivaniaina RAKOTO, Responsable du Domaine des sciences de la société.
- Monsieur Andriamahefazafy Fanomezantsoa RAMAROMANANA, Responsable de la Mention Economie.
- Madame Holimalala RANDRIAMANAMPISOA, Responsable de la licence 3 en Economie.

Je remercie ensuite toutes celles et ceux qui ont rendu ce travail possible et ont permis de l'enrichir au sein de la Compagnie ferroviaire Madagascar Railways (MADARAIL), du Ministère des Transports et de la Météorologie de Madagascar (MTM).

Mes remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Et plus particulièrement à :

- Tous les membres de ma famille ;
- Tous mes amis ;
- Tous ceux qui ne sont pas cités ici mais qui m'ont soutenu et aidé.

# Sommaire

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>i</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>ii</b>
<b>ACRONYMES ET ABREVIATIONS</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>iv</b>
<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>v</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : CADRE METHODOLOGIQUE ET THEORIQUE</b> .....	<b>7</b>
CHAPITRE I : CADRE METHODOLOGIQUE .....	8
CHAPITRE II : CADRE THEORIQUE .....	10
<b>DEUXIEME PARTIE : RESULTATS</b> .....	<b>16</b>
CHAPITRE III : RESULTATS.....	16
CHAPITRE IV : ANALYSES DE DONNEES .....	25
<b>TROISIEME PARTIE : DISCUSSIONS</b> .....	<b>37</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>I</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>III</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>XII</b>
<b>TABLE DES ANNEXES</b> .....	<b>XIV</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVI</b>

# Acronymes et abréviations

ACA	.....	Analyse coûts-avantages
AR(1)	.....	Processus autorégressif d'ordre 1
CO <sub>2</sub>	.....	Dioxyde de carbone
Cov(.)	.....	Covariance
E(.)	.....	Espérance mathématique
FCE	.....	Fianarantsoa-Côte-Est
FMI	.....	Fond Monétaire International
INSTAT	.....	Institut National de la statistique
M	.....	Importations
MADARAIL	.....	Madagascar Railways
MCO	.....	Moindres Carrées Ordinaires
MGA	.....	Ariary (Monnaie de la République de Madagascar)
MLA	.....	Moramanga-Lac Alaotra
MTM	.....	Ministère des Transports et de la Météorologie de Madagascar
$N(0; \sigma^2)$	.....	Loi normale de moyenne 0 et d'écart-type $\sigma$
NB	.....	Nota Bene
OCDE	.....	Organisation de coopération et de développement économique
PED	.....	Pays en développement
PIB/hab.	.....	Produit Intérieur Brut divisé par le nombre d'habitant
Q-Q Plot ou diagramme Q-Q	.....	Diagramme Quantile-Quantile
Qt	.....	Quantité des biens transportée par train
R <sup>2</sup>	.....	Coefficient de détermination
RIL	.....	Régime d'Importation Libéralisé
RNCFM	.....	Réseau National des Chemins de Fer Malgaches
SILI	.....	Système d'importation libéralisé
T	.....	Tonne métrique ou tonne
TA	.....	Tananarive-Antsirabe
TCE	.....	Tananarive-Côte-Est
TGV	.....	Train à grande vitesse

# Liste des tableaux

Tableau 1 - Statistiques descriptives (M, PIB/hab. et Qt).....	25
Tableau 2 - Matrice de corrélation.....	26
Tableau 3 - Estimation des paramètres par la méthode des moindres carrés ordinaires.....	27
Tableau 4 - Test de Shapiro-Wilk.....	30
Tableau 5 - Test de Shapiro-Francia.....	30
Tableau 6 - Test de Skewness/kurtosis.....	31
Tableau 7 - Analyse du corrélogramme.....	32
Tableau 8 - Estimation des paramètres par la méthode des MCO après $AR(1)$ .....	34
Tableau 9 - Données chiffrées.....	VIII

# Liste des figures

Figure 1 - Evolution du <i>PIB/hab.</i> de 1981 à 2000.....	19
Figure 2 - Evolution (en quantité) de biens transportés par train de 1981 à 2000.....	20
Figure 3 - Evolution de la valeur des importations de 1981 à 2000.....	21
Figure 4 - Evolution de la variable endogène et des variables exogènes.....	21
Figure 5 - Nuage des points entre la variable endogène et les biens transportés par train.....	22
Figure 6 - Nuage des points entre la valeur des importations et le <i>PIB/hab.</i> .....	22
Figure 7 - Nuage de points entre la variable endogène et les variables exogènes.....	23
Figure 8 - Histogramme des erreurs.....	28
Figure 9 - Kernel density estimate.....	29
Figure 10 - Q-Q Plot.....	29
Figure 11 - Autocorrélation partielles des résidus.....	33
Figure 12 - Studentized residuals.....	36
Figure 13 - Évolution des trafics sur le réseau ferroviaire Sud.....	40
Figure 14 - Évolution des trafics sur le réseau ferroviaire Nord.....	41
Figure 15 - Madagascar Railway Network.....	III
Figure 16 - L'analyse du corrélogramme après le processus autorégressif d'ordre 1.....	IX
Figure 17 - Autocorrélation des résidus après le processus autorégressif d'ordre 1.....	IX
Figure 18 - Studentized residuals après le traitement de la violation des hypothèses.....	X
Figure 19 - Industrie, valeur ajoutée (% du PIB).....	X
Figure 20 - Wagons citernes tractés par une locomotive AD18.....	XI

# Glossaire

- Chemin de fer : moyen de transport qui utilise les voies ferrées, administration d'un réseau de chemin de fer.
- Concession : autorisation, pour un particulier, une société privée, de gérer à ses risques un service public.
- Concessionnaire : personne physique ou morale qui a obtenu une concession.
- Concurrence : compétition, rivalité entre personnes, entreprises, etc.
- Construction : ensemble des techniques utilisées pour construire des bâtiments et des ouvrages de génie civil.
- Déraillement : accident de chemin de fer d'un train sorti des rails.
- Gare, sur une ligne de chemin de fer, est l'ensemble des installations et des bâtiments destinés au trafic des voyageurs et des marchandises, ainsi qu'au triage des wagons, à la régulation du trafic. Il s'agit d'un lieu d'arrêt des trains qui assure en générale la montée et la descente des voyageurs, et le chargement ou déchargement des marchandises.
- Infrastructure : ensemble des ouvrages et des équipements au sol destinés à faciliter le trafic routier, aérien, maritime ou ferroviaire.
- Locomotive : puissant véhicule circulant sur rails et remorquant ou poussant des rames de voitures ou de wagons. Il s'agit d'un engin moteur qui se déplace par ses propres moyens. Elle est utilisée par le transport ferroviaire pour fournir l'énergie de traction à un train. La « traction » exige un manœuvre à chaque fois que le train change de direction, la « pousse » est alors de plus en plus utilisée pour les rames légères.
- Rail : chacune des bandes d'acier profilé fixées les unes à la suite des autres, en deux lignes parallèles, sur des traverses, et qui constituent une voie ferrée.
- Réhabilitation : action de rénover, c'est-à-dire, remettre à neuf ou en bon état, améliorer en donnant une forme nouvelle, moderne.

▪ Révolution industrielle est le processus historique du XIX<sup>e</sup> siècle qui fait basculer – de manière plus ou moins rapide selon les pays et les régions – une société à dominante agraire et artisanale vers une société commerciale et industrielle. Cette transformation, tirée par le boom ferroviaire des années 1840, affecte profondément l’agriculture, l’économie, le droit, la politique, la société et l’environnement<sup>1</sup>.

▪ Secteur ferroviaire : ensemble d’activités économiques qui exploitent les chemins de fer.

▪ Transport est le déplacement d’objets, de marchandises, ou d’individus (humains ou animaux) d’un endroit à un autre. Les modes de transport incluent l’aviation, le chemin de fer, le transport routier, le transport maritime, le transport par câble, l’acheminement par pipe-line et le transport spatial<sup>2</sup>.

▪ Transport rail-route est aussi appelé le ferroutage, ou transport « combiné accompagné », consiste à charger des camions complets sur un train : le tracteur, la remorque et le chauffeur. C’est une forme de transport combiné qu’il ne faut pas confondre avec le transport de conteneurs, dit « combiné non accompagné »<sup>3</sup>.

▪ Voie ferrée ou voie : ensemble des rails sur lesquels circule un train.

▪ Voiture : (dans le langage courant, les voitures de chemins de fer sont souvent appelées wagons) dans le milieu ferroviaire, il s’agit d’un grand véhicule destiné aux voyageurs, dans des conditions normales de confort et de sécurité ; par opposition à wagon qui est un véhicule réservé aux marchandises et roulant sur des rails.

▪ Wagon : véhicule ferroviaire tracté (ou poussé) par une locomotive, servant au transport des marchandises, des animaux. Le terme est assez général et recouvre une grande variété de forme.

---

<sup>1</sup> Révolution industrielle, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Révolution\\_industrielle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Révolution_industrielle), 22 Novembre 2018.

<sup>2</sup> Transport, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport>, 22 Novembre 2018.

<sup>3</sup> Ferroutage, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ferroutage>, 22 Novembre 2018.

---

# INTRODUCTION

La révolution industrielle, une expression utilisée pour la première fois en 1837 par l'économiste français Adolphe Blanqui dans son « Histoire de l'économie politique », le terme est repris dans les années 1840 par Friedrich Engels. Cette révolution a marqué l'apparition des premiers rails de fer. Depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'au début de la Première Guerre Mondiale, des pays industrialisés, particulièrement la majorité des pays de l'Amérique du Nord et de l'Europe connaissait cette époque comme la période de plus grand développement du chemin de fer. À partir de la fin de cette guerre, de très nombreuses rénovations ont eu lieu, mais le chemin de fer a été fortement concurrencé par le camion sur les courtes distances et par l'avion sur les longues distances.

Abusivement, en économie de transport, quel que soit le mode de transport, les transports ont une qualité intermédiaire entre l'action de produire et de distribuer ; chacun des modes de transport a ses avantages et ses inconvénients, par exemple le transport maritime est plus lent mais capable d'emmener plus de marchandises intercontinentales et d'autres trouvent leurs avantages au niveau national. Mais le transport ferroviaire connaît sa force au niveau du transport de masse. Cette caractéristique permet au secteur ferroviaire de favoriser vivement la croissance économique. Des économistes célèbres, dont, Léon Walras (1834-1910), Clément Colson (1853-1939) et Maurice Allais (1911-2010, Prix Nobel 1988) ont donné leur point de vue sur les règles de bonne administration des chemins de fer, en particulier les chemins de fer français. Leurs travaux ne sont pas seulement de décrire les chemins de fer, mais également de contribuer à les constituer et à les transformer, en utilisant des équipements technologiques et matériels qui les composent. Toutefois, des incertitudes sur le rapport de ses rendements (ou sa valeur sociale) avec leurs coûts fixes élevés constituent pour les concepteurs un grand souci.

Dans le cas du transport terrestre, le transport ferroviaire est naturellement complémentaire avec les autres modes de transport, particulièrement avec le transport routier (voiture et camion), toutes choses égales par ailleurs<sup>4</sup>. Le transport ferroviaire touche un avantage incomparable surtout sur les transports de masse et sur de longues distances, il assure également l'essentiel du transport des produits miniers, des carburants et une partie des produits agricoles. Cependant, le transport routier remporte sur les envois légers et fréquents sur de courtes distances. Dans cette controverse réside le choix du sujet : « Le poids du secteur ferroviaire sur le développement des secteurs de l'économie Malagasy ».

Concernant l'exploitation du secteur ferroviaire, la construction des lignes dépend d'abord nécessairement de la condition géographique, ensuite, sa réhabilitation fait appel à l'état des voies ainsi que d'un matériel performant et adapté ; cette réhabilitation et/ou la construction exigent un investissement important. L'avenir de l'Etat pourrait subséquemment être en jeu dans le cas du dysfonctionnement du secteur ferroviaire, dans lequel ce secteur devient une charge financière pour l'Etat. Raison pertinente pour formuler la problématique suivante : « L'exploitation du chemin de fer exerce-t-elle une influence positive sur l'économie de Madagascar ? ».

## 1. Contexte

Cette section assemble les événements marquants relatifs à des chemins de fer malagasy, ce qui permettra de se concentrer sur les aspects de la réalité déterminante. La naissance du Réseau National des Chemins de Fer Malgaches (RNCFM) remonte vers le début de l'ère de la colonisation française de Madagascar (1896-1960), exactement au premier tiers du XX<sup>e</sup> siècle, l'ouverture du premier chantier étant en 1901. Malgré cela, la fixation du premier rail n'a eu lieu qu'à partir de 1910 à proximité de la ville de Brickaville, à la gare d'Anivorano. Cette voie relie la capitale à la Côte-Est (actuellement connue sous le nom de TCE ou Tananarive-Côte-Est après son prolongement de Brickaville à Tamatave en Mars 1913, 369 km). Le pays présente une immense richesse mais également des complications d'ouvrages, de moyens de réalisation et de recrutement de main d'œuvre. Et il a fallu plus de dizaine d'années d'études et de travaux pour terminer ce tronçon de voie ferrée qui tient si peu de place sur la carte. Bien que la ligne ne mesure que 269 kilomètres, elle aura été coûteuse, ce qui a retardé son achèvement, (Zimmermann, 1909). « Dans son rapport sur les chemins de fer coloniaux, Bourrat, député des Pyrénées

---

<sup>4</sup> C'est-à-dire sans tenir compte de la concurrence engendrée par ces modes de transport dans certaines circonstances

orientales, constatait que le prix de revient kilométrique dépassait tout ce que l'on avait vu jusque-là outremer » (Fremigacci, 2006). Cela n'a pas empêché la construction d'autres liaisons. Ainsi, les travaux de construction de ces dernières commencent dans les années qui suivent dont : en 1912, la ligne joignant Tananarive-Antsirabe (TA, 158 km) qui a été ensuite inaugurée en Octobre 1923 ; En 1915, l'ouverture de la ligne Moramanga-Lac Alaotra (MLA, 168 km) ; ainsi qu'à partir du 1927 débute la réalisation de la dernière liaison reliant Fianarantsoa à Manakara nommée Fianarantsoa-Côte-Est (FCE, 163 km). En 1936<sup>5</sup>, un réseau quelconque inachevé de quelque 860 kilomètres a été constitué.

L'idée de la création est, d'une façon nette, d'assurer l'autorité et la domination française sur l'île, en drainant la richesse du pays vers les ports à destination de la métropole. D'où la création d'une liaison homogène avec la côte. Une analyse a dévoilé la source de blocage économique de cette entreprise dont la mauvaise gestion des Républiques successives depuis l'indépendance n'est explicitement pas une logique appropriée. Mais l'entreprise a été, dès le commencement, mal conçue et encore plus mal faite. Des sévères contraintes ont également gelé l'infrastructure entre autres la révolte de 1947 : le calcul économique a toujours été déficient. En fin de compte, une hypothèse exprimant que les services publics sont présentés comme des services « d'intérêt général », incrimine le contexte mondial actuel préconisant la privatisation de toutes les activités économiques. Mais dans les années 90, le chemin de fer n'est plus entretenu, les matériels moteurs et remorqués ne sont plus fonctionnels et ne sont pas renouvelés<sup>6</sup>. La convention de concession de gestion et d'exploitation du réseau ferroviaire Nord a été par la suite signée le 10 Octobre 2002 au ministère de l'Economie, des finances et du budget (Midi Madagascar, 2002).

« Unique soumissionnaire pour la mise en concession du Réseau National des Chemins de Fer Malgaches, COMAZAR, commissionnaire en transports sud-africain vient donc de signer avec l'Etat malgache la convention de concession de gestion et d'exploitation. Cette convention donne à la Société MADARAIL créée par COMAZAR le droit de gérer et d'exploiter le réseau ferroviaire Nord de Madagascar, c'est-à-dire les lignes Tananarive-Côte-Est (TCE), Moramanga-Lac Alaotra (MLA) et Tananarive-Antsirabe (TA). La convention de concession est prévue pour une durée initiale de 25 ans avec des extensions éventuelles, renouvelables tous les 10 ans<sup>7</sup> ».

<sup>5</sup> Voir ANNEXE 1, Figure 15 - Madagascar Railway Network depuis 1936.

<sup>6</sup> Madagascar Railways, <https://www.trains-du-monde.com/Monde/Ocean-Indien/Madagascar/Madarail.php>, 30 Août 2018.

<sup>7</sup> Midi Madagascar, 11 Octobre 2002, <https://fr.allafrica.com/stories/200210110230.html>, 10 Octobre 2018.

Actuellement, Madagascar fait partie des pays en développement (PED) qui souffrent de problèmes infrastructurels notamment le problème de transports. Ce dernier est parmi les facteurs qui entravent l'essor économique et le développement. Sa couverture en infrastructure est logiquement l'une des couvertures la plus faible au monde. Malgré cela, le transport routier qui connaît également un problème très aigu tend à peser sur le secteur des transports. L'accentuation de cette concurrence rend l'avenir secteur ferroviaire incertain.

## **2. Objectif de l'étude**

L'objectif de cette étude est de contribuer au développement du secteur ferroviaire à Madagascar, éventuellement l'enrichissement de la nation, en présentant un cadre d'analyse permettant de mettre en perspective les impacts de son exploitation du point de vue théorique et du point de vue de son histoire, sur l'institution malagasy. De ce fait, cette étude présentera non seulement les incidences du secteur ferroviaire au niveau institutionnel mais aussi des perspectives de ce secteur compte tenu des résultats empiriques.

## **3. Hypothèses de la recherche**

Afin de répondre à la problématique citée plus haut et de déterminer le centre de cette étude, ce mémoire va se baser sur deux hypothèses, dont l'une s'appuyant sur l'accroissement de la quantité de biens transportée (ici, la quantité des biens transportée par trains) réduit la valeur des importations. Et l'autre hypothèse insistant que la variation (l'augmentation) du produit intérieur brut par habitant (c'est-à-dire *PIB/hab.*) n'agit pas sur l'importation.

