

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Management  
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

المدرسة الوطنية العليا للمناجنت  
القليعة

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention d'un Master académique en  
**Gouvernement Électronique**

**Le rôle des technologies émergentes sur  
l'optimisation de la gestion des données :**

cas : SONATRACH

**Élaboré par :**

REMICHI Haydar

OULIDAZOUZ Chahir eddine

**Encadré par :**

Dr. SABA Amine

Année universitaire : 2024/2025

# INTRODUCTION

## Résumé

Ce mémoire analyse le rôle des technologies émergentes dans l'optimisation de la gestion des données, à partir de l'étude de cas de Sonatrach, acteur clé du secteur énergétique en Algérie. À travers une revue théorique et une enquête qualitative menée sur le terrain, l'étude met en évidence la manière dont des outils comme le Big Data, l'Internet des Objets (IoT), la blockchain et les systèmes cyber-physiques peuvent améliorer la collecte, le traitement et l'analyse des données. Le Big Data, en particulier, permet de traiter en temps réel des volumes massifs d'informations, facilitant ainsi la prise de décision stratégique et la performance opérationnelle. L'intégration de ces technologies offre des avantages tels que la maintenance prédictive, la réduction des coûts, et une meilleure sécurisation des infrastructures. Néanmoins, leur adoption reste limitée par des défis d'ordre organisationnel, technique et humain. L'étude propose plusieurs recommandations concrètes pour renforcer cette intégration, notamment par la formation, l'investissement technologique et l'amélioration de la gouvernance des données. Ce travail apporte ainsi un éclairage sur le rôle structurant des technologies émergentes dans la transition numérique du secteur pétrolier.

Mots-clés : Technologies émergentes, Gestion des données, Sonatrach, Big Data, Blockchain, IoT, Industrie pétrolière

### الملخص

يتناول هذا البحث دورَ التكنولوجيات الناشئة في تحسين إدارة البيانات، من خلال دراسة حالة لشركة سوناطراك، الرائدة في قطاع الطاقة بالجزائر. ومن خلال مراجعة نظرية معمقة وتحليل سياقي، تسلط هذه الدراسة الضوء على الدور المحوري الذي تلعبه تقنيات البيانات الضخمة في التحول الرقمي للمؤسسات. ووفقاً لدراسة صادرة عن شركة IDC، يُتوقع أن يصل الحجم العالمي للبيانات المُنتجة ، زيتابايت ، مما يبرز حجم التحديات المرتبطة بإدارتها. وتُتيح تقنية البيانات الضخمة، بشكل خاص، معالجة كميات هائلة من المعلومات في الوقت الحقيقي، مما يسهل اتخاذ قرارات استراتيجية مبنية على بيانات موثوقة. وتُظهر الدراسة أن دمج هذه التكنولوجيات يُسهم في تحسين جمع البيانات ومعالجتها وتحليلها، إلى جانب تعزيز الأداء التشغيلي وأمن البنى التحتية. وتشير التقديرات الحديثة إلى أن المؤسسات التي تعتمد البيانات الضخمة بفعالية تُسجل زيادةً في الإنتاجية ، وانخفاضاً في التكاليف التشغيلية. ومع ذلك، لا تزال عملية التبني تواجه عوائق تنظيمية وتقنية وبشرية. ويقترح هذا العمل توصيات عملية لتجاوز هذه العقبات ودعم انتقال رقمي فعّال في قطاع النفط.

الكلمات المفتاحية: التكنولوجيات الناشئة، إدارة البيانات، سوناطراك، البيانات الضخمة، سلسلة الكتل (Blockchain)، إنترنت الأشياء (IoT)، الصناعة النفطية.

# INTRODUCTION

## **Abstract**

This thesis explores the role of emerging technologies in optimizing data management, with a focus on Sonatrach, a leading energy company in Algeria. Based on a theoretical review and qualitative fieldwork, the study highlights how tools such as **Big Data, IoT, blockchain,** and **cyber-physical systems** contribute to improving data collection, processing, and analysis. Big Data, in particular, enables the real-time handling of large-scale data, supporting strategic decision-making and operational efficiency.

The integration of these technologies offers tangible benefits, such as **predictive maintenance, cost reduction,** and enhanced **infrastructure security**. However, their deployment is hindered by **organizational, technical,** and **human-related** challenges. The research proposes concrete recommendations to facilitate adoption, including staff training, IT investment, and better data governance. Ultimately, the thesis sheds light on the structuring role of emerging technologies in the digital transition of the oil industry.

**Keywords:** Emerging technologies, Data management, Sonatrach, Big Data, Blockchain, IoT, Oil industry.

## INTRODUCTION

### Remerciement

Louange à Dieu, Le Très-Haut, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à **mon encadrant, Dr. Amine Saba**, pour sa rigueur scientifique, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de ce mémoire. Son accompagnement a été essentiel à l'orientation et à la qualité de mes recherches.

Mes remerciements vont également à **ma tutrice, Madame Iman El Kosia**, pour son accueil, sa bienveillance et son encadrement au sein de **SONATRACH**, Son suivi attentif et ses retours constructifs ont largement enrichi notre travail.

Je tiens à remercier chaleureusement **l'École Nationale Supérieure de Management** pour la qualité de l'enseignement dispensé, sont apprentissage et les rencontres inoubliable.

Avant toute chose, je tiens à remercier **Amani**, mon amie de plus de 10 ans, avec qui j'ai grandi, évolué et achevé ce beau chapitre de nos études. Merci pour ta fidélité, ta force tranquille, et pour avoir été cette constante rassurante dans mon univers.

Un grand merci à **Fatima**, ma complice de toujours, Tes fous rires même dans les pires tempêtes, ont été ma lumière. Tu m'as rendu les jours sombres un peu plus doux.

À **Ram**, merci pour ces deux années à l'ENSM où l'on a partagé aussi bien les silences lourds que les éclats de joie.

À **Jale, Doua, et Chahir** mes trois piliers de bonheur, votre énergie, votre bienveillance et vos sourires en classe, a **Amina** et **ouelha**, d'avoir été simplement et sincèrement, et a **Khaoula**, rire avec toi c'est parfois ma seule thérapie.

Une mention spéciale à **Minet Allah**, pour sa présence fidèle, son soutien indéfectible, d'avoir illuminer des jours gris et avec ses encouragements tout au long le parcours à l'ENSM,

À **Céline**, avec qui j'ai partagé une année inoubliable, merci pour les moments de complicité et de rires, et À **Lydia**, une amie précieuse et une future médecin pleine de promesses. Merci pour ta gentillesse, ton écoute, et ta maturité malgré ton jeune âge. À **Asma**, mon amie de longue date, Malgré le temps et la distance, notre amitié est conservée solide et sincère.

À **ma tante Assia**,

Merci d'avoir toujours été là pour moi, depuis ma naissance. Ton soutien, ton amour et ta présence compte énormément pour moi. Je te serai toujours reconnaissant. Sans oublier la team EG et les membre de mon club CFM pour leur appui constant, leur enthousiasme et les liens solides tissés au fil des années.

Toute ma gratitude et mon affection vont à **ma mère**, pour son amour inconditionnel, ses sacrifices silencieux et son soutien de chaque instant. Ce mémoire lui est dédié.

## INTRODUCTION

Et pour finir, à mon frère Skander, mon reflet, mon silence, ma souffrance, tu n'ai pas là pour voir tout ça, mais je t'ai emmené avec moi à chaque étape, Et ce jour, je le vis pour toi.

**Haydar**

## INTRODUCTION

### Remerciement

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. Sans Sa guidance et Sa bénédiction, rien n'aurait été possible.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mon amour à **ma mère**, pour ses prières, son soutien inconditionnel, et son amour sans limite. Elle a toujours été mon pilier dans les moments les plus difficiles.

Je remercie également **mon père**, pour ses précieux conseils, son encouragement constant et sa présence rassurante tout au long de mon parcours.

Un remerciement particulier à **ma sœur**, pour sa bienveillance, son écoute, et sa précieuse aide au quotidien.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à **mon encadrant, Dr. Amine Saba**, pour sa rigueur scientifique, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de ce mémoire. Son accompagnement a été essentiel à l'orientation et à la qualité de mes recherches.

Mes remerciements vont également à **ma tutrice, Madame Iman El Kosia**, pour son accueil, sa bienveillance et son encadrement au sein de **SONATRACH**, Son suivi attentif et ses retours constructifs ont largement enrichi notre travail.

Je tiens à remercier chaleureusement **l'École Nationale Supérieure de Management** pour la qualité de l'enseignement dispensé, sont apprentissage et les rencontres inoubliable.

Je souhaite également remercier de tout cœur mes amis, pour leur soutien moral, leur humour, et les moments partagés qui ont allégé le poids de ce travail : **Zico, Zino, Walid, Yacine, Adel, Mehdi, Mario, Moh et Asma**. Merci pour votre présence, vos encouragements, et votre amitié fidèle.

