



RAPPORT CRISP-DM

Data Driven Decision Making (DDDM)

Mobile Money en Afrique : Substitut bancaire ou complément technologique ?

Réalisé par :
MAJRI Douha
LAAROUSSI Meriem

Encadré par :
M. Khalid DAHI

Année Universitaire 2025–2026

Table des matières

1 Business Understanding (Compréhension du Métier)	2
1.1 Contexte : La théorie du “Saut Technologique” (Leapfrogging)	2
1.2 Problématique Métier	2
1.3 Objectifs Analytiques : Formulation des Hypothèses	2
1.3.1 Hypothèse 1 : Effet de Substitution (“Vases Communicants”)	2
1.3.2 Hypothèse 2 : Inclusion Financière et Ruralité	3
1.3.3 Hypothèse 3 : Maturité Bancaire (Le “Paradoxe Marocain”)	3
1.4 Modélisation Analytique et Critères de Succès	3
2 Data Understanding (Compréhension des données)	3
2.1 Sources et typologie des données	4
2.2 Les variables de structure (les colonnes)	5
2.3 Les variables de contenu (les indicateurs)	5
2.3.1 Indicateurs Mobile Money	5
2.3.2 Indicateurs de la banque classique	5
2.3.3 Indicateurs macroéconomiques	6
2.3.4 Indicateurs démographiques	6
3 Data Preparation (Préparation des données)	6
3.1 Transformation structurelle (Unpivoting)	6
3.2 Normalisation et nettoyage des types	7
3.3 Harmonisation sémantique et intégrité des clés	7
4 Modeling (Modélisation et architecture)	8
4.1 Architecture du modèle : schéma en étoile	8
4.2 Gestion des relations	8
4.3 Gestion du périmètre et tables satellites	8
4.4 Ingénierie des indicateurs (Feature Engineering et DAX)	9
4.4.1 Gestion de l'hétérogénéité des codes séries	9
4.4.2 Stratégie de normalisation	9
4.4.3 Indicateurs de performance liés aux hypothèses	9
4.4.4 Mesures spécifiques au focus Maroc	10
5 Data Visualization & Evaluation	10
5.1 Architecture du Tableau de Bord	10
5.2 Difficultés Techniques et Résolutions (Troubleshooting)	11
5.3 Phase d'Évaluation : Analyse des Résultats	11
5.3.1 Hypothèse H1 : Le Leapfrogging (Substitution)	11
5.3.2 Hypothèse H2 : L'Inclusion par la Ruralité	12
5.3.3 Hypothèse H3 : Le Modèle Hybride (Cas du Maroc)	12
5.3.4 Analyse Prospective (IA)	12
6 Phase de Déploiement & Recommandations	13
6.1 Stratégie de Déploiement du Tableau de Bord	13
6.2 Recommandations Stratégiques (Basées sur les Données)	13
6.3 Maintenance et Limites du Modèle	14
6.4 Bilan du Projet (Retours d'Expérience)	14

1 Business Understanding (Compréhension du Métier)

1.1 Contexte : La théorie du “Saut Technologique” (Leapfrogging)

Le développement des systèmes financiers ne suit pas une trajectoire universelle. Dans les économies occidentales (Europe, États-Unis), l'évolution des moyens de paiement s'est historiquement faite de manière linéaire :

Espèces → Compte bancaire → Carte bancaire → Paiement mobile

À l'inverse, de nombreux pays africains semblent illustrer la **théorie du “Saut Technologique” (Leapfrogging)**. Une part importante de la population, historiquement exclue du système bancaire traditionnel, est passée directement de l'usage des espèces au paiement mobile, sans transiter par l'étape intermédiaire du compte bancaire classique.

Ce phénomène est notamment observé à travers l'essor du *Mobile Money*, qui permet d'effectuer des transactions financières via un téléphone mobile, sans nécessiter de relation bancaire formelle. Dans ce projet, nous cherchons à analyser empiriquement si cette transition constitue une réponse structurelle à un déficit d'infrastructures bancaires ou s'il s'agit simplement d'une évolution des usages numériques.

1.2 Problématique Métier

La problématique centrale de notre rapport consiste à qualifier la nature économique du Mobile Money en Afrique sur la période 2010–2023 :

Le Mobile Money agit-il comme un substitut nécessaire face à l'absence d'infrastructures bancaires, ou comme un simple complément technologique dans des marchés déjà bancarisés ?