## **4. Indicateurs de la recherche**

Cette section constitue une base des hypothèses énoncées ci-dessus, afin de faciliter leur vérification. Le PIB par habitant<sup>8</sup>, la quantité des biens transportée par train<sup>9</sup> et les indices de la valeur

---

<sup>8</sup> Le PIB par habitant est le produit intérieur brut divisé par la population en milieu d'année. Le PIB est la somme de la valeur ajoutée brute de tous les producteurs résidents d'une économie plus toutes taxes sur les produits et moins les subventions non incluses dans la valeur des produits. Elle est calculée sans effectuer de déductions pour la dépréciation des biens fabriqués ou la perte de valeur ou la dégradation des ressources naturelles. Les données sont en dollars américains courants (Banque mondiale, 2018).

<sup>9</sup> Les biens transportés par train sont le volume de biens transportés par train et mesurés en tonnes métriques fois les kilomètres parcourus (Banque mondiale, 2018).

des importations<sup>10</sup> sont de ce fait les principales variables<sup>11</sup> dans le contrôle de l'exactitude ou la véracité des hypothèses.

## **5. Résultats attendus**

D'une part, le premier résultat attendu de ce mémoire est la validité du modèle proposé tant au niveau théorique, qu'au niveau empirique et méthodologique.

D'autre part, la considération de l'histoire économique des chemins de fer malagasy constitue le socle de ce mémoire. En inspirant du célèbre dicton de l'économiste allemand, Karl Marx, « Celui qui ne connaît pas l'histoire est condamné à la revivre ». La méconnaissance de l'histoire ne conduira, en effet, qu'aux crises et tragédies passées. Par contre, la connaissance du passé économique pourrait incontestablement diriger l'entreprise vers sa plénitude, à savoir des résultats<sup>12</sup> qui assistent d'une part à moderniser le système d'exploitation ferroviaire afin de réduire les coûts et d'obtenir une meilleure qualité de transport à forte croissance, une meilleure productivité ; d'autre part à rétablir l'image de l'entreprise afin de pouvoir gagner sa place en tant que moyen de transport prédominant dans l'économie.

## **6. Plan**

Le présent mémoire se subdivise en trois parties dont :

- La première est consacrée à la présentation d'un cadre méthodologique de l'étude et théorique du secteur ferroviaire.

Cette partie aborde dans le Chapitre I la méthodologie de la recherche. Elle présente ensuite, les outils d'analyse de données. Puis, la démarche de traitements des données. Enfin, les problèmes rencontrés dans l'élaboration du présent mémoire font les objets de la dernière section.

---

<sup>10</sup> Les importations de biens et services représentent la valeur de tous les biens et autres services reçus du reste du monde. Elles englobent la valeur des marchandises, du fret, de l'assurance, du transport, des redevances, des frais de licences et des autres services tels que les communications, la construction, les services financiers, commerciaux et personnels ainsi que les services gouvernementaux. Ce taux ne tient pas compte de la rémunération des employés et des revenus d'investissements (anciennement appelés services des facteurs) et des paiements de transfert. Les données sont en dollars américains constants de 2010 (Banque mondiale, 2018).

<sup>11</sup> Les raisons de choix de ces indicateurs seront détaillées dans la première partie de ce mémoire.

<sup>12</sup> Des résultats qui valorisent l'exploitation des chemins de fer.

Le Chapitre II avance le fondement et analyse institutionnelle du secteur transport. Puis, la valeur sociale de transport ferroviaire : Analyse coûts-avantages. Ensuite, l'infrastructure et matériels du secteur ferroviaire. Enfin, dans la dernière section, les chemins de fer comme source d'emploi.

- La deuxième est réservée à la présentation des résultats et à des analyses de données.
- La troisième partie est consacrée aux discussions.
- Finalement, la conclusion pour clôturer ce mémoire.

## **Première partie : Cadre méthodologique et théorique**

Comme il est avancé dans le contexte plus haut, les chemins de fer malagasy ont vu le jour il y a un siècle et quart<sup>13</sup>. Ils ont été non seulement une nécessité coloniale mais aussi un outil de renforcement de l'assise politique. Toutefois, la longueur des lignes reste stationnaire, estimée à environ 860 km. Ces lignes ont toujours été menacées, tant au niveau des infrastructures, qu'au niveau opérationnel et financier.

Toutefois, la problématique est : « exploitation du chemin de fer exerce-t-elle une influence positive sur l'économie de Madagascar ? » L'idée de base est donc très simple : analyser les impacts d'exploitation du chemin de fer sur d'autres secteurs de l'économie. Mais dans le contexte universitaire et scientifique, une revue de la littérature relative au thème abordé ou un examen de l'ensemble de la documentation touchant d'une manière globale le secteur ferroviaire doit être effectué(e) avant de concevoir les réalités concrètes découlant des données relatives au chemin de fer malagasy. Puisque le chemin de fer est méconnu à Madagascar et très peu étudié.

Dans le but de mettre l'accent sur l'importance d'exploitation du chemin de fer (Chapitre II), cette partie présentera dans le chapitre premier l'ensemble des procédés, notamment la méthodologie de la recherche, les outils de traitement des données, la démarche de traitements des données et les problèmes rencontrés<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup> C'est-à-dire lors du début de la colonisation française de Madagascar (1896-1960).

<sup>14</sup> Il faut toujours considérer les problèmes, « Ce qui ne tue pas rend plus fort », les difficultés ou les obstacles peuvent être bénéfiques ou accroître la force morale de sa victime.

## Chapitre I : Cadre méthodologique

### 1. Méthodologie de la recherche

Afin d'avancer dans ce mémoire et de mener à bien la recherche ; et donc la possibilité de vérifier les deux hypothèses citées précédemment, les quatre points suivants se manifestaient comme indispensables. Premièrement, les méthodes traditionnelles résultant de la collecte d'information et de la recherche bibliographique ont été effectuées, en consultant des œuvres qui touchent l'économie malagasy en particulier l'économie de transport. Deuxièmement, un procédé par des entretiens avec les personnes clés a également été réalisé, des audiences offrant un ensemble des connaissances spécialisées, dans le but de garantir la réalité relative au secteur ferroviaire malagasy. Troisièmement, un système plus efficace que ceux qui sont cités plus haut, une méthode visuelle qui consiste à faire une observation directe sur terrain. Pour ce faire, la visite de l'entreprise Madarail (à la gare Soarano) a été réalisée. Cette observation a duré pendant cinq heures et a permis ainsi de considérer la réalité d'exploitation des secteurs qui sont intimement liés au transport ferroviaire. Enfin, sans négliger la méthode d'investigation moderne, une recherche sur Internet pour obtenir des données actualisées.

### 2. Outils de traitements des données

L'économétrie est le principal outil dans ce mémoire afin de valider le modèle proposé. Elle est d'une part, un outil de la validation de la théorie et d'autre part, un outil d'investigation. Brièvement, l'économétrie<sup>15</sup> se définit comme un outil à la disposition de l'économiste qui lui permet d'infirmer ou de confirmer les théories qu'il construit. Le théoricien postule des relations ; l'application de méthodes économétriques fournit des estimations sur la valeur des coefficients ainsi que la précision attendue. Une question se pose alors : pourquoi estimer ces relations, et les tester statistiquement ? Plusieurs raisons incitent à cette démarche : tout d'abord cela force l'individu à établir clairement et à estimer les interrelations sous-jacentes. Ensuite, la confiance aveugle dans l'intuition peut mener à l'ignorance de liaisons importantes ou à leur(s) mauvaise(s) utilisation(s). De plus, des relations marginales mais néanmoins explicatives, qui ne sont qu'un élément d'un modèle global, doivent être testées et validées afin de les mettre à leur véritable place. Enfin, il est nécessaire de fournir, en même temps que l'estimation des relations, une mesure de la confiance que l'économiste peut avoir en celles-ci, c'est-à-

---

<sup>15</sup> Régis Bourbonnais, Econométrie 9 édition page 5.

dire la précision que l'on peut en attendre. Là encore, l'utilisation de méthodes purement qualitatives exclut toute mesure quantitative de la fiabilité d'une relation.

### 3. La démarche de traitements des données

Tous les calculs dans le traitement des données, sont réalisés à l'aide du programme Stata<sup>®</sup> 12.0<sup>16</sup>. Et compte tenu de la définition plus haut, la démarche utilisée dans cette étude peut se résumer comme suit :

- Partir d'une théorie économique ;
- Spécifier un modèle qui permet de tester la théorie ;
- Estimer les paramètres avec les données empiriques : selon le modèle proposé plus tard, l'estimation des paramètres se fait par la méthode des Moindres Carrées Ordinaires (MCO) ;
- Tester<sup>17</sup> sa validité : dans cette étude, chaque hypothèse est testée graphiquement et vérifiée numériquement, afin de confirmer ou affirmer les intuitions fournies par les tests graphiques.

### 4. Problèmes rencontrés

Malgré la longue procédure de la demande de recueils de données (formalité de la demande de recueils de données), certains organismes ont gardé leurs données statistiques dans leurs « armoires » et ont refusé de partager ces informations, sous-prétexte que ces dernières sont confidentielles. Mais cela n'est pas un empêchement dans la poursuite de l'investigation. D'autres organismes comme l'Institut National de la statistique (INSTAT), et le Ministère des Transports et de la Météorologie de Madagascar (MTM) ont partagé des données intéressantes mais leurs données ne comportent que très peu d'observations. Ainsi, les données de la Banque Mondiale ont permis d'obtenir des données statistiques concernant la valeur des importations, l'évolution du **PIB/habitant** et la quantité des biens transportée par trains au cours de la période 1981-2000. De ce fait, les statistiques descriptives ne comportent que vingt observations<sup>18</sup>. En conséquence, la cohérence des analyses de données dans la deuxième partie repose sur la qualité des données de la Banque Mondiale et sur le fait que le niveau moyen de la richesse de la population est assimilé au **PIB/habitant**.

---

<sup>16</sup> Statistics/Data Analysis, StataCorp, Copyright © 1985-2011 StataCorp LP, 4905 Lakeway Drive, Special Edition, College Station, Texas 77845 USA, 800-STATA-PC, <http://www.stata.com>, 979-696-4600, [stata@stata.com](mailto:stata@stata.com), 979-696-4601 (fax).

<sup>17</sup> Un test est une procédure de décision sur une hypothèse contre une autre à partir d'un échantillon expérimental d'une taille connue (Hypothèse alternative et hypothèse nulle).

<sup>18</sup> De ce fait, les tests de stationnarité comportent une complication.

## Chapitre II : Cadre théorique

Approfondir l'économie de transport peut avoir des retombées positives dans la résolution des problèmes liés à la répartition des richesses et à l'allocation optimale des ressources. Sans elle, une économie n'a nullement un aboutissement positif. L'économie de marché est plus complexe en absence du transport. Ceci est valable quel que soit le mode de transport et quel que soit son utilisation, au niveau national ou à l'échelle internationale. Ils prédominent dans tous les secteurs de l'économie.

### 1. Fondement et analyse institutionnelle du secteur transport

Dans une économie, les transports assurent l'essentiel de la communication d'un lieu dans un autre. En effet, grâce à un système de liaisons, ils tendent à faire cesser l'enclavement et l'isolement d'une localité et donc décentralisation au profit des régions. Pour mener à bien l'exploitation des marchandises (matières premières, produits finis, etc.), ces dernières partent d'un centre à destination des périphériques (régions périphériques ou reste du monde) ou vice versa. Quel que soit le mode de transport, les transports constituent les « artères » d'une économie. L'emprunt du mot « artère » de l'anatomie découle du fait qu'à l'absence du transport, l'économie serait absolument inerte. « Les transports tendent à constituer de plus en plus un secteur clé de l'Economie d'une Nation » (Nguyen, 1969). Plusieurs modes de transport veillent actuellement sur ces points vitaux, à savoir le transport aérien, transport maritime, transport routier, transport fluvial, transport par conduite<sup>19</sup>, le transport ferroviaire, etc. Le chemin de fer a unifié davantage la nation. Cela est expliqué par le fait que le transport, en particulier le transport ferroviaire, à partir du XIX<sup>e</sup> siècle, a permis à ce que l'Etat imposait sa présence sur l'ensemble du territoire, permettant de déplacer des troupes, les courriers, les fonctionnaires, etc.

Nombreux économistes considèrent la nature comme source de richesse, et source d'accumulation de capital, sans se patienter à appuyer leurs travaux à des analyses statistiques mais s'handicapent à la course au facteur transport, sans doute parce que celui-ci, étant fondu dans le facteur capital de production ou tout simplement parce que celui-ci n'étant pas un facteur déterminant de production. Est-ce pour cela que les rôles de transports sont souvent négligés voire ignorés ? une énigme surprenante dans la plupart des PED, comme la majorité des pays africains qui possède des potentialités

---

<sup>19</sup> Le transport par conduite est un transport obtenu par différence de pression, sans utilisation d'engin mobile, à l'intérieur d'une infrastructure fixe (Nguyen, 1969).

de richesse n'est pas capable de les mener avec diligence. Ne serait-elle pas en rapport avec leur incapacité de répondre à la demande en transport ? De manière qu'il s'agit d'un système de communication entre deux lieux, cette énigme serait fortement corrélée à leur problème de transport. En s'inspirant de l'analyse de l'économiste indien Amartya Sen (Prix Nobel d'économie en 1998), dans laquelle l'auteur a introduit une dimension philosophique dans la théorie du sous-développement, Sen y montre que les famines ne sont pas dues au manque absolu de la nourriture mais en partie au régime politique en exercice. Au-delà de son analyse, les problèmes liés au transport font intuitivement partie des problèmes de la répartition de la richesse. En effet, une nation dispose des ressources alimentaires pour nourrir l'ensemble de la population d'un pays, mais l'absence du moyen de transport peut empêcher une partie de cette population d'y avoir accès. Cela est à l'origine de la mauvaise répartition des ressources alimentaires. Les transports font, en effet, le but de répartir ces ressources alimentaires et cette répartition va de pair avec la diminution de la valeur des importations. De toute évidence, l'importation est une fonction décroissante de la quantité des biens transportée par train et n'a rien à voir avec la variation du niveau de la richesse du pays.

Formellement, la fonction des importations<sup>20</sup> s'écrit :

$$M = \begin{cases} f^{\pm}(PIB/hab.) \\ g^{-}(Qt) \end{cases}$$

où

- **M** : Importations ;
- **Qt** : Quantité des biens transportée par train ;
- **PIB/hab.** : Produit Intérieur Brut divisé par le nombre de la population.

D'où, le facteur transport est une source d'externalités positives par des « effets d'entraînement<sup>21</sup> » sur les autres secteurs de l'économie. Dans cette perspective, le secteur des transports

<sup>20</sup> Ce modèle est le socle des analyses de données de la présente étude.

<sup>21</sup> L'effet d'entraînement est un mécanisme par lequel la croissance d'un secteur est censée entraîner l'expansion d'autres secteurs de l'économie du fait du poids ou de l'avancée technologique du secteur leader. Cet effet passe par l'apparition d'externalités positives (innovations technologiques qui vont profiter aux techniques de production de l'ensemble de l'économie par exemple). Se met alors en place un cercle vertueux de croissance où chaque secteur de l'économie entraîne l'expansion des autres par des effets de liaison (Philippe, 2008).

modernes a la possibilité de déclencher la troisième étape de la croissance, le « *take-off*<sup>22</sup> » (décollage), de la célèbre analyse représentée par les travaux de l'économiste américain Walt Rostow (en 1961, « Les étapes de la croissance, un manifeste non communiste »).

A cet effet, les transports jouent un rôle fondamental dans le développement des autres secteurs de l'économie. Les autorités ont donc intérêt à tenir la responsabilité de façon que l'infrastructure des transports soit subventionnée et soit maintenue dans un état impeccable pour permettre au matériel de transport d'entreprendre ou de poursuivre les activités d'intérêt général ; le trafic n'est qu'une fonction croissante de l'intervention de l'Etat dans le financement des moyens d'exploitation de l'infrastructure. Toutefois, financer l'infrastructure est une procédure longue et coûteuse qui nécessite parfois un appui<sup>23</sup> de la part du Fonds Monétaire International (FMI) ou des bailleurs de fonds traditionnels pour les PED.

Du côté des voyageurs, il existe trois motifs qui incitent à « voyager », à savoir le travail, le tourisme et la santé. Et du côté des marchandises, le motif de transport est résumé sur l'action de distribuer. Il est à préciser que pour tout motif de transport, le choix d'un mode de transport est une fonction de la valeur économique du gain de temps ou tout simplement une fonction de la réduction au minimum du frais (par exemple, la seule chose qui compte vraiment pour les voyageurs, c'est d'arriver à l'heure et de voyager avec un certain confort). Cela fera appel à la sous-section suivante qui offre une analyse plus ou moins détaillée de la concurrence entre les modes de transport.

## **2. Valeur sociale du transport ferroviaire : Analyse coûts-avantages**

L'Analyse coûts-avantages (ACA) constitue un outil permettant à un économiste de résoudre les problèmes liés à l'allocation optimale des ressources. L'ACA est utilisée en évaluation ex ante comme outil de décision d'investissements d'un projet de transport.

Afin de simplifier cette analyse, cette section tente d'éliminer les détails non pertinents et ne considère, de ce fait, que les transports terrestres. Sachant que tous les transports offrent le même service de porter d'un lieu à un autre (secteur tertiaire), et en se basant sur la rationalité de consommateur de ce service : maximiser la satisfaction de ce dernier est équivalent à la minimisation des coûts de transport

---

<sup>22</sup> Apparition du progrès technique, le taux d'investissement augmente fortement, ce qui lance la croissance économique. Cette période est assimilée à la révolution industrielle des pays développés des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles (Philippe, 2008).

<sup>23</sup> Lorsque l'Etat est déficitaire et ne parvient pas à investir dans leur infrastructure.

qui peuvent survenir, tout en minimisant la durée de transport, le risque d'aléas et la quantité de la pollution de l'air. Les exploitants du secteur des transports terrestres sont, de ce fait, confrontés à des nombreux défis. Dans ce cadrage s'introduit la notion de la concurrence entre les moyens de transports ; tandis que la meilleure situation est l'équilibre entre ces modes de transport autrement dit, chacun d'entre eux doit être complémentaire avec d'autre. Par contre, cette concurrence, disparaît dans d'autre condition : « soit le transport ferroviaire disparaît, soit le transport routier s'efface » (Allais, 2013), c'est-à-dire il n'existe qu'un seul moyen de transport. D'un côté, l'hypothèse sur la rationalité de consommateur détermine par conséquent la « valeur sociale » de transports. De l'autre, cette hypothèse peut être « mise entre parenthèses » et la mauvaise coordination des transports incitée par des autorités accentue la concurrence.