**Chahir**

# INTRODUCTION

## Table des matières

Résumé .....	I
المخلص .....	I
Abstract .....	II
Remerciement.....	IV
Table des matières .....	V
Liste des tableaux, listes des abreviations .....	XII
Liste des figures .....	XIII
Liste des annexes.....	XIV
INTRODUCTION.....	I
Contexte : .....	2
Objectifs et problématique de la recherche :.....	2
Importance de l'étude :.....	3
Structure du mémoire :.....	3
CHAPITRE 01: ÉTAT DE L'ART .....	2
Section 1 : Panorama des technologies émergentes .....	5
1. Définition de l'Industrie 4.0 dans le secteur pétrolier :.....	5
2. Définition et principes généraux :.....	6
3. Internet of things (IOT):.....	7
4. Composants d'une plateforme IOT :.....	10
4.1. Dispositifs IoT (Capteurs et Actionneurs) :.....	10
4.2. Maintenance prédictive :.....	11
4.3. Réduction des pertes énergétiques :.....	11
5. Définition et Principes Fondamentaux de la Blockchain :.....	11
5.1. Définition de la Blockchain :.....	11

## INTRODUCTION

5.2. Caractéristiques de la Blockchain : .....	13
6. Big Data : .....	13
7. L'intelligence artificielle : .....	15
8. Définition des Systèmes Cyber-Physiques (CPS) : .....	17
Section 2 : la gestion des données dans le monde .....	20
1. La gestion des données dans les hydrocarbures : .....	21
2. Digital Oil Field (DOF) : .....	22
2.1. Définition : .....	22
3. Explication de la surveillance et de la maintenance prédictive : .....	25
4. Fonctionnement et applications dans la gestion des données : .....	26
5. L'importance des données pour les entreprises énergétiques : .....	30
6. Les défis actuels de la gestion des données dans le secteur énergétique : .....	32
Section 3 : le rôle des technologies émergentes dans l'amélioration de la gestion des données .....	34
1. Problèmes rencontrés : volume, qualité, sécurité et accessibilité : .....	34
2. Technologies émergentes : .....	35
2.1. Contributions spécifiques des technologies émergentes : .....	35
2.2. Réalité Augmentée (RA) et Réalité Virtuelle (RV) : .....	36
2.3. Réseaux 5G et Connectivité de Nouvelle Génération : .....	36
2.4. Applications concrètes et bénéfiques transversaux : .....	37
2.5. Les entreprises du secteur énergétique ayant intégré les technologies émergentes : .....	38
2.6. Rôle et perspectives des technologies émergentes sur la gestion des données énergétiques : .....	40
2.7. Perspectives d'évolution pour le secteur énergétique : .....	42
3. Focus sur le Big Data : Pilier de la gestion des données dans le secteur énergétique : .....	44
3.1. Définition et caractéristiques du Big Data : .....	44

## INTRODUCTION

3.2.	Architecture typique d'un système Big Data : .....	45
3.3.	Applications du Big Data dans le secteur de l'énergie.....	47
3.4.	Enjeux et défis du Big Data : .....	48
3.5.	Perspectives d'évolution : .....	48
CHAPITRE 02: CADRE METHODOLOGIQUE .....		49
Section 01 : Méthodes et données .....		50
1.	Méthodes .....	50
1.1.	Approche épistémologique et méthodologique :.....	51
1.2.	Objectif de l'enquête .....	51
1.3.	Construction du guide d'entretien :.....	52
1.4.	Structure du guide d'entretien :.....	53
1.4.1.	Données générales (variables contextuelles) :.....	53
1.5.	Tri et pré-validation du guide d'entretien :.....	55
1.6.	Variable de mesure : .....	56
2.	Données :.....	57
2.1.	Outil de collecte de données :.....	57
2.2.	l'échantillon de l'étude : .....	58
2.3.	Taille de l'échantillon :.....	58
2.4.	Méthode d'échantillonnage :.....	60
2.5.	Approche de traitement des données :.....	62
2.6.	Logiciels utilisés (NVivo) : .....	63
Section 02 : Présentation de l'organisme d'accueil.....		63
1.	Présentation du groupe SONATRACH :.....	64
1.1.	Historique de SONATRACH : .....	64
1.2.	Principales missions de SONATRACH : .....	64
2.	Choix de stage .....	66
2.1.	Raisons du choix de Sonatrach pour le stage :.....	66

## INTRODUCTION

Conclusion du chapitre 1 :.....	67
CHAPITRE 03: RESULTAT ET DISCUSSION.....	68
3. Analyse des données: .....	70
3.1. Présentation des données :.....	70
3.1. Contexte des entretiens : .....	70
3.2. Méthodes d'analyse utilisées :.....	71
3.2.1. Approche qualitative : .....	71
3.2.2. Outils et logiciels utilisés pour l'analyse (NVivo) : .....	72
4. Résultats principaux : .....	74
4.1. Approche lexicale :.....	75
4.2. Approche linguistique : .....	77
4.3. Approche thématique : .....	80
5. Analyse et interprétation des résultats des entretiens :.....	80
5.1. Perception et Potentiel Stratégique du Big Data : .....	80
5.2. Intégration et État Actuel du Big Data chez SONATRACH : .....	80
5.3. Défis et Freins à l'Adoption du Big Data : .....	81
5.4. Rôle du Big Data sur la Gestion des Données et la Collaboration :.....	81
5.5. Synthèse de l'Analyse Thématique : .....	82
6. Résultat et recommandations : .....	85
6.1. Interprétation des résultats : .....	86
6.1.1. Implications pratiques pour SONATRACH :.....	86
6.1.2. Rôle sur les processus décisionnels et organisationnels :.....	87
6.2. Limites de l'étude : .....	89
6.2.1. Contraintes méthodologiques :.....	89
6.2.2. Temporalité de l'étude : .....	90
6.3. Suggestions pour des recherches futures :.....	90
6.3.1. Élargissement de l'échantillon :.....	91

## INTRODUCTION

6.3.2. Approches mixtes :.....	91
6.3.3. Exploration de nouveaux thèmes : .....	91
6.3.4. Études comparatives:.....	92
6.3.5. Utilisation de technologies avancées:.....	92
6.3.6. Focus sur la sécurité des données :.....	92
6.4. Synthèse et Recommandations :.....	93
6.4.1. Synthèse des résultats :.....	93
6.4.2. Recommandations pour SONATRACH :.....	95
CONCLUSION .....	101
Bibliographie .....	104
Bibliographie .....	105
Annexes .....	111

## INTRODUCTION

### Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> comparaison entre Les Jumeaux Numériques (DT) et les Systèmes Cyber-Physiques (CPS).....	19
<b>Tableau 2 :</b> Avantages et limites de ces technologies dans le secteur énergétique. ....	27
<b>Tableau 3 :</b> Les entreprises du secteur énergétique ayant intégré les technologies émergent	38
<b>Tableau 4:</b> Tableau des interviewées.....	61

### Liste des abréviations

**IA :** Intelligence Artificielle

**IoT :** Internet des Objets

**CPS :** Systèmes Cyber-Physiques

**DT :** Jumeaux Numériques (Digital Twins)

**DOF:** Digital Oil Field

**SCADA:** Supervisory Control and Data Acquisition

**DCS :** Distributed Control System

**IDC:** International Data Corporation

**KPI:** Key Performance Indicator

**IT :** Technologie de information (Information Technology)

**API :** Interface de Programmation d'Application (Application Programming Interface)

**OT :** Technologie Opérationnelle (Operational Technology)

**ESG :** Environnement, Social, Gouvernance

**ML :** Apprentissage Automatique (Machine Learning)

**NLP :** Traitement du Langage Naturel (Natural Language Processing)

**SQL :** Structured Query Language

**NoSQL :** Not Only SQL (type de base de données non relationnelle)

## INTRODUCTION

### Liste des figures

<b>Figure 1</b> : L'évolution des révolutions industrielles vers l'Industrie 4.0.....	5
<b>Figure 2</b> : Technologies émergentes appliquées à l'Industrie 4.0. ....	7
<b>Figure 3</b> : Les différents composants d'une plateforme IOT et leur interaction dans un système connecté.....	8
<b>Figure 4</b> : Architecture IoT appliquée au secteur pétrolier.....	9
<b>Figure 5</b> : les couches de la blockchain.....	12
<b>Figure 6</b> : l'écosystème big data.....	14
<b>Figure 7</b> : Arborescence de l'intelligence artificielle et ses applications. ....	15
<b>Figure 8</b> : Architecture conceptuelle d'un Jumeau Numérique (Digital Twins) .....	18
<b>Figure 9</b> : Les principales sources de données dans l'industrie pétrolière numérique .....	21
<b>Figure 10</b> : Flux des données dans un Digital Oil Field (DOF) .....	22
<b>Figure 11</b> : Architecture en couches du DOF .....	24
<b>Figure 12</b> : Processus de surveillance basée sur les exceptions dans un Digital Oil Field .....	25
<b>Figure 13</b> : Écosystème du Big Data .....	45
<b>Figure 14</b> : Cycle du Big Data.....	46
<b>Figure 15</b> : Organigramme de la structure de SONATRACH.....	66
<b>Figure 16</b> : Nuage de mots .....	75
<b>Figure 17</b> : carte cognitive.....	83

## INTRODUCTION

### Liste des annexes

<b>ANNEXE A:</b> Le guide d'entretien.....	112
<b>ANNEXE B:</b> Axe 01 de l'analyse thématique Nvivo .....	114
<b>ANNEXE C :</b> Axe 02 de l'analyse thématique Nvivo .....	115
<b>ANNEXE D:</b> Axe 03 de l'analyse thématique Nvivo .....	116
<b>ANNEXE E:</b> Axe 04 de l'analyse thématique Nvivo.....	117
<b>ANNEXE F:</b> Éléments regroupés par similarité de mot corrélation	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

### **Contexte :**

Au cours des dernières décennies, les avancées technologiques ont profondément transformé la manière dont les organisations collectent, traitent et exploitent les données. Les technologies émergentes telles que le Big Data, la Blockchain et l'Internet des Objets (IoT) s'imposent aujourd'hui comme des leviers stratégiques d'innovation et de performance. Dans le secteur énergétique, et plus particulièrement celui des hydrocarbures, ces technologies offrent des perspectives inédites d'optimisation des processus décisionnels, de réduction des coûts opérationnels et d'amélioration de la sécurité.

Sonatrach, en tant qu'acteur majeur de l'industrie pétrolière et gazière en Afrique, est confrontée à d'importants défis liés à la gestion massive des données issues de ses opérations. L'intégration intelligente des technologies émergentes apparaît ainsi comme une nécessité pour renforcer sa compétitivité et s'adapter aux exigences de la transition énergétique.

### **Objectifs et problématique de la recherche :**

L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser le rôle des technologies émergentes en particulier le big data sur l'optimisation de la gestion des données au sein de Sonatrach. Plus précisément, il s'agit de :

- Identifier les principales technologies émergentes utilisées dans le secteur énergétique.
- Étudier les mécanismes d'intégration de ces technologies dans les processus de gestion des données.
- Évaluer les bénéfices et les limites de leur application dans le contexte spécifique de Sonatrach.

Pour répondre à nos objectifs d'étude, notre question de recherche se formule ainsi :

### **Comment la technologie du Big Data peut-elle optimiser la gestion des données au sein de Sonatrach et améliorer la prise de décision stratégique dans un environnement industriel critique ?**

À partir de cette question de recherche, nous avons identifié les sous-questions suivantes :

- Quelles sont les principales technologies émergentes utilisées dans le secteur énergétique, notamment chez Sonatrach ?
- Comment ces technologies, en particulier le Big Data, sont-elles intégrées dans les processus de gestion des données ?
- Quels sont les bénéfices concrets et les limites rencontrées lors de l'application de ces technologies dans le contexte de Sonatrach ?