Cette question oppose deux visions économiques distinctes :

- **Le Mobile Money comme “gadget technologique”** : son adoption resterait marginale dans les économies les moins développées et dépendrait principalement du niveau de maturité économique.
- **Le Mobile Money comme “nécessité”** : son usage se développerait précisément dans les pays où l'accès aux services bancaires traditionnels est limité, jouant ainsi un rôle clé dans l'inclusion financière.

1.3 Objectifs Analytiques : Formulation des Hypothèses

Afin de répondre à notre problématique métier, nous avons structuré notre analyse autour de la validation de trois hypothèses principales, testées à l'aide d'indicateurs construits dans Power BI à partir de données issues d'institutions internationales (FMI, Banque Mondiale).

1.3.1 Hypothèse 1 : Effet de Substitution (“Vases Communicants”)

Question analytique : Existe-t-il une corrélation inverse entre la densité des infrastructures bancaires et l'adoption du Mobile Money ?

Résultat attendu : Une faible densité d'agences bancaires physiques et de distributeurs automatiques devrait être associée à un volume élevé de transactions Mobile Money, traduisant un effet de substitution entre banque traditionnelle et finance mobile.

1.3.2 Hypothèse 2 : Inclusion Financière et Ruralité

Question analytique : Le Mobile Money constitue-t-il un levier majeur d'inclusion financière pour les populations rurales ?

Résultat attendu : Une corrélation positive entre le pourcentage de population rurale et le nombre de comptes Mobile Money actifs confirmerait le rôle social du Mobile Money dans l'accès aux services financiers.

1.3.3 Hypothèse 3 : Maturité Bancaire (Le “Paradoxe Marocain”)

Question analytique : Un système bancaire mature freine-t-il l'adoption du Mobile Money ?

Résultat attendu : Dans des pays fortement bancarisés comme le Maroc, caractérisés par une forte densité d'agences et de GAB, l'adoption du Mobile Money devrait rester limitée, le besoin étant déjà couvert par les services bancaires classiques.

1.4 Modélisation Analytique et Critères de Succès

L'ambition de ce projet dépasse une simple analyse descriptive. Nous avons adopté une approche qui repose sur une logique explicative assimilable à une équation de performance :

$$\text{Adoption du Mobile Money} = f(\text{Infrastructures bancaires, Démographie, Contexte socio-économique})$$

- **Variable dépendante (Y) – FMI :** Indicateurs mesurant l'adoption et l'intensité d'usage du Mobile Money (volumes de transactions, nombre de comptes actifs).
- **Variables explicatives (X) – Banque Mondiale :** Indicateurs décrivant le contexte économique, démographique et territorial (densité bancaire, population rurale, etc.).

Nous définissons le critère de succès de notre projet comme la capacité à segmenter les 54 pays africains en trois groupes stratégiques distincts :

1. **Les Pionniers (ex. Kenya)** : économies où le Mobile Money constitue l'infrastructure financière dominante.
2. **Les Émergents (ex. Sénégal)** : marchés en forte croissance, caractérisés par une adoption rapide.
3. **Les Bancarisés (ex. Maroc)** : économies dominées par la banque traditionnelle, avec une adoption limitée du Mobile Money.

2 Data Understanding (Compréhension des données)

Cette phase vise à comprendre les données que nous mobilisons dans le cadre de notre projet, leurs sources, leur structure, leur signification métier ainsi que les traitements nécessaires pour les rendre exploitables dans un cadre décisionnel sous Power BI.

Deux types de variables sont distingués :

- **Les variables de structure (colonnes) :** elles organisent les données (pays, année, indicateur, etc.).
- **Les variables de contenu (indicateurs) :** elles représentent les mesures réelles analysées (PIB, Mobile Money, etc.).

2.1 Sources et typologie des données

Le dataset que nous avons décidé d'utiliser dans cette étude est issu de la consolidation de plusieurs sources institutionnelles *Open Data*, couvrant 54 pays africains sur la période 2010–2024. Le recours à des institutions internationales de référence garantit la fiabilité, la comparabilité et la traçabilité des données analysées.

— Données financières : Fonds Monétaire International (FMI), Financial Access Survey (FAS)

FIGURE 1 – Aperçu de la structure brute des données du FMI (Financial Access Survey)

- *Contenu* : indicateurs relatifs à l'offre de services financiers et à l'infrastructure bancaire, incluant notamment le nombre de comptes Mobile Money, le volume des transactions Mobile Money, le nombre d'agences bancaires et de guichets automatiques.
- *Période couverte* : 2011–2024.
- *Rôle analytique* : fournir les variables centrales liées à l'adoption, à l'intensité d'usage et à la substitution potentielle du Mobile Money par rapport à la banque traditionnelle.
- **Données contextuelles : Banque Mondiale, World Development Indicators (WDI)**

FIGURE 2 – Aperçu des premières lignes du dataset Banque Mondiale

- *Contenu* : variables macroéconomiques, démographiques et structurelles, incluant la population totale, le Produit Intérieur Brut (PIB) et le pourcentage de population rurale.

