



# Rapport de projet fin d'année

## 4ème année

### Ingénierie Informatique et Réseaux

Sous le thème

# Déploiement d'un Entrepôt de Données et Tableau de Bord Power BI pour le Suivi des Travaux d'une Société de Construction

Réalisé par :

- KRIR Anas
- EL YOURI Adam

Encadré par :

- Mme. ABBAOUI Wafae

Jury :

- Mme. OUARHIM Asmae



# **Remerciements**

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude envers notre encadrante et professeure, Mme. ABBAOUI Wafae , pour son dévouement exceptionnel et son encadrement attentif tout au long de ce projet. Sa guidance, ses conseils avisés et son encouragement constant ont joué un rôle crucial dans la réussite de notre travail. Son expertise et son engagement ont été des sources d'inspiration continues, nous motivant à atteindre des niveaux d'excellence élevés.

Nous souhaitons également remercier chaleureusement l'ensemble du corps pédagogique de l'EMSI ainsi que tous les enseignants qui ont enrichi notre parcours scolaire. Leur soutien indéfectible, leur disponibilité et leur partage de connaissances ont été d'une valeur inestimable pour notre développement académique et professionnel. Grâce à leurs efforts, nous avons pu acquérir les compétences et la confiance nécessaires pour relever les défis de notre domaine.

Leur passion pour l'enseignement et leur dévouement à la formation des étudiants ont non seulement façonné notre compréhension théorique et pratique, mais ont également nourri notre curiosité intellectuelle et notre esprit critique. En reconnaissance de leur contribution significative à notre éducation, nous exprimons notre profonde gratitude et notre respect sincère.

# Abstract

In the modern construction sector, the ability to collect, organize, and analyze project data is a strategic asset for decision-makers. This project focuses on the development of a Business Intelligence (BI) system designed to monitor construction projects through a dynamic and interactive Power BI dashboard, backed by a well-structured data warehouse.

The initial dataset, provided in Excel format, contained raw operational, financial, and geographical data related to multiple construction sites. The first phase involved a detailed analysis of the business needs, followed by the design of a dimensional model using a star Schema. Power Query was used to implement a comprehensive ETL (Extract, Transform, Load) process : cleaning the data, standardizing formats, and fragmenting the source into a fact table and multiple dimension tables.

The resulting dataset was loaded into Power BI Service to create a professional dashboard composed of key performance indicators (KPIs), interactive filters, geographical visualizations, and analytical charts. This dashboard allows real-time tracking of project performance, cost comparison, regional analysis, and project distribution.

The implementation of this BI solution provides a significant improvement in how the company monitors its construction activity. It enables faster, more informed decision-making, and enhances the transparency and efficiency of project management.

This report details each step of the process : from the business need analysis to the final visualizations, providing a full view of the architecture and value delivered by the solution.

# Résumé

Dans le secteur moderne de la construction, la capacité à collecter, organiser et analyser les données des projets constitue un atout stratégique pour les décideurs. Ce projet porte sur le développement d'un système de Business Intelligence (BI) conçu pour assurer le suivi des projets de construction à travers un tableau de bord Power BI interactif et dynamique, reposant sur un entrepôt de données bien structuré.

Le jeu de données initial, fourni sous format Excel, contenait des données brutes d'ordre opérationnel, financier et géographique liées à plusieurs chantiers. La première phase du projet a consisté en une analyse approfondie des besoins métiers, suivie par la conception d'un modèle dimensionnel basé sur un schéma en étoile. Power Query a été utilisé pour mettre en œuvre un processus ETL complet (Extraction, Transformation, Chargement) : nettoyage des données, standardisation des formats, et fragmentation de la source en une table de faits et plusieurs tables de dimensions.

L'ensemble a ensuite été importé dans Power BI Service pour créer un tableau de bord professionnel composé d'indicateurs clés de performance (KPI), de filtres interactifs, de visualisations géographiques et de graphiques analytiques. Ce tableau de bord permet un suivi en temps réel de la performance des projets, une comparaison des coûts, une analyse régionale et une visualisation de la répartition des projets.

La mise en œuvre de cette solution BI représente une amélioration significative de la manière dont l'entreprise suit son activité de construction. Elle permet une prise de décision plus rapide, plus éclairée, tout en renforçant la transparence et l'efficacité de la gestion des projets.

Ce rapport détaille chacune des étapes du processus : de l'analyse des besoins jusqu'aux visualisations finales, offrant une vue complète de l'architecture et de la valeur apportée par la solution.

# Table des figures

2.1 Modèle en étoile de l'entrepôt de données pour le suivi des travaux . . . . .	19
2.2 Légende du modèle en étoile . . . . .	21
3.1 Logo de Power Query . . . . .	23
5.1 Page 1 du Dashboard . . . . .	32
5.2 Page 2 du Dashboard . . . . .	32
5.3 Page 3 du Dashboard . . . . .	33
4 Indicateurs clés en haut du tableau de bord . . . . .	39
5 Visuels analytiques et filtres interactifs . . . . .	40
6 Cartes géographiques et graphiques croisés . . . . .	40
7 Modèle en étoile de l'entrepôt de données . . . . .	41

# Liste des tableaux

2.1 Structure de la table de faits <code>Suivi</code> . . . . .	20
2.2 Structure de la dimension <code>dimProjet</code> . . . . .	20
2.3 Structure de la dimension <code>dimOpération</code> . . . . .	20
2.4 Structure de la dimension <code>dimRégion</code> . . . . .	20
2.5 Structure de la dimension <code>dimDate</code> . . . . .	20

# Liste des abréviations

BI	Business Intelligence
ETL	Extraction, Transformation, Chargement
KPI	Key Performance Indicator
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
DDS	Systèmes d'aide à la décision

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>2</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Résumé</b>	<b>4</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>7</b>
<b>Introduction Générale</b>	<b>10</b>
<b>1 Étude du Besoin et Analyse de l'Entreprise</b>	<b>14</b>
Introduction . . . . .	14
1.1 Analyse des besoins fonctionnels et décisionnels . . . . .	14
1.2 Identification des sources de données . . . . .	15
Conclusion . . . . .	16
<b>2 Conception de l'Entrepôt de Données</b>	<b>17</b>
Introduction . . . . .	17
2.1 Choix de la modélisation : étoile ou flocon . . . . .	17
2.2 Schéma conceptuel et logique . . . . .	18
2.3 Dictionnaire des dimensions et faits . . . . .	19
Conclusion . . . . .	21
<b>3 Mise en œuvre du Processus ETL</b>	<b>22</b>
Introduction . . . . .	22
3.1 Outils choisis (ex. Power Query) . . . . .	22
3.2 Extraction des données . . . . .	23
3.3 Transformation et nettoyage . . . . .	24
3.4 Chargement vers l'entrepôt . . . . .	25
Conclusion . . . . .	26
<b>4 Création du Tableau de Bord avec Power BI</b>	<b>27</b>
Introduction . . . . .	27
4.1 Connexion et modélisation des données . . . . .	27
4.2 Définition des indicateurs de performance (KPI) . . . . .	28
4.3 Conception des visuels et des rapports . . . . .	29
Conclusion . . . . .	30
<b>5 Résultats et Interprétation</b>	<b>31</b>
Introduction . . . . .	31
5.1 Présentation du tableau de bord final . . . . .	32
5.2 Exemples de cas d'usage . . . . .	34
5.3 Apports pour la société . . . . .	34

<b>Conclusion</b> . . . . .	35
<b>Conclusion générale et Perspectives</b>	<b>36</b>
5.4 Bilan du projet . . . . .	36
5.5 Difficultés rencontrées . . . . .	36
5.6 Recommandations et évolutions possibles . . . . .	37
<b>Références</b>	<b>38</b>
<b>Annexes</b>	<b>39</b>
Annexe A — Scripts de transformation Power Query . . . . .	39
Annexe B — Captures d'écran des visuels Power BI . . . . .	39
Annexe C — Structure de l'entrepôt de données . . . . .	40

# Introduction Générale

## 1.1 Contexte du projet

Le secteur de la construction est l'un des piliers du développement économique et infrastructurel d'un pays. Il englobe une grande variété de projets allant des bâtiments résidentiels aux infrastructures publiques, nécessitant une gestion rigoureuse des ressources, des délais et des budgets. Dans un contexte où les projets sont de plus en plus nombreux, complexes et géographiquement dispersés, la capacité à centraliser, structurer et analyser efficacement les données issues des chantiers devient un enjeu stratégique majeur pour les entreprises du BTP.

Traditionnellement, les entreprises de construction ont eu recours à des méthodes de suivi manuelles ou à des tableurs Excel fragmentés pour gérer leurs projets. Or, ces approches montrent rapidement leurs limites en termes de précision, de réactivité et de visibilité globale. L'exploitation des données reste souvent cloisonnée, ce qui entrave la prise de décision rapide et l'identification proactive des risques ou des opportunités.

Face à ces enjeux, les systèmes d'aide à la décision (DSS - Decision Support Systems) et plus particulièrement les solutions de Business Intelligence (BI) offrent une réponse technologique pertinente. En permettant la création de tableaux de bord interactifs et dynamiques alimentés par des entrepôts de données structurés, la BI permet aux décideurs de disposer d'une vision consolidée, en temps réel, des indicateurs de performance clés (KPI), tout en leur offrant des outils d'exploration visuelle et analytique.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet, réalisé au sein de l'École Marocaine des Sciences de l'Ingénieur (EMSI), qui vise à concevoir et déployer une solution BI complète pour le suivi des projets d'une société de construction marocaine. L'objectif est de transformer un fichier Excel brut, contenant des données opérationnelles, financières et géographiques, en un tableau de bord Power BI clair, automatisé et décisionnel, grâce à l'utilisation d'un entrepôt de données conçu spécifiquement à cet effet.

## 1.2 Problématique

Dans le domaine de la construction, la gestion simultanée de plusieurs projets représente un défi important. Ces projets génèrent quotidiennement un volume considérable de données liées aux coûts, aux délais, aux superficies, à l'avancement des travaux et à leur localisation. Cependant, ces données sont souvent conservées dans des formats hétérogènes, principalement des fichiers Excel bruts, dépourvus de normalisation ou de structure relationnelle. Cela rend leur exploitation complexe et peu efficace.