## INTRODUCTION

### **Importance de l'étude :**

Cette étude revêt une importance particulière à plusieurs niveaux. D'un point de vue académique, elle contribue à enrichir la littérature sur l'intégration des technologies émergentes dont le big data dans la gestion des données en contexte industriel. Sur le plan pratique, elle permet d'apporter des recommandations concrètes aux responsables de Sonatrach et aux décideurs publics, afin de mieux exploiter les opportunités offertes par ces innovations.

Enfin, dans un contexte de transformation numérique et de transition énergétique, cette recherche peut servir de base pour orienter des stratégies futures d'optimisation technologique dans l'industrie pétrolière.

### **Structure du mémoire :**

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

- **Chapitre 1** : Revue de la littérature. Il présente les fondements théoriques liés aux technologies émergentes (Big Data) et à la gestion des données, ainsi qu'un panorama des recherches existantes.
- **Chapitre 2** : Cadre méthodologique. Il décrit la méthodologie adoptée, le choix de l'étude de cas (Sonatrach), les outils de collecte et d'analyse des données.
- **Chapitre 3** : Analyse des résultats et discussion. Il expose les résultats de l'étude, les interprète à la lumière du cadre théorique et propose des recommandations concrètes.

# **CHAPITRE 01: ÉTAT DE L'ART**

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

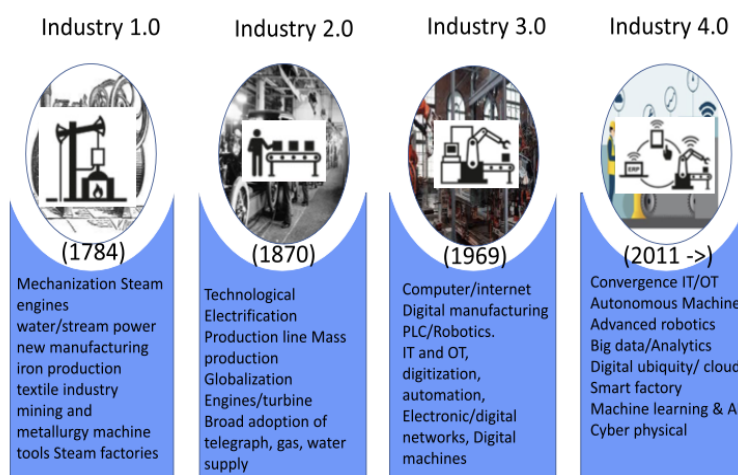
## Section 1 : Panorama des technologies émergentes

Les révolutions numériques et technologiques des dernières décennies ont radicalement transformé l'économie mondiale. Des technologies telles que l'Intelligence Artificielle (IA), le Big Data, l'Internet des Objets (IoT) et la Blockchain sont désormais au cœur des stratégies d'innovation. Leur capacité à automatiser, analyser et sécuriser les flux d'informations offre de nouvelles opportunités pour optimiser les processus industriels, améliorer la qualité des services et soutenir la transition énergétique. Cette section présente un panorama complet de ces technologies émergentes en détaillant leurs définitions, leurs principes fondamentaux et leurs applications spécifiques, notamment dans le secteur énergétique.

### 1. Définition de l'Industrie 4.0 dans le secteur pétrolier :

L'Industrie 4.0 dans le secteur pétrolier repose sur l'intégration des technologies numériques pour optimiser la production, améliorer l'efficacité opérationnelle et réduire les coûts. Parmi ces technologies, on retrouve l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA), l'analyse des big data, la cybersécurité, les jumeaux numériques (Digital Twins) et les systèmes cyber-physiques (CPS). L'Industrie 4.0 marque une transformation majeure dans le domaine pétrolier en introduisant des solutions technologiques qui améliorent la gestion des opérations et la prise de décision. Grâce à ces innovations, les entreprises peuvent surveiller leurs équipements en temps réel, analyser de grandes quantités de données pour anticiper d'éventuelles défaillances et automatiser certaines tâches essentielles. Cette transition numérique permet ainsi d'optimiser les performances des infrastructures, de réduire les coûts de maintenance et d'accroître l'efficacité énergétique, tout en renforçant la sécurité des installations. (R. Drath and A. Horch, 2014)

**Figure 1 :** L'évolution des révolutions industrielles vers l'Industrie 4.0



Source : (OLAKUNLE ELIJAH, 2021)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

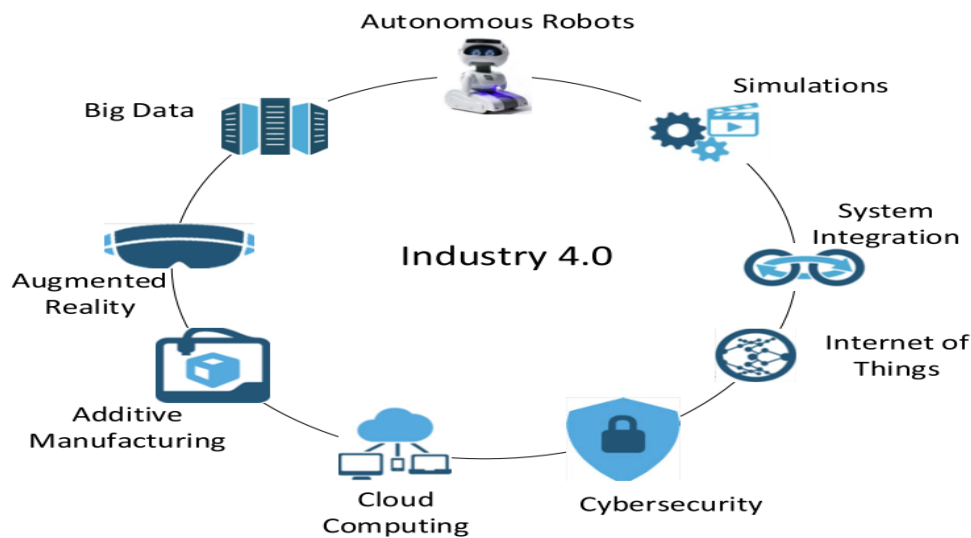
Cette figure met en évidence les grandes étapes de l'évolution industrielle, en partant de la première révolution jusqu'à l'Industrie 4.0. La première révolution industrielle a été marquée par l'invention de la machine à vapeur, qui a permis d'automatiser certaines tâches et d'augmenter la productivité. La seconde révolution a introduit l'électricité et le travail à la chaîne, facilitant ainsi la production à grande échelle. Avec la troisième révolution, l'arrivée de l'informatique et des automates programmables a transformé les processus industriels en les rendant plus précis et efficaces. Aujourd'hui, l'Industrie 4.0 repose sur l'utilisation des technologies numériques avancées comme l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IoT) et les systèmes cyber-physiques (CPS). Ces innovations permettent d'automatiser et d'optimiser la gestion des opérations industrielles, notamment dans le secteur pétrolier. Elles offrent la possibilité de surveiller les équipements en temps réel, d'analyser des volumes importants de données et d'améliorer la prise de décision. (OLAKUNLE ELIJAH, A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry: Upstream Sector, 2021)

### **2. Définition et principes généraux :**

Les technologies émergentes désignent des innovations récentes qui ont le potentiel de transformer divers secteurs et d'avoir un rôle considérable sur l'économie et la société. Parmi ces technologies, on retrouve l'intelligence artificielle (IA), la blockchain, l'Internet des objets (IoT) et l'informatique quantique, qui apportent des solutions innovantes en matière d'automatisation, de gestion des données et de connectivité. Selon (Rotolo, 2015), une technologie émergente se distingue par des avancées scientifiques récentes, une adoption en pleine expansion, un impact économique et social important, ainsi qu'une incertitude quant à son développement futur. Ces nouvelles technologies évoluent rapidement et modifient en profondeur les méthodes de travail et les modèles économiques. Dans l'industrie, ces innovations ont donné naissance à ce que l'on appelle l'Industrie 4.0, qui repose sur l'intégration de ces technologies dans les processus de production et de gestion. Dans le secteur pétrolier, l'utilisation de l'IoT, de l'IA, des jumeaux numériques et des systèmes cyber-physiques (CPS) permet d'optimiser l'exploitation des ressources, d'améliorer la maintenance prédictive et de renforcer la sécurité des installations. En adoptant ces nouvelles technologies, les entreprises modernisent leurs infrastructures et améliorent leur compétitivité face aux défis du marché.

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

**Figure 2 :** Technologies émergentes appliquées à l'Industrie 4.0.



Source : (Adeline Oliveira, 2021)

Cette figure présente les innovations technologiques qui façonnent l'Industrie 4.0, notamment l'intelligence artificielle, l'Internet des objets, la blockchain et les jumeaux numériques, qui participent à la transformation des processus industriels (Rotolo, 2015)

### 3. Internet of things (IOT) :

L'Internet des Objets (IOT) est une technologie émergente qui utilise Internet pour établir une connectivité entre des dispositifs physiques ou « objets ». Ces objets, tels que les appareils électroménagers et les équipements industriels, sont équipés de capteurs et de réseaux de communication qui leur permettent de collecter et de transmettre des données en temps réel. Cela permet d'offrir divers services, notamment dans la gestion de l'énergie, les villes intelligentes, la surveillance environnementale et les systèmes de santé. (Naser Hossein Motlagh M. M., nternet des objets (IoT) et le secteur de l'énergie, 2020)

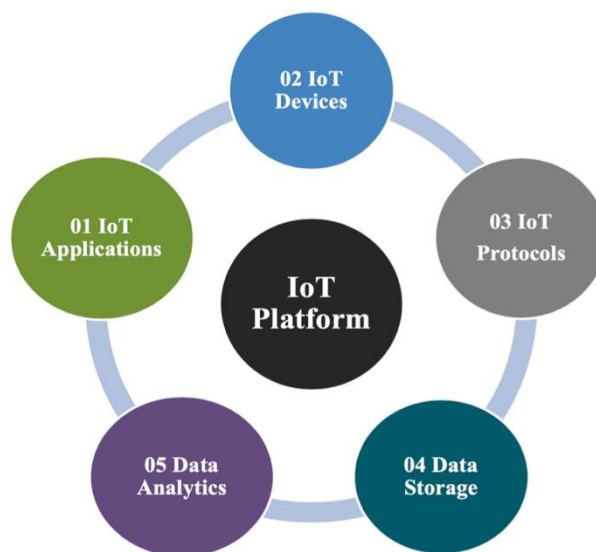
L'Internet des Objets (IoT) se présente comme un écosystème interconnecté d'appareils physiques capables de communiquer entre eux et avec des systèmes centraux. Cette technologie permet une collecte continue de données environnementales, ouvrant la voie à des applications intelligentes dans de nombreux domaines. Par exemple, dans l'industrie ou les bâtiments intelligents, l'IoT facilite la surveillance en temps réel et l'automatisation des systèmes. (Atzori, 2010) , (Gubbi, 2013)