- *Période couverte* : 2010–2024.
- *Rôle analytique* : servir de variables de contexte et de dénominateurs pour la normalisation des indicateurs financiers issus du FMI, permettant la construction de ratios comparables entre pays.

Afin de pallier l'absence partielle de données sur certains pays dans le flux principal du FMI, un fichier spécifique `Morocco_dataset.csv` a été intégré. Celui-ci permet un focus détaillé sur le cas marocain et garantit la cohérence des analyses comparatives à l'échelle continentale.

2.2 Les variables de structure (les colonnes)

Les fichiers issus du FMI et de la Banque Mondiale partagent une structure similaire, facilitant leur intégration et leur modélisation. Le tableau suivant résume les variables de structure utilisées.

- **COUNTRY / Country Name** : Nom du pays (ex. Kenya, Morocco)
- **YEAR (2010–2023)** : Année d'observation
- **SERIES_CODE / Series Code** : Code technique unique de l'indicateur (ex. FA66.NUM.A)
- **INDICATOR / Series Name** : Nom lisible de l'indicateur (ex. GDP)
- **OBS_VALUE** : Valeur numérique observée
- **SCALE / Unit** : Unité de mesure (unités, millions, %, etc.)

Ces variables permettent d'organiser l'information selon une logique spatio-temporelle et constituent la base du modèle relationnel.

2.3 Les variables de contenu (les indicateurs)

Nous avons extrait treize indicateurs uniques des datasets. Ils constituent l'ensemble des variables analytiques mobilisées dans le projet.

2.3.1 Indicateurs Mobile Money

Ces indicateurs issus du FMI mesurent directement l'usage et la diffusion du Mobile Money.

- **Mobile money transactions (during the reference year)** : nombre total de transactions annuelles. *Interprétation* : volume d'usage du Mobile Money.
- **Active mobile money accounts** : comptes ayant réalisé au moins une transaction récente. *Interprétation* : taux d'adoption réel.
- **Registered mobile money accounts (Maroc)** : nombre total de comptes enregistrés. *Interprétation* : potentiel de marché par rapport à l'usage effectif.
- **Registered mobile money agent outlets** : nombre de points de service agréés. *Interprétation* : densité du réseau physique.

2.3.2 Indicateurs de la banque classique

Ces indicateurs permettent d'évaluer l'infrastructure bancaire traditionnelle.

- **Number of commercial bank branches (per 1,000 km²)** : densité géographique des agences. *Interprétation* : identification des déserts bancaires.
- **Number of commercial bank branches (per 100,000 adults)** : densité démographique bancaire. *Interprétation* : saturation du marché bancaire.

- **Automated teller machines (ATMs) country wide (Maroc)** : nombre de guichets automatiques. *Interprétation* : indicateur de maturité bancaire.

2.3.3 Indicateurs macroéconomiques

Ces variables issues de la Banque Mondiale contextualisent les usages financiers.

- **GDP (current US\$)** : produit intérieur brut. *Interprétation* : richesse nationale et variable de normalisation.
- **GDP growth (annual %)** : croissance économique annuelle. *Interprétation* : dynamique économique du pays.
- **Population, total** : population totale. *Interprétation* : calcul d'indicateurs par habitant.
- **Mobile cellular subscriptions (per 100 people)** : taux de pénétration mobile. *Interprétation* : condition technique indispensable au Mobile Money.

2.3.4 Indicateurs démographiques

Ces indicateurs testent l'hypothèse d'inclusion financière.

- **Rural population (% of total population)** : proportion de population rurale. *Interprétation* : variable clé de l'inclusion financière.
- **Urban population (% of total population)** : proportion de population urbaine. *Interprétation* : complément à l'analyse de la ruralité.

3 Data Preparation (Préparation des données)

Afin de garantir la fiabilité de nos résultats analytiques et de permettre une modélisation efficace dans Power BI, nous avons mis en œuvre un processus ETL (*Extract, Transform, Load*) rigoureux. Les données brutes présentaient une structure matricielle complexe et hétérogène nécessitant plusieurs transformations majeures avant toute exploitation décisionnelle.