L'absence d'un système centralisé de gestion de l'information entraîne plusieurs limites :

- Une difficulté à avoir une vision globale et synthétique de l'état des projets.
- Une perte de temps considérable lors de l'extraction et de l'analyse manuelle des données.
- Un risque accru d'erreurs lors du traitement manuel des fichiers.
- Une incapacité à visualiser rapidement les indicateurs de performance clés (KPI).
- Un manque de réactivité dans la prise de décision stratégique.

Par ailleurs, les dirigeants manquent d'outils interactifs leur permettant de filtrer, croiser et explorer les données selon différents axes (région, date, type de projet, etc.). Le besoin d'une solution capable de structurer les données, d'automatiser leur traitement, et d'en permettre la visualisation dynamique devient donc crucial.

La problématique centrale de ce projet est la suivante :

**Comment transformer un fichier Excel de données brutes en un système décisionnel interactif et automatisé, permettant un suivi efficace des projets d'une société de construction, via la mise en place d'un entrepôt de données et d'un tableau de bord Power BI ?**

### 1.3 Objectifs du projet

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et de déployer une solution complète de Business Intelligence permettant le suivi, l'analyse et l'aide à la décision pour une société de construction. Cette solution repose sur la mise en place d'un entrepôt de données structuré et l'élaboration d'un tableau de bord interactif avec Power BI.

Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants :

- **Analyser les besoins métiers** : Comprendre les attentes des utilisateurs finaux, notamment les responsables de projets, les décideurs et les gestionnaires, en matière de reporting, de visualisation et de pilotage.
- **Nettoyer et structurer les données** : Appliquer des opérations d'ETL (Extraction, Transformation, Chargement) sur un fichier Excel contenant des données brutes afin d'obtenir une source propre, fiable et exploitable.
- **Modéliser un entrepôt de données** : Concevoir un schéma décisionnel (en étoile) permettant de centraliser l'information autour d'une table de faits (FactSuivi) et de plusieurs dimensions (temps, projets, opérations, régions...).
- **Créer un tableau de bord Power BI** : Réaliser un tableau de bord interactif incluant des indicateurs clés de performance (KPI), des visualisations graphiques, des filtres dynamiques, ainsi qu'une cartographie des projets.
- **Faciliter la prise de décision** : Offrir aux utilisateurs un outil visuel et automatisé leur permettant de suivre l'évolution des projets, d'identifier les écarts de coût, de localiser les chantiers, et de piloter les activités avec précision.

À travers ces objectifs, le projet vise à démontrer comment les technologies BI peuvent transformer une simple base de données en un levier de performance pour les entreprises opérant dans le domaine du BTP.

## 1.4 Méthodologie adoptée

Afin de garantir la réussite de ce projet de Business Intelligence, une méthodologie structurée a été adoptée, inspirée des meilleures pratiques en matière de conception et d'implémentation de solutions décisionnelles. Le projet s'est déroulé selon une démarche séquentielle en cinq étapes majeures, chacune reposant sur des outils adaptés et des livrables clairs.

1. **Étude du besoin et analyse des données sources** : Cette phase initiale a consisté à analyser le fichier Excel fourni par l'entreprise afin d'identifier les informations pertinentes, les incohérences éventuelles, et les besoins décisionnels. Une attention particulière a été portée à la structure des données, leur volumétrie, leur qualité et leur fréquence de mise à jour.
2. **Conception du modèle décisionnel** : En s'appuyant sur l'analyse précédente, un modèle dimensionnel a été élaboré sous forme d'un schéma en étoile. Ce modèle organise les données autour d'une table de faits (FactSuivi) et de plusieurs dimensions (projet, opération, région, date), facilitant ainsi les agrégations et les analyses multicritères.
3. **Mise en œuvre du processus ETL avec Power Query** : Les données ont été extraites du fichier Excel, nettoyées (suppression des doublons, correction des types, gestion des valeurs manquantes), transformées (ajout de colonnes calculées, harmonisation des formats), puis rechargées sous forme de tables prêtes à l'analyse. Cette étape a permis de structurer le fichier initial en plusieurs feuilles correspondant aux dimensions et à la table de faits.
4. **Création du tableau de bord Power BI** : Une fois le modèle importé dans Power BI Service, les relations entre les tables ont été établies. Ensuite, les indicateurs de performance (KPI) ont été définis, suivis par la conception de visuels interactifs (cartes, graphiques, segmentations, tableaux dynamiques, etc.) afin d'offrir une expérience utilisateur fluide et intuitive.
5. **Validation, interprétation et mise en forme finale** : Le tableau de bord a été testé pour s'assurer de sa cohérence, de la fiabilité des données affichées, et de l'ergonomie de l'interface. Des cas d'usage réels ont été simulés pour vérifier sa pertinence décisionnelle. Enfin, des ajustements esthétiques ont été appliqués pour garantir une présentation professionnelle.

Cette méthodologie progressive et itérative nous a permis de passer d'une base de données brute à une solution décisionnelle complète, adaptée aux besoins concrets de l'entreprise.

## 1.5 Organisation du rapport

Le présent rapport est structuré de manière à retracer l'ensemble des étapes suivies dans la réalisation du projet, depuis la compréhension du besoin jusqu'à l'implémentation finale de la solution décisionnelle. Il est composé de six chapitres principaux, décrits comme suit :

- **Chapitre 1 – Étude du Besoin et Analyse de l'Entreprise** : Ce chapitre présente l'analyse des attentes fonctionnelles et décisionnelles, ainsi que l'identification de la source des données fournies (un fichier Excel brut). Il pose les bases de compréhension du contexte métier.

- **Chapitre 2 – Conception de l’Entrepôt de Données** : Il décrit le choix de la modélisation décisionnelle (modèle en étoile), la construction du schéma conceptuel et logique, ainsi que le dictionnaire des faits et dimensions qui composent l’entrepôt.
- **Chapitre 3 – Mise en œuvre du Processus ETL** : Cette section détaille les opérations effectuées à l’aide de Power Query : extraction des données, nettoyage, transformation, ajout de colonnes calculées, et structuration en tables thématiques (dimensions et faits).
- **Chapitre 4 – Création du Tableau de Bord avec Power BI** : Ce chapitre expose les étapes de connexion au modèle, la modélisation dans Power BI, la définition des KPI, la conception des visuels et filtres interactifs, et la création des rapports analytiques.
- **Chapitre 5 – Résultats et Interprétation** : Il présente le tableau de bord final, des cas d’usage concrets permettant son interprétation, ainsi que les apports métiers pour l’entreprise (gain de temps, vision globale, support à la décision...).
- **Chapitre 6 – Conclusion et Perspectives** : Ce dernier chapitre dresse le bilan du projet, recense les difficultés rencontrées, et propose des recommandations pour des évolutions futures, telles que l’automatisation ou l’intégration avec d’autres systèmes.
- **Références et Annexes** : Le rapport se termine par une liste des ressources bibliographiques et documentaires utilisées, ainsi que des annexes contenant les scripts ETL, les captures Power BI et les schémas décisionnels.

Cette organisation vise à offrir une lecture progressive, pédagogique et professionnelle du travail réalisé, permettant au lecteur de suivre facilement la logique du projet et d’en comprendre les enjeux et les résultats.

# Chapitre 1

## Étude du Besoin et Analyse de l'Entreprise

### Introduction

Avant toute mise en œuvre d'un système décisionnel, il est essentiel de procéder à une analyse rigoureuse du besoin. Cette étape permet de s'assurer que la solution envisagée répond réellement aux attentes des utilisateurs finaux et s'inscrit dans la stratégie globale de l'entreprise. Dans le cadre de ce projet, cette analyse est d'autant plus cruciale que le domaine de la construction implique une gestion complexe de chantiers, de coûts, de ressources humaines et matérielles, et de délais souvent serrés.

Ce chapitre présente une étude préliminaire visant à identifier les besoins fonctionnels et décisionnels de la société de construction. Il détaille également les caractéristiques de la source de données mise à disposition, à savoir un fichier Excel contenant des informations relatives à divers projets répartis sur plusieurs régions.

L'objectif est de dégager, à partir de cette analyse, les orientations clés pour la conception de l'entrepôt de données et du tableau de bord décisionnel. L'étude du besoin constitue ainsi une fondation solide sur laquelle repose toute la suite du projet.

#### 1.1 Analyse des besoins fonctionnels et décisionnels

La première étape de tout projet de Business Intelligence consiste à comprendre les attentes spécifiques des utilisateurs finaux. Dans le cas présent, il s'agit de répondre aux besoins d'une société de construction souhaitant améliorer le suivi de ses projets grâce à un système d'aide à la décision.

##### Besoins fonctionnels

Les besoins fonctionnels concernent les opérations courantes que le système doit permettre d'accomplir. Parmi les fonctionnalités attendues, on peut citer :

- La centralisation des données issues de différents projets de construction (coûts, localisation, superficie, avancement, etc.).
- La normalisation et la structuration de ces données en un modèle facile à interroger.

- L'accès à des visualisations dynamiques et interactives.
- La possibilité de filtrer les données par région, projet, année, ou type d'opération.
- Le calcul automatique d'indicateurs comme le coût moyen, le chiffre d'affaires total, le taux d'avancement ou le nombre de projets par région.

## Besoins décisionnels

Les besoins décisionnels, quant à eux, visent à fournir aux responsables métiers et aux dirigeants des éléments fiables pour piloter l'activité. Ces besoins incluent :

- L'analyse comparative entre le coût prévu et le coût réel des projets.
- L'identification des régions ou projets les plus performants ou les plus en retard.
- Le suivi de la répartition des projets dans le temps et dans l'espace.
- La détection d'anomalies ou de dérives dans les budgets ou les délais.
- L'aide à la planification stratégique pour les futurs investissements.

L'objectif final est de fournir une vision globale, synthétique et actualisée de l'ensemble des projets, permettant aux décideurs de prendre des décisions éclairées, fondées sur des données consolidées et pertinentes.