*« L'IoT permet une communication machine-à-machine sans intervention humaine, facilitant la surveillance des équipements, la maintenance prédictive et la collecte massive de données pour l'optimisation des processus. »*

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Les capteurs connectés déployés sur les infrastructures pétrolières jouent un rôle clé dans la surveillance en temps réel des paramètres essentiels tels que la température, la pression et les vibrations. Grâce à l'IoT, ces données sont collectées, transmises et analysées instantanément, permettant d'identifier les anomalies potentielles et d'optimiser la gestion des équipements. Cette interconnectivité améliore la sécurité des installations, réduit les risques de pannes et favorise une maintenance plus efficace, contribuant ainsi à une meilleure performance opérationnelle. (OLAKUNLE ELIJAH, A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry: Upstream Sector, 2021)

**Figure 3:** Les différents composants d'une plateforme IOT et leur interaction dans un système connecté



Source : (Naser Hossein Motlagh M. M., 19 janvier 2020)

Une plateforme IoT repose sur l'intégration de plusieurs composants interconnectés, permettant la capture, le transfert, le stockage et l'analyse des données issues d'objets connectés.

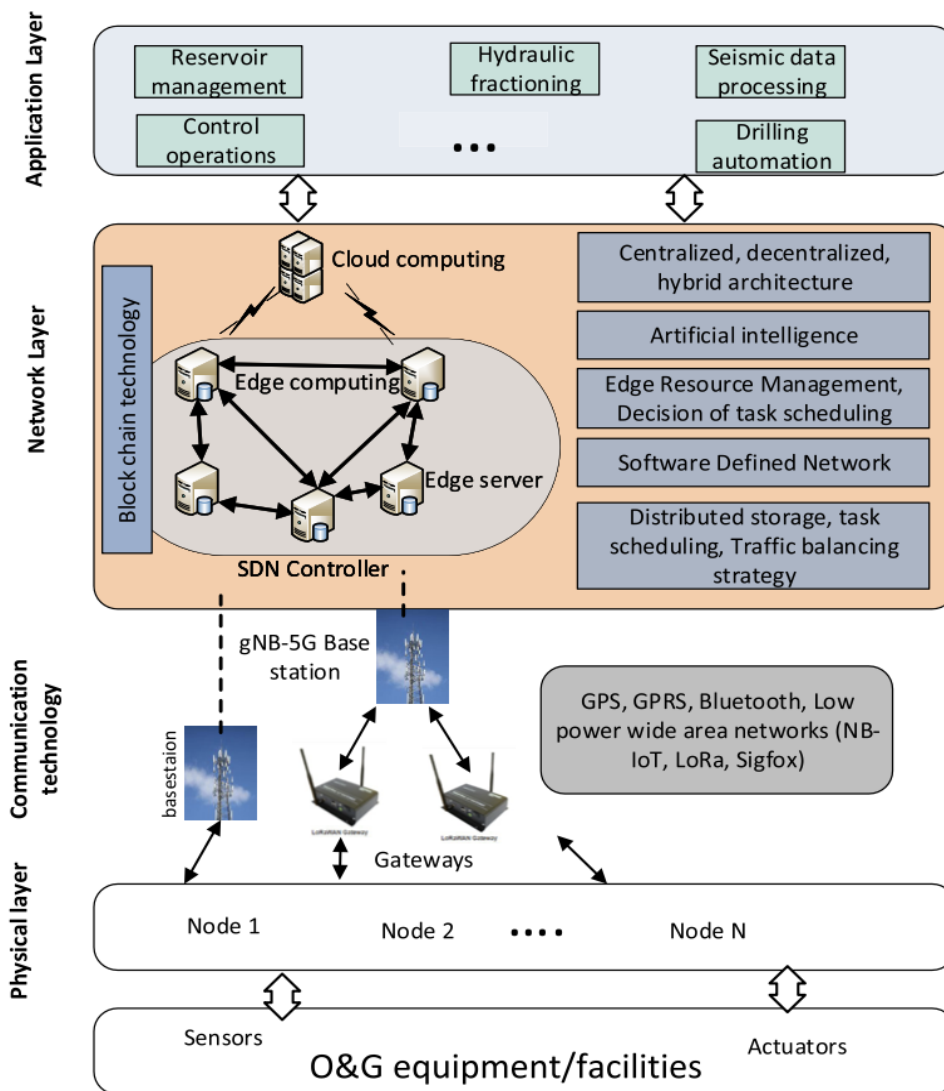
- **Dispositifs IoT (capteurs et actionneurs) :** Les capteurs sont utilisés pour enregistrer différents paramètres de l'environnement, tels que la température, l'humidité, la luminosité ou les mouvements. Les actionneurs, quant à eux, réagissent aux informations reçues en déclenchant des actions spécifiques, comme l'activation d'un appareil ou la régulation d'un flux énergétique.
- **Protocoles de communication :** La transmission des informations entre les dispositifs connectés, les passerelles et les serveurs repose sur diverses technologies, notamment le Wi-Fi, le Bluetooth, le Zigbee, ou encore des réseaux longue portée comme LoRa.
- **Passerelles IoT (IoT Gateways) :** Les passerelles assurent le lien entre les capteurs/actionneurs et les centres de traitement. Elles sont chargées de convertir,

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

sécuriser et acheminer les données collectées vers les infrastructures de stockage ou d'analyse.

- **Stockage et traitement des données :** Les données collectées peuvent être hébergées sur des serveurs distants via le cloud computing, ou être traitées à proximité des dispositifs (edge computing), afin de réduire la latence et d'accélérer le traitement des informations en temps réel.
- **Analyse et visualisation des données :** Une fois traitées, les données sont exploitées grâce à des algorithmes analytiques et d'intelligence artificielle. Elles sont ensuite restituées sous forme de tableaux de bord interactifs, facilitant la prise de décision rapide et l'automatisation des opérations. (Naser Hossein Motlagh M. M., Internet des objets (IoT) et le secteur de l'énergie, 2020)

**Figure 4 :** Architecture IoT appliquée au secteur pétrolier



Source : (OLAKUNLE ELIJAH, 2021)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Cette figure montre les différentes couches de l'Internet des objets dans l'industrie pétrolière, depuis la collecte des données par les capteurs jusqu'à leur traitement et leur visualisation pour une gestion optimisée.

### 4. Composants d'une plateforme IOT :

Une plateforme IoT typique intègre plusieurs éléments essentiels qui ensemble assurent l'ensemble du cycle de gestion des données :

#### 4.1. Dispositifs IoT (Capteurs et Actionneurs) :

- **Capteurs** : Ils mesurent des paramètres variés tels que la température, l'humidité, la luminosité, ou le mouvement, et transmettent ces données pour une analyse ultérieure.
- **Actionneurs** : Ces dispositifs réagissent aux informations reçues, par exemple en ajustant la température d'un système de chauffage ou en activant des mécanismes automatiques pour répondre à des conditions précises.

Les technologies de communication comme le Wi-Fi, le Bluetooth, Zigbee, LoRa et la 5G jouent un rôle essentiel dans la transmission des données, garantissant ainsi une communication adaptée aux exigences des différentes applications. Les passerelles IoT, quant à elles, assurent l'interface entre les capteurs et les systèmes centraux, permettant la conversion et l'acheminement des données vers des plateformes de stockage et d'analyse. Le cloud computing offre un espace de stockage évolutif et un accès centralisé aux informations, tandis que l'edge computing permet un traitement local des données, réduisant ainsi la latence et améliorant la réactivité, notamment pour les applications en temps réel. Grâce à l'intégration de l'intelligence artificielle, les données collectées sont analysées et restituées sous forme de tableaux de bord interactifs, facilitant la prise de décision. Dans le secteur énergétique, ces avancées permettent une gestion plus intelligente et durable. Par exemple, dans les bâtiments intelligents, les capteurs ajustent automatiquement l'éclairage, le chauffage ou la climatisation en fonction des conditions ambiantes, contribuant ainsi à l'optimisation de la consommation énergétique.

De même, dans les réseaux électriques intelligents (Smart Grids), l'IoT permet de collecter des données précises en temps réel afin d'équilibrer l'offre et la demande, d'intégrer plus efficacement les énergies renouvelables et d'améliorer la stabilité du réseau. (Fang, 2012)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

### 4.2. Maintenance prédictive :

Grâce à une surveillance continue des infrastructures, les systèmes IoT détectent les anomalies avant qu'elles ne se transforment en pannes majeures. Cela permet d'optimiser les opérations de maintenance et de réduire les coûts opérationnels, tout en améliorant la fiabilité des équipements. (Naser Hossein Motlagh M. M., 2020)

### 4.3. Réduction des pertes énergétiques :

L'IoT permet d'identifier rapidement les dysfonctionnements et surcharges, optimisant ainsi les flux énergétiques et réduisant les pertes techniques dans le réseau.

Fonctionnement et application dans le secteur énergétique : Dans le domaine de l'énergie, cette architecture IoT permet d'optimiser la consommation et la distribution énergétique. Par exemple, dans un bâtiment intelligent, les capteurs ajustent automatiquement le chauffage et la climatisation en fonction des besoins réels, réduisant ainsi la consommation d'énergie. De même, dans un réseau électrique intelligent (smart grid), l'IoT facilite une meilleure gestion de l'offre et de la demande en énergie, notamment pour intégrer efficacement les sources renouvelables. Cette architecture démontre ainsi le rôle clé de l'IoT dans l'optimisation de la gestion des données énergétiques et l'amélioration de l'efficacité des systèmes. (Naser Hossein Motlagh M. M., 2020)

## 5. Définition et Principes Fondamentaux de la Blockchain :

### 5.1. Définition de la Blockchain :

La blockchain peut être décrite comme une structure numérique servant de registre partagé et décentralisé. Elle permet de conserver un historique continu de transactions, organisé de manière chronologique.