En effet, la concentration d'investissement dans l'infrastructure d'un seul secteur succombe le développement progressif de l'autre secteur des transports. De la sorte que l'optimisation de l'investissement dans le secteur des transports complète la meilleure coordination. Cette dernière maintient finalement le fonctionnement cohérent des modes de transport et conclue à une hiérarchisation des transports qui soit optimum du point de vue économique. A ce propos, il serait raisonnable de déterminer la mesure d'une bonne coordination pour aboutir à ce que le financement soit équilibré ou destiné au projet ayant la valeur socio-économique<sup>24</sup> la plus élevée.

Toutefois, l'analyse sur la spécialisation et la limite de transport ferroviaire est fondamentale dans la notion de coordination des transports. Le transport ferroviaire tire incontestablement l'avantage sur l'*allocation optimale des ressources*, c'est-à-dire l'avantage dans les grandes distances sur la plus grande capacité de transport et la plus faible utilisation d'énergie<sup>25</sup>. En effet, le train utilise une caractéristique physique très simple qui est le contact d'une roue d'acier sur un rail d'acier, ce contact roue-rail génère extrêmement peu de frottement. À ce point, emmener peu de puissance pourrait emporter une charge importante.

---

<sup>24</sup> La comparaison des coûts de l'infrastructure et matériels du secteur ferroviaire par rapport aux autres modes de transport est détaillée dans la section 3 de ce chapitre.

<sup>25</sup> Efficacité énergétique des transports passagers mesurée en *Pkm/Kep* (*Passenger-kilometer, 1kwh = 0.086Kep*) : 170 pour un train à grande vitesse (TGV), 106 pour un train rapide, 90 pour un train banlieue, 52.5 pour un train régional, 54.1 pour un bus, 39 pour un véhicule privé et 20 pour un avion.  
Source : SNCF, ADEME, 1997.

Donc, moins d'énergie soustrait une bonne quantité de  $CO_2$  émise<sup>26</sup> ; en plus, la ligne ferroviaire occupe moins de sol par rapport à une autoroute : le transport ferroviaire est digne de respecter de l'environnement<sup>27</sup>.

Malgré cette distinction, les limitations de tracé par les caractéristiques de rampes (ou pentes) constituent sa faiblesse (Barrón, 2009). L'obstacle principal est donc la géographie. Comment, par exemple, passer par-dessus des fleuves ? Ou gravir les montagnes ? Le refus de rampes est, en conséquence, l'objet de la construction des ouvrages d'art. D'autre part, compte tenu de ce petit frottement au niveau du contact roue-rail, faire rouler des trains à des vitesses élevées n'a pas été l'étape la plus compliquée de l'histoire du chemin de fer. Techniquement, la vraie difficulté est plutôt l'inverse, freiner. Par exemple, un train à grande vitesse d'aujourd'hui (TGV qui est l'invention française) roulant à pleine vitesse ne met pas moins de trois kilomètres<sup>28</sup> pour s'immobiliser. La notion de la sécurité est devenue ainsi primordiale dans le chemin de fer. Afin de minimiser en continu les inévitables aléas qui surviennent et pour que la précision et cette sécurité deviennent absolues, les systèmes de signalisation garantissent la sécurité au niveau des « passages à niveau » (ceci afin de réduire le risque de collision entre une voiture et train) ; les régulateurs de trafic peuvent suivre la position des trains, à chaque instant, sur les voies (ceci également afin d'éviter qu'un train percute par l'arrière un autre train) ; etc.

### 3. L'infrastructure et matériels du secteur ferroviaire

L'infrastructure ferroviaire n'est pas une œuvre *ex nihilo* comme celle du transport aérien et transport maritime (air et mer), et présente en effet des coûts généralement élevés, notamment le coût de l'infrastructure de la ligne (terrassement et l'ouvrage) et celui de la superstructure (qui comprend tous les matériaux et éléments se situant au-dessus de la ligne d'infrastructure dont ballast, rail, traverses, etc.). En 1964, si le coût moyen de la construction de la ligne ferroviaire est de l'ordre de 0.4 million de

<sup>26</sup> Sur une distance moyenne, 400 – 500km environ :

- 10 vols par jour = 6700tonnes de  $CO_2$  par an ;
- Les émissions par passager équivalent à 80kg si le voyage s'effectue par avion (le poids du passager) et 13kg si le voyage s'effectue par train (le poids de la valise).

Source : Barrón – DUP LGV Montpellier – Perpignan – Béziers, 2 avril 2009.

<sup>27</sup> 3,2 ha/km pour une ligne à grande vitesse et 9,3 ha/km pour une autoroute (valeurs moyennes) (Barrón, 2009).

<sup>28</sup> D'après les spécialistes du transport ferroviaire, un double TGV d'une masse de 1000T circulant à 200km/h s'arrêtera en 1300m et de 3km minimum à 300km/h. Source : <https://bflorianrail.wordpress.com/2011/01/02/petites-mises-au-point-ferroviaire-le-freinage-des-trains/>, 10 Février 2019.

francs le kilomètre, celui de la route est évalué entre 0.2 et 0.4 millions de francs pour les routes à deux voies, entre 0.4 et 0.6 million de francs pour les routes à trois voies et entre 3.2 et 4.0 millions de francs pour les routes à plus de trois voies (2 \* 3 voies) (Nguyen, 1969). Mais les coûts de construction de l'infrastructure ferroviaire sont aléatoires et fonctions des caractéristiques des rampes, de la fréquence et du poids des trains. Il est à noter également que tout réseau aménagé pourrait inclure de nombreuses gares, croisements, ponts, tunnels ou autres ouvrages d'art. Cela complique l'évaluation des différents coûts et de la réalisation de l'infrastructure ferroviaire. Sur ce fondement, ce secteur ne peut pas être exploité par plusieurs exploitants sans parvenir à une dépense de capitaux imprévue. D'où, la qualité monopolistique à l'intérieur de l'exploitation du secteur ferroviaire. Toutefois, il existe actuellement des technologies de travail optimal et des machines pouvant être utilisées efficacement et permettant d'optimiser à la fois la qualité et le temps nécessaires aux interventions.

#### **4. Les chemins de fer comme source d'emploi**

Avec la naissance du chemin de fer, un ensemble de métiers a vu le jour : aiguilleur, ajusteur, cantonnier, chauffeur etc. A ce propos, les compagnies ferroviaires construisent et installent des cités cheminotes destinées à loger tous ces employés. Ces cités cheminotes correspondent à la philosophie de prendre en charge l'individu presque de la naissance à la mort. Pour les compagnies, former ces personnels techniques est un investissement long et couteux. Afin de garder ces derniers, la majorité des compagnies qui ont hérité de la politique ferroviaire française rémunère leurs employés avec des salaires importants et s'occupent aussi de la scolarité de leurs enfants (de la sorte que ces compagnies cherchent, en quelque sorte, à embaucher des enfants des cheminots) (Béla, 2010).

#### **5. Récapitulation**

Cette partie a montré que les déséquilibres économiques ne sont pas exogènes du déficit en transport ferroviaire. C'est-à-dire, en partie, l'exploitation du chemin de fer permet de maîtriser l'accroissement des importations. De la sorte que le chemin de fer est une source d'externalités positives par des « effets d'entraînement » sur les autres secteurs de l'économie. Ce secteur est alors indispensable tant au niveau des industries locales qu'au niveau d'autres secteurs de l'économie (secteur agricole, service).

## Deuxième partie : Résultats

Suite à la visite de la compagnie ferroviaire MADARAIL, le rapport de cette visite va être abordée dans cette partie. Ensuite, le traitement des données de la Banque Mondiale fait l'objet du Chapitre IV.

### Chapitre III : Résultats

#### 1. Rapport de visite<sup>29</sup> de la compagnie ferroviaire de Madagascar

La Société MADARAIL créée par COMAZAR gère et exploite le réseau ferroviaire Nord de Madagascar, c'est-à-dire les lignes Tananarive-Côte-Est (TCE), Moramanga-Lac Alaotra (MLA) et Tananarive-Antsirabe (TA). Elle est une Société Anonyme, avec un Capital Social de 5 000 000 000 MGA. Il siège au première avenue de l'indépendance, précisément à la Gare Soarano, BP 1175, Antananarivo 101. Téléphone : +261 20 22 345 99.

Au cours de l'année 2008, l'opérateur Belge « VECTURIS » devient l'actionnaire majoritaire de Madarail. Aujourd'hui, concernant les personnes qui possèdent des actions à l'entreprise, l'actionnaire principal est Madarail HOLDING, avec 75% d'action et le reste appartient à l'Etat. Madarail emploie environ 890 personnes (toutes catégories confondues, en Septembre 2018), à savoir :

- Agents d'encadrement ou agents cadres : composés d'environ 100 personnes (12% des salariés totales), ce sont les concepteurs (les personnes chargées de créer de nouveaux concepts comme conceptions publicitaires, conceptions graphiques, etc.), avec un diplôme de maîtrise au minimum ;
- Agents de maîtrise : aux alentours de 250 salariés (28% de travailleurs), avec un niveau d'étude intermédiaire entre le baccalauréat et la licence. Ils gèrent, programment ou donnent les commandes aux agents d'exécution ;
- Agents d'exécution : avec un niveau terminal, 60% des personnes embauchées.

#### a. Trois unités administratives

Il existe trois directions au sein de cette compagnie :

---

<sup>29</sup> Visite de la compagnie MADARAIL, le 27 Septembre 2018.

- Direction exploitation chargée de tenir la responsabilité sur la qualité de transport (Fluidité de circulation, sécurité : minimiser les risques d'accident, régularité de circulation : respect de temps). En effet, elle gère la circulation des trains (du chargement au déchargement) et donc l'entrée de chiffre d'affaire de manière efficace ou efficiente ;

- Direction installation fixe : plan de transport (priorisation des marchandises), l'exploitation des matériels existants (matériels moteurs, matériels remorqués) ;

- Direction matérielle réservée aux entretiens des machines, roues métalliques, etc. et aux bons fonctionnements des ateliers.

### **b. Ateliers**

L'entreprise assure ses fonctionnements autour de plusieurs ateliers :

- Atelier de fonderie où l'on fond les métaux, les alliages ;

- Atelier batterie qui concerne l'ensemble d'éléments générateurs d'énergie électrique ;

- Atelier des essieux examinant la pièce de métal qui relie des roues, bogie (langage des cheminots) ;

- Atelier matériel moteur qui assure la réparation des locomotives et des machines destinées aux différentes interventions (examens et réparations des voies) ;

- Atelier de peinture (ne pas confondre avec le verbe peindre, recouvrir de peinture, représenter des êtres, des choses à l'aide de la peinture) unisse les actions d'enduire les surfaces de couleur, les ouvrages de peinture, les techniques et arts du peintre ;

- Atelier entretien infrastructures techniques.

### **c. Problèmes apparents**

Les problèmes rencontrés par la compagnie Madarail se résument par la pénurie en locomotives, l'insuffisance et le vieillissement de l'ensemble d'infrastructures (gare, voie, etc.), l'insuffisance de clients, etc. Lors de la visite de l'entreprise, les constatations sont les suivantes :

Madarail possède 17 locomotives dont seules les **trois sont opérationnelles** telles que les locomotives AD18 (voir ANNEXE 8) (1800 CV diesel, avec une consommation de 3litres/km) pour desservir l'ensemble des voies du réseau Nord.

La compagnie Madarail ne connaît que très peu de clients. Et son portefeuille-clients est essentiellement composé des personnes physiques ou morales suivantes :

- Logistique pétrolière : dans le transport des carburants.
- Chromite d'Ambatondrazaka.
- Holcim : transport des ciments.
- LMM (Le moulin de Madagascar) : transport de blé.
- Madarail est en collaboration avec la société Ambatovy : dans le transport des matières premières comme soufres, calcaires et charbons de terre (sur 11 km, du port au site d'Ambatovy 24h/24).
- Les touristes : transport des voyageurs.

Le tronçon de voie ferré de la gare Soarano à Soanierana est commun au TCE et au TA, mais était anciennement à double voie, mais la deuxième voie a été rayée. Ce qui nécessitera la bonne maîtrise de gestion opérationnelle des circulations.

Le secteur ferroviaire à Madagascar vit une phase de déclin que la gare Soarano a été transformée en centre commercial avec restaurant, boutiques, galerie d'art et bureaux d'information touristique.

## 2. Données

Les données suivantes sont principalement extraites depuis le site de la banque mondiale.

Donnée utilisée	Type de variable	Source
Le PIB par habitant	<b>Variable exogène</b>	<b>Données des comptes nationaux de la Banque mondiale et fichiers de données des comptes nationaux de l'OCDE.</b>
Les biens transportés par train	<b>Variable exogène</b>	<b>Banque mondiale, département des transports, de l'eau et des technologies de l'information et de la communication, division des transports.</b>
la valeur des importations	<b>Variable endogène</b>	<b>Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement, Manuel de Statistiques et fichiers de données, Statistiques financières internationales du Fonds Monétaire international.</b>

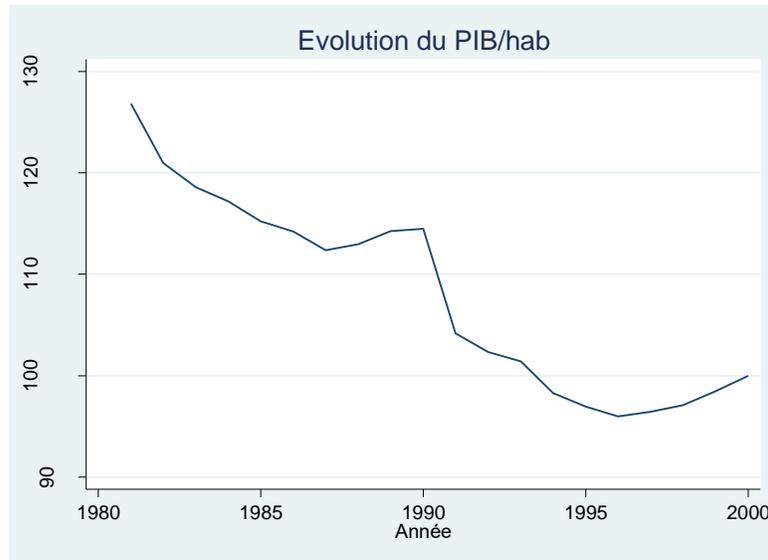
Les données utilisées dans le cadre de cette étude reflètent la situation économique de l'année 1981 à l'année 2000 et ont comme année de base l'année 2000. Elles sont représentées ci-dessous, sous forme graphique.

**NB :**

- **Les graphiques et les tableaux suivants sont obtenus à partir du logiciel Stata 12.**
- **Les résultats mineurs, non pertinents par rapport aux hypothèses sont placés dans les annexes.**

### a. Evolution du *PIB/hab.* de 1981 à 2000

Figure 1 - Evolution du *PIB/hab.* de 1981 à 2000



Source : auteur, 2018.

A partir de ce graphique, le *PIB/hab.* de Madagascar a décliné au cours des années 80, mais s'est relevé vers la fin de cette période. Ensuite, au début des années 90, ce niveau de la richesse divisé par le nombre d'habitant a de nouveau connu une baisse. Implicitement, la courbe tendance<sup>30</sup> de cette série est une droite décroissante, malgré l'incertitude de la variation. Dans l'ensemble, cette diminution est due au rythme de la croissance<sup>31</sup> démographique.

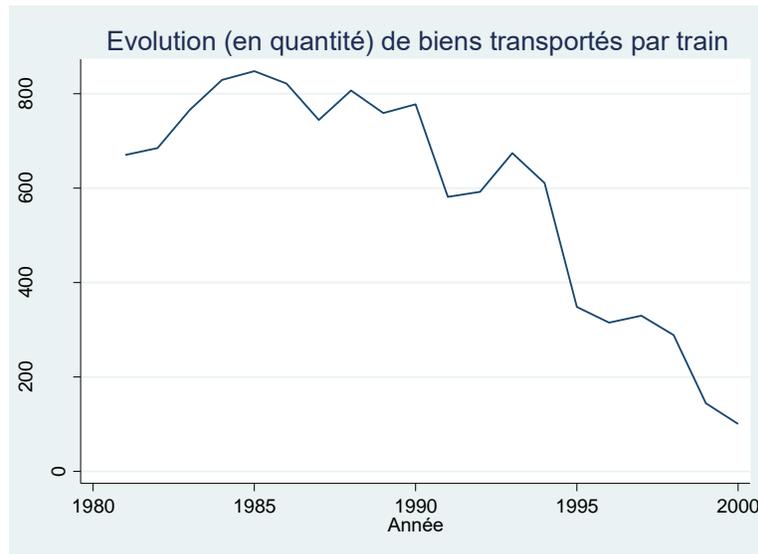
### b. Evolution (en quantité) de biens transportés par train de 1981 à 2000

L'examen graphique de la Figure 2 permet de souligner la diminution de la quantité de biens transportée par train au cours des vingt dernières années du XX<sup>e</sup> siècle. Cette baisse découle de la chute énorme de la vitesse de circulation des trains (vitesse qui est normalement évaluée à 75 km/heure a chuté jusqu'au 40 km/heure, et donc la diminution annuelle de la quantité des marchandises et des voyageurs transportés).

<sup>30</sup> Cette courbe de tendance est donnée par l'équation :  $y = -1,9732x + 132,56$ , ( $R^2 = 0,8441$ ).

<sup>31</sup> La population malagasy a augmenté d'environ 332210 habitants par an, au cours de la période considérée (Banque mondiale, 2018).

Figure 2 - Evolution (en quantité) de biens transportés par train de 1981 à 2000



Source : auteur, 2018.