3.1 Transformation structurelle (Unpivoting)

L'analyse temporelle dynamique était initialement impossible avec le format natif des fichiers sources.

- **Problème initial (Wide Format)** : les données étaient structurées sous forme matricielle, avec les années (2010 à 2023) réparties sur plusieurs colonnes distinctes, rendant l'exploitation temporelle difficile.
- **Action réalisée (Power Query)** : application de la transformation « **Dépivoter les autres colonnes** » (*Unpivot*) sur l'ensemble des datasets du FMI et de la Banque Mondiale.
- **Résultat obtenu (Tidy Data)** : conversion vers un format tabulaire normalisé (*Long Format*), générant une colonne unique **Année** et une colonne **Valeur**. Cette structure est indispensable pour l'utilisation d'un axe temporel continu dans les visualisations Power BI.

3.2 Normalisation et nettoyage des types

Nous avons appliqué une standardisation stricte des types de données afin d'assurer la cohérence et la fiabilité des calculs DAX.

- **Typage des données :**
 - conversion explicite des colonnes temporelles en **Nombre entier** afin de garantir la continuité chronologique ;
 - conversion des indicateurs quantitatifs (PIB, transactions, comptes, etc.) en **Nombre décimal** pour permettre les agrégations mathématiques (sommes, moyennes, ratios).
- **Gestion des valeurs parasites** : suppression des notations spécifiques aux fichiers sources (ex. “..”), remplacées par des valeurs nulles (**null**) afin d'éviter toute distorsion statistique.
- **Traitement spécifique aux données WDI :**
 - *Défi identifié* : présence d'en-têtes d'années non standardisés (ex. “2012 [YR2012]”).
 - *Stratégie adoptée* : nettoyage effectué après le dépivotage afin d'éviter un renommage manuel colonne par colonne.
 - *Exécution* : extraction automatique des quatre premiers caractères de la colonne **Année**, permettant de standardiser l'ensemble de la série temporelle (2010–2024) en une seule opération.

3.3 Harmonisation sémantique et intégrité des clés

L'étape la plus critique du processus ETL a concerné l'alignement sémantique des noms de pays, condition indispensable à la réussite des jointures entre tables.

- **Problème d'intégrité** : une divergence de nomenclature existait entre le FMI (noms protocolaires) et la Banque Mondiale (noms abrégés). Sans correction, près de **60% des pays** n'auraient pas été correctement joints, excluant des acteurs majeurs de l'analyse.
- **Solution mise en œuvre** : création d'une étape de *mapping* via des remplacements conditionnels dans Power Query afin d'aligner systématiquement les noms issus de la Banque Mondiale sur le référentiel du FMI.

Tableau de mapping des corrections principales :

Pays (clé)	Nom original (Banque Mondiale)	Nom harmonisé (référentiel FMI)
RDC	Congo, Dem. Rep.	Congo, Democratic Republic of the
Côte d'Ivoire	Cote d'Ivoire	Côte d'Ivoire
Tanzanie	Tanzania	Tanzania, United Republic of
Égypte	Egypt, Arab Rep.	Egypt, Arab Republic of

Résultat final : cette harmonisation garantit un taux de correspondance de **100%** entre les indicateurs financiers et macroéconomiques sur l'ensemble du périmètre africain, assurant ainsi l'intégrité du modèle relationnel dans Power BI.

4 Modeling (Modélisation et architecture)

Une fois nos données nettoyées et préparées, nous avons procédé à l'étape de modélisation, qui a consisté à construire une architecture relationnelle robuste permettant de croiser dynamiquement des sources hétérogènes et de traduire les hypothèses métier en indicateurs mesurables via le langage DAX.

4.1 Architecture du modèle : schéma en étoile

Afin d'éviter les limitations liées aux relations de type *Many-to-Many* entre les datasets du FMI et de la Banque Mondiale, nous avons structuré le modèle selon une architecture en étoile (*Star Schema*). Ce choix constitue un standard industriel garantissant à la fois performance, lisibilité et cohérence des filtres dans Power BI.

- **Tables de faits (centre du modèle)** : jeux de données transactionnels et économiques, notamment `FMI_Mobile_Money`, `WB_Economics` et `Maroc_Specific`.
- **Tables de dimensions (branches du modèle)** :
 - **Dim_Pays** : table unique regroupant les 54 pays africains avec une nomenclature harmonisée et une classification régionale (Afrique de l'Ouest, de l'Est, du Nord, etc.). Elle constitue la clé de filtrage géographique commune.
 - **Dim_Temps** : table calendaire continue couvrant la période 2010–2024. Elle permet d'aligner temporellement des indicateurs issus de sources ayant des fréquences de mise à jour différentes.