Chaque ensemble de transactions est regroupé dans un bloc, qui est horodaté puis relié de façon cryptographique au bloc précédent, formant ainsi une chaîne de données immuables appelée blockchain. À la différence des systèmes centralisés, où une entité unique (comme une banque) est responsable de l'enregistrement et de la validation des échanges, la blockchain s'appuie sur un réseau distribué d'utilisateurs. Ensemble, ces participants valident collectivement chaque opération, ce qui supprime le besoin d'intermédiaires, limite les risques de fraude et renforce la transparence du système.

Un des principaux défis techniques de la blockchain est d'empêcher qu'une même transaction ne soit enregistrée deux fois, un problème connu sous le nom de « double dépense ».

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

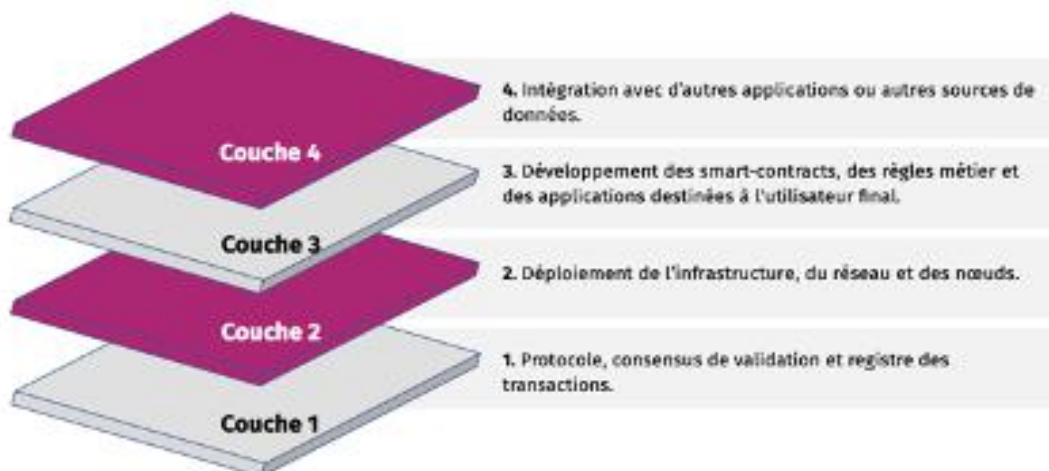
Pour garantir l'intégrité du registre, le réseau utilise des algorithmes de consensus, qui assurent que les utilisateurs s'accordent sur la version valide du registre. Ces mécanismes rendent la blockchain extrêmement résistante aux tentatives de falsification, car modifier les données nécessiterait de compromettre une large partie du réseau simultanément.

En résumé, la blockchain est une technologie fiable, transparente et décentralisée, permettant de sécuriser et de valider des transactions sans recours à une autorité unique.

La mise en place d'une blockchain repose généralement sur une architecture organisée en quatre couches principales :

- **Couche 1** : elle concerne les protocoles d'échange d'informations et les mécanismes de consensus pour valider et enregistrer les transactions sur le registre partagé. L'utilisation de logiciels open source dans cette couche renforce la sécurité et la confiance.
- **Couche 2** : elle regroupe l'infrastructure technique du réseau, notamment les nœuds, c'est-à-dire les dispositifs connectés qui participent activement à la validation des transactions.
- **Couche 3** : il s'agit de la couche applicative, intégrant notamment les contrats intelligents (smart contracts) qui définissent les règles métier, ainsi que les applications destinées aux utilisateurs finaux.
- **Couche 4** : cette dernière couche représente l'intégration de la blockchain dans l'écosystème informatique existant, en reliant d'autres applications métiers et sources de données internes à l'organisation.

**Figure 5** : les couches de la blockchain



Source : (Perrine de Coëtlogon, 2021)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

La blockchain se distingue clairement des applications, des plateformes ou des sites web "traditionnels" car elle constitue une infrastructure décentralisée. Les couches 1 et 2 définissent les caractéristiques fondamentales de l'écosystème et de la gouvernance de la blockchain elle-même, tandis que les couches 3 et 4 reflètent les spécificités de la réponse aux besoins métier dans leur environnement respectif.

### 5.2. Caractéristiques de la Blockchain :

Les blockchains partagent des caractéristiques communes et uniques, notamment :

- **Le consensus** : il garantit que les règles du protocole sont respectées et que les transactions sont fiables, permettant à tous les acteurs d'avoir une vision commune et transparente en temps réel.
- **L'immutabilité** : une fois enregistrée dans la blockchain, une transaction ou un événement ne peut être modifié ou supprimé, assurant ainsi la conservation des données dans leur état d'origine.
- **L'irrévocabilité** : une transaction validée selon les règles du consensus et respectant les règles métier ne peut être annulée.
- **La provenance** : la blockchain permet de tracer de manière transparente tout actif géré, offrant aux acteurs autorisés la visibilité sur son historique. (Perrine de Coëtlogon, Les technologies blockchain au service du secteur public, 2021)

### 6. Big Data :

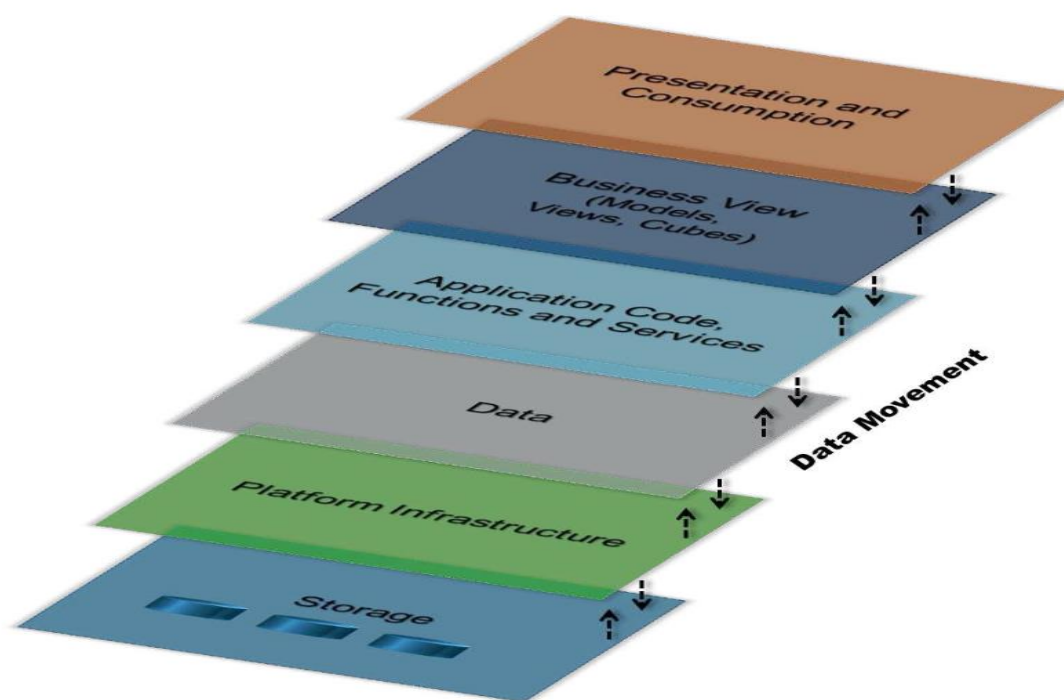
Le Big Data désigne l'ensemble massif d'informations collectées, stockées et analysées afin d'en tirer des connaissances utiles. À la différence des données classiques, il se distingue par trois caractéristiques majeures :

- **La variété** : il englobe des données de types très divers, qu'elles soient structurées (comme celles des bases de données), semi-structurées (tels que les fichiers logs ou JSON) ou non structurées (par exemple, les images, vidéos ou publications sur les réseaux sociaux).
- **Le volume** : la quantité de données traitées atteint des ordres de grandeur considérables, se chiffrant en téraoctets, voire en pétaoctets.
- **La vitesse** : la rapidité à laquelle ces données sont générées impose un traitement en temps réel ou presque.

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Aujourd'hui, de nombreuses entreprises intègrent le Big Data à leurs outils analytiques afin d'améliorer leur capacité de décision, d'optimiser leurs opérations et de stimuler l'innovation dans leurs produits et services. (O. Elijah I. O., 2017)

**Figure 6** : l'écosystème big data



Source : (Dyché, 2013)

La figure ci-dessus illustre l'architecture typique du Big Data, composée de plusieurs couches interconnectées. La couche **Stockage** permet de conserver des données massives sous différents formats grâce à des technologies comme **Hadoop HDFS** et les **bases NoSQL**. La couche **Infrastructure de plateforme** assure le traitement et l'analyse des données en exploitant des outils de calcul distribué tels qu'Apache Spark. Enfin, la couche **Analyse et Visualisation** transforme ces données en informations exploitables via des outils analytiques et des représentations graphiques, facilitant ainsi la prise de décision. Cette architecture garantit une gestion efficace des grands volumes de données tout en optimisant leur exploitation.