Cette chute est d'abord due au vieillissement de l'infrastructure, notamment les rails obsolètes et qui datent de la colonisation (obsolète signifie qu'il y a une partie de voie qui nécessite une réparation). Ensuite, elle est causée par l'archaïsme des engins moteurs et des matériels transportés. Enfin, cette chute est expliquée par la condition géographique, des chaînes montagneuses du pays (les infrastructures et les locomotives n'y sont plus adaptés). Une simple inattention de manœuvre risque de provoquer un déraillement. Ce qui entraîne une insécurité du transport ferroviaire à Madagascar. En tenant compte cette insécurité : prendre un train est synonyme de courir un danger. L'entreprise ne favorise donc pas une image positive, un des facteurs qui n'accroîtra pas la quantité de la demande en transport ferroviaire.

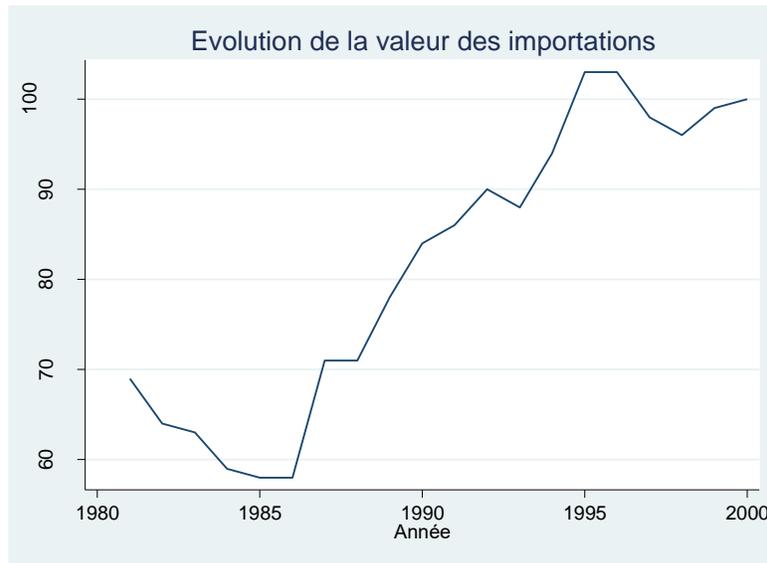
### c. Evolution de la valeur des importations de 1981 à 2000

Concernant les importations (Figure 3) au cours de la période considérée, sa valeur s'est dégradée entre 1981<sup>32</sup> et 1985. Elle s'intensifie à partir de la moitié des années 80. Par conséquent, la courbe tendance<sup>33</sup> est une droite croissante.

<sup>32</sup> Début de la période des programmes d'ajustements structurel de 1980-1990.

<sup>33</sup> Cette courbe de tendance est donnée par l'équation :  $y = 2,5338x + 54,995$ , ( $R^2 = 0,8538$ ).

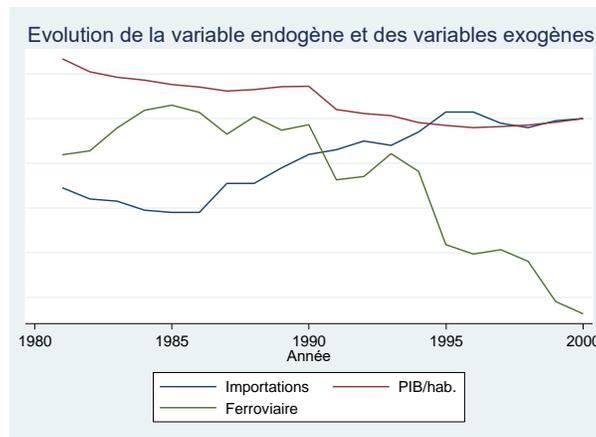
Figure 3 - Evolution de la valeur des importations de 1981 à 2000



Source : auteur, 2018.

#### d. Evolution de la variable endogène et des variables exogènes

Figure 4 - Evolution de la variable endogène et des variables exogènes



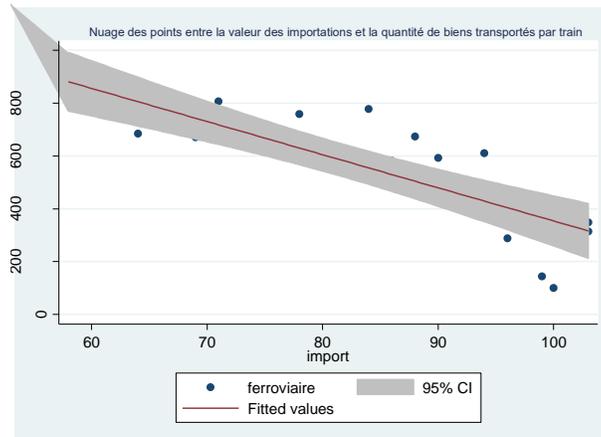
Source : auteur, 2018.

La figure ci-dessus est obtenue en combinant trois graphiques précédents. Les deux premières courbes (« *PIB/hab.* » de la Figure 1 et « Ferroviaire » de la Figure 2) évoluent pratiquement dans le même sens : elles augmentent et diminuent simultanément. De la sorte qu'il y a un lien entre ces deux variables. En effet, le *PIB/hab.* est en quelque sorte influencé par la variation de la quantité de biens transportée. Lorsque la quantité de biens transportée diminue, le *PIB/hab.* diminue également. Mais les importations s'intensifient. Intuitivement, il existe une corrélation négative entre « Ferroviaire » et « Importations » (vérifiée plus tard dans le Tableau 2 - Matrice de corrélation).

### e. Nuage des points entre la variable endogène et les biens transportés par train

Le graphique suivant est alors obtenu en mettant en abscisse la valeur des importations et en ordonnée la quantité de biens transportés par train.

Figure 5 - Nuage des points entre la variable endogène et les biens transportés par train



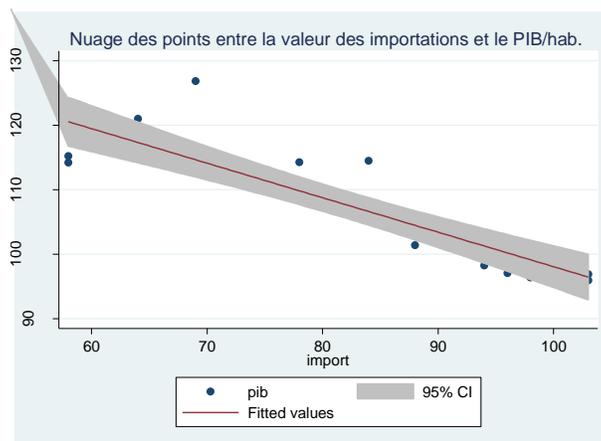
Source : auteur, 2018.

L'ensemble des points de la Figure 5 forme pratiquement une droite décroissante (ou pour précision une courbe décroissante). Formellement :  $M = g^-(Qt)$ .

### f. Nuage des points entre la valeur des importations et le PIB/hab.

De la même manière, mais en mettant en ordonnée le PIB/hab.

Figure 6 - Nuage des points entre la valeur des importations et le PIB/hab.



Source : auteur, 2018.

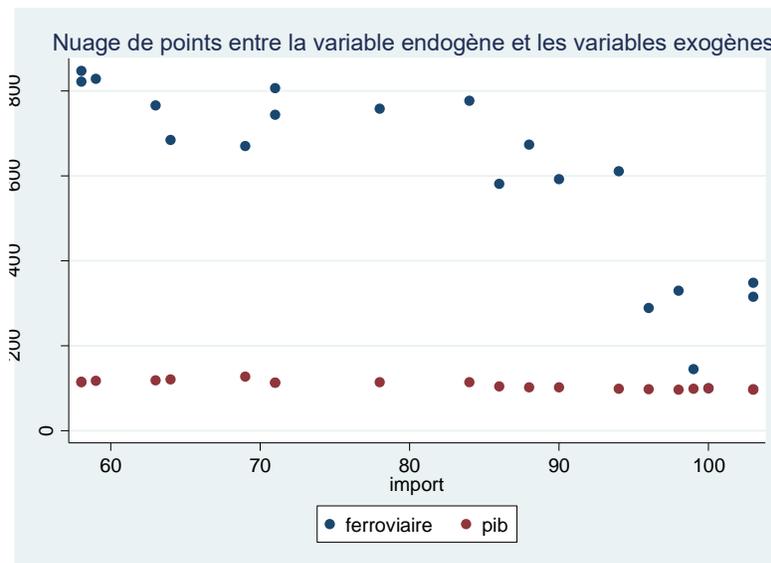
Le nuage des points entre la valeur des importations et le *PIB/hab.* forme également une courbe décroissante. Formellement,  $M = f^-(PIB/hab.)$ .

### g. Nuage de points entre la variable endogène et les variables exogènes

La Figure 7 s'obtient, en combinant la Figure 5 et la Figure 6.

Toutefois, les ajustements ci-dessus et de la Figure 7 suivante ne sont que des conditions nécessaires (mais ne suffisent pas) pour conclure la corrélation entre la variable endogène et les variables exogènes. Dans le but de comprendre, d'expliquer, de reproduire et de prévoir cet événement, la démarche économétrique qui consiste à représenter à l'aide d'équations le comportement de cet événement et à estimer les coefficients des équations recourant à l'historique de cet événement sera abordée dans le chapitre suivant.

Figure 7 - Nuage de points entre la variable endogène et les variables exogènes



Source : auteur, 2018.

### 3. Récapitulation

Etant donné que la diminution du *PIB/hab.* qui est appuyée par la diminution de la quantité de biens transportée fait accroître l'importation. La valeur des importations est alors compatible au modèle théorique, et s'écrit comme (rappel) :

$$M = \begin{cases} f^-(PIB/hab.) \\ g^-(Qt) \end{cases}$$

où

- **$M$**  : Importations ;
- **$Qt$**  : Quantité des biens transportée par train ;
- **$PIB/hab.$**  : Produit Intérieur Brut divisé par le nombre de la population.

Après cette spécification du modèle, l'étape suivante est d'estimer les paramètres qui permet d'établir clairement et à estimer les interrelations sous-jacentes.

## Chapitre IV : Analyses de données

A partir du modèle préétabli précédemment, où  $M = \varphi(\overline{PIB/hab.}, \overline{Qt})$ , le but de ce chapitre est de comprendre, d'expliquer, de reproduire et de prévoir cette relation en utilisant les données présentées plus haut.

Le modèle linéaire multiple à estimer s'écrit :

$$M_t = \alpha PIB/hab._t + \beta Qt_t + A^{34} + \varepsilon_t \quad [1]$$

où  $t$  est la date à laquelle  $PIB/hab._t$ ,  $M_t$ , et  $Qt_t$  sont observés, et  $\varepsilon_t$  est une variable aléatoire représentant l'erreur de spécification. Cette dernière constitue le fait que toute modélisation d'un phénomène ne peut pas être parfaite.

### 1. Statistiques descriptives

Tableau 1 - Statistiques descriptives ( $M$ ,  $PIB/hab.$  et  $Qt$ )

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
import	20	81.6	16.22344	58	103
pib	20	107.9126	9.718449	95.97761	126.8218
ferroviaire	20	584.8148	240.4058	100	848.1481

Source : auteur, 2018.

Le tableau ci-dessus montre que :

- L'indice de  **$PIB/hab.$**  (par rapport à l'année 2000) maximal qui est égal à **126.82** est observé à l'année 1981 ;  **$PIB/hab.$**  minimal qui est estimé à **95.98** est à l'année 1996.

- La **quantité maximale des biens transportée** par train est obtenue durant l'année 1985. Et la minimale est à l'année 2000.

- **L'indice la valeur des importations** maximale est constaté entre les années 1995 et 1996. Et son minimum est entre les années 1985 et 1986.

D'une manière linéaire, ces résultats indiquent que le  **$PIB/hab.$**  et **quantité des biens transportée** sont décroissants tandis que **la valeur des importations** est croissante au cours de la période 1981-2000.

<sup>34</sup> Ce terme constant désigne la valeur des importations incompressibles.

## 2. Matrice de corrélation

Tableau 2 - Matrice de corrélation

	import	pib	ferrov <sup>~</sup> e
import	1.0000		
pib	-0.8930	1.0000	
ferroviaire	-0.8463	0.7626	1.0000

Source : auteur, 2018.

Ce résultat confirme les intuitions fournies par la Figure 4. En effet, cette matrice montre une corrélation négative entre la variable endogène (la valeur des importations) et les variables exogènes ( $-0.8930$  : *PIB/hab.* et  $-0.8463$  : *Qt*). Toutefois, il existe une forte corrélation positive<sup>35</sup> ( $+0.7626$ ) entre les deux variables exogènes.

## 3. Estimation des paramètres par la méthode des MCO

[1] s'écrit sous forme matricielle comme :  $\underset{(n,1)}{Y} = \underset{(n,k+1)}{X} \underset{(k+1,1)}{a} + \underset{(n,1)}{\varepsilon}$

avec :

$$Y = \begin{pmatrix} M_{1981} \\ \vdots \\ M_t \\ \vdots \\ M_{2000} \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} 1 & \mathbf{PIB/hab.}_{1981} & \mathbf{Qt}_{1981} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \mathbf{PIB/hab.}_t & \mathbf{Qt}_t \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \mathbf{PIB/hab.}_{2000} & \mathbf{Qt}_{2000} \end{pmatrix}, \quad a = \begin{pmatrix} \mathbf{A} \\ \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \text{ et } \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1981} \\ \vdots \\ \varepsilon_t \\ \vdots \\ \varepsilon_{2000} \end{pmatrix}$$

La première colonne de la matrice  $X$ , composée de 1, correspondant au coefficient  $\mathbf{A}$  (coefficient du terme constant). La dimension de la matrice  $X$  est donc de  $n = 20$  lignes et  $k + 1 = 2 + 1$  colonnes ( $k$  étant le nombre de variables explicatives réelles, c'est-à-dire constante exclue).

L'écriture sous forme matricielle rend plus aisée la manipulation du modèle linéaire général. Afin d'estimer le vecteur  $a$  (composé de coefficient  $\mathbf{A}$ ,  $\alpha$  et  $\beta$ ), l'application de la méthode des moindres carrés ordinaires consiste à minimiser la somme des carrés des erreurs, soit :

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{1981}^{2000} \varepsilon_t^2 &= \text{Min } \varepsilon \varepsilon' = \text{Min} (Y - Xa)' (Y - Xa) = \text{Min} S \rightarrow \frac{\partial S}{\partial a} = -2X'Y + 2X'X\hat{a} = 0. \\ &\rightarrow \hat{a} = (X'X)^{-1}X'Y \end{aligned}$$

<sup>35</sup> Comme expliqué précédemment (Figure 4), le *PIB/hab.* est en quelque sorte influencé par la variation de la quantité de biens transportée.

L'estimation du vecteur  $a$  est alors obtenue à partir de la matrice  $\hat{a} = (X'X)^{-1}X'Y$ .

Tableau 3 - Estimation des paramètres par la méthode des moindres carrés ordinaires

Source	SS	df	MS	Number of obs =	20
Model	4314.28076	2	2157.14038	F( 2, 17) =	53.42
Residual	686.519235	17	40.3834844	Prob > F =	0.0000
				R-squared =	0.8627
				Adj R-squared =	0.8466
Total	5000.8	19	263.2	Root MSE =	6.3548

import	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
pib	-.9875109	.2319181	-4.26	0.001	-1.476815 - .4982064
ferroviaire	-.0266702	.0093753	-2.84	0.011	-.0464504 - .0068899
_cons	203.762	21.19274	9.61	0.000	159.0492 248.4748

Source : auteur, 2018.

L'estimation obtenue est alors :

$$\widehat{M}_t = -0,9875109 * PIB/hab._t - 0,0266702 * Qt_t + 209,762 \quad [2]$$

Les coefficients  $\alpha$  ( $-0,9875109$ ) et  $\beta$  ( $-0,0266702$ ) sont négatifs. Cela signifie que l'augmentation du  $PIB/hab.$  et du  $Qt$  fait diminuer la valeur des importations. Ce modèle est alors compatible au modèle théorique  $M = \varphi(\overline{PIB/hab.}, \overline{Qt})$ .

En outre, comme il est possible d'observer au coin supérieur droite du Tableau 3, à la quatrième ligne, le coefficient de détermination  $R^2$  ( $0,8627$ ) et à la cinquième ligne, le coefficient de détermination ajusté  $\bar{R}^2$  ( $0,8466$ ) sont tous les deux proches de 1 et donc une bonne qualité de régression. Les paramètres sont globalement significatifs car la  $p$ -value correspondant au test de significativité globale de Fisher est inférieure à 5% ( $Prob > F = 0.0000$ , à la troisième ligne). L'ensemble des variables explicatives (en dehors de la constante) c'est-à-dire le  $PIB/hab.$  et la  $Qt$ , influence significativement la variable endogène  $M$ .

De plus, dans le test de significativité individuelle des paramètres, la variable explicative  $PIB/hab.$  (respectivement  $Qt$ ) est significative car  $P > |t| = 0.001 < 5\%$  (respectivement  $P > |t| = 0.011 < 5\%$ ) et l'intervalle de confiance (de ces deux paramètres) au seuil de 5% ne contient pas 0.

Il reste alors à vérifier les hypothèses sur les termes d'erreurs<sup>36</sup> ou hypothèses stochastiques et structurels pour que le modèle soit valide.