4.2 Gestion des relations

La cohérence de notre modèle repose exclusivement sur des relations de type **Un-à-Plusieurs (1 :*)** entre les dimensions et les tables de faits.

- **Sens de la relation** : une ligne unique dans une dimension (par exemple un pays ou une année) filtre plusieurs lignes correspondantes dans les tables de faits.
- **Bénéfice analytique** : cette structure garantit la propagation correcte des filtres. Toute sélection temporelle ou géographique s'applique simultanément aux données financières (FMI) et contextuelles (Banque Mondiale).

Cette architecture élimine les ambiguïtés de filtrage et sécurise l'interprétation des indicateurs calculés.

4.3 Gestion du périmètre et tables satellites

- **Filtrage dimensionnel** : bien que les données de la Banque Mondiale couvrent l'ensemble du globe, le périmètre analytique a été restreint via la dimension `Dim_Pays` afin de ne conserver que les pays africains. Ce choix facilite les comparaisons intra-continentales (ex. Afrique de l'Est vs Afrique du Nord).
- **Intégration du dataset Maroc** : le fichier spécifique au Maroc a été intégré sous la forme d'une **table de faits satellite**. Reliée aux mêmes dimensions (`Dim_Pays` et `Dim_Temps`), elle permet d'activer des analyses granulaires uniquement lorsque le contexte géographique « Maroc » est sélectionné.

Cette approche garantit à la fois la cohérence globale du modèle et la flexibilité nécessaire à des analyses locales approfondies.

4.4 Ingénierie des indicateurs (Feature Engineering et DAX)

Les données issues des sources internationales (FMI, Banque Mondiale) sont initialement exprimées en valeurs absolues. Or, ces grandeurs sont fortement biaisées par la taille démographique et économique des pays, rendant toute comparaison brute non pertinente. Afin de traduire les hypothèses métier en indicateurs comparables et exploitables, nous avons développé une ingénierie spécifique des indicateurs à l'aide du langage *DAX* (*Data Analysis Expressions*).

Cette étape constitue le cœur technique de la phase de *Modeling* et assure le lien direct entre la problématique métier et l'évaluation empirique des hypothèses.

4.4.1 Gestion de l'hétérogénéité des codes séries

Les indicateurs FMI présentent une hétérogénéité structurelle : chaque code est préfixé par le code pays (ex. COG.FA66.NUM.A), ce qui empêche l'utilisation de filtres DAX basés sur une égalité stricte.

Pour résoudre ce problème, nous avons utilisé la fonction **SEARCH** afin d'identifier dynamiquement les séries pertinentes à l'intérieur des chaînes de caractères, indépendamment du pays concerné.

- **Volume total des transactions Mobile Money** : agrégation des valeurs dont le code série contient FA66.NUM.A.
- **Comptes Mobile Money actifs** : sélection des séries contenant le code FA63.
- **Infrastructure bancaire** : extraction des indicateurs liés aux guichets automatiques bancaires via le code FA19.

Cette approche garantit la robustesse du modèle face aux variations de nomenclature et permet une exploitation homogène des indicateurs multi-sources.

4.4.2 Stratégie de normalisation

Afin de neutraliser les effets de taille et de permettre des comparaisons inter-pays, nous avons normalisé l'ensemble des indicateurs à l'aide de ratios relatifs, construits autour de dénominateurs de référence issus de la Banque Mondiale.

- **Base population** : population totale (code SP.POP.TOTL), utilisée pour mesurer l'adoption sociale réelle.
- **Base économique** : Produit Intérieur Brut (PIB), utilisé pour mesurer l'intensité économique du Mobile Money.

Les principaux indicateurs normalisés sont définis comme suit :

$$\text{Intensité Mobile} = \frac{\text{Volume des transactions Mobile Money}}{\text{PIB}}$$

$$\text{Taux d'adoption} = \frac{\text{Comptes Mobile Money actifs}}{\text{Population totale}}$$

Ces ratios permettent de comparer l'impact et la diffusion du Mobile Money indépendamment de la taille des économies nationales.

4.4.3 Indicateurs de performance liés aux hypothèses

À partir des mesures fondamentales, nous avons construit des *Key Performance Indicators* (KPIs) afin de tester explicitement les hypothèses analytiques.