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

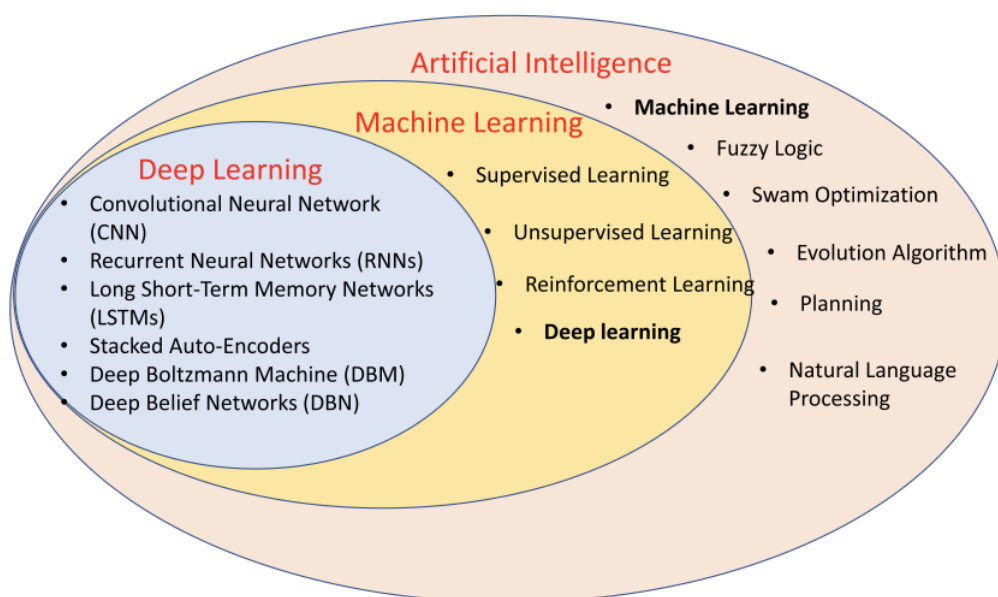
## 7. L'intelligence artificielle :

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine scientifique existant depuis environ trente ans, visant à reproduire des raisonnements et des actions intelligentes à l'aide de systèmes informatiques. Toutefois, son développement rencontre deux principales difficultés :

- **Compréhension des processus cognitifs humains** : Beaucoup de nos capacités intellectuelles, comme la lecture, la reconnaissance faciale ou la résolution de problèmes, reposent sur des mécanismes que nous ne maîtrisons pas totalement. Il est donc difficile de formaliser ces processus sous forme d'algorithmes exploitables par une machine.
- **Limites des ordinateurs** : Les systèmes informatiques doivent être programmés intégralement, car leurs langages ne permettent que la manipulation de concepts élémentaires, bien en deçà du raisonnement humain.

L'IA est ainsi une **science expérimentale**, combinant des tests informatiques pour affiner les modèles et des observations sur le fonctionnement humain afin d'améliorer notre compréhension de l'intelligence et d'optimiser les algorithmes correspondants. (Lauriere, 1987)

**Figure 7** : Arborescence de l'intelligence artificielle et ses applications.



## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

*Source : (O. Elijah I. O., 2017)*

La Figure illustre la structure de l'intelligence artificielle (IA) et ses différentes branches appliquées au secteur pétrolier.

L'IA regroupe plusieurs technologies permettant d'analyser les données, d'automatiser les processus et d'améliorer la prise de décision dans les environnements industriels complexes. L'arborescence met en évidence plusieurs domaines clés :

- **L'apprentissage automatique (Machine Learning)** : qui repose sur des algorithmes capables de traiter de grandes quantités de données pour détecter des tendances et améliorer la gestion des infrastructures pétrolières.
- **L'apprentissage profond (Deep Learning)** : qui utilise des réseaux neuronaux pour analyser des données complexes, comme les images issues des capteurs de forage ou les signaux de vibration des équipements. (Linthicum, 2017)
- **Les systèmes experts** : qui appliquent des règles prédéfinies pour reproduire les décisions humaines dans des contextes spécifiques, comme l'évaluation des risques dans les opérations pétrolières.
- **Le traitement du langage naturel (NLP)** : qui facilite l'analyse des documents techniques, la gestion des rapports d'inspection et l'interprétation des échanges textuels dans les systèmes de surveillance automatisés.

Dans le secteur pétrolier, ces différentes approches de l'IA sont largement utilisées pour anticiper les défaillances des équipements, optimiser la production et renforcer la sécurité des opérations. En intégrant ces technologies, les entreprises améliorent leur efficacité et réduisent les coûts liés aux interruptions et aux interventions correctives. (OLAKUNLE ELIJAH, A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry: Upstream Sector, 2021)

Selon John McCarthy, l'un des pionniers du domaine, c'est « la science et l'ingénierie de la fabrication de machines intelligentes ».

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui cherche à créer des systèmes capables de réaliser des tâches qui nécessiteraient normalement l'intelligence humaine.

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Cependant, l'IA est souvent considérée comme un concept vaste et multidimensionnel, difficile à définir précisément en raison de sa nature étendue et en constante évolution. Par exemple, des technologies allant des simples algorithmes de recommandation utilisés par Netflix, selon Forbes, aux systèmes complexes de conduite autonome développés par des entreprises comme Tesla, sont tous considérés comme de l'IA.

Cette diversité rend le domaine à la fois fascinant et énigmatique, avec des définitions qui évoluent au fur et à mesure que la technologie progresse (McCarthy, 2007)

### 8. Définition des Systèmes Cyber-Physiques (CPS) :

Parmi les avancées technologiques de l'Industrie 4.0, les Jumeaux Numériques et les Systèmes Cyber-Physiques jouent un rôle fondamental dans l'optimisation des processus industriels. Ils permettent d'améliorer la gestion des infrastructures en combinant les données du monde réel avec des modèles de simulation avancés.

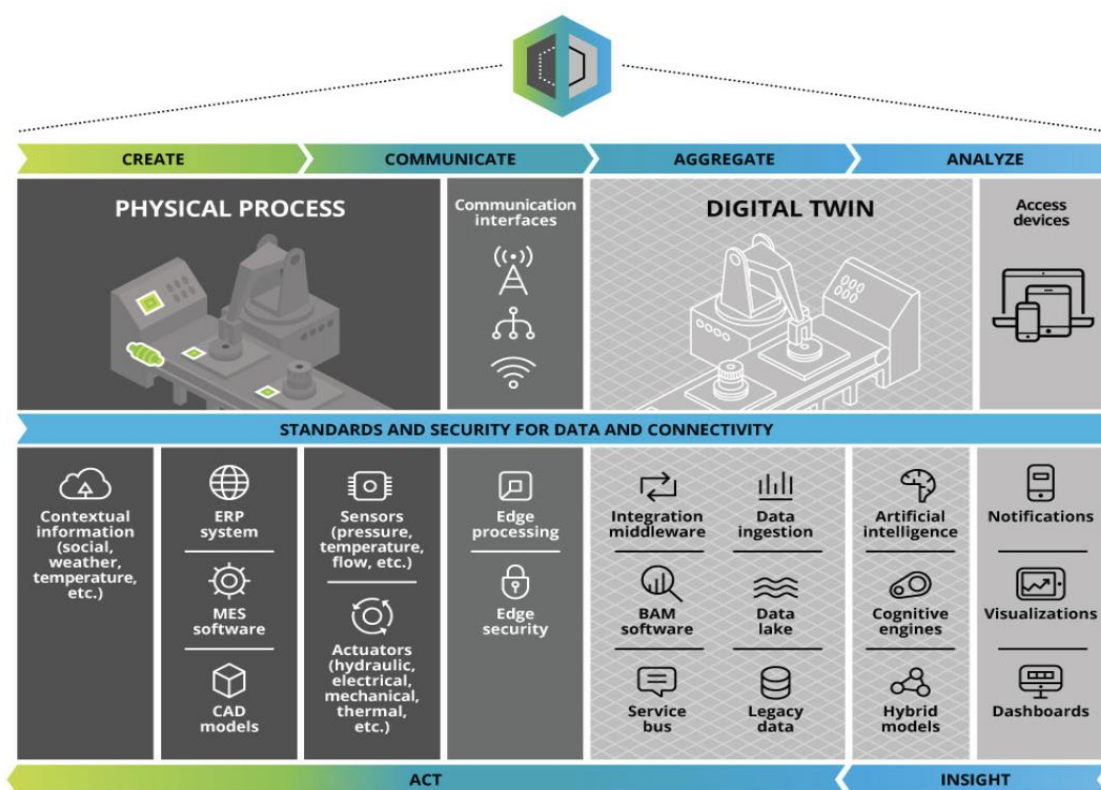
Le Jumeau Numérique est une représentation virtuelle d'actifs physiques, de produits ou de services. Il collecte des données du monde réel pour créer des simulations à l'aide de modèles intégrés, permettant d'apporter un support décisionnel tout au long du cycle de vie d'un produit, d'un système ou d'un service.

*"Les Systèmes Cyber-Physiques (CPS) sont une intégration de l'informatique, des réseaux et des processus physiques. Ces processus peuvent être contrôlés en temps réel grâce à des boucles de rétroaction sur des systèmes embarqués à haute puissance de calcul."*

Dans ce contexte Les Jumeaux Numériques sont des répliques virtuelles d'actifs physiques, conçues pour refléter leur état en temps réel. Ils offrent la possibilité d'évaluer les performances, de tester différents scénarios et d'anticiper d'éventuels dysfonctionnements, améliorant ainsi l'efficacité des opérations industrielles. De leur côté, les Systèmes Cyber-Physiques (CPS) créent un lien dynamique entre le monde physique et numérique, permettant un contrôle et une gestion automatisée des équipements en temps réel. Dans l'industrie pétrolière, ces technologies jouent un rôle clé en facilitant la surveillance des installations, en optimisant la production et en renforçant les mesures de sécurité, ce qui contribue à une utilisation plus efficiente des ressources et à la réduction des coûts d'exploitation. (A. Greco, 2020)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

**Figure 4:** Architecture conceptuelle d'un Jumeau Numérique (Digital Twins)



Source : (Aaron Parrott, Lane Warshaw, 2017)

Cette figure décrit les différentes étapes de création et d'utilisation d'un Jumeau Numérique dans un environnement industriel, notamment dans le secteur pétrolier elle présente l'architecture des Jumeaux Numériques (Digital Twins) et décrit leur fonctionnement dans un environnement industriel. Elle met en évidence les différentes étapes nécessaires à la création et à l'exploitation d'un modèle numérique représentant un actif physique.

Le processus commence par la collecte des données provenant de capteurs placés sur les équipements physiques. Ces données sont ensuite envoyées vers un système d'agrégation, où elles sont filtrées et organisées. L'étape suivante consiste à les intégrer dans un modèle de simulation, qui permet de représenter en temps réel le comportement de l'infrastructure surveillée. Ce modèle numérique est mis à jour en permanence pour refléter l'état actuel de l'actif physique.

Une fois les données analysées, le système peut détecter des anomalies, prévoir d'éventuels dysfonctionnements et proposer des ajustements ou interventions correctives. L'opérateur peut alors prendre des décisions éclairées pour améliorer la performance des installations et optimiser leur maintenance.

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Dans le secteur pétrolier, les Jumeaux Numériques sont utilisés pour la gestion des infrastructures, la surveillance des équipements et l'amélioration de la sécurité. Cette technologie permet de réduire les risques d'incidents, d'optimiser les coûts d'exploitation et d'accroître la durée de vie des installations.