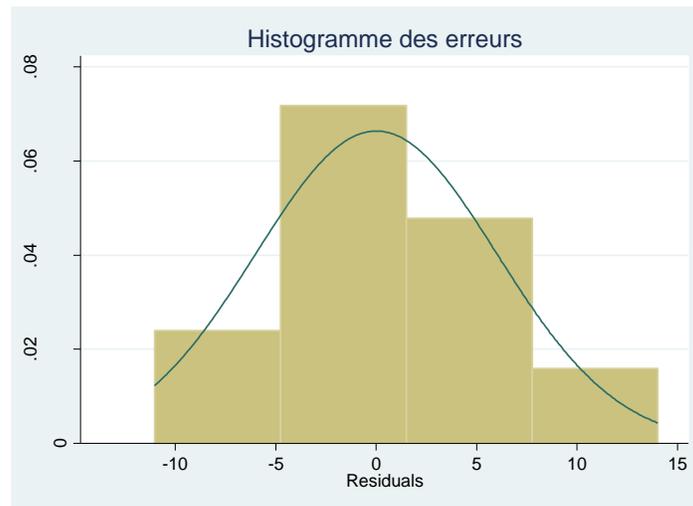
- H<sub>1</sub> : les valeurs  $x_{i,t}$  sont observées sans erreurs ;
- H<sub>2</sub> :  $E(\varepsilon_t) = 0$ , l'espérance mathématique de l'erreur est nulle ;
- H<sub>3</sub> :  $E(\varepsilon_t^2) = \sigma_\varepsilon^2$ , la variance de l'erreur est constante ( $\forall t$ ) (*homoscédasticité*) ;
- H<sub>4</sub> :  $E(\varepsilon_t \varepsilon_{t'}) = 0$  si  $t \neq t'$ , les erreurs sont non corrélées (ou encore indépendantes) ;
- H<sub>5</sub> :  $Cov(x_{i,t}, \varepsilon_t) = 0$ , l'erreur est indépendante des variables explicatives ;
- H<sub>6</sub> : absence de colinéarité entre les variables explicatives, cela implique que la matrice  $(X'X)$  est régulière et que la matrice inverse  $(X'X)^{-1}$  existe ;
- H<sub>7</sub> :  $(X'X)/n$  tend vers une matrice finie non singulière ;
- H<sub>8</sub> :  $n > k + 1$ , le nombre d'observations est supérieur au nombre des séries explicatives.

Ces hypothèses reviennent à définir **la distribution des erreurs en une distribution normale** (Section 4. Test de normalité des résidus) et **l'inexistence d'autocorrélation des résidus** (Section 6. Test d'autocorrélation résiduelle).

## 4. Test de normalité des résidus

### a. Analyse graphique des résidus

Figure 8 - Histogramme des erreurs

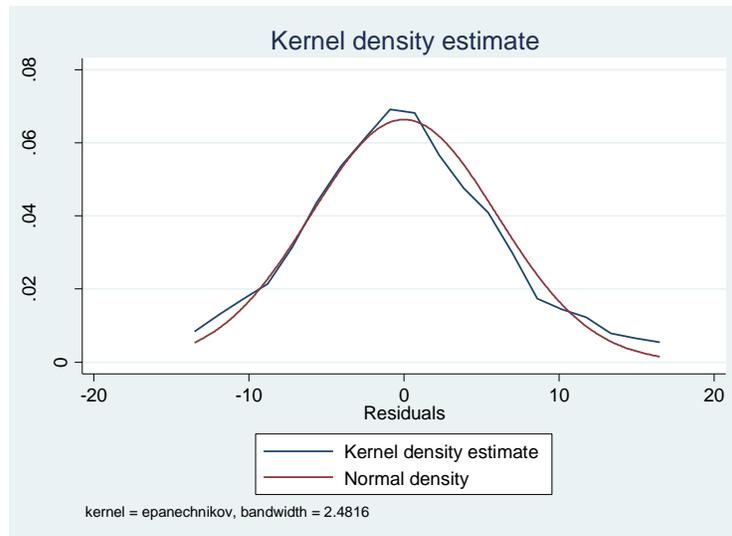


Source : auteur, 2018.

<sup>36</sup> Régis Bourbonnais, *Econométrie* 9 édition page 51.

L'histogramme (Figure 8) évoque la normalité des erreurs, mais ce graphique n'est pas suffisant pour affirmer cette normalité.

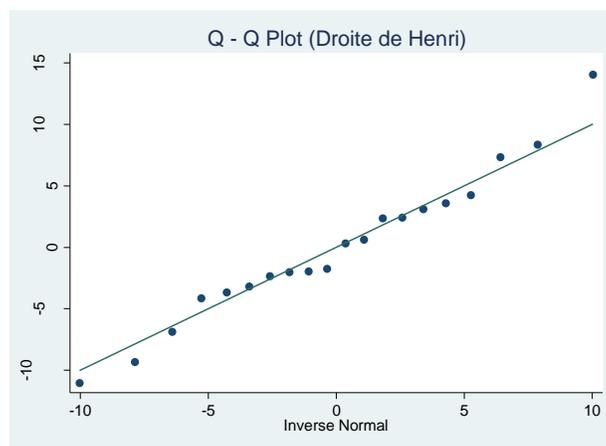
Figure 9 - Kernel density estimate



Source : auteur, 2018.

En se basant sur ce graphique, la distribution des erreurs décrit vraisemblablement la forme d'une cloche. Apparemment, cette distribution suit une loi normale.

Figure 10 - Q-Q Plot



Source : auteur, 2018.

Le nuage de points qui représente les quantiles de la distribution des erreurs est avoisiné autour de la droite représentative des quantiles théoriques de la loi normale. Ce test indique que les erreurs sont distribuées suivant une loi normale. D'après ce graphique, le modèle est homoscédastique. Tous les tests graphiques confirment que les erreurs sont normalement distribuées mais ne sont pas toujours suffisants pour valider le modèle.

Les tests suivants (notamment test de Shapiro-Wilk, test de Shapiro-Francia et test de Skewness/Kurtosis) sont donc nécessaires afin de considérer les intuitions compte tenu des analyses graphiques.

### b. Test de Shapiro-Wilk

Tableau 4 - Test de Shapiro-Wilk

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
error	20	0.98018	0.469	-1.525	0.93640

Source : auteur, 2018.

D'après le test de Shapiro-Wilk, l'hypothèse de la normalité des erreurs est acceptée car  $Prob > z = 0,93640 > 5\%$ .

### c. Test de Shapiro-Francia

Tableau 5 - Test de Shapiro-Francia

Shapiro-Francia W' test for normal data					
Variable	Obs	W'	V'	z	Prob>z
error	20	0.97509	0.655	-0.756	0.77525

Source : auteur, 2018.

D'après test de Shapiro-Francia, l'hypothèse de la normalité des erreurs est acceptée car  $Prob > z = 0,77525 > 5\%$ .

#### d. Test de Skewness/Kurtosis

Tableau 6 - Test de Skewness/kurtosis

Variable	Skewness/Kurtosis tests for Normality				
	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
error	20	0.4905	0.4844	1.05	0.5924

Source : auteur, 2018.

Que ce soit le Skewness (asymétrie) ou le Kurtosis (aplatissement), leurs  $p - value$  sont supérieures à 0,05. **L'hypothèse de la normalité des résidus est acceptée.**

#### 5. Test d'homoscédasticité des résidus

Les tests suivants permettent de vérifier si l'estimateur de MCO est à variance minimale : **l'homoscédasticité des résidus.**

##### a. Test de Breusch-Pagan

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: error

chi2(1) = 0.96

Prob > chi2 = 0.3275

L'hypothèse  $H_0$  est acceptée (**Prob > chi2 = 0,3275 > 5%**).

##### b. Test de Szroeter

Szroeter's test for homoskedasticity

Ho: variance constant

Ha: variance monotonic in error

chi2(1) = 0.24

Prob > chi2 = 0.6266

L'hypothèse  $H_0$  est acceptée (**Prob > chi2 = 0,6266 > 5%**). L'hypothèse de la constance de la variance est ici acceptée. Les tests **5.a.** et **5.b.** concluent **l'homoscédasticité des résidus.**

## 6. Test d'autocorrélation résiduelle

### a. Analyse du corrélogramme (Test de Barlett)

La fonction d'autocorrélation ou corrélogramme est estimée par :

$$\hat{\rho}_p = \frac{\sum_{t=p+1}^T (\hat{\varepsilon}_t - \bar{\hat{\varepsilon}}) (\hat{\varepsilon}_{t-p} - \bar{\hat{\varepsilon}})}{\sum_{t=1}^T (\hat{\varepsilon}_t - \bar{\hat{\varepsilon}})^2}$$

Le coefficient d'autocorrélation d'ordre  $p$  ou  $PAC(p)$  est le coefficient de  $\hat{\varepsilon}_{t-p}$  dans la régression :

$$\varepsilon_t = \hat{a}_1 \varepsilon_{t-1} + \hat{a}_2 \varepsilon_{t-2} + \hat{a}_3 \varepsilon_{t-3} + \dots + \hat{a}_p \varepsilon_{t-p}$$

L'hypothèse nulle  $H_0 : \rho_p = 0$ , où il y a absence d'autocorrélation d'ordre  $p$ , est vérifiée par la fonction du test :

$$\hat{\rho}_p \sim N\left(0, \frac{1}{\sqrt{T}}\right) \text{ équivalent à } \frac{-1,96}{\sqrt{T}} \leq \hat{\rho}_p \leq \frac{1,96}{\sqrt{T}}$$

$$\hat{\rho}_p \sim N(0, 0.2236068) \text{ équivalent à } -0.4382613 \leq \hat{\rho}_p \leq 0.4382613$$

Tableau 7 - Analyse du corrélogramme

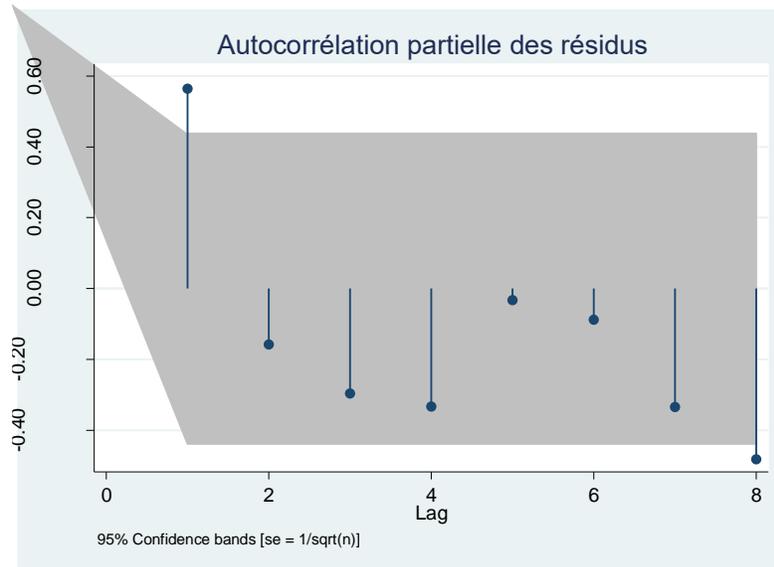
LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.5586	0.5649	7.2271	0.0072						
2	0.2560	-0.1585	8.8291	0.0121						
3	-0.0773	-0.2968	8.9837	0.0295						
4	-0.3463	-0.3334	12.282	0.0154						
5	-0.3404	-0.0324	15.68	0.0078						
6	-0.2131	-0.0885	17.107	0.0089						
7	-0.2153	-0.3343	18.676	0.0093						
8	-0.2043	-0.4827	20.205	0.0096						

Source : auteur, 2018.

### b. Présence d'autocorrélation d'ordre 1

Le Tableau 7 affirme la présence d'autocorrélation partielle des résidus d'ordre 1 et d'ordre 8 et autocorrélation des erreurs d'ordre 1. En effet, la Figure 11 ci-dessous vérifie ce résultat. Les estimations obtenues de [2] ne peuvent pas être utilisées. L'hypothèse de l'inexistence d'autocorrélation des résidus a été violée !

Figure 11 - Autocorrélation partielles des résidus



Source : auteur, 2018.

Selon les économistes, cette autocorrélation des erreurs est due à une mauvaise spécification du modèle, c'est-à-dire le modèle :  $M_t = \alpha PIB/hab._t + \beta Qt_t + A + \varepsilon_t$ , les relations entre la variable endogène ( $M$ ) et les variables exogènes ( $Qt$  et  $PIB/hab.$ ) ne sont pas linéaires et s'exprimeront sous une autre forme que celle du modèle (logarithmes, différences premières, etc.).

En cas d'autocorrélation d'ordre 1, les procédures d'estimation sont les suivantes (processus autorégressif d'ordre 1 :  $AR(1)$ ) :

Le modèle linéaire  $M_t = \alpha PIB/hab._t + \beta Qt_t + A + \varepsilon_t$  peut s'écrire sous forme :

$$Y = Xa + \varepsilon,$$

avec

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + v_t, |\rho| < 1 \quad [3]$$

où

$$v_t \rightarrow N(\mathbf{0}; \sigma_v^2) \text{ et } E(v_t v_{t'}) = \mathbf{0} \text{ pour } t \neq t'$$

Les relations suivantes s'obtiennent en procédant par substitution successive de [3] :

$$\varepsilon_t = \rho(\rho \varepsilon_{t-2} + v_{t-1}) + v_t = \rho^2 \varepsilon_{t-2} + (\rho v_{t-1} + v_t)$$

$$\varepsilon_t = v_t + \rho v_{t-1} + \rho^2 \varepsilon_{t-2} + \rho^3 \varepsilon_{t-3} + \dots$$

Ce processus tend vers 0 car  $|\rho| < 1$ .

**Etape 1 :** Estimation de  $\rho$  par régression directe de  $\varepsilon_t$  sur  $\varepsilon_{t-1}$

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2} \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-1}}{\sum_{t=1} \hat{\varepsilon}_t^2}, \bar{\hat{\varepsilon}} = 0$$

$$\hat{\rho} = 0,55864196$$

**Etape 2 :** Transformation des variables et régressions sur les quasi-différences

$$y_t - \hat{\rho}y_{t-1} = A' + \alpha'(PIB/hab._t - \hat{\rho}PIB/hab._{t-1}) + \beta'(Qt_t - Qt_{t-1}) + v_t \quad [4]$$

Tableau 8 - Estimation des paramètres par la méthode des MCO après AR(1)

Source	SS	df	MS	Number of obs =	19
Model	837.166992	2	418.583496	F( 2, 16) =	17.20
Residual	389.301404	16	24.3313377	Prob > F =	0.0001
				R-squared =	0.6826
				Adj R-squared =	0.6429
Total	1226.4684	18	68.1371331	Root MSE =	4.9327

m	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
pibhab	-.7628408	.4471213	-1.71	0.107	-1.710696 .1850139
qt	-.0303448	.0125167	-2.42	0.028	-.056879 -.0038106
_cons	79.87815	18.63643	4.29	0.001	40.37069 119.3856

Source : auteur, 2018.

Calcul du terme constant :

$$\hat{A}' = \frac{cons}{1 - \hat{\rho}} = \frac{79.87815}{1 - 0,55864} = 180,9826541$$

La nouvelle estimation obtenue :

$$\hat{M}_t = -0,7628408 * PIB/hab._t - 0,0303448 * Qt_t + 180,983 \quad [5]$$

Comme il est possible de constater à partir de l'estimation obtenue de l'équation [5] et le Tableau 8, le coefficient de détermination  $R^2$  (**0,6826**) et le coefficient de détermination ajusté  $\bar{R}^2$  (**0,6429**) sont tous les deux proches de 1 et donc une bonne qualité de régression. Les paramètres sont globalement significatifs car la  $p$  - *value* correspondant au test de significativité globale de Fisher est

inférieure à 5% ( $Prob > F = 0.0001$ ). L'ensemble des variables explicatives (en dehors de la constante) c'est-à-dire le **PIB/hab.** et la **Qt**, influence significativement la variable endogène **M**.

Dans le test de significativité individuelle des paramètres, la variable explicative **Qt** est significative car  $P > |t| = 0.028 < 5\%$  et l'intervalle de confiance au seuil de 5% ne contient pas 0. Cependant la variable explicative **PIB/hab.** n'est pas significative car  $P > |t| = 0.107 > 5\%$  et l'intervalle de confiance au seuil de 5% contient 0.

Le coefficient de régression **PIB/hab.** n'influence pas la variable endogène importation, alors que dans le modèle initial [1] (à erreurs autocorrélées), tous les coefficients sont significatifs. Toutefois, ce modèle est immuable après le processus autorégressif d'ordre 1 puisqu'il ne subsiste pas d'autocorrélation des erreurs.

Enfin les estimations obtenues de l'équation [5] sont utilisables. Il ne reste que de vérifier s'il existe une ou plusieurs observation(s) atypique(s) pour valider le modèle.

## 7. Diagnostic de la régression

Dans la régression, un **outlier** est une observation ayant un résidu très large c'est-à-dire  $e_t = M_t - \hat{M}_t$  large.

La régression a un problème en ce point, l'outlier est une observation dite atypique selon les valeurs de  $t$  sur les variables explicatives. Il peut alors perturber les coefficients de la régression. Ces observations atypiques peuvent être détectées en calculant les résidus de Student.

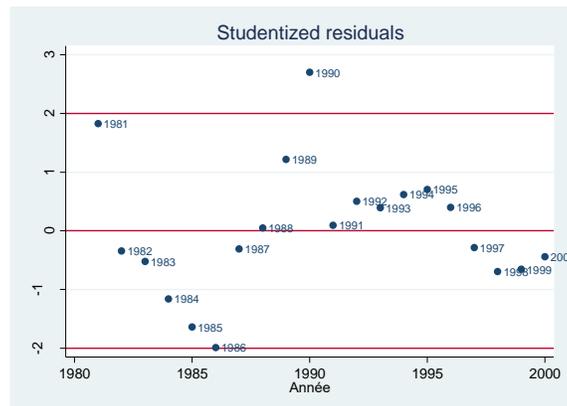
$$\bar{e}_t = \frac{e_t}{s(t)\sqrt{1 - h_t}}$$

où

- $e_t$  : le résidu original de cette observation (du modèle initial [1])
- $s(t)$  : la variance des résidus si l'observation  $t$  n'a jamais été introduite dans l'estimation
- $h_t$  : la  $t$ -ième diagonale de la matrice **HAT**, c'est-à-dire  $X_t(X'X)^{-1}X'_t$ .

Les données chiffrées (pour plus de précision) sont présentées dans l'ANNEXE 3.

Figure 12 - Studentized residuals



Source : auteur, 2018.

Cette figure montre l'existence d'un outlier. L'outlier est observé pendant l'année 1990. Il peut perturber la régression, mais cette observation sera isolée et traitée séparément. Cette perturbation pourrait être à l'origine des déséquilibres conjoncturels au niveau de la politique de développement menée par les autorités à la veille l'année 1990 ou de l'absence du rapport du modèle proposé avec les données.