- **H1 – Intensité Mobile (% du PIB)** : indicateur mesurant le degré de dépendance d'une économie au Mobile Money, implémenté via la fonction sécurisée :

$$\text{DIVIDE}([\text{Total Mobile Transactions}], [\text{PIB}], 0)$$

- **H2 – Taux d'adoption active** : rapport entre le nombre de comptes Mobile Money actifs et la population totale, utilisé comme proxy d'inclusion financière effective.

Ces KPIs constituent les variables centrales des analyses de corrélation présentées dans la phase d'évaluation.

4.4.4 Mesures spécifiques au focus Maroc

Le Maroc constitue un cas analytique particulier en raison de son absence du dataset FMI principal et de la disponibilité tardive de ses données nationales. Afin d'éviter toute incohérence statistique, nous avons développé des mesures DAX dédiées en s'appuyant exclusivement sur la table `Morocco_dataset`.

- **H3_Adoption_Maroc** : calcule le taux d'adoption Mobile Money en contrainignant explicitement le dénominateur de population au seul pays « Maroc », évitant toute division par une population globale incorrecte.
- **H3_ATM_Maroc** : mesure la densité des guichets automatiques bancaires (code FA19) comme indicateur de maturité du système bancaire traditionnel.

Cette isolation logique des mesures garantit la cohérence des analyses locales tout en maintenant l'intégrité du modèle continental global.

5 Data Visualization & Evaluation

Une fois le modèle de données consolidé, nous sommes passés à la phase de visualisation. Notre objectif n'était pas seulement d'afficher des chiffres, mais de construire une narration (*Data Storytelling*) capable de valider ou de réfuter l'hypothèse du *Leapfrogging*.

5.1 Architecture du Tableau de Bord

Notre rapport Power BI a été structuré en quatre pages distinctes, chacune répondant à un objectif stratégique précis :

- **Page 1 : Le Panorama Continental (Vue d'ensemble)**
 - *Objectif* : Mesurer l'ampleur globale du phénomène Mobile Money en Afrique.
 - *Visuels clés* : Carte choroplète pour identifier les *hotspots* (Kenya, Ghana, Sénégal), *Bar Chart* pour le Top 10 de l'inclusion réelle (comptes actifs / population) et *KPI Cards* pour les volumes macro-économiques.
- **Page 2 : L'Analyse Scientifique (Validation des Hypothèses)**
 - *Objectif* : Démontrer les corrélations entre infrastructures et adoption.
 - *Visuels clés* : Nuage de points animé (*Scatter Plot*) montrant l'évolution (2011–2024) de l'adoption mobile par rapport à la densité bancaire, ainsi qu'un second nuage de points testant l'impact de la ruralité.
- **Page 3 : Étude de Cas Spécifique – Le Maroc**
 - *Objectif* : Analyser un marché « hybride » où le cash et la banque traditionnelle restent prédominants.

- *Visuels clés* : Graphique combiné (barres et lignes) opposant le stock élevé de GABs au flux de transactions mobiles, et une jauge de potentiel comparant le taux d'adoption marocain aux leaders africains.
- **Page 4 : Prospective (Prédictions & IA)**
- *Objectif* : Anticiper les tendances à l'horizon 2027.
- *Technologie* : Algorithmes de *forecasting* (lissage exponentiel) intégrés à Power BI et détection automatique des clusters (pays atypiques).

5.2 Difficultés Techniques et Résolutions (Troubleshooting)

Le passage des données brutes aux visuels a révélé trois défis majeurs, que nous avons résolus par une ingénierie avancée en DAX :

1. **Problème : Graphiques vides (Hétérogénéité des codes séries)**
 - *Analyse* : Le FMI préfixait chaque code indicateur par le code pays (ex. COG.FA66...), empêchant une recherche exacte sur la chaîne FA66.
 - *Solution* : Remplacement de l'égalité stricte par la fonction **DAX SEARCH**, permettant de détecter le motif FA66 n'importe où dans la chaîne.
2. **Problème : Indicateurs erronés (Erreur des « milliards de % »)**
 - *Analyse* : Power BI additionnait les comptes au lieu de calculer des ratios, générant des taux d'adoption irréalistes supérieurs à 4000%.
 - *Solution* : Création de mesures normalisées divisant systématiquement le numérateur par le dénominateur (population totale issue du WDI), afin d'obtenir des pourcentages bornés entre 0 et 100%.
3. **Problème : Le cas du Maroc (Disparité des sources)**
 - *Analyse* : Le Maroc était absent du dataset FMI principal et ses données spécifiques débutaient tardivement (2019), créant des incohérences temporelles.
 - *Solution* : Isolation du Maroc dans un dataset spécifique (**Morocco_dataset**), création de mesures dédiées et filtrage strict sur les années de chevauchement (2022–2023).