Bien que les Jumeaux Numériques et les Systèmes Cyber-Physiques partagent des objectifs communs en matière d'optimisation industrielle, ils présentent des différences fondamentales en termes de conception et d'application. Une comparaison entre ces deux technologies permet de mieux comprendre leur rôle spécifique et leur complémentarité dans l'Industrie 4.0.

Les Jumeaux Numériques (DT) et les Systèmes Cyber-Physiques (CPS) représentent deux concepts clés, mais distincts, dans le domaine des technologies avancées, particulièrement en ce qui concerne l'optimisation des processus industriels et la gestion des données. Bien qu'ils partagent des objectifs similaires dans certains domaines, leur approche et leur fonctionnement diffèrent. Voici une présentation de ces deux systèmes selon les recherches et les analyses disponibles dans la littérature scientifique (T. R. Wanasinghe, 2018) ,

**Tableau 1** : comparaison entre Les Jumeaux Numériques (DT) et les Systèmes Cyber-Physiques (CPS)

<b>DT (Jumeaux Numériques)</b>	<b>CPS (Systèmes Cyber-Physiques)</b>
Crée des modèles virtuels haute-fidélité d'objets physiques dans un espace numérique.	Associe le monde cybernétique et le monde physique dynamique à l'aide du contrôle, de la communication et du calcul.
Intègre tous les éléments, l'ensemble des processus métier et les données pour garantir la cohérence.	Les données issues des capteurs et actionneurs sont analysées par le monde numérique et renvoyées sous forme de commandes pour contrôler les processus physiques.

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

La modélisation et l'analyse par simulation constituent les éléments centraux.	Les capteurs et actionneurs constituent les éléments centraux.
--	--

*Source: (T. K. Fataliyev and S. A. Mehdiyev, 2018)*

### Section 2 : la gestion des données dans le monde

La digitalisation générant une explosion du volume de données, la gestion efficace de ces informations est devenue un enjeu stratégique majeur pour les entreprises et institutions. La capacité à collecter, stocker, analyser et sécuriser ces données influence directement la compétitivité et l'innovation. Cette section explore les défis associés à la gestion des données ainsi que les technologies mises en œuvre pour y répondre, en s'appuyant sur des références académiques et industrielles.

La gestion des données est un ensemble de pratiques et de processus visant à assurer la qualité, l'intégrité, la sécurité et la valorisation des données tout au long de leur cycle de vie. Elle joue un rôle central dans la gouvernance des informations et leur exploitation efficace par les organisations.

Selon, (Gartner, 2021) elle se définit comme une discipline qui comprend le développement et l'exécution d'architectures, de politiques, de pratiques et de procédures qui gèrent le cycle de vie complet des besoins en données d'une organisation. De son côté, (International, 2021) précise qu'il s'agit de la planification, le contrôle et la mise en œuvre des politiques, pratiques et programmes qui valorisent et contrôlent les actifs de données tout au long de leur cycle de vie.

Enfin, (Mosley, 2019) expliquent que la gestion des données implique l'établissement et la supervision de plans, de politiques, de programmes et de pratiques qui contrôlent, protègent, délivrent et améliorent la valeur des données et des actifs d'information tout au long de leur cycle de vie

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

## 1. La gestion des données dans les hydrocarbures :

L'industrie pétrolière génère une quantité massive de données issues des opérations d'exploration et de production. L'intégration et l'analyse de ces données sont essentielles pour améliorer la prise de décision et optimiser les performances des champs pétroliers." (Oberwinkler, 2004)

L'industrie des hydrocarbures repose sur des opérations complexes nécessitant un suivi précis des informations provenant de diverses sources, telles que les capteurs de pression et de température, les données de forage et les historiques de production. Une gestion efficace de ces données permet d'optimiser l'extraction, de prévenir les défaillances et de limiter les pertes d'exploitation. Grâce aux avancées technologiques, notamment l'intelligence artificielle (IA) et l'Internet des objets (IoT), le traitement des données en temps réel devient une réalité, améliorant ainsi la prise de décision et la rentabilité des infrastructures pétrolières.

**Figure 5 :** Les principales sources de données dans l'industrie pétrolière numérique

Exploration	Drilling	Reservoir	Production	Financial	Logistics	HSE
<ul style="list-style-type: none"><li>• Well logs</li><li>• Seismic</li><li>• Cores</li><li>• Geology</li><li>• Directional surveys</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Real time rig data</li><li>• Remote operation centers</li><li>• Drill bit data</li><li>• MWD &amp; LWD</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Petrophysical data (porosity, permeability etc.)</li><li>• PVT tests data</li><li>• Simulation Data</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• SCADA</li><li>• Well events</li><li>• Well headers (flow rates, pressure, temperature)</li><li>• Surface facilities data</li><li>• Operating parameters</li><li>• Well tests</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• CAPEX</li><li>• OPEX</li><li>• Revenues</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rig data</li><li>• Equipment details</li><li>• Tanks details</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emissions</li><li>• Flare gas quantity</li></ul>

Source : (P. Chanana, 2016)

Ces données proviennent de capteurs intelligents, de systèmes de surveillance, et de bases de données historiques, servant à alimenter les algorithmes d'analyse prédictive et de gestion optimisée des hydrocarbures

La figure 9 met en évidence les différentes sources de données utilisées dans un champ pétrolier numérique. Ces données proviennent principalement de capteurs installés sur les équipements, qui mesurent des paramètres essentiels tels que la pression, la température et le

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

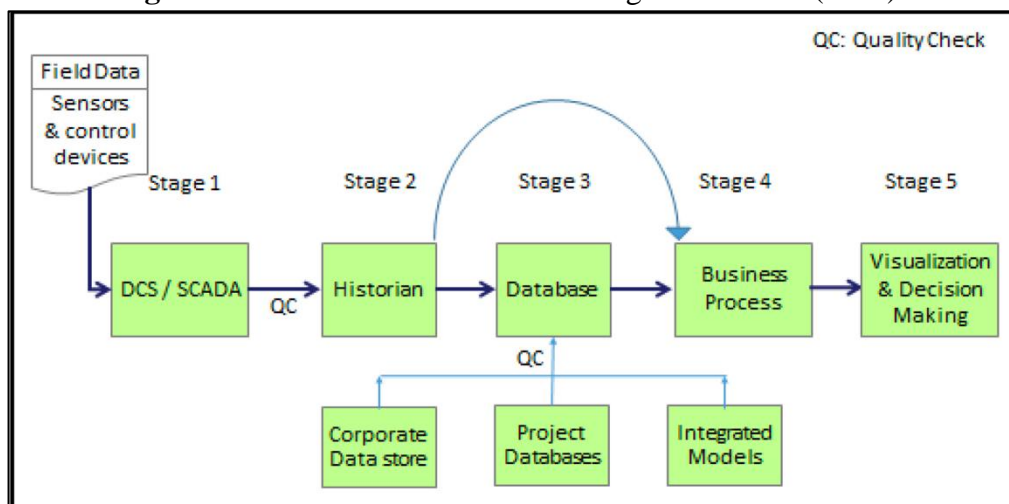
débit des fluides. Elles sont ensuite traitées par des systèmes automatisés comme les SCADA et DCS, qui assurent la supervision et le contrôle en temps réel des opérations. En complément, des bases de données historiques permettent d'analyser l'évolution des performances et d'optimiser la gestion des ressources. Les modèles de simulation et les algorithmes d'intelligence artificielle jouent un rôle crucial en facilitant la prise de décision, notamment pour prévoir d'éventuelles anomalies ou ajuster les stratégies d'extraction. Grâce à l'intégration de l'Internet des objets (IoT), ces différentes sources d'information sont connectées entre elles, assurant une gestion plus efficace et réactive des infrastructures pétrolières.

## 2. Digital Oil Field (DOF) :

### 2.1. Définition :

D'après (P. Chanana, 2016) Le Digital Oil Field (DOF) est une approche technologique qui vise à améliorer la gestion des opérations pétrolières en intégrant des outils numériques avancés. Il permet de transformer les processus traditionnels en workflows intelligents et automatisés. Le Digital Oil Field (DOF) représente une avancée majeure dans la gestion des champs pétroliers en intégrant des technologies modernes telles que les capteurs intelligents, l'analyse prédictive et l'automatisation des opérations. Grâce à cette approche, les entreprises peuvent surveiller leurs équipements en temps réel, détecter rapidement les anomalies et optimiser la production avant qu'un incident ne survienne. En facilitant l'exploitation efficace des ressources et en réduisant les coûts d'exploitation, le DOF contribue également à améliorer l'efficacité énergétique des infrastructures pétrolières, rendant ainsi l'ensemble du processus plus performant et durable.

**Figure 6 : Flux des données dans un Digital Oil Field (DOF)**



## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

*Source : (P. Chanana, 2016)*

Ce schéma montre comment les données sont collectées, traitées et utilisées pour optimiser les opérations pétrolières, réduisant ainsi les erreurs humaines et améliorant la réactivité face aux anomalies. La figure illustre le flux des données dans un Digital Oil Field (DOF), en montrant comment les informations circulent depuis leur collecte jusqu'à leur utilisation pour la prise de décision. Le processus débute avec des capteurs installés sur les infrastructures pétrolières, qui enregistrent en continu des paramètres essentiels tels que la pression, la température et le débit des fluides. Ces données brutes sont ensuite transmises à des systèmes automatisés comme les SCADA/DCS, qui assurent un premier niveau de traitement et de contrôle en temps réel.

Une fois collectées, les données sont stockées dans des bases de données centralisées, où elles subissent un processus de nettoyage et de validation pour éliminer les erreurs ou les valeurs aberrantes. Elles sont ensuite intégrées à des logiciels d'analyse avancée et d'intelligence artificielle, qui permettent de détecter les tendances, d'anticiper d'éventuelles pannes et d'optimiser la gestion des opérations. Enfin, les résultats obtenus sont visualisés sous forme de tableaux de bord interactifs, facilitant ainsi l'interprétation des informations et l'aide à la décision pour les ingénieurs et les gestionnaires du site.

Ce schéma met en évidence l'importance d'un traitement structuré des données pour améliorer l'efficacité des opérations pétrolières et réduire les risques liés à l'exploitation des hydrocarbures.