## 8. Récapitulation

Intuitivement, la conjoncture économique tend à expliquer cette perturbation. En effet, au cours de la période des « programmes d'ajustement structurel de 1980-1990<sup>37</sup> » pendant laquelle les autorités tentaient de dévaluer la monnaie locale afin d'éviter l'appréciation du taux d'échange et de maîtriser l'accroissement des importations. Les importations ont enregistré la hausse des prix internes et une baisse forcée des quantités (ce qui explique la baisse des valeurs des importations entre 1981-1985, Figure 3). Et suite aux déséquilibres inattendus au lendemain de cet événement tel que la rupture d'approvisionnement en matières premières étourdissant les entreprises locales, et entraînant la baisse de la production industrielle<sup>38</sup> du pays ; les autorités ont mis en place des politiques<sup>39</sup> qui consistent à stimuler les importations et à promouvoir l'exportation. Ce qui a entraîné la hausse des importations à partir de la moitié de la période des programmes d'ajustement structurel et parachevant à la crise politique de 1991.

<sup>37</sup> Préconisés par les institutions de Bretton Woods et les politiques libérales mises en œuvre à partir de 1990, axées sur la réduction de la pauvreté.

<sup>38</sup> Voir la variation de la valeur ajoutée de l'industrie (% du PIB) au cours de la période 1980-1995 (ANNEXE 7).

<sup>39</sup> Le Régime d'Importation Libéralisé (RIL) en 1987 et le système d'importation libéralisé (SILI) en 1988.

## Troisième partie : Discussions

Les **Hypothèses de la recherche** ont été confirmées. En effet, les résultats du présent mémoire témoignent que durant la période 1981 à 2000, l'accroissement de la quantité des biens transportée par trains réduit à **3.03%**<sup>40</sup> la valeur des importations tandis que la variation du niveau de la richesse par tête n'influence significativement pas les importations. L'interprétation économique de cette situation, quel que soit la variation de la richesse par habitant, cette dernière n'a rien à voir avec la variation des importations. Toutefois, l'augmentation du trafic ferroviaire a un effet positif non négligeable<sup>41</sup> sur la richesse de la population. Le modèle [1] proposé a été également validé. Malgré la présence d'autocorrélation d'ordre 1 dans les analyses des données, cette dernière ne persiste pas après le processus autorégressif d'ordre 1. En parlant du biais de ce modèle, l'outlier observé au cours de l'année 1990 coïncide avec la période pendant laquelle le chemin de fer malagasy n'est plus entretenu. De plus, cette perturbation pourrait s'expliquer en tenant compte des crises politiques de 1991.

### 1. Interprétation économique des résultats

Maintenant, la mauvaise répartition de la richesse se montre comme un sujet qui n'a fait que gonfler les importations. En effet, le déficit en transport (ici transport ferroviaire) est la cause de cette mauvaise répartition. Cette structure sociale très inégalitaire<sup>42</sup> constitue ensuite un obstacle de décollage économique de Madagascar. Tout cela bouscule le pays dans les déséquilibres économiques reposant sur un très fort secteur primaire peu productif et une faible industrialisation. Plusieurs facteurs expliquent ce fait : des sources estiment que le trois quart de la population active travaille dans l'agriculture alors que sa production ne représente qu'entre 25% et 30% du *PIB* au cours de la période 1960-2000. Du fait du handicap en transport et de la faiblesse en secteur industriel, les marchés agricoles à Madagascar sont mal intégrés. En effet, la valeur ajoutée par tête dans le secteur agricole a pratiquement baissé<sup>43</sup> depuis 1960, les gains de la production alimentaire n'arrivent pas à compenser le rythme de la croissance démographique, entraînant l'accroissement des importations alimentaires (Banque mondiale, 2018).

---

<sup>40</sup> La variation de la valeur des importations est une fonction inverse de la variation de la quantité des biens transportée par trains.

<sup>41</sup> Tableau 2 - Matrice de corrélation confirme ce résultat.

<sup>42</sup> Logement vide et personnes sans logement, les prix des biens variant considérablement entre les régions en raison des coûts de transport intérieur.

<sup>43</sup> La valeur ajoutée par tête a baissé de 1% par année (Banque mondiale, 2018).

D'où la spécialisation de Madagascar dans la division internationale du travail comme fournisseur de matières premières et consommateur de produits finis industrialisés d'autres pays.

## 2. Rapprochement des résultats avec l'histoire économique

Madagascar n'a jamais été un pays industrialisé, avant ou après l'indépendance. Cela est expliqué par la quasi inexistence des entreprises pérennes dans toute l'Île. La rupture d'approvisionnement en matières premières progressive anéantissant les industries locales explique en grande partie ce fait. Depuis à peu près deux cent ans (c'est-à-dire depuis l'ouverture officielle de Madagascar en 1820 lors de la première tentative d'industrialisation en Imerina, du temps du règne du Roi Radama I<sup>er</sup> (1810-1828)), des acteurs de développement ont essayé d'intégrer l'industrialisation à Madagascar, mais ces interventions n'ont pas eu d'impact sur la structure ou l'institution et donc n'aboutissant pas à industrialiser Madagascar. De la sorte que, les actions individuelles dans une économie institutionnelle doivent influencer positivement l'institution ; cette dernière influence également les actions individuelles mais cette situationnisme appelée « causalité circulaire » semble être atténuée en tenant compte de ces grands échecs d'industrialisation.

Une controverse paradoxale étudiée par des chercheurs, qui d'une part certains d'entre eux avancent que les échecs d'industrialisations sont principalement dus aux impacts des différentes politiques menées par les autorités. D'autre part, certains historiens<sup>44</sup> intègrent la notion du temps dans l'analyse de l'industrialisation à Madagascar dont le principal objectif est d'expliquer les impacts du temps qui domine dans le passé (et dans la pensée malagasy) dans la pratique économique malagasy afin de transformer, améliorer voire interrompre la perception du temps malagasy dans l'histoire. Ces spécialistes ont identifié la méconnaissance de l'histoire comme la raison principale qui réduit à néant la courbe d'apprentissage malagasy et qui engendre une réflexion peu évolutive, une hésitation à opter pour une politique économique structurelle de longue durée.

En effet, ils avancent dans leurs travaux les conséquences de l'accroissement des importations comme des erreurs répétées, des nuisances aux entreprises locales et entraînant des déséquilibres économiques du pays, certes, mais *ces déséquilibres ne sont pas exogènes du déficit en*

---

<sup>44</sup> Ces historiens sont principalement les spécialistes des études historiques dans l'histoire économique, la Revue Juridique de MCI, n° 78, 2ème trimestre 2017. Leurs analyses sont inspirées par les travaux des anciens chercheurs, entre autres OYVIND DAHL, Missionnaire luthérien norvégien à Madagascar, René Gendarme, etc.

**transport.** En parlant d'histoire économique de Madagascar, ils ont produit une analyse édifiante qui mérite l'attention de tous les économistes chercheurs surtout dans l'élaboration d'une maquette afin d'établir une politique économique structurelle de longue durée.

Sans oublier de répondre à la problématique de la présente étude, l'exploitation du chemin de fer entrainera des avantages sur l'économie de Madagascar, puisqu'elle assiste à décroître à **3.03%** la quantité des importations. De plus, des études comparatives ont révélé que le transport en commun (ici transport ferroviaire) pouvait être une résolution des problèmes liés à la minimisation des coûts de transport. Surtout, pour la population à revenu modeste, le transport ferroviaire permet aux résidents de mieux gérer la hausse du coût du carburant et les autres coûts relatifs au transport, par exemple l'achat d'une voiture personnelle, son entretien, les assurances etc. Le transport ferroviaire sera la seule option abordable.

### **3. Perspective du secteur ferroviaire malagasy**

Investir dans secteur ferroviaire continue à être une difficulté que l'Etat<sup>45</sup> et les compagnies ferroviaires doivent surmonter car la part du rail dans le secteur transport tant pour le fret que pour le trafic voyageur est en diminution depuis avant même les crises politiques de 1991. La concurrence croissante des autres modes de transport risque de nuire à sa rénovation. Pour remettre le secteur ferroviaire à sa place comme le transport prédominant compte tenu de ses principaux obstacles, sa rénovation doit impliquer d'appliquer un certain nombre de politiques, à savoir subventionner directement l'infrastructure ferroviaire, mettre sur le pied d'égalité les modes de transport avec le rail en terme de concurrence, enfin il faut inciter les compagnies ferroviaires à opérer et affronter la concurrence comme n'importe quelle autre entreprise commerciale.

En effet, le secteur ferroviaire semble dérisoire en face du secteur routier (malgré sa détérioration<sup>46</sup> durant la période 1970-2000), la densité des routes<sup>47</sup> est de  $9.7km$  de routes revêtues par millier de  $km^2$  (soit  $5.700km$  pour  $587.000 km^2$ ), c'est-à-dire trois fois moins que la densité moyenne

---

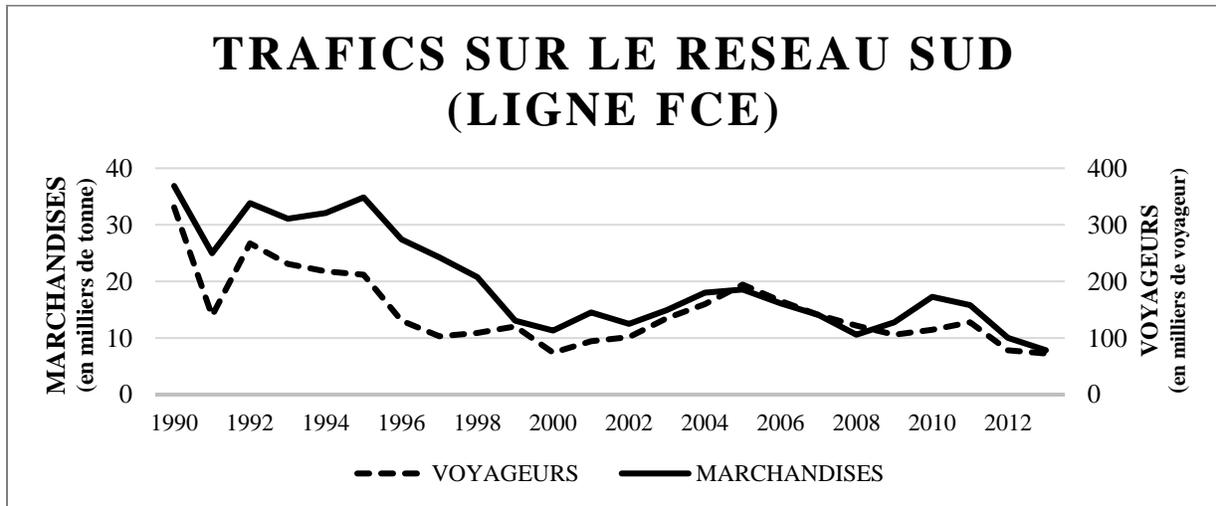
<sup>45</sup> Le budget de l'Etat dans la loi de Finances 2009 était 3.246 milliards d'Ariary. Les besoins de réhabilitation du réseau routier sont estimés à eux seuls à peu près de 3.000 milliards alors que depuis 2002, le budget total du Ministère des Travaux Publics n'a jamais dépassé 400 milliards d'Ariary.

<sup>46</sup> Le pays a perdu en moyenne environ 1.000 km de routes par an, ce qui s'est traduit par une réduction du linéaire routier, passant d'environ 50.000 km au début des années 60 à 38.000 actuellement, dont environ 5.700 sont revêtues.

<sup>47</sup> Source : *Africa Infrastructure Country Diagnostic*, Banque mondiale, 2008.

de routes en Afrique Sub-saharienne, qui est estimée à 31, et à 134 pour moyenne des pays à faibles revenus dans le monde. Le secteur routier qui a l'usage de plus de 80% des transports intérieurs de marchandises et de passagers constitue des problèmes. Puisque l'importance du réseau ferroviaire Nord pour ses avantages par rapport au transport routier en terme du coût à la *tonne – km*, jusqu'à 40% inférieur, est conséquente.

Figure 13 - Évolution des trafics sur le réseau ferroviaire Sud



Source : Ministère des Transports et de la Météorologie de Madagascar (MTM), 2019.

Toutefois, la ruine progressive du chemin de fer au cours de deux dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle a réprimandé le secteur ferroviaire de parvenir à des investissements. De plus, la ligne FCE nécessite également des investissements lourds tant au niveau de l'infrastructure que du matériel roulant (en particulier, des locomotives puisque depuis 2009, seule une locomotive<sup>48</sup> est opérationnelle). Compte tenu de la figure ci-dessus, le trafic ferroviaire sur le réseau Sud est quasiment à l'arrêt.

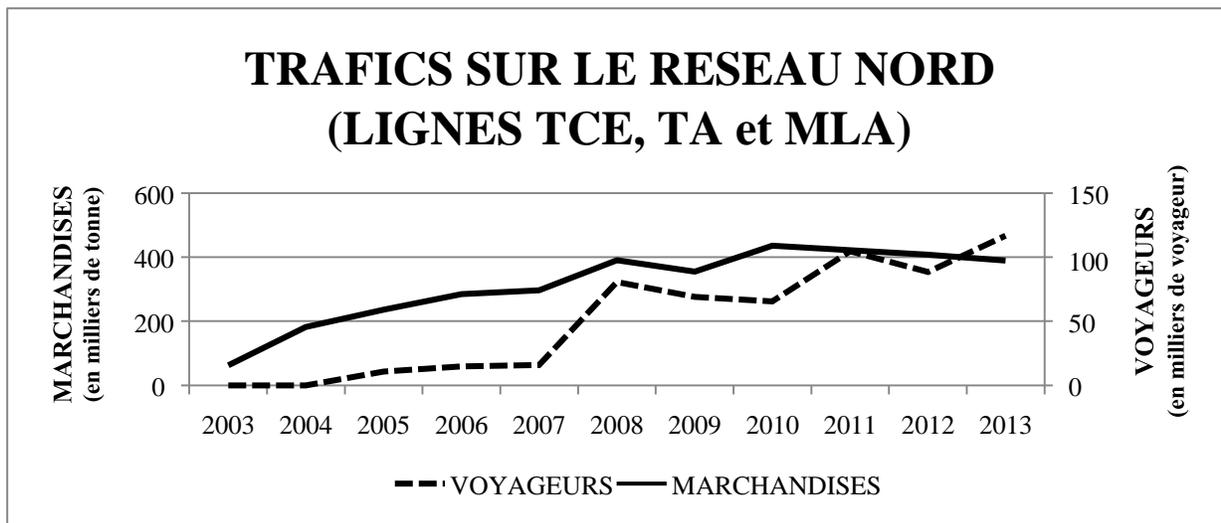
Quant au réseau Nord, grâce au financement<sup>49</sup>, il a pu augmenter le tonnage transporté de 85% entre 2004 et 2008 (Figure 14). Outre, ce financement a amélioré sa position concurrentielle par rapport au secteur routier. Malgré cette progression, la concessionnaire n'a pas toujours atteint la

<sup>48</sup> Les recettes marchandises (en milliers d'Ariary) de la ligne FCE ont chuté d'environ 500.000 en 2007, jusqu'à environ 80% en 2008 et restent stationnaires jusqu'à l'année 2013 (Banque mondiale, 2018).

<sup>49</sup> Suite à la mise en concession du réseau ferroviaire Nord, le concessionnaire Madarail a pu bénéficier d'un financement combiné de près de 100 millions de dollars USD sur dix ans, dont 55 millions de dollars USD financés par la Banque Mondiale, et 11 millions d'euros, financés par la Banque Européenne d'Investissements (Banque mondiale, 2018).

rentabilité escomptée. Depuis la suspension des investissements prévus et estimés à 50 millions de dollars USD en 2007, les performances opérationnelles et financières du concessionnaire ont diminué. Ce blocage a conclu l'interruption du programme d'investissements sur les dernières sections de la ligne de chemin de fer.

Figure 14 - Évolution des trafics sur le réseau ferroviaire Nord



Source : Ministère des Transports et de la Météorologie de Madagascar (MTM), 2019.

Au-delà de l'absence de la rentabilité, la préservation d'un millier d'emplois<sup>50</sup> directs et le désenclavement de dizaines de milliers de personnes vivant le long des lignes ferroviaires sont reconnus au niveau social. Outre que ses caractéristiques sociales, la réouverture du réseau Nord permet :

- La réduction des frais de transport grâce à la concurrence entre la route et le rail sur le corridor entre le premier port du pays (Toamasina) et la capitale (Banque Mondiale, 2018) ;
- Le soulagement de la route à travers la réduction des dommages entraînés par les poids lourds, surtout pour le transport des approvisionnements lourds et/ou dangereux, tels que le ciment, les hydrocarbures, la chromite, les conteneurs, et le riz ;
- De valoriser les avantages comparatifs par rapport au transport routier en termes de sécurité, de coût à la *tonne – km*, jusqu'à 40% inférieur par rapport à la route, de la consommation moindre de carburant et, partant, économies sur les importations en carburant, et une pollution moindre, etc.

<sup>50</sup> Voir ANNEXE 2. Organigramme de l'entreprise MADARAIL (compte tenu de la visite de la compagnie).

---

# CONCLUSION

Durant les vingt dernières années du XX<sup>e</sup> siècle, le *PIB/hab.* de Madagascar a connu en grande partie une chute. La valeur des importations n'a jamais cessé d'augmenter. Ceci est à l'origine du déficit en transport de masse et ne découle pas de la variation du *PIB/habitant*. Les déséquilibres économiques s'expliquent en partie par la défaillance en secteur ferroviaire et causaient des catastrophes sur l'économie malagasy. Afin d'accroître son pouvoir de marché, sa rénovation a comme conséquence d'appliquer un certain nombre de politiques et reste un défi du pays, du fait de sa fragilité vis-à-vis d'une vive concurrence intermodale et du fait des investissements lourds qui sont réellement nécessaires.