5.3 Phase d'Évaluation : Analyse des Résultats

La phase d'évaluation consiste à confronter les visualisations produites dans Power BI aux hypothèses formulées lors de la phase de *Business Understanding*. Les indicateurs construits en DAX permettent une validation empirique, hypothèse par hypothèse, du rôle du Mobile Money dans les économies africaines.

5.3.1 Hypothèse H1 : Le Leapfrogging (Substitution)

- **Observation** : Le nuage de points dynamique met en évidence un *cluster pionnier* (Kenya, Ghana, Tanzanie) caractérisé par une trajectoire quasi verticale. L'adoption du Mobile Money y est passée de moins de 10% à plus de 60% entre 2011 et 2024, tandis que la densité des agences bancaires physiques est restée quasi inchangée, autour de 5 agences pour 100 000 habitants.
- **Interprétation** : L'absence de réseau bancaire traditionnel n'a pas constitué un frein, mais un catalyseur. Le Mobile Money s'est imposé comme une alternative directe aux services bancaires de base (paiements, transferts, stockage de valeur), sans passer par une phase intermédiaire de bancarisation classique.

- **Verdict : Hypothèse validée.** Le phénomène de *Leapfrogging* est clairement observé : le Mobile Money se substitue à la banque traditionnelle pour les besoins financiers essentiels.

5.3.2 Hypothèse H2 : L’Inclusion par la Ruralité

- **Observation :** Les visualisations montrent une absence de corrélation négative entre le taux de ruralité et l’adoption du Mobile Money. Des pays à forte composante rurale (plus de 70% de population rurale), tels que le Rwanda ou l’Ouganda, affichent des taux d’adoption supérieurs à ceux de pays plus urbanisés d’Afrique du Nord.
- **Interprétation :** Les technologies USSD, indépendantes de l’accès à Internet ou aux smartphones, combinées à un réseau capillaire d’agents locaux (épiciers, commerces de proximité), ont permis de lever la contrainte du « dernier kilomètre ». Là où les agences bancaires et les GABs sont absents, le téléphone mobile devient le principal point d'accès aux services financiers.
- **Verdict : Hypothèse validée.** Le Mobile Money joue un rôle majeur d’inclusion financière en milieu rural, contredisant l’idée selon laquelle la ruralité freinerait l’adoption des services financiers digitaux.

5.3.3 Hypothèse H3 : Le Modèle Hybride (Cas du Maroc)

- **Observation :** Le Maroc dispose d’une infrastructure bancaire dense, avec environ 8000 guichets automatiques en activité. Le taux d’adoption active du Mobile Money demeure relativement faible, autour de 8%. Toutefois, la dynamique observée après 2020 met en évidence une accélération exponentielle des usages, contrastant avec la stagnation des années précédentes.
- **Interprétation :** À un niveau d’adoption de 8%, le Maroc se situe dans une phase d’amorçage correspondant aux *Early Adopters*. La forte bancarisation historique et la disponibilité du cash ont créé une « barrière de confort », retardant l’émergence du besoin de substitution. Néanmoins, le potentiel de croissance reste considérable, avec près de 92% du marché encore inexploité.
- **Verdict : Hypothèse nuancée (modèle de rattrapage).** Le Maroc ne suit pas une trajectoire de substitution brutale, mais une logique de **complémentarité**. Le Mobile Money s’impose progressivement pour les petits paiements et les usages quotidiens, tandis que le cash et la banque traditionnelle conservent un rôle central pour les autres transactions.

5.3.4 Analyse Prospective (IA)

- Les algorithmes de prévision anticipent une croissance annuelle continue comprise entre +10% et +15% jusqu’en 2027.
- La détection d’anomalies identifie la période 2020–2021 comme un point de rupture structurel, lié à l’effet COVID-19, ayant joué un rôle d’accélérateur irréversible de l’adoption des paiements mobiles.

6 Phase de Déploiement & Recommandations

La phase de déploiement vise à transformer les *insights* analytiques que nous avons obtenus via Power BI en actions stratégiques concrètes. Notre rapport ne constitue pas une fin en soi, mais un véritable outil d'aide à la décision (*Decision Support System – DSS*).