## 1.2 Identification des sources de données

L'une des étapes fondamentales d'un projet décisionnel est l'identification et l'analyse des sources de données existantes. Dans notre cas, la totalité des données exploitées dans ce projet provient d'un fichier Excel intitulé `input_Qualified.xls`, mis à disposition par l'entreprise. Ce fichier constitue la source primaire d'informations brutes à transformer dans le cadre du processus ETL.

### Structure du fichier source

Le fichier Excel contient une feuille principale dans laquelle sont regroupées diverses informations liées aux projets de construction de la société. Ces informations couvrent plusieurs axes analytiques, notamment :

- **Le projet** : nom du projet, type d'opération, statut d'exécution, etc.
- **Les dimensions géographiques** : province, région, commune, etc.
- **Les indicateurs financiers et physiques** : superficie, coût prévu, coût réel, chiffre d'affaires, etc.
- **Les dimensions temporelles** : date de début, date de fin, année d'exécution, etc.

### Nature et qualité des données

La structure initiale du fichier Excel est relativement plate (non normalisée), ce qui justifie l'application d'un processus de transformation pour aboutir à un modèle décisionnel adapté. Une première analyse a révélé plusieurs enjeux de qualité de données :

- Présence de valeurs manquantes ou aberrantes (valeurs nulles ou champs incohérents).
- Hétérogénéité dans les formats (par exemple, des dates au format texte).
- Données redondantes, notamment au niveau des régions, opérations ou noms de projets.
- Absence de certaines colonnes nécessaires à l'analyse (par exemple, pas de colonne distincte pour l'année ou le mois).

Ces constats ont justifié la mise en place d'un traitement structuré via un processus ETL, permettant d'épurer, standardiser et structurer les données en vue de leur intégration dans un entrepôt multidimensionnel.

## **Limites de la source unique**

Bien que le fichier source soit riche, il présente néanmoins certaines limitations :

- Il ne provient pas d'un système de gestion intégré (ERP), ce qui limite l'historique et l'automatisation.
- Les mises à jour doivent être manuelles, ce qui implique un risque d'erreur humaine.
- Il ne contient pas d'identifiants uniques pour certaines entités, ce qui a nécessité la création de clés artificielles dans les tables dimensionnelles.

Malgré ces contraintes, ce fichier reste une base solide pour une première implémentation décisionnelle, surtout lorsqu'il est correctement structuré et nettoyé.

## **Conclusion**

Ce premier chapitre a permis de poser les fondations du projet en identifiant les besoins concrets de la société de construction ainsi que la nature de la source de données mise à disposition. L'analyse des besoins fonctionnels et décisionnels a montré l'importance d'une solution capable de transformer des données brutes en indicateurs pertinents et visuels dynamiques, afin de faciliter le pilotage opérationnel et stratégique.

Par ailleurs, l'étude du fichier source a mis en évidence des axes d'amélioration en matière de qualité de données et de structuration, justifiant pleinement la mise en place d'un processus ETL. La compréhension fine de la structure de l'information nous permettra, dans les chapitres suivants, de construire un entrepôt de données cohérent, scalable et conforme aux bonnes pratiques de la modélisation décisionnelle.

Ce socle analytique va guider toutes les étapes techniques et fonctionnelles de la solution décisionnelle à venir.

# Chapitre 2

## Conception de l'Entrepôt de Données

### Introduction

Après avoir analysé les besoins de l'entreprise et identifié la structure des données disponibles, l'étape suivante consiste à concevoir l'architecture décisionnelle permettant de répondre à ces besoins. Cette étape est cruciale, car la qualité du modèle de données influence directement la performance, la pertinence et la lisibilité des analyses produites.

L'entrepôt de données (Data Warehouse) constitue le cœur du système décisionnel. Il permet de stocker les données consolidées dans un format structuré, optimisé pour l'analyse multidimensionnelle. Pour cela, il est nécessaire de concevoir un modèle adapté, basé sur des tables de faits et des tables de dimensions.

Ce chapitre présente le choix du modèle de modélisation adopté (étoile ou flocon), la création du schéma conceptuel et logique, ainsi que le dictionnaire des dimensions et faits. L'objectif est de garantir un modèle cohérent, extensible et capable de soutenir les analyses complexes attendues par l'entreprise.

### 2.1 Choix de la modélisation : étoile ou flocon

Dans un projet de Business Intelligence, le choix du modèle de données décisionnelles est une étape déterminante pour structurer l'entrepôt. Deux types de modélisation sont généralement privilégiés : le schéma en étoile (*Star Schema*) et le schéma en flocon (*Snowflake Schema*). Chacun présente des avantages et des contraintes selon le contexte d'utilisation.

#### Comparaison entre les deux modèles

**Le modèle en étoile** est caractérisé par une table centrale de faits, directement reliée à plusieurs tables de dimensions. Il est simple, rapide à interroger, et convient bien aux utilisateurs finaux pour des analyses classiques.

**Le modèle en flocon** est une variante plus normalisée où les dimensions sont décomposées en sous-tables (ex. : une dimension géographique divisée en province, région, commune). Ce modèle améliore la cohérence des données, mais augmente la complexité des requêtes.

## Justification du choix

Dans le cadre de ce projet, nous avons opté pour un **modèle en étoile** pour les raisons suivantes :

- La simplicité du modèle permet une meilleure compréhension par les utilisateurs métier non techniques.
- Les performances de lecture et d'exploration des données sont meilleures pour un tableau de bord Power BI.
- Le jeu de données n'étant pas extrêmement volumineux ni très hétérogène, une normalisation poussée n'était pas nécessaire.
- La structure en étoile permet une modélisation claire autour d'une table centrale **FactSuivi** (contenant les indicateurs chiffrés) et plusieurs tables de dimensions telles que **DimProjet**, **DimOpération**, **DimRégion**, et **DimDate**.

Ce modèle assure une organisation cohérente des données tout en facilitant les futures extensions ou ajouts de dimensions supplémentaires si nécessaire.

## 2.2 Schéma conceptuel et logique

Afin de structurer efficacement les données issues des projets de construction, nous avons conçu un modèle en étoile composé d'une table de faits centrale et de plusieurs tables de dimensions. Ce choix de modélisation facilite la navigation, l'analyse multidimensionnelle et l'agrégation des indicateurs clés de performance.

### 1. Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel représente l'organisation logique des entités métier, sans se soucier du format technique des données. Dans notre cas, il se compose :

- d'une **table de faits** nommée **Suivi**, qui regroupe les mesures quantitatives telles que :
  - superficie
  - coût\_opération
  - CA (chiffre d'affaires)
- de quatre **dimensions** décrivant les axes d'analyse :
  - **DimProjet** : nature des projets (ex : infrastructure, bâtiment, aménagement)
  - **DimOpération** : type d'opérations réalisées (ex : fondation, finition)
  - **DimRégion** : données géographiques (province, commune, type de commune)
  - **DimDate** : hiérarchie temporelle (jour, mois, année)

### 2. Clés primaires et étrangères

Chaque dimension possède une **clé primaire (PK)** unique qui est référencée comme **clé étrangère (FK)** dans la table des faits **Suivi**. Ainsi, le lien entre les tables est assuré selon les règles d'intégrité référentielle, illustrant une relation de type 1 à N entre chaque dimension et la table de faits.

### 3. Visualisation du schéma logique

Le schéma relationnel logique est représenté à la Figure 2.1. Il met en évidence les relations entre la table de faits **Suivi** et les dimensions associées. Ce modèle est conforme aux bonnes pratiques de la modélisation dimensionnelle en Business Intelligence.

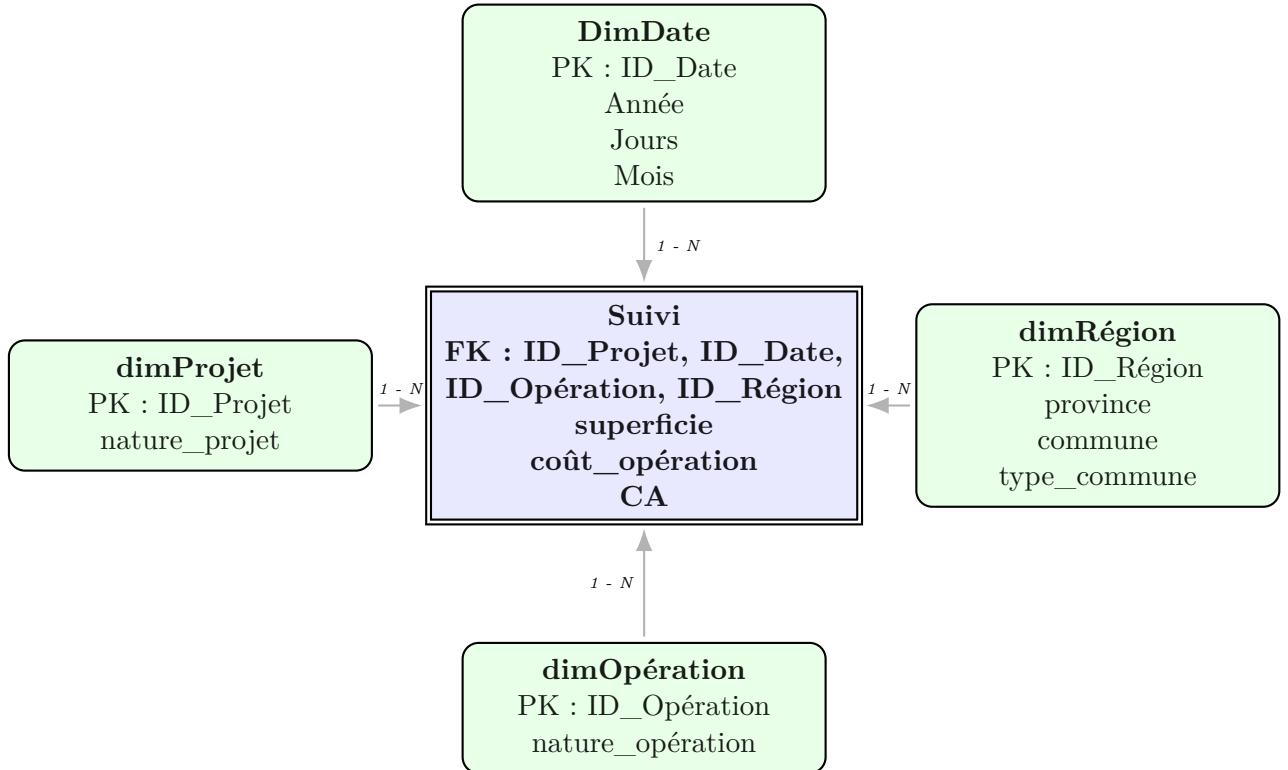


FIGURE 2.1 – Modèle en étoile de l’entrepôt de données pour le suivi des travaux

## 2.3 Dictionnaire des dimensions et faits

Dans cette section, nous présentons en détail les tables qui composent notre entrepôt de données, en distinguant la table de faits **Suivi** des tables de dimensions. Le dictionnaire suivant précise les champs, leur type, ainsi que leur rôle dans l’analyse décisionnelle.