### **L'architecture des systèmes de gestion des données dans le DOF :**

Une architecture efficace de gestion des données dans un champ pétrolier numérique repose sur trois couches principales : la base de données, le traitement des informations et la visualisation des résultats. (P. Chanana, 2016)

La gestion des données dans un Digital Oil Field (DOF) s'appuie sur une structure organisée en trois niveaux essentiels :

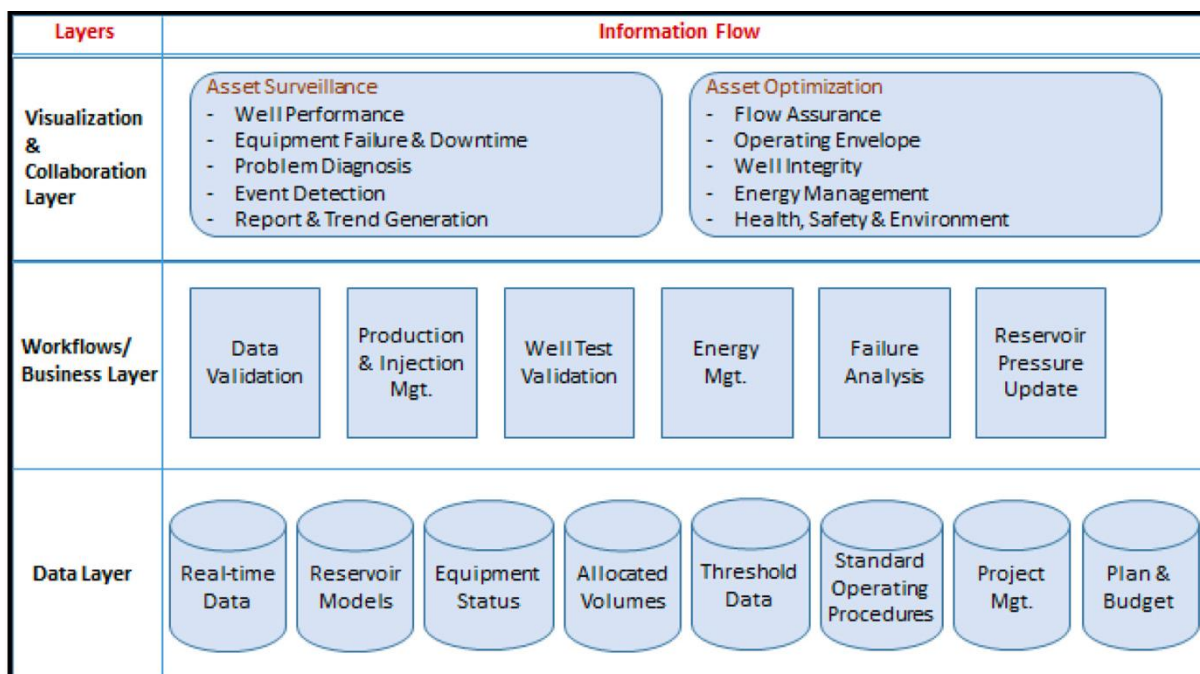
- **Base de données** : Elle regroupe toutes les informations collectées à partir des capteurs et des systèmes de surveillance déployés sur le terrain.

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

- **Traitement des informations** : Cette étape consiste à analyser, filtrer et corriger les données afin d'identifier d'éventuelles anomalies et d'optimiser la prise de décision.
- **Visualisation des résultats** : Les données traitées sont présentées sous forme de tableaux de bord dynamiques, offrant aux ingénieurs une vision claire et détaillée des opérations en cours et facilitant la mise en place d'actions adaptées.

Grâce à cette organisation, l'intégration de l'intelligence artificielle et de l'automatisation devient plus efficace, améliorant ainsi la fiabilité des opérations et la sécurité des infrastructures pétrolières.

**Figure 11** : Architecture en couches du DOF



Source : (P. Chanana, 2016)

La figure 11 illustre l'architecture du Digital Oil Field (DOF), qui repose sur une organisation en plusieurs couches pour structurer la gestion des données. La première couche, dédiée aux bases de données, assure le stockage des informations collectées à partir des capteurs, des systèmes de surveillance et des historiques de production. Ces données sont ensuite traitées dans une seconde couche, où elles sont nettoyées, analysées et filtrées afin d'éliminer les erreurs et d'optimiser la prise de décision. Enfin, la dernière couche permet la visualisation des résultats à travers des tableaux de bord interactifs, facilitant ainsi le suivi des opérations et l'anticipation des problèmes potentiels. Cette architecture favorise l'intégration des nouvelles

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

technologies comme l'intelligence artificielle et l'automatisation, rendant la gestion des infrastructures pétrolières plus efficace et réactive.

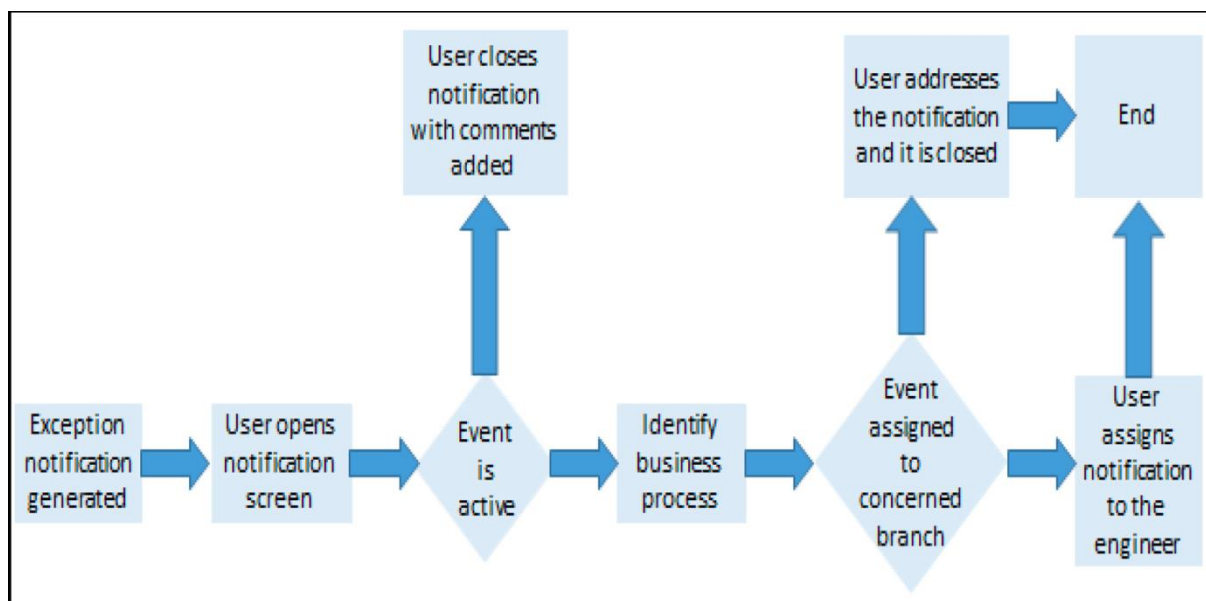
### 3. Explication de la surveillance et de la maintenance prédictive :

La surveillance et la maintenance prédictive sont des approches essentielles dans l'industrie pétrolière, permettant d'optimiser la gestion des équipements et de prévenir les pannes avant qu'elles ne surviennent. Contrairement à la maintenance traditionnelle, qui repose sur des interventions programmées ou correctives après une défaillance, la maintenance prédictive utilise des capteurs intelligents, l'intelligence artificielle (IA) et l'analyse des données en temps réel pour détecter les signes avant-coureurs d'un problème.

Grâce à des outils comme l'internet des objets (IoT) et les systèmes SCADA/DCS, les entreprises peuvent surveiller en continu des paramètres critiques tels que la température, la pression ou les vibrations des équipements. Les données collectées sont ensuite analysées par des algorithmes prédictifs qui permettent d'anticiper les pannes potentielles et de planifier les interventions au moment optimal. Cela permet de réduire les coûts de maintenance, d'éviter les interruptions de production et d'améliorer la durée de vie des infrastructures pétrolières.

L'intégration de ces technologies transforme la gestion des actifs en une approche proactive, où les décisions sont prises sur la base de données précises et en temps réel, garantissant ainsi une meilleure fiabilité et sécurité des opérations.

**Figure 7 :** Processus de surveillance basée sur les exceptions dans un Digital Oil Field



# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

*Source : (Smith, J., 2023)*

La figure 12 illustre le processus de surveillance intelligente basé sur les exceptions dans un Digital Oil Field (DOF). Ce système repose sur l'utilisation de capteurs et d'algorithmes d'intelligence artificielle pour identifier automatiquement les anomalies dans les infrastructures pétrolières. Contrairement aux méthodes de surveillance traditionnelles, où les opérateurs doivent examiner manuellement les données pour détecter d'éventuels problèmes, la surveillance basée sur les exceptions permet de signaler uniquement les écarts par rapport aux valeurs normales. Lorsqu'une anomalie est détectée, une alerte est envoyée aux ingénieurs, qui peuvent alors analyser le problème et décider de la meilleure action corrective. Grâce à cette approche, les entreprises pétrolières peuvent réduire le temps de réaction face aux incidents, optimiser la maintenance des équipements et limiter les interruptions de production. L'intégration de l'intelligence artificielle et des systèmes de surveillance avancés améliore ainsi la fiabilité des opérations et la sécurité des infrastructures.

## **4. Fonctionnement et applications dans la gestion des données :**

L'évolution technologique dans le secteur énergétique a connu une transformation majeure avec l'émergence de l'Intelligence Artificielle (IA), du Big Data, de la Blockchain et de l'Internet des Objets (IoT). Ces technologies permettent d'optimiser la gestion des données, d'améliorer l'efficacité opérationnelle et d'assurer une transition énergétique plus intelligente et durable. L'IA joue un rôle clé dans la maintenance prédictive des infrastructures énergétiques, notamment grâce à l'apprentissage automatique et aux modèles prédictifs, qui permettent d'anticiper les pannes et d'optimiser les performances des équipements. Par exemple, dans les centrales éoliennes, l'IA analyse en temps réel les données des turbines pour identifier les signes avant-coureurs de défaillances, réduisant ainsi les coûts de maintenance et améliorant la rentabilité des installations (Wang L. Z., 