6.1 Stratégie de Déploiement du Tableau de Bord

Nous avons conçu le tableau de bord Power BI « *Mobile Money Analytics* » pour qu'il soit déployé auprès de deux types d'utilisateurs finaux, avec des usages distincts :

- **Pour les régulateurs (Banques centrales / Ministère des Finances)**
 - *Usage* : Pilotage de l'inclusion financière.
 - *Action* : Utiliser la carte choroplète (Page 1) afin d'identifier les « zones blanches » (pays ou régions à faible inclusion) et prioriser les investissements en infrastructure numérique plutôt qu'en agences bancaires physiques.
 - *Fréquence* : Mise à jour annuelle lors de la publication des rapports du FMI et de la Banque Mondiale.
- **Pour les opérateurs privés (Banques / Telcos)**
 - *Usage* : Intelligence concurrentielle et *benchmarking*.
 - *Action* : Exploiter le focus Maroc (Page 3) afin de surveiller la vitesse de convergence entre le modèle Cash et le modèle Mobile.
 - *Déploiement technique* : Publication du rapport sur *Power BI Service (Cloud)* avec une actualisation automatique des données via les API de la Banque Mondiale, en remplacement des fichiers CSV statiques actuels.

6.2 Recommandations Stratégiques (Basées sur les Données)

Les analyses issues des phases de *Modeling* et d'*Evaluation*, nous ont permis de formuler trois recommandations stratégiques majeures à destination des acteurs du marché :

1. **Arrêt de l'expansion physique en zone rurale**
 - *Constat (H2)* : La ruralité n'est plus un frein à l'adoption digitale grâce à la couverture GSM.
 - *Action* : Les banques doivent stopper la construction d'agences coûteuses (*Brick & Mortar*) dans les zones reculées. La stratégie optimale repose sur un modèle **Asset-Light**, s'appuyant sur un réseau dense d'agents tiers (épicier, stations-service) équipés de terminaux mobiles.
2. **Adoption du modèle « Phygital » pour le Maroc**
 - *Constat (H3)* : Le Maroc dispose d'une densité très élevée de GABs, ce qui freine l'adoption spontanée du mobile money (effet de sentier).
 - *Action* : Il est contre-productif de chercher à éliminer brutalement le cash à court terme. La stratégie recommandée consiste à assurer une interopérabilité totale, permettant le dépôt et le retrait d'espèces depuis les GABs existants vers les portefeuilles mobiles, créant ainsi un pont entre l'économie informelle et l'économie formelle.
3. **Anticipation de la saturation infrastructurelle (Prédictions)**
 - *Constat (Phase 4)* : Les volumes transactionnels augmentent à un rythme moyen de 15% par an, sans signe de plateau à moyen terme.

- **Action** : Les infrastructures informatiques actuelles risquent une saturation à l'horizon 2027. Il est impératif d'investir dès à présent dans des architectures **Cloud scalables** capables de supporter la charge projetée par les algorithmes de *forecasting*.

6.3 Maintenance et Limites du Modèle

Afin de garantir la pérennité et la robustesse du tableau de bord, nous pouvons citer plusieurs limites structurelles qui doivent être prises en compte :

- **Latence des données** : Les données internationales issues du FMI et de la Banque Mondiale présentent un décalage temporel de un à deux ans. Un pilotage en temps quasi réel nécessiterait une connexion directe aux bases de données des opérateurs locaux.
- **L'invisible informel** : Le modèle repose sur les transactions enregistrées. Une part significative des flux financiers en Afrique demeure exclusivement liquide (*Cash-to-Cash*) et échappe par nature à l'analyse numérique.
- **Biais démographique** : Les projections de population utilisées comme dénominateur des ratios sont des estimations pouvant manquer de précision dans les pays n'ayant pas réalisé de recensement récent.

6.4 Bilan du Projet (Retours d'Expérience)

Ce projet met en évidence que l'application de la *Data Science* à l'économie du développement requiert une rigueur particulière, notamment lors de la phase de préparation des données. Nous avons consacré environ **80% de l'effort total** à l'harmonisation de sources hétérogènes (FMI, Banque Mondiale, données nationales marocaines), illustrant le principe fondamental selon lequel la qualité de l'output dépend directement de la qualité de l'input (*Garbage In, Garbage Out*).

En conclusion, nous montrons que le Mobile Money ne se limite pas à la numérisation de la monnaie : il redéfinit la géographie financière du continent africain en transformant chaque téléphone mobile en une agence bancaire potentielle.