### 1. Table de faits : **Suivi**

La table **Suivi** contient les mesures quantitatives issues des projets de construction. Elle est liée aux dimensions par des clés étrangères.

Nom du champ	Type	Description
ID_Projet	Entier (FK)	Référence au projet concerné
ID_Date	Entier (FK)	Référence à la date de l'opération
ID_Operation	Entier (FK)	Référence à la nature de l'opération
ID_Région	Entier (FK)	Référence à la localisation géographique
superficie	Numérique	Surface concernée par l'opération (en m <sup>2</sup> )
coût_opération	Numérique	Coût associé à l'opération
CA	Numérique	Chiffre d'affaires généré

TABLE 2.1 – Structure de la table de faits Suivi

## 2. Dimension Projet (dimProjet)

Nom du champ	Type	Description
ID_Projet	Entier (PK)	Identifiant unique du projet
nature_projet	Texte	Type de projet (logement, voirie, etc.)

TABLE 2.2 – Structure de la dimension dimProjet

## 3. Dimension Opération (dimOpération)

Nom du champ	Type	Description
ID_Operation	Entier (PK)	Identifiant de l'opération
nature_opération	Texte	Description de l'opération (ex. terrassement)

TABLE 2.3 – Structure de la dimension dimOpération

## 4. Dimension Région (dimRégion)

Nom du champ	Type	Description
ID_Région	Entier (PK)	Code géographique de la région
province	Texte	Nom de la province
commune	Texte	Nom de la commune
type_commune	Texte	Urbain ou rural

TABLE 2.4 – Structure de la dimension dimRégion

## 5. Dimension Date (dimDate)

Nom du champ	Type	Description
ID_Date	Entier (PK)	Identifiant de la date
Année	Entier	Année de l'opération
Mois	Entier	Mois de l'opération
Jours	Entier	Jour de l'opération

TABLE 2.5 – Structure de la dimension dimDate

## 6. Légende

### Légende :

<b>Suivi</b>	Table de faits (mesures)
<b>Dim*</b>	Tables de dimensions
PK	Clé primaire
FK	Clé étrangère
CA	Chiffre d'affaires
1 - N	Relation de type 1 à plusieurs

FIGURE 2.2 – Légende du modèle en étoile

## Conclusion

La conception de l'entrepôt de données constitue une étape essentielle dans l'architecture d'un système décisionnel efficace. À travers ce chapitre, nous avons mis en œuvre une modélisation en étoile, répondant aux exigences de simplicité, de performance et de clarté analytique. Ce modèle structure les données autour d'une table de faits centrale **Suivi**, connectée à quatre dimensions clés : **dimProjet**, **dimOpération**, **dimRégion** et **dimDate**.

Le schéma logique, visualisé sous forme de diagramme relationnel, met en évidence les relations 1-N entre les dimensions et la table de faits, garantissant une navigation fluide et pertinente à travers les différents axes d'analyse. Ce choix de modélisation s'avère parfaitement adapté à la nature multidimensionnelle des données de suivi des projets de construction.

En structurant ainsi l'information, nous préparons le terrain pour les prochaines phases du processus BI, à savoir le traitement des données via l'ETL, puis leur exploitation visuelle à l'aide de Power BI. L'entrepôt devient ainsi le socle central assurant la cohérence, la qualité et la fiabilité des analyses futures.

# Chapitre 3

## Mise en œuvre du Processus ETL

### Introduction

Une fois l'entrepôt de données conçu, l'étape suivante consiste à alimenter celui-ci avec des données fiables, cohérentes et prêtes à être analysées. C'est dans ce cadre que s'inscrit le processus ETL, acronyme de *Extract, Transform, Load* (Extraction, Transformation, Chargement). Ce processus constitue un pilier fondamental des systèmes décisionnels modernes, car il permet de convertir des données brutes, souvent hétérogènes et inexploitables en l'état, en un référentiel décisionnel structuré.

Dans ce projet, les données initiales nous ont été fournies sous la forme d'un fichier Excel contenant des informations financières, opérationnelles et géographiques relatives à plusieurs projets de construction. La qualité de ces données brutes variait fortement, ce qui a nécessité un important travail de nettoyage, de standardisation et de transformation, avant toute intégration dans l'entrepôt.

L'outil utilisé pour implémenter l'ETL est Power Query, un composant de Microsoft Power BI et Excel qui permet de manipuler les données de manière visuelle et interactive. Grâce à ses fonctionnalités avancées, nous avons pu automatiser des règles de traitement robustes : suppression des valeurs nulles, filtrage conditionnel, conversion de types, renommage de colonnes, création de clés techniques, et tri par province.

Ce chapitre détaille les trois grandes phases du processus ETL tel qu'appliqué dans notre projet : l'extraction des données sources, la transformation des données selon les règles métiers et techniques définies, puis le chargement des données nettoyées et modélisées dans une structure conforme à notre entrepôt de données décisionnel.

### 3.1 Outils choisis (ex. Power Query)

Dans le cadre de ce projet, nous avons opté pour l'outil **Power Query** afin de réaliser l'intégralité du processus ETL (Extraction, Transformation, Chargement). Ce choix s'est imposé naturellement pour plusieurs raisons : sa parfaite intégration avec l'environnement Power BI, son interface conviviale, sa capacité à gérer de grandes volumétries de données, et surtout sa puissance en matière de manipulation et de nettoyage des données.

**Power Query** est un moteur de transformation de données développé par Microsoft, disponible à la fois dans Power BI Desktop et Excel. Il permet d'extraire des données provenant de diverses sources (fichiers Excel, bases de données, services

web, etc.), de les transformer selon des règles précises et de les charger dans un modèle de données.

Parmi les avantages notables de Power Query, on peut citer :

- Une interface graphique intuitive, permettant de construire les étapes de transformation sans écrire de code.
- La génération automatique de scripts M (langage fonctionnel de Power Query) permettant de rejouer ou modifier les traitements.
- Une traçabilité parfaite des étapes, facilitant le suivi, le débogage et la reproductibilité des opérations.
- La possibilité d'appliquer des transformations conditionnelles, d'unifier plusieurs sources et de créer des colonnes personnalisées.

Dans notre cas, Power Query a été utilisé principalement pour :

- **Importer les données brutes** issues d'un fichier Excel fourni par notre encadrante.
- **Filtrer les lignes** ne répondant pas à certains critères (superficie nulle, chiffre d'affaires nul, etc.).
- **Supprimer les doublons, corriger les erreurs de typage et renommer les colonnes** de manière plus explicite.
- **Créer des colonnes techniques** (identifiants uniques, regroupements par région/province/date).
- **Séparer les données** dans des structures correspondant aux dimensions de notre modèle en étoile (opérations, projets, dates, régions, etc.).

Ce choix d'outil a permis de réduire considérablement le temps de développement et d'assurer une flexibilité maximale dans les ajustements, tout en gardant une qualité de données irréprochable pour l'étape de visualisation dans Power BI.



FIGURE 3.1 – Logo de Power Query

## 3.2 Extraction des données

L'étape d'extraction constitue la première phase du processus ETL et consiste à récupérer les données brutes à partir de leur source d'origine. Dans le cadre de notre projet, les données ont été fournies sous forme de fichiers Excel, représentant un extrait réel des opérations d'une société de construction.

Ces données comprenaient divers champs relatifs aux projets menés : identifiants, dates d'opération, types de travaux réalisés, surfaces traitées, budgets engagés, localisations géographiques (province, commune), ainsi que les chiffres d'affaires générés. Toutefois, l'état brut de ces données ne permettait pas leur exploitation directe, en raison de nombreuses anomalies, incohérences et doublons.

**Étapes clés de l'extraction dans Power Query :**

- **Connexion à la source de données** : utilisation de l'option « *Obtenir des données* » dans Excel pour se connecter au fichier Excel source. Plusieurs feuilles ont été détectées, mais seule celle contenant les informations pertinentes a été retenue.
- **Chargement initial dans Power Query** : les données ont été importées dans l'éditeur Power Query, ce qui a permis un aperçu immédiat de leur structure et de leur contenu. Cette étape a mis en évidence plusieurs problématiques, notamment :
  - Des valeurs manquantes ou nulles dans certaines colonnes clés (superficie, chiffre d'affaires).
  - Une absence de noms de colonnes explicites (certaines étaient générées automatiquement comme `Column1`, `Column2`).
  - Des doublons de lignes ou des incohérences de format (par exemple, une date encodée en texte).
- **Prévisualisation et diagnostic des erreurs** : grâce aux fonctionnalités intégrées de Power Query, nous avons pu facilement identifier les types de données, les erreurs de format, et les lignes suspectes. Des filtres ont été appliqués dès cette phase pour ne conserver que les lignes exploitables.

Ainsi, cette étape d'extraction a permis de centraliser les données utiles dans un seul flux Power Query, en éliminant les sources parasites et en garantissant un socle propre pour les étapes de transformation ultérieures. Elle marque la transition entre des données brutes hétérogènes et une base exploitable pour une logique décisionnelle robuste.