L'analyse de la « famine » de l'économiste Amartya Sen dans la théorie du sous-développement s'entend dans le domaine du transport, le déficit en transport ferroviaire empêche une partie de cette population d'y avoir accès. Cela entraînant des problèmes liés à la mauvaise répartition des richesses. Toutefois, au niveau théorique, empirique et méthodologique, l'authenticité de la présente investigation repose sur la qualité des données de la Banque Mondiale et sur le fait que le niveau moyen de la richesse de la population est assimilé au *PIB/habitant*.

Bref, les reflets positifs qu'apporte le transport ferroviaire pour le pays et sa population sont évidents et indiscutables. Le chemin de fer permet de minimiser la durée de transport, le risque d'aléas et les émissions de gaz à effet de serre. Il génère également de nouveaux emplois et contribuera au développement et stimulera la croissance économique à long terme. A travers ces perspectives, son efficience, malgré les défis au niveau des infrastructures – maintenance et investissements, demeure crucial pour garantir plusieurs avantages. En tout état de cause, le transport ferroviaire, ne serait-il pas un mode de transport le plus efficace dans le cadre de la mise en place d'une politique du développement durable ?

## Bibliographie

- Banque Mondiale, 2018, « Indicateurs du développement dans le monde », Word Bank. [En ligne] 21 Septembre 2018. <http://api.worldbank.org/v2/fr/country/MDG?downloadformat=excel>.
- BARRON I., 2009, « La grande vitesse ferroviaire, Le trafic mixte », DUP LGV Montpellier – Perpignan, Béziers 2 Avril 2009, 60 p.
- BOURBONNAIS R., 2015, « Econométrie » ; DUNOD, 5 rue Laromiguière, 75005 Paris, 377 p.
- CHRISTINE A., JOSELYNE R., MARIE-HELENE D., JACQUELINE R., JOSETTE R., et LILIA R., 2008, « L'agriculture à Antananarivo (Madagascar) : une approche interdisciplinaire », Natures Sciences Sociétés 2008/1 (Vol. 16), pp. 23-35.
- CLAUDE B., 1989, « Construction d'une voie ferrée entre la terrière et ville de la baie », Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Québec, Gl R 3X2, 147 p.
- DARRYL B., 2002, « La réforme du secteur ferroviaire en Russie », Revue sur le droit et la politique de la concurrence 2002/1 (Vol. 4), pp. 175-187.
- GALLIENI M., 1928, « Lettres de Madagascar 1896-1905 », Société d'édition géographiques, maritimes et coloniales, 184, Boulevard Saint-Germain, 162 p.
- ISABELLE B., 2013, « Éditorial : Ne cherchez plus, innovez ! », Revue Française de Socio-Économie 2013/1 (n° 11), pp. 9-14.
- JEAN F., 2006, « Les chemins de fer de Madagascar (1901 – 1936). Une modélisation manquée », Afrique & histoire 2006/2 (vol. 6), pp. 161-191.
- JEAN F., 2013, « Les économistes font-ils l'économie ferroviaire ? Maurice Allais, la « théorie du rendement social » et les premières restructurations de la SNCF », Revue Française de Socio-Économie 2013/1 (n° 11), pp. 15-34.
- JULIEN S. ANDRIMAHEFAZAFY F., AINA R., HOLIMALALA R., et PIERRE L., 2017, « Histoire économique », Revue Juridique de MCI, n° 78, 2ème trimestre 2017, pp. 1-31.

- 
- NGUYEN T., 1969, « Les transports », Analyse économique, Tome 1, édition EYROLLES, 61, bd. Saint-Germain, Paris 5<sup>e</sup>, 235 p.
  - PHILIPPE D., 2008, « Analyse économique et historique des sociétés contemporaines », Pearson Education France, pp. 463-513.
  - RAKOTOARIVONONA S., 2017, « Industrialisation, Etat des lieux et facteurs de blocage pour Madagascar », Mémoire de fin d'études au Département Economie, Faculté de Droit d'Economie de Gestion et de Sociologie, Antananarivo, 55 p.
  - RANDRIANAIVOSON M., 2011, « Les impacts socio-économiques du chemin de fer FCE dans les régions de haute Matsiatra et de Vatovavy Fitovinany », Mémoire de fin d'études à Ecole Normale Supérieures, Antananarivo, 92 p.
  - RAZAFIMAMONJY H., 2010, « Agriculture et développement économique de Madagascar », Mémoire en vue d'obtenir le diplôme de Maîtrise es-Science économique au Département Economie, Faculté de Droit d'Economie de Gestion et de Sociologie, Antananarivo, 49 p.
  - STEPHANE N., PATRICK C., FELIX B. et MARKUS R., 2008, « Les impacts de la régionalisation et de la libéralisation sur la durabilité du secteur ferroviaire en Suisse », Flux 2008/2 (n° 72-73), pp. 49-64.
  - TROUCHAUD J., 1964, « Contribution à l'Etude géographique de Madagascar, La basse plaine du Mangoky », Université de Montpellier, 91 p.
  - ZIMMERMANN M., 1909, « Achèvement du chemin de fer de Madagascar », Annales de Géographien, t. 18, n°98, 1909, pp. 191-192.

## Annexes

### ANNEXE 1. Les lignes du chemin de fer de Madagascar depuis 1936

Figure 15 - Madagascar Railway Network



Cette carte est extraite depuis le site web du *Global Logistics Cluster Support Cell, Rome/Italy (2019)*.

## ANNEXE 2. Organigramme<sup>51</sup> de l'entreprise MADARAIL

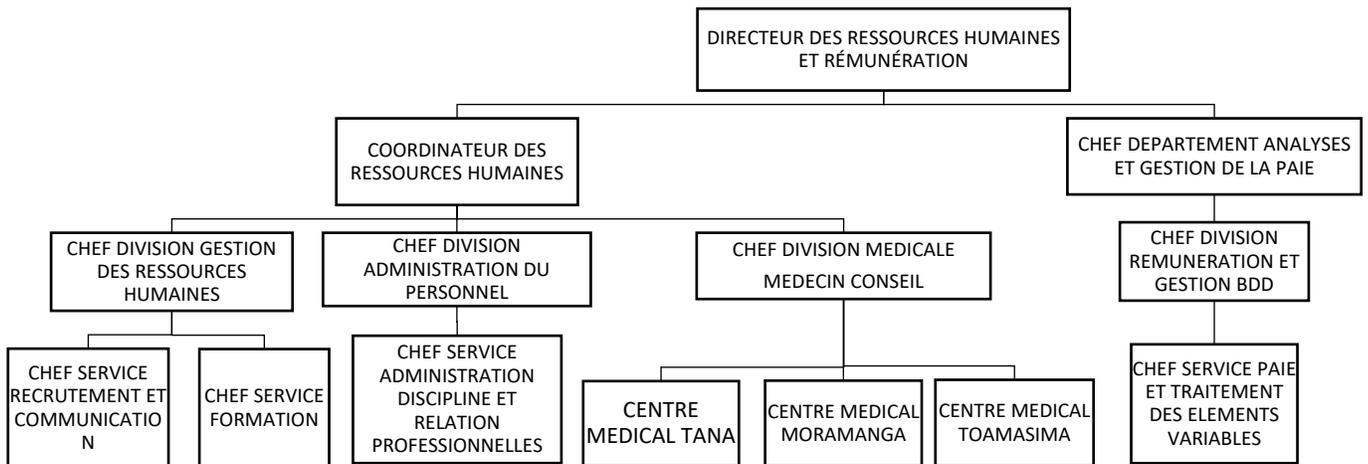
Afin d'organiser le personnel (ensemble des employés) selon leur fonction respective et leur place hiérarchique dans l'entreprise, Madarail adopte une organisation divisionnelle :

Après le Président du conseil d'administration (Patrick CLAES AMI), il y a le Directeur général (Jean Pierre WYNS) qui dispose de six directeurs et quatre chefs dont :

### a. Directeur Audit

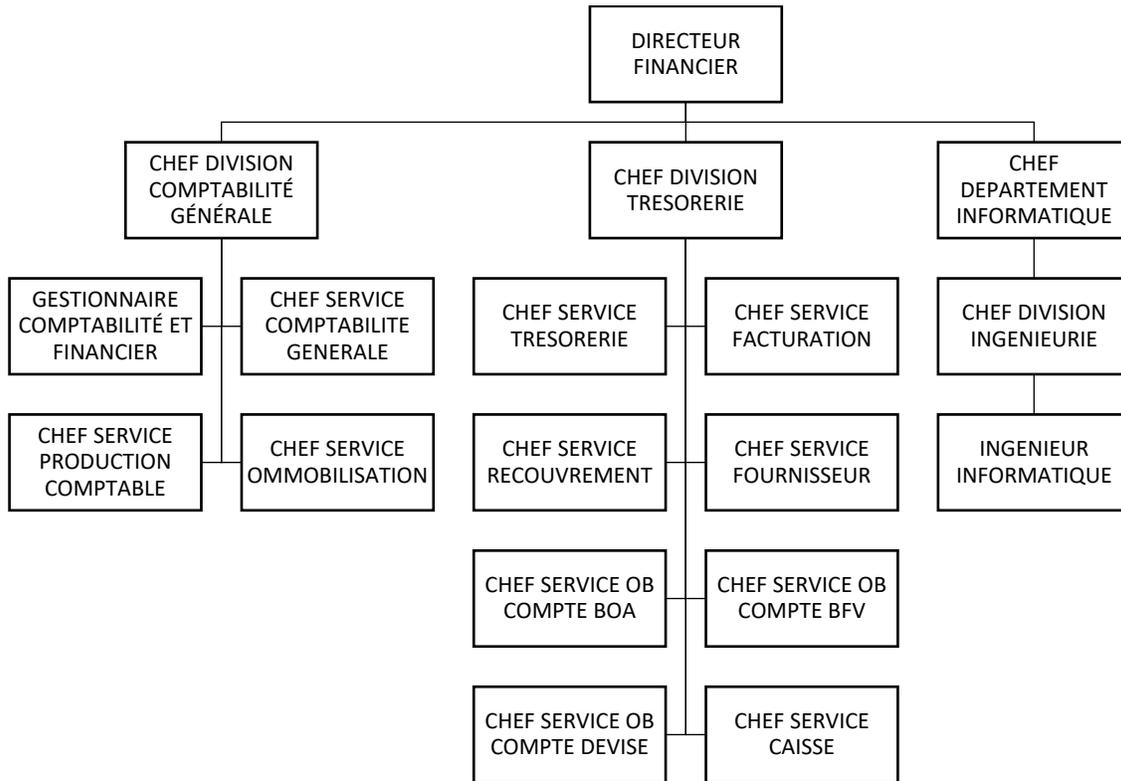


### b. Directeur des ressources humaines et rémunération

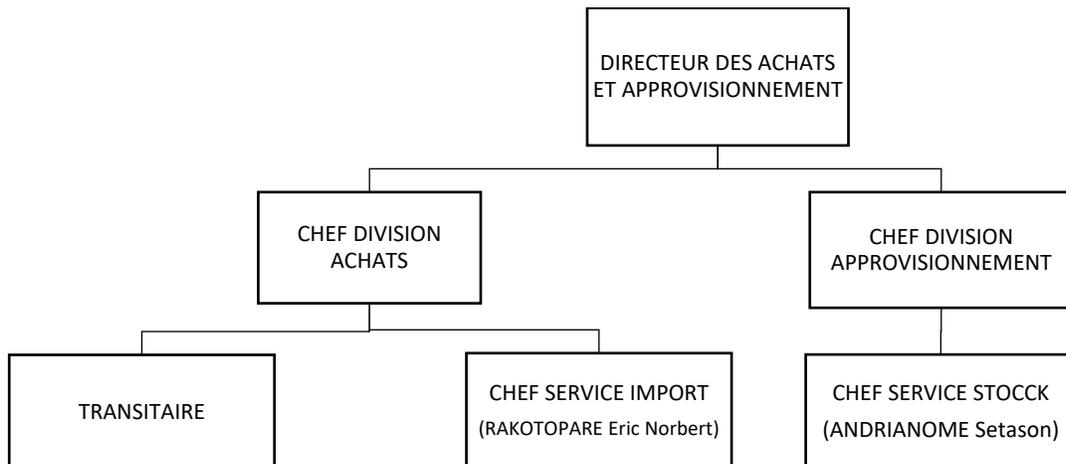


<sup>51</sup> Cet organigramme est obtenu lors de la visite de l'entreprise Madarail, le 27 Septembre 2018.

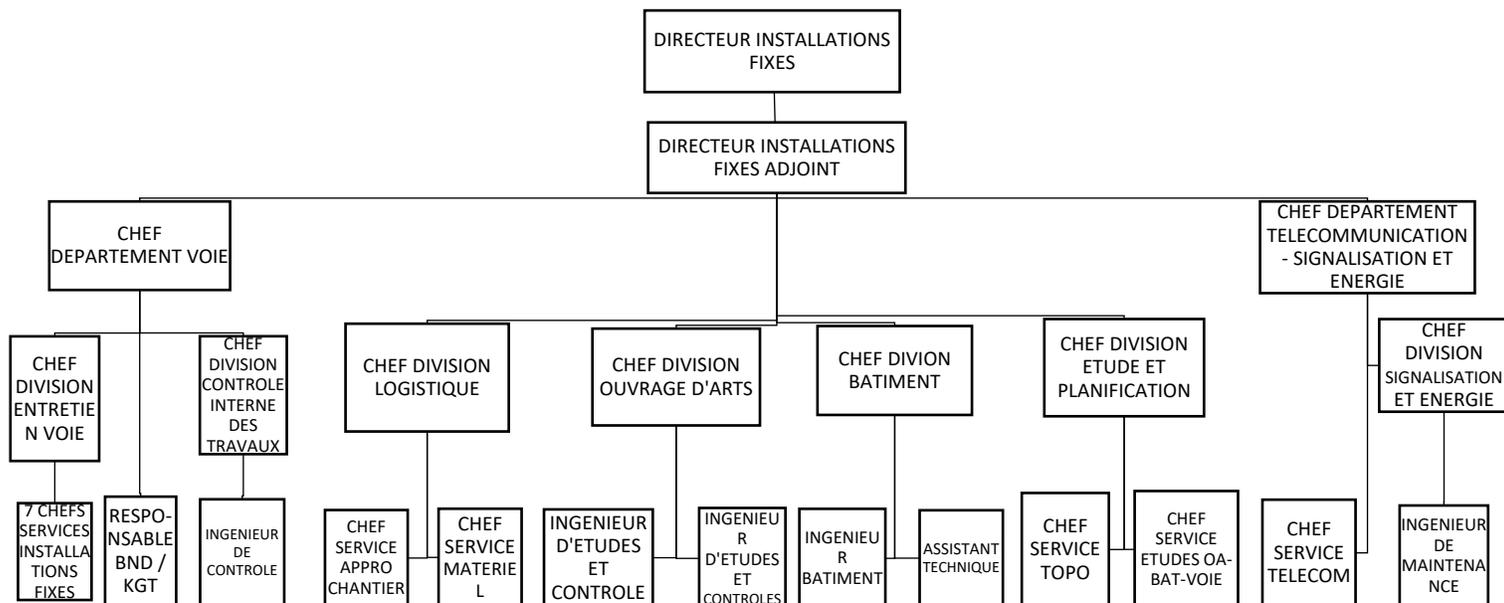
**c. Directeur financier**



**d. Directeur des achats et approvisionnement**

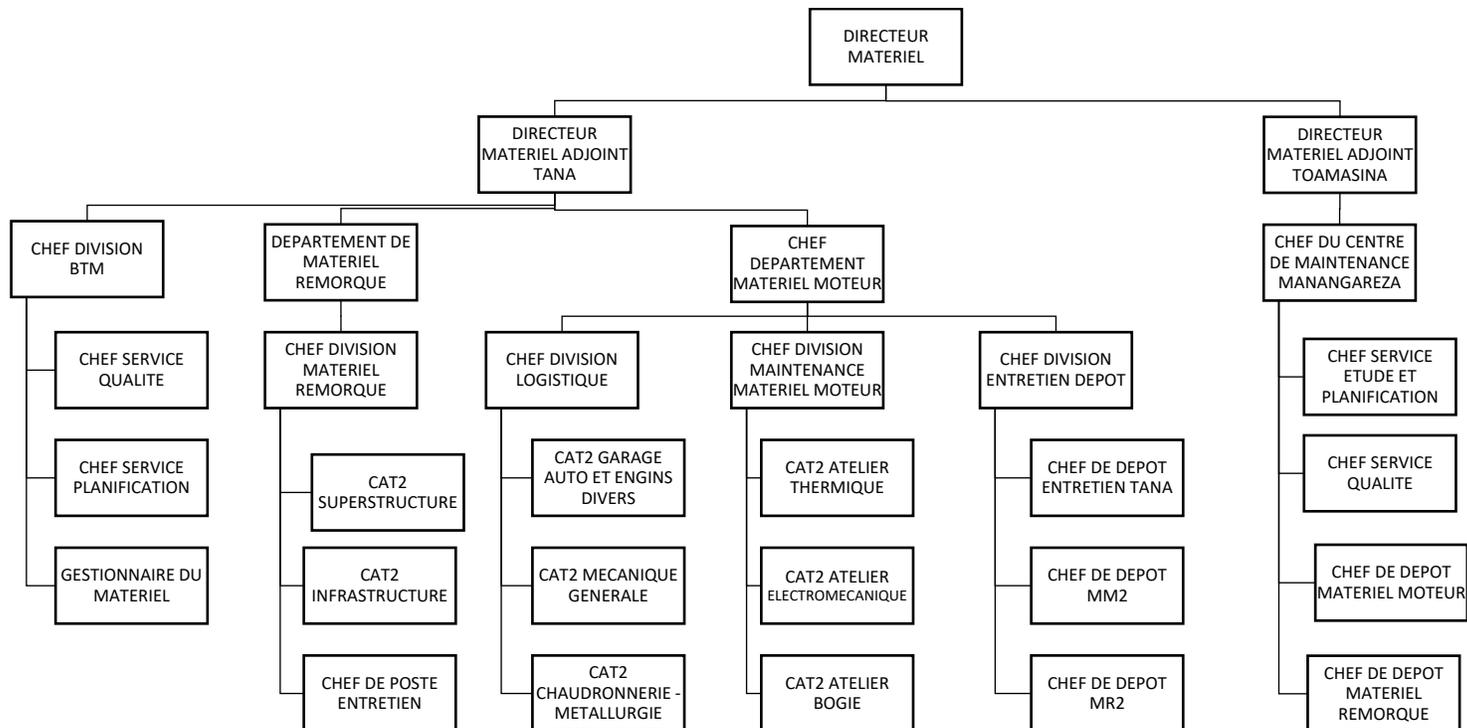


**e. Directeur installations fixes**



**f. Directeur production (RASOLONJATOVO Théodore) qui dispose de deux directeurs :**

- *Directeur matériel*





g. **Chef d'unité de programmation et suivi des investissements** qui ordonne de Responsable passation des marchés et Responsable suivi et évaluation des investissements.

h. **Chef département affaires juridiques et assurances** qui compose de Responsable litige commerciaux et assurances, Juriste, Gestionnaire affaires juridiques et contentieux, Gestionnaire administratifs et foncier et Juriste COTOA.

i. **Chef de département hygiène – sécurité au travail et environnement** qui arrange le Chef division tiers opérations et sureté, le Chef division hygiène et sécurité (puis CHARGE DE MISSION) et le Chef division environnement (puis CHARGE DE MISSION)

j. **Chef de département contrôle de gestion** qui dispose de Contrôleur de gestion DIF, Contrôleur de gestion DMAT, Contrôleur de gestion DXP et Contrôleur de gestion administratif.