### 3.3 Transformation et nettoyage

Une fois les données extraites, l'étape de transformation et de nettoyage vise à améliorer la qualité, la cohérence et la lisibilité des informations, en les rendant compatibles avec une structure décisionnelle. Dans Power Query, cette phase a été essentielle pour préparer un entrepôt de données fiable et structuré selon le modèle en étoile.

#### 1. Nettoyage des valeurs incohérentes et nulles :

- Suppression des lignes contenant des champs vides dans les colonnes critiques telles que `Superficie`, `Coût opération`, ou `CA`.
- Élimination des doublons détectés sur les clés combinées : `ID_Projet`, `ID_Date`, `ID_Région`, `ID_Opération`.

#### 2. Normalisation des formats de données :

- Conversion des colonnes de date en type `Date` pour permettre l'utilisation des fonctions temporelles dans Power BI.
- Uniformisation des noms de colonnes pour faciliter leur identification dans les relations (utilisation de noms explicites en minuscules et sans espaces).
- Harmonisation des types de données numériques (CA, coût, superficie) en type `Decimal Number`.

#### 3. Création des tables de dimensions à partir de la table source :

- Crédit de requêtes par référence à la table d'origine (nommée `Data`).

- Suppression des colonnes non pertinentes dans chaque requête pour ne conserver que les attributs spécifiques à la dimension.
- Suppression des doublons via **Supprimer les doublons**, et renommage des requêtes en **DimProjet**, **DimDate**, **DimOpération**, **DimRégion**.

#### **4. Constitution de la table de faits FactSuivi :**

- Conservation uniquement des identifiants de chaque dimension (**ID\_Projet**, **ID\_Date**, etc.) ainsi que des mesures quantitatives (**Superficie**, **Coût**, **CA**).
- Renommage de la table résultante en **FactSuivi**.

#### **5. Mise en qualité finale :**

- Vérification des relations logiques entre identifiants de la table de faits et de chaque dimension.
- Contrôle de la consistance des clés primaires (absence de valeurs nulles ou redondantes).
- Tri de la table **FactSuivi** par province, comme spécifié dans le besoin.

Grâce à cette étape rigoureuse, les données ont été fiabilisées, organisées et segmentées de façon à répondre aux exigences d'un reporting efficace, permettant une exploitation directe dans Power BI via un modèle en étoile bien structuré.

### **3.4 Chargement vers l'entrepôt**

Contrairement aux approches classiques utilisant Power BI Desktop, ce projet a été entièrement réalisé via **Power BI Service**, la plateforme cloud de Microsoft. Cela a permis un développement et une gestion directe des données, sans étape de publication à partir d'un environnement local.

#### **1. Importation directe des données :**

- L'importation des fichiers sources Excel a été effectuée directement depuis l'interface Power BI Service.
- L'utilisateur a sélectionné l'option “**Importer un fichier local**” depuis l'accueil du service, permettant d'ajouter les feuilles Excel contenant les tables de faits et dimensions (**FactSuivi**, **DimProjet**, **DimOpération**, **DimRégion**, **DimDate**).

#### **2. Création et modélisation dans le cloud :**

- La création du modèle de données a été réalisée depuis l'espace de travail cloud, sans passer par Power BI Desktop.
- Les relations entre les tables ont été établies dans l'interface de modélisation de Power BI Service, en liant les clés primaires des dimensions aux clés étrangères de la table de faits.
- Cette architecture en étoile garantit une navigation fluide dans les données.

#### **3. Configuration du modèle :**

- Une fois les relations définies, des mesures (calculs de KPIs comme la somme du chiffre d'affaires ou le coût total par région) ont été ajoutées directement depuis l'éditeur de rapport de Power BI Service.
- Les champs inutiles ont été masqués dans le modèle pour garantir une meilleure lisibilité lors de la création des visuels.

#### **4. Avantages du chargement cloud :**

- Aucun besoin d'installation ou de mise à jour locale : toute la manipulation s'est faite dans le navigateur.
- Collaboration facilitée entre utilisateurs : les jeux de données et les rapports sont accessibles et partageables en temps réel.
- Rafraîchissement automatique : Power BI Service propose une planification du rafraîchissement des données à partir de OneDrive ou SharePoint pour maintenir les rapports à jour.

Ainsi, Power BI Service a permis de construire et héberger l'ensemble du modèle décisionnel dans un environnement 100% cloud, simplifiant à la fois l'intégration, la sécurité et le déploiement des tableaux de bord.

## Conclusion

Ce chapitre a permis de détailler l'ensemble du processus ETL mis en œuvre dans le cadre de ce projet, en utilisant exclusivement Power BI Service comme environnement de travail. Contrairement aux méthodes traditionnelles reposant sur des outils de développement locaux tels que Talend ou Power BI Desktop, l'approche cloud a offert une solution simple, rapide et collaborative.

L'étape d'extraction a été menée via l'importation directe de fichiers Excel, tandis que la transformation et le nettoyage ont été réalisés à travers Power Query intégré à Power BI Service. Cela a permis une standardisation efficace des données et une structuration claire des jeux de données en table de faits et dimensions.

Le chargement dans l'entrepôt décisionnel a également été simplifié, grâce à la modélisation directe dans le cloud, permettant la mise en relation logique des différentes entités et la création de mesures pertinentes.

Au final, cette approche a permis d'obtenir un entrepôt de données robuste, cohérent et exploitable directement pour la construction du tableau de bord décisionnel. L'usage du cloud a constitué un véritable levier d'efficacité, offrant accessibilité, souplesse et gain de temps tout au long du projet.

# Chapitre 4

## Création du Tableau de Bord avec Power BI

### Introduction

La visualisation des données représente l'aboutissement du processus décisionnel. Une fois l'entrepôt de données conçu et structuré, il devient essentiel de le valoriser par la création d'un tableau de bord interactif permettant une lecture synthétique, intuitive et analytique de l'information.

Dans ce projet, nous avons opté pour Power BI Service (Cloud), une solution puissante et accessible qui offre des fonctionnalités avancées en matière de visualisation, de filtrage et de publication web. Contrairement à Power BI Desktop, Power BI Service a permis de centraliser les opérations de modélisation et de design dans une seule interface collaborative, accessible depuis n'importe quel navigateur.

Ce chapitre présente les étapes clés de la construction du tableau de bord : connexion aux données modélisées, définition des indicateurs de performance (KPI), conception des différents visuels (graphiques, cartes, tableaux), et mise en forme de l'interface utilisateur. Chaque composant a été pensé pour répondre aux besoins de l'entreprise en matière de suivi des projets, d'analyse régionale et d'aide à la décision.

Cette approche visuelle transforme des données complexes en insights exploitables, apportant une réelle valeur ajoutée au pilotage stratégique de l'activité.

### 4.1 Connexion et modélisation des données

Une fois les données nettoyées, structurées et exportées depuis Power Query, la première étape dans Power BI Service a été l'importation de l'Excel final contenant uniquement les feuilles suivantes :

- **FactSuivi** : la table de faits contenant les mesures (superficie, coût, chiffre d'affaires) et les clés étrangères.
- **DimProjet, DimOpération, DimRégion, DimDate** : les quatre tables de dimensions contenant les descripteurs analytiques (natures, communes, années, etc.).

L'importation a été réalisée via le menu “**Importer un fichier local**” dans Power BI Service, après avoir publié le fichier Excel dans un espace de travail dédié.

Après l'importation, la modélisation des données a consisté à établir les relations entre les tables :

- **ID\_Projet**, **ID\_Operation**, **ID\_Région**, et **ID\_Date** de **FactSuivi** ont été reliés respectivement à leurs clés primaires dans les dimensions.
- Le type de relation est **1 à plusieurs (1 :N)**, avec la table de faits du côté "plusieurs".

Ce modèle suit une structure en étoile, ce qui facilite l'analyse multidimensionnelle et améliore les performances de traitement dans Power BI. Une attention particulière a été portée à :

- La direction du filtrage croisé (cross-filter direction), qui a été définie de manière unidirectionnelle dans la majorité des cas pour éviter les conflits logiques.
- Le nommage explicite des colonnes et des relations afin de rendre le modèle intuitif pour tout utilisateur métier.

La modélisation a donc permis d'assurer une base solide pour la création des visuels dans Power BI Service, tout en respectant les bonnes pratiques en matière d'architecture de données décisionnelles.

## 4.2 Définition des indicateurs de performance (KPI)

Les indicateurs clés de performance (Key Performance Indicators - KPI) représentent des mesures essentielles pour évaluer l'efficacité, la rentabilité et la progression des projets de construction. Dans notre tableau de bord Power BI, ces indicateurs sont regroupés dans un bandeau supérieur pour une lecture rapide et synthétique. Ils ont été définis à partir de la table de faits **FactSuivi**.

Les principaux KPI retenus sont les suivants :

- **Superficie Totale Réalisée** : Somme des superficies enregistrées dans tous les projets. Cet indicateur permet d'évaluer l'ampleur des travaux réalisés.
- **Coût Total des Opérations** : Agrégation de la colonne **coût\_opération**, reflétant les dépenses totales engagées. Il aide à surveiller la consommation budgétaire.
- **Chiffre d'Affaires Total (CA)** : Somme du chiffre d'affaires généré par projet, indicateur central de performance financière.
- **Nombre de Projets** : Comptage distinct de **ID\_Projet**, utile pour connaître le volume d'opérations suivies.
- **Nombre d'Opérations** : Comptage distinct de **ID\_Operation**, permettant d'évaluer l'activité détaillée par type de travaux.

Ces KPI ont été réalisés dans Power BI Service en insérant des éléments visuels de type **Carte (Card)**, associés à des mesures DAX simples telles que :

Listing 4.1 – Exemple de mesure DAX pour la Superficie Totale  
**Superficie Totale = SUM( FactSuivi [ superficie ] )**

Chaque indicateur a été mis en forme de manière professionnelle avec un formatage numérique adapté (ex. : milliers, millions, unité m<sup>2</sup>, ou en DH pour les coûts).

La disposition horizontale des KPI en haut du tableau de bord vise à fournir une vue d'ensemble rapide des performances globales de la société, tout en permettant une lecture intuitive et accessible aux décideurs.

## 4.3 Conception des visuels et des rapports

La phase de conception des visuels a été une étape cruciale dans la construction du tableau de bord Power BI, car elle a permis de transformer les données traitées en insights visuels pertinents, accessibles et exploitables pour les décideurs de l'entreprise.

### Disposition professionnelle du tableau de bord

Le tableau de bord a été organisé de manière logique et professionnelle pour optimiser l'expérience utilisateur :

- **Bandeau supérieur** : des KPI synthétiques affichent les indicateurs clés comme :
  - Chiffre d'affaires total : 22,43M DH,
  - Coût total des opérations : 11,71M DH,
  - Superficie totale construite : 6,40M m<sup>2</sup>,
  - Nombre total de projets : 673,
  - Nombre d'opérations : 25.
- **Colonne latérale gauche** : des filtres interactifs permettent de segmenter les données par :
  - Commune,
  - Nature de projet (ex. Aménagement Foncier, Construction),
  - Nature d'opération (ex. Logement, Equipement),
  - Plage de dates.
- **Zone centrale** : des graphiques analytiques affichent :
  - Chiffre d'affaires par région,
  - Coût total par type d'opération,
  - Nombre d'opérations par année,
  - Superficie par nature de projet.
- **Bas du rapport** : une carte interactive du Maroc affiche la répartition des superficies par région, avec codage couleur proportionnel à la surface.

### Types de visuels utilisés

Power BI permet l'intégration de divers types de graphiques. Les suivants ont été utilisés pour ce projet :

- Graphiques en barres pour comparer les coûts, superficies et CA,
- Graphiques en colonnes pour l'évolution temporelle,
- Graphiques en anneaux pour représenter la répartition par catégorie,
- Carte géographique (Bing Maps) pour la visualisation spatiale des données,
- Matrices pour le croisement des dimensions temporelles et géographiques avec les indicateurs numériques.

## Résultat final

Le tableau de bord permet de répondre aux questions suivantes :

- Quelle région génère le plus de chiffre d'affaires ?
- Quel type de projet est le plus coûteux ?
- Quelle est la tendance des investissements dans le temps ?
- Quelle est la distribution des projets par nature ou par commune ?

Le rapport a été enrichi visuellement avec un fond clair, une organisation cohérente des blocs d'analyse, des couleurs harmonieuses, ainsi que des titres lisibles. L'ensemble garantit une navigation fluide et une compréhension immédiate des indicateurs affichés.

## Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter en détail la création du tableau de bord dans Power BI, depuis la connexion des données issues de l'entrepôt jusqu'à la conception finale des visuels. La structuration du rapport a suivi une logique intuitive et professionnelle, garantissant une lisibilité optimale pour les utilisateurs.

Les différents composants visuels – qu'il s'agisse des KPI, des filtres interactifs, des graphiques analytiques ou des cartes géographiques – ont été sélectionnés et configurés avec soin afin de répondre aux objectifs décisionnels de l'entreprise. L'utilisation de filtres dynamiques permet aux utilisateurs de naviguer facilement dans les données et d'obtenir des vues personnalisées selon leurs besoins.

Ce tableau de bord interactif représente ainsi un véritable outil d'aide à la décision, offrant à l'entreprise la capacité de suivre l'état d'avancement de ses projets en temps réel, de comparer les investissements entre régions, et d'identifier les leviers d'optimisation. La clarté des indicateurs affichés contribue à une meilleure transparence, efficacité et réactivité dans la gestion des travaux de construction.

# **Chapitre 5**

## **Résultats et Interprétation**

### **Introduction**

Après la conception du tableau de bord Power BI et son intégration au sein du service Power BI Cloud, il est essentiel d'analyser les résultats obtenus et d'en tirer des enseignements pertinents. Ce chapitre se concentre sur l'interprétation des visualisations générées à partir de l'entrepôt de données et sur leur utilité pour les décideurs.

Les représentations graphiques interactives offrent une lecture claire et synthétique de la situation des projets de construction, tant au niveau financier que géographique ou opérationnel. L'objectif ici est de démontrer la valeur ajoutée du tableau de bord dans un contexte professionnel : faciliter l'analyse, accélérer la prise de décision et mettre en évidence les performances et les éventuels points d'amélioration dans la gestion des projets.

Les différentes sections qui suivent exploreront ainsi les visuels du tableau de bord final, des cas d'usage concrets, ainsi que les apports mesurables pour l'entreprise.

## 5.1 Présentation du tableau de bord final

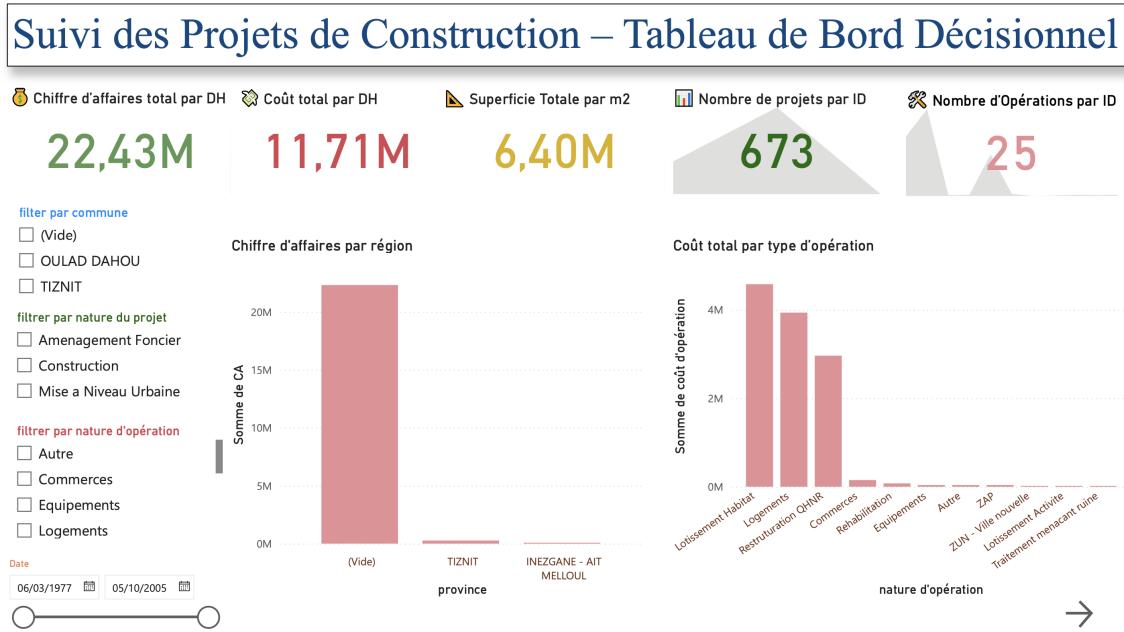


FIGURE 5.1 – Page 1 du Dashboard

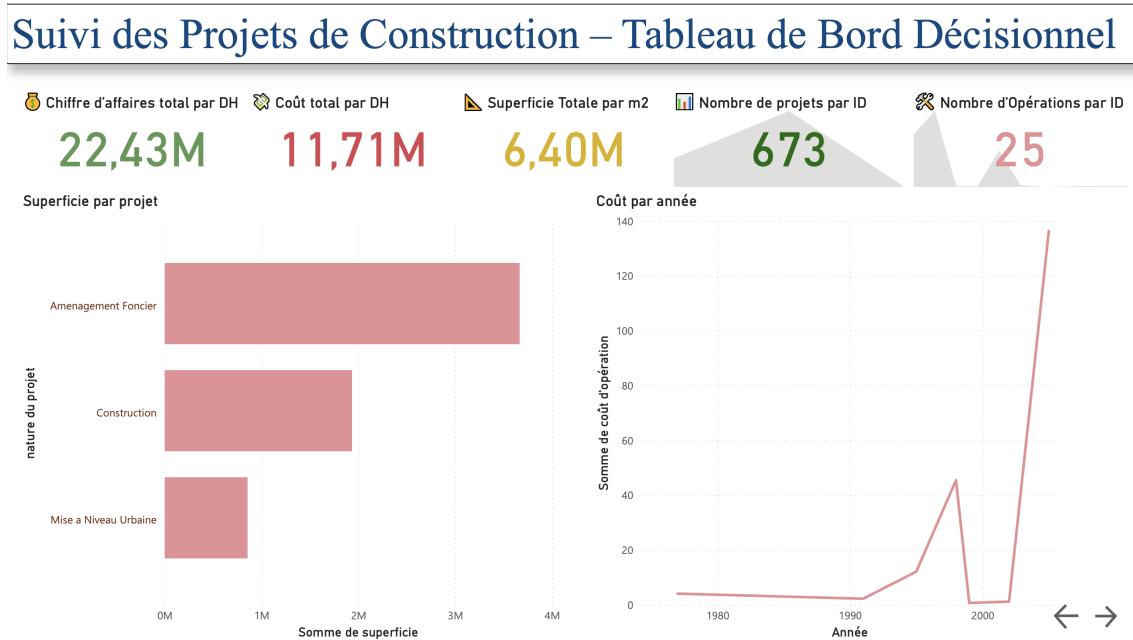


FIGURE 5.2 – Page 2 du Dashboard

## Suivi des Projets de Construction – Tableau de Bord Décisionnel

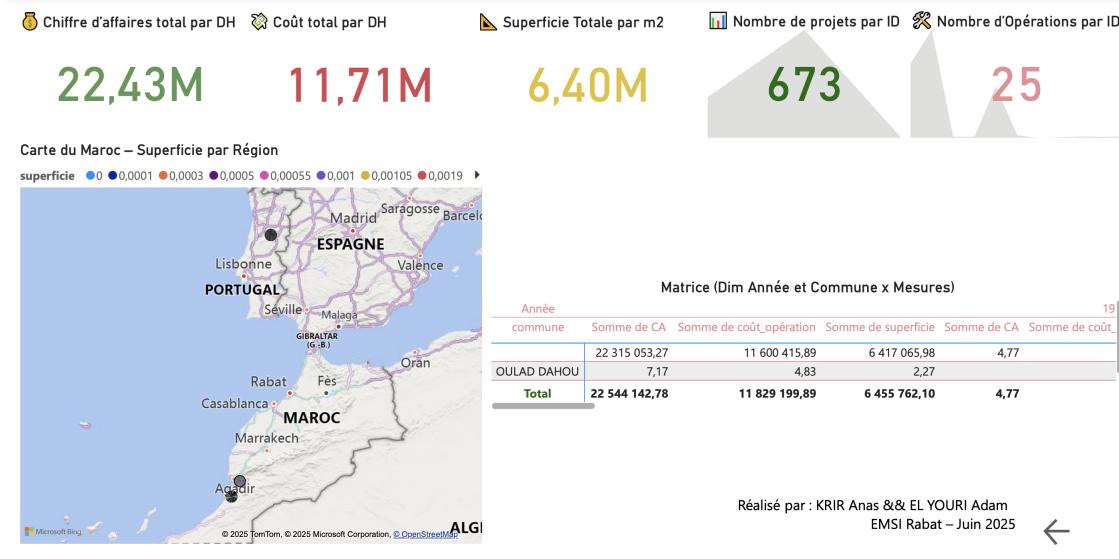


FIGURE 5.3 – Page 3 du Dashboard

Le tableau de bord final développé avec Power BI Service offre une vision claire, synthétique et interactive de la situation des projets de construction de l'entreprise. Il est organisé autour de plusieurs éléments clés permettant d'analyser les performances et de prendre des décisions rapidement.