### ANNEXE 3. Le tableau de données

Tableau 9 - Données chiffrées

Année	Indice de la valeur des importations (2000=100)	PIB par habitant (\$ US constants de 2010)	Biens transportés par train (millions de tonnes-kilomètres)	Résidu	Studentized residuals
1981	69	545,4720135	181	8.354826	1.823923
1982	64	520,3559145	185	-2.016601	-.3436896
1983	63	510,1259267	207	-3.192235	-.5222977
1984	59	504,1502908	224	-6.884986	-1.159121
1985	58	495,6554464	229	-9.341473	-1.637023
1986	58	491,2758753	222	-11.03845	-1.98622
1987	71	483,262598	201	-1.952606	-.3106224
1988	71	485,8105986	218	.3116345	.05014
1989	78	491,4355261	205	7.318975	1.216933
1990	84	492,3989088	210	14.03405	2.702082
1991	86	448,0355093	157	.6131647	.0969739
1992	90	440,1372105	160	3.096084	.5007752
1993	88	436,1016674	182	2.342664	.3948801
1994	94	422,7461608	165	3.59707	.6196007
1995	103	416,9383208	94	4.250351	.7018797
1996	103	412,8083375	85	2.413118	.3977666
1997	98	414,7742537	89	-1.7404	-.2850311
1998	96	417,666676	78	-4.162876	-.6928946
1999	99	423,5761412	39	-3.658445	-.6532285
2000	100	430,1089963	27	-2.343873	-.4397653

Source : Données de la Banque Mondiale 2018 (et Stata 12 pour les deux dernières colonnes).

**ANNEXE 4. L'analyse du corrélogramme après le processus autorégressif d'ordre 1**

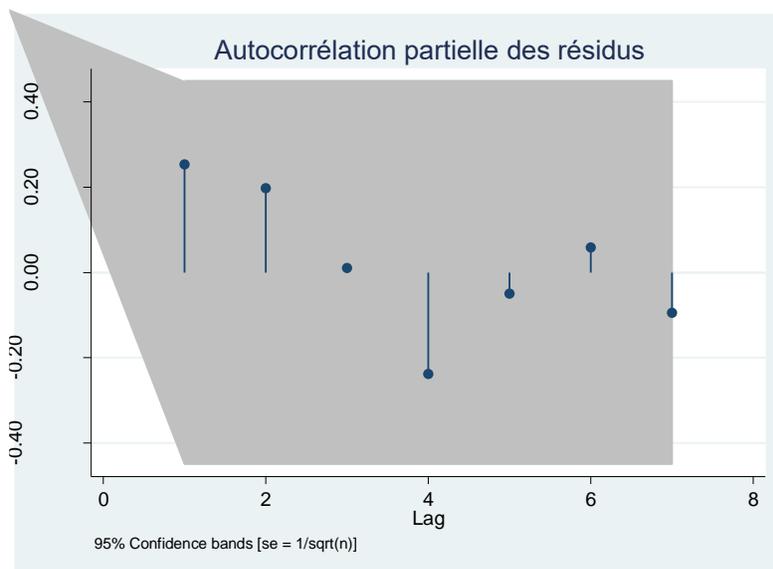
Figure 16 - L'analyse du corrélogramme après le processus autorégressif d'ordre 1

LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1 0 1 [Autocorrelation]	-1 0 1 [Partial Autocor]
1	0.2539	0.2537	1.4293	0.2319		
2	0.2445	0.1977	2.8329	0.2426		
3	0.0869	0.0101	3.0212	0.3884		
4	-0.1729	-0.2379	3.8162	0.4314		
5	-0.0948	-0.0500	4.0725	0.5390		
6	-0.0584	0.0590	4.1772	0.6527		
7	-0.1349	-0.0949	4.7826	0.6865		

Source : auteur, 2018.

**ANNEXE 5. Absence d'autocorrélation d'ordre 1**

Figure 17 - Autocorrélation des résidus après le processus autorégressif d'ordre 1

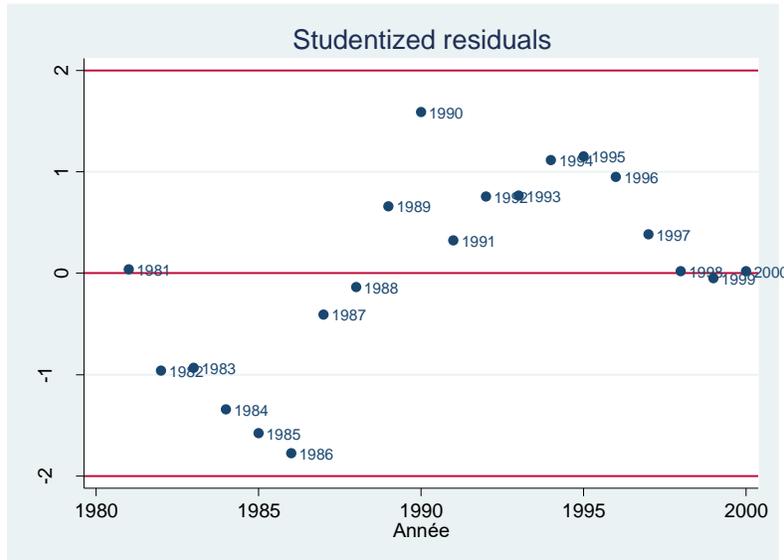


Source : auteur, 2018.

La Figure 16 et la figure ci-dessus représentent l'absence d'autocorrélation partielle des résidus et l'absence autocorrélation des erreurs d'ordre 1.

## ANNEXE 6. Absence d'outlier (après le traitement de la violation des hypothèses)

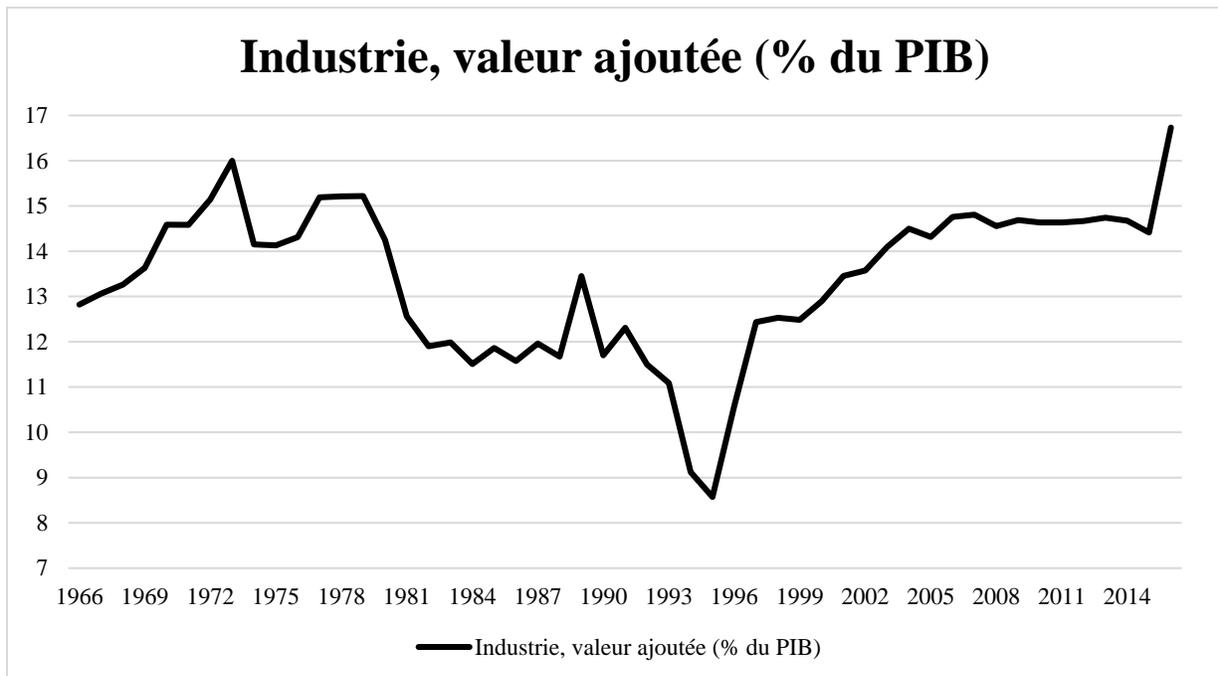
Figure 18 - Studentized residuals après le traitement de la violation des hypothèses



Source : auteur, 2018.

## ANNEXE 7. Industrie, valeur ajoutée (% du PIB)

Figure 19 - Industrie, valeur ajoutée (% du PIB)



Source : Banque mondiale, 21 Septembre 2018.

**ANNEXE 8. Wagens citernes tractés par une locomotive AD18***Figure 20 - Wagens citernes tractés par une locomotive AD18*

Source : cliché de l'auteur, lors d'un voyage à Lohariandava<sup>52</sup>, le 12/02/2019 à 06: 35: 19.

Comme il est possible d'observer à partir de cette figure, la compagnie MADARAIL est en collaboration avec la Logistique Pétrolière S.A. dans le transport des hydrocarbures sur le corridor entre le premier port du pays (Toamasina) et la capitale.

<sup>52</sup> Lohariandava est la douzième commune sur dix-sept du District de Brickaville avec une superficie de 291km<sup>2</sup> (soit 5,52% de la superficie du District de Brickaville).

Source : District de Brickaville, [https://fr.wikipedia.org/wiki/District\\_de\\_Brickaville](https://fr.wikipedia.org/wiki/District_de_Brickaville), 13 Février 2019.

# Table des matières

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>i</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>ii</b>
<b>ACRONYMES ET ABREVIATIONS .....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>iv</b>
<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1. <i>Contexte.....</i>	2
2. <i>Objectif de l'étude .....</i>	4
3. <i>Hypothèses de la recherche.....</i>	4
4. <i>Indicateurs de la recherche .....</i>	4
5. <i>Résultats attendus.....</i>	5
6. <i>Plan .....</i>	5
<b>PREMIERE PARTIE : CADRE METHODOLOGIQUE ET THEORIQUE.....</b>	<b>7</b>
CHAPITRE I : CADRE METHODOLOGIQUE .....	8
1. <i>Méthodologie de la recherche.....</i>	8
2. <i>Outils de traitements des données.....</i>	8
3. <i>La démarche de traitements des données.....</i>	9
4. <i>Problèmes rencontrés.....</i>	9
CHAPITRE II : CADRE THEORIQUE .....	10
1. <i>Fondement et analyse institutionnelle du secteur transport .....</i>	10
2. <i>Valeur sociale du transport ferroviaire : Analyse coûts-avantages.....</i>	12
3. <i>L'infrastructure et matériels du secteur ferroviaire.....</i>	14
4. <i>Les chemins de fer comme source d'emploi.....</i>	15
5. <i>Récapitulation .....</i>	15
<b>DEUXIEME PARTIE : RESULTATS .....</b>	<b>16</b>
CHAPITRE III : RESULTATS.....	16
1. <i>Rapport de visite de la compagnie ferroviaire de Madagascar.....</i>	16
a. <i>Trois unités administratives.....</i>	16
b. <i>Ateliers.....</i>	17
c. <i>Problèmes apparents .....</i>	17
2. <i>Données.....</i>	18

a.	Evolution du <b>PIB/hab.</b> de 1981 à 2000 .....	19
b.	Evolution (en quantité) de biens transportés par train de 1981 à 2000 .....	19
c.	Evolution de la valeur des importations de 1981 à 2000.....	20
d.	Evolution de la variable endogène et des variables exogènes .....	21
e.	Nuage des points entre la variable endogène et les biens transportés par train.....	22
f.	Nuage des points entre la valeur des importations et le <i>PIB/hab.</i> ....	22
g.	Nuage de points entre la variable endogène et les variables exogènes.....	23
3.	<i>Récapitulation</i> .....	23
<b>CHAPITRE IV : ANALYSES DE DONNEES</b> .....		<b>25</b>
1.	<i>Statistiques descriptives</i> .....	25
2.	<i>Matrice de corrélation</i> .....	26
3.	<i>Estimation des paramètres par la méthode des MCO</i> .....	26
4.	<i>Test de normalité des résidus</i> .....	28
a.	Analyse graphique des résidus .....	28
b.	Test de Shapiro-Wilk.....	30
c.	Test de Shapiro-Francia.....	30
d.	Test de Skewness/Kurtosis .....	31
5.	<i>Test d'homoscédasticité des résidus</i> .....	31
a.	Test de Breusch-Pagan .....	31
b.	Test de Szroeter .....	31
6.	<i>Test d'autocorrélation résiduelle</i> .....	32
a.	Analyse du corrélogramme (Test de Barlett).....	32
b.	Présence d'autocorrélation d'ordre 1 .....	32
	Etape 1 : Estimation de $\rho$ par régression directe de $\varepsilon_t$ sur $\varepsilon_{t-1}$ .....	34
	Etape 2 : Transformation des variables et régressions sur les quasi-différences .....	34
7.	<i>Diagnostic de la régression</i> .....	35
8.	<i>Récapitulation</i> .....	36
<b>TROISIEME PARTIE : DISCUSSIONS</b> .....		<b>37</b>
1.	<i>Interprétation économique des résultats</i> .....	37
2.	<i>Rapprochement des résultats avec l'histoire économique</i> .....	38
3.	<i>Perspective du secteur ferroviaire malagasy</i> .....	39
<b>CONCLUSION</b> .....		<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....		<b>I</b>

# Table des annexes

<b>ANNEXES .....</b>	<b>III</b>
<i>ANNEXE 1. Les lignes du chemin de fer de Madagascar depuis 1936.....</i>	<i>III</i>
<i>ANNEXE 2. Organigramme de l'entreprise MADARAIL.....</i>	<i>IV</i>
<i>ANNEXE 3. Le tableau de données .....</i>	<i>VIII</i>
<i>ANNEXE 4. L'analyse du corrélogramme après le processus autorégressif d'ordre 1.....</i>	<i>IX</i>
<i>ANNEXE 5. Absence d'autocorrélation d'ordre 1 .....</i>	<i>IX</i>
<i>ANNEXE 6. Absence d'outlier (après le traitement de la violation des hypothèses) .....</i>	<i>X</i>
<i>ANNEXE 7. Industrie, valeur ajoutée (% du PIB).....</i>	<i>X</i>
<i>ANNEXE 8. Wagons citernes tractés par une locomotive AD18.....</i>	<i>XI</i>
<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVI</b>



## Résumé

*L'histoire des chemins de fer malagasy a commencé au début du XX<sup>e</sup> siècle et se présente de façon brève. Depuis la fixation du dernier rail en 1936, la longueur des lignes du chemin de fer de Madagascar reste stationnaire. Ces lignes étaient prioritaires à mettre en place en vue de garantir la colonisation française de Madagascar (1896-1960). Malgré la précarité de leur conception à la réalisation et paralysées par la concurrence active vis-à-vis de la manifestation d'autres modes de transport, les chemins de fer ont reflété leurs vraies natures dans l'économie à partir de la première république. Le désenclavement des régions desservies a permis la répartition de la richesse et les implications économiques au point de vue de l'**allocation optimale des ressources** sont indéniables. Appuyé par des analyses économétriques au cours d'une vingtaine d'années avant XXI<sup>e</sup> siècle, ce logicisme historique n'astreint pas le secteur ferroviaire à renoncer à poursuivre dans la compétition.*

**Mots-clés :** *Chemins de fer, secteur ferroviaire, Madagascar Railways (Madarail), histoire économique, économie de transport, croissance économique, allocation optimale de ressources.*

## Abstract

*The Malagasy railways history began at the beginning of the 20<sup>th</sup> century and is presented briefly. Since the last rails fixation in 1936, the length of the railways lines remains stationary. These lines were priority to guarantee the French colonization of Madagascar (1896-1960). Despite the precariousness of their conception to the realization and the paralysis of the active competition in front of the other of transport's modes manifestation, the ways reflected their true natures in the economy up to the first republic. The regions opening up allowed the wealth's allotment and the impact of the economic in point of view of the **efficient use of resource** are undeniable. Supporting by economic analysis during the twenty years before the twenty-first century. This historical logic will not allow the rail sector to give up pursuing in the competition.*

**Keywords :** *Railways, rail sector, Madagascar Railways (Madarail), economic history, transport economics, economic growth, efficient use of resource.*

Université d'Antananarivo

Licence es-sciences économiques

Le poids du secteur ferroviaire sur le développement des secteurs de l'économie malagasy

CRESCENT Allardis Pierrat, [crescentallardispierrat@gmail.com](mailto:crescentallardispierrat@gmail.com), +261 32 05 002 60

Sous la direction de Monsieur Thierry RAZANAKOTO, [thierry.razanakoto@gmail.com](mailto:thierry.razanakoto@gmail.com), +261 34 03 058 35

© 2019 Université d'Antananarivo

Nombre de pages : 42