- **Indicateurs de performance (KPI)** : En haut du tableau de bord, plusieurs KPI sont mis en évidence, notamment :
  - Chiffre d'affaires total en Dirhams : **22,43M**
  - Coût total des opérations : **11,71M**
  - Superficie totale construite : **6,40M m<sup>2</sup>**
  - Nombre total de projets identifiés : **673**
  - Nombre d'opérations enregistrées : **25**
- **Carte interactive du Maroc** : Une carte géographique affiche la répartition des superficies par région, offrant une représentation spatiale intuitive de la concentration des projets.
- **Analyse par dimensions** :
  - Un histogramme montre la superficie selon la nature du projet (Aménagement foncier, Construction, Mise à niveau urbaine).
  - Un graphique en ligne présente l'évolution du coût d'opération au fil des années, permettant d'observer les périodes d'investissement intensif.
- **Matrice croisée dynamique** : Elle affiche les données agrégées par année et par commune, avec les totaux des chiffres d'affaires, des coûts d'opération et des superficies, facilitant l'analyse multi-dimensionnelle.
- **Filtres interactifs** :
  - Filtres par commune, nature du projet et nature d'opération.
  - Sélecteur temporel pour analyser les projets selon une plage de dates spécifique.

Ce tableau de bord constitue un outil décisionnel puissant et flexible, répondant aux besoins des dirigeants en matière de pilotage stratégique et opérationnel des projets de construction.

## 5.2 Exemples de cas d'usage

Le tableau de bord développé peut être utilisé dans divers contextes décisionnels afin de faciliter la gestion et l'analyse des projets de construction. Voici quelques cas d'usage concrets illustrant la valeur ajoutée de cette solution Business Intelligence :

- **Suivi budgétaire par région** : Grâce aux indicateurs financiers (CA, coût), un responsable financier peut rapidement identifier les régions où les coûts dépassent les prévisions, et engager des mesures correctives.
- **Comparaison des performances entre communes** : Les communes peuvent être comparées en termes de superficie réalisée, de chiffre d'affaires généré ou de types d'opérations réalisées, permettant une allocation optimisée des ressources.
- **Analyse temporelle de l'activité** : En sélectionnant des plages de dates spécifiques via le filtre temporel, il est possible d'évaluer l'évolution de l'activité dans le temps (hausse ou baisse des investissements, pics d'opérations).
- **Identification des projets prioritaires** : En filtrant les projets selon leur nature ou leur coût, les décideurs peuvent prioriser certaines catégories d'intervention (ex. : mise à niveau urbaine dans les zones sensibles).
- **Pilotage stratégique à l'échelle nationale** : Le tableau de bord permet aux décideurs publics ou aux responsables d'entreprise d'avoir une vision globale des projets en cours sur le territoire marocain, pour orienter la stratégie d'investissement.
- **Communication interne et reporting** : Les visuels clairs et interactifs du tableau de bord facilitent la présentation des résultats aux différentes parties prenantes (direction générale, finance, opérations, etc.).

Ces cas d'usage démontrent la polyvalence du tableau de bord et son utilité dans la gestion efficace des projets de construction à différents niveaux hiérarchiques.

## 5.3 Apports pour la société

La mise en place de ce système décisionnel basé sur Power BI a généré plusieurs bénéfices tangibles pour la société de construction, tant sur le plan stratégique qu'opérationnel :

- **Amélioration de la visibilité sur les projets** : Grâce à une centralisation des données et une visualisation dynamique, les responsables ont désormais une vue d'ensemble sur les projets en cours, leurs performances financières et leurs avancements géographiques.
- **Prise de décision plus rapide et éclairée** : Les indicateurs clés (KPI) permettent aux décideurs d'identifier rapidement les écarts, les retards ou les dépassements budgétaires, facilitant ainsi des décisions proactives et fondées sur des données fiables.
- **Optimisation de la gestion des ressources** : En identifiant les régions ou les types d'opérations les plus rentables, l'entreprise peut réallouer efficacement ses budgets, ses équipes ou ses équipements pour maximiser la rentabilité globale.

- **Réduction du temps d'analyse manuelle** : Le système automatisé remplace les méthodes classiques basées sur Excel, réduisant significativement le temps passé à agréger, trier et vérifier les données de suivi.
- **Renforcement de la transparence** : Le tableau de bord apporte une meilleure traçabilité des projets et des dépenses, ce qui est essentiel pour les audits, les partenariats publics-privés ou la communication avec les bailleurs de fonds.
- **Soutien à la stratégie de développement territorial** : En révélant les disparités entre les provinces et en mettant en lumière les zones à fort potentiel ou à besoins prioritaires, la société peut ajuster sa stratégie d'investissement en accord avec les priorités régionales.

Ainsi, la solution développée constitue un levier puissant pour renforcer l'efficacité, la réactivité et la compétitivité de la société sur le marché de la construction.

## Conclusion

Ce chapitre a permis de mettre en lumière les résultats concrets issus de la mise en œuvre du système décisionnel à travers l'analyse du tableau de bord final. Les différents visuels ont permis de démontrer l'efficacité de la solution en matière de visualisation, de filtrage dynamique et d'exploration des indicateurs clés liés aux projets de construction.

Les indicateurs tels que le chiffre d'affaires, le coût d'opération, la superficie totale, ainsi que la répartition des projets par nature, région et période ont offert une lecture claire et intuitive de l'activité de l'entreprise. Ces résultats confirment la pertinence des choix techniques et méthodologiques adoptés, et soulignent la valeur ajoutée du projet en matière de pilotage stratégique.

L'utilisation de filtres interactifs et d'outils analytiques (carte géographique, matrice, histogrammes) rend le système à la fois accessible et puissant, favorisant ainsi une prise de décision rapide et éclairée pour les acteurs de l'entreprise.

# Conclusion générale et Perspectives

## 5.4 Bilan du projet

Ce projet de fin d'année a permis de mettre en pratique l'ensemble des compétences acquises dans le domaine de la Business Intelligence et de la modélisation décisionnelle. À travers les différentes étapes, depuis l'analyse des besoins jusqu'à la création d'un tableau de bord interactif, nous avons conçu une solution complète de suivi de projets de construction, orientée performance et aide à la décision.

Le choix de Power BI Service comme outil principal a facilité la visualisation et la diffusion des indicateurs stratégiques en ligne. Grâce à une modélisation en étoile bien structurée et à un processus ETL robuste via Power Query, les données brutes ont été transformées en informations exploitables et fiables.

Les objectifs du projet ont été atteints :

- Une base de données décisionnelle conforme aux normes de modélisation dimensionnelle ;
- Un processus ETL propre, structuré et automatisé dans Power BI Service ;
- Un tableau de bord interactif, lisible et adapté aux besoins des décideurs ;
- Une amélioration de la compréhension des performances par région, nature de projet et période.

Ce bilan témoigne de la rigueur méthodologique adoptée et de la cohérence entre la problématique initiale et les livrables finaux.

## 5.5 Difficultés rencontrées

Comme tout projet technique, la mise en place de ce système décisionnel n'a pas été exempte de défis. Plusieurs obstacles ont été rencontrés à différentes étapes du processus, notamment :

- **Nettoyage et structuration des données** : La première difficulté majeure a été liée à la qualité des données d'origine. Le fichier Excel source contenait des incohérences, des doublons, des valeurs nulles ou mal saisies, ce qui a nécessité un travail approfondi de nettoyage, de normalisation et de transformation pour obtenir une structure exploitable.
- **Modélisation en étoile dans Power BI Service** : L'absence d'un environnement de modélisation avancé comme celui de Power BI Desktop a rendu la construction et la validation des relations entre tables plus contraignantes. Les fonctionnalités disponibles dans Power BI Service sont limitées, ce qui a nécessité des manipulations minutieuses.

- **Choix des visuels adaptés** : Trouver l'équilibre entre esthétique, lisibilité et pertinence des visualisations n'a pas été évident. Il a fallu tester plusieurs types de graphiques pour identifier ceux qui expriment le mieux les indicateurs clés.
- **Temps de traitement** : Certaines opérations de transformation sur des volumes de données plus importants ralentissaient le processus dans Power BI Service, surtout lors de la publication et de l'actualisation automatique.
- **Manque d'expérience initiale avec Power BI Service** : L'absence d'une expérience approfondie avec Power BI Cloud a demandé une période d'apprentissage pour maîtriser les fonctionnalités spécifiques à l'environnement en ligne (modélisation, zone de texte, configuration des filtres, gestion des visuels...).

Ces difficultés ont cependant été surmontées grâce à une recherche proactive, à l'expérimentation progressive et à l'analyse des erreurs rencontrées. Elles ont constitué autant d'opportunités d'apprentissage et d'amélioration continue.

## 5.6 Recommandations et évolutions possibles

À la lumière des résultats obtenus et des limites rencontrées durant ce projet, plusieurs recommandations et pistes d'évolution peuvent être proposées afin d'améliorer davantage le système décisionnel mis en place :

- **Passage à Power BI Desktop pour des projets futurs** : L'utilisation de Power BI Service a permis un déploiement rapide, mais certaines fonctionnalités avancées de modélisation, de mesures DAX ou de personnalisation sont mieux supportées dans Power BI Desktop. Il serait pertinent d'envisager cette migration pour des tableaux de bord plus complexes.
- **Automatisation des flux ETL** : Bien que le processus d'extraction et de transformation ait été réalisé avec Power Query, l'intégration d'un outil dédié comme Talend ou Azure Data Factory permettrait d'automatiser l'ensemble du pipeline ETL, assurant ainsi une meilleure actualisation des données.
- **Mise en place d'un système d'authentification** : Pour des raisons de sécurité et de traçabilité, il est recommandé d'intégrer une couche d'authentification afin de restreindre l'accès au tableau de bord à certains profils ou rôles (administrateur, analyste, chef de chantier...).
- **Amélioration de l'expérience utilisateur** : L'ajout d'éléments interactifs comme des boutons de navigation, des pages multiples thématiques ou des info-bulles explicatives peut rendre le tableau de bord plus intuitif et ergonomique.
- **Ajout de nouveaux indicateurs** : En fonction des besoins des responsables, d'autres KPI pertinents peuvent être ajoutés, tels que le taux d'avancement des projets, les délais moyens de réalisation, ou les écarts budgétaires par type d'opération.
- **Connexion directe à des bases de données** : Pour aller plus loin, il serait possible de connecter le tableau de bord à une base de données relationnelle (SQL Server, PostgreSQL...), permettant une actualisation en temps réel et une meilleure gestion du volume de données.

Ces recommandations visent à assurer la pérennité, l'évolutivité et l'efficacité du système décisionnel mis en place. Elles ouvrent également la voie à des projets BI plus ambitieux et alignés avec les objectifs stratégiques de la société.

# Références

- Microsoft Corporation. (2024). *Power BI Documentation*. Disponible sur : <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/>
- Microsoft. (2024). *Power Query M Language Specification*. Disponible sur : <https://learn.microsoft.com/en-us/powerquery-m/>
- Cours internes EMSI (2024-2025), Module Business Intelligence, Rabat : *Supports de cours, TP encadrés et études de cas*.
- Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The Data Warehouse Toolkit : The Definitive Guide to Dimensional Modeling* (3rd ed.). Wiley.
- White, C. (2022). *Data Integration with Power BI*. Packt Publishing.
- Microsoft Power Platform Blog. (2023). *Best Practices for Building Dashboards*. Disponible sur : <https://powerbi.microsoft.com/en-us/blog/>

# Annexes

## Annexe A — Scripts de transformation Power Query

Cette annexe présente des extraits représentatifs des scripts M utilisés dans Power Query pour :

- Nettoyer les données (suppression des valeurs nulles, renommage des colonnes, suppression des doublons),
- Filtrer les projets avec une superficie et un chiffre d'affaires non nuls,
- Créer les colonnes dérivées pour les dimensions (année, mois, commune, etc.),
- Référencer et diviser la table Data en plusieurs dimensions et une table de faits.

## Annexe B — Captures d'écran des visuels Power BI

Cette annexe regroupe les principaux visuels présents dans le tableau de bord :

- Bandeau supérieur avec les indicateurs clés (KPI),
- Cartographie géographique des projets par province,
- Diagrammes circulaires (dépenses, types d'opérations),
- Graphiques par année, ville, type de projet,
- Tableaux croisés dynamiques sans filtres croisés.

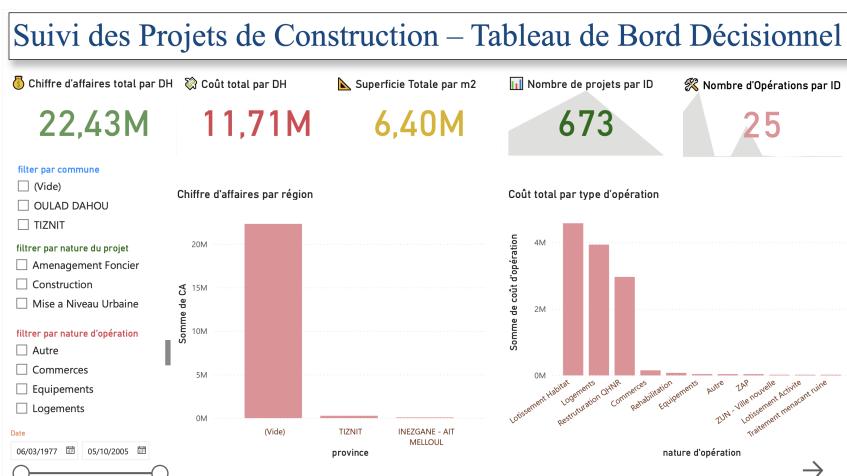


FIGURE 4 – Indicateurs clés en haut du tableau de bord

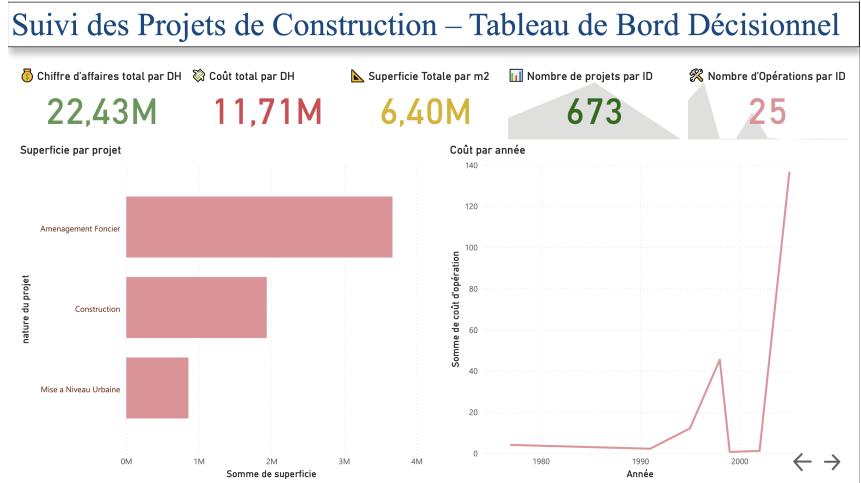


FIGURE 5 – Visuels analytiques et filtres interactifs

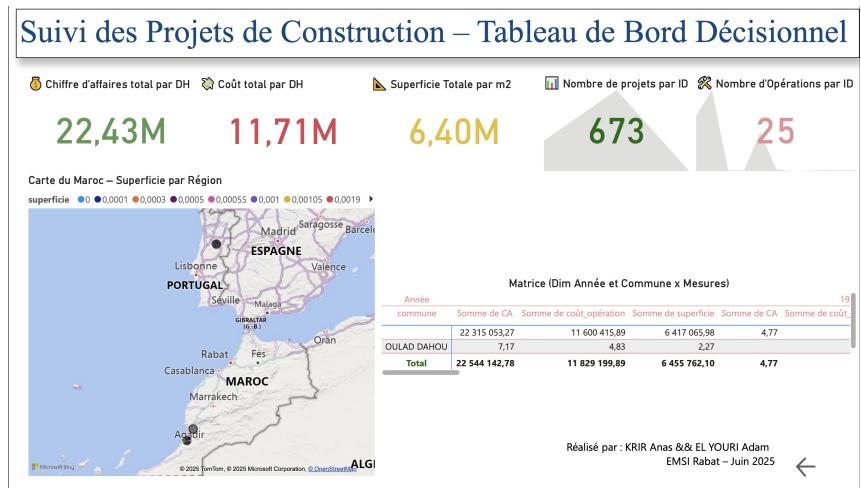


FIGURE 6 – Cartes géographiques et graphiques croisés

## Annexe C — Structure de l'entrepôt de données

La modélisation en étoile comprend :

- Une table de faits nommée **Suivi**,
- Quatre dimensions : **dimProjet**, **dimDate**, **dimOpération**, **dimRégion**.

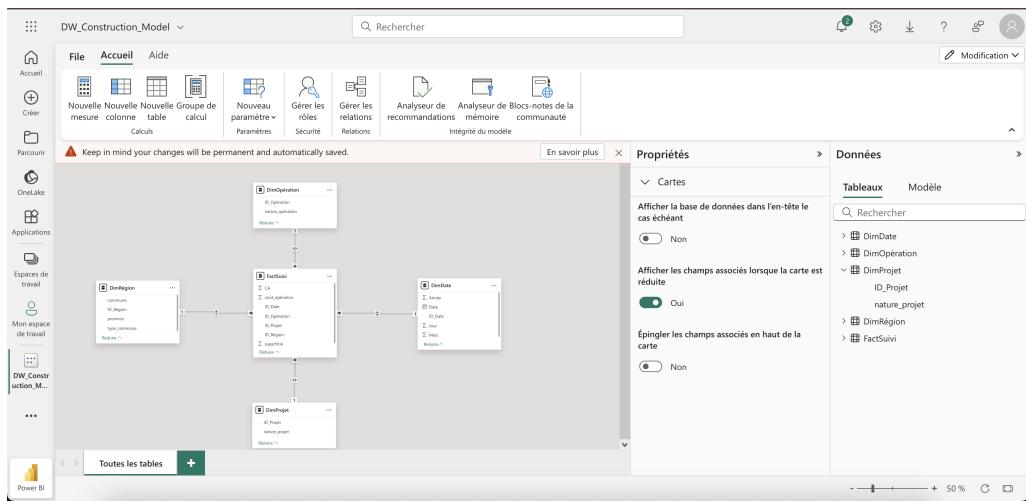


FIGURE 7 – Modèle en étoile de l'entrepôt de données

Les relations entre les clés primaires et étrangères sont toutes de type 1 à N, ce qui permet une navigation efficace dans les visuels Power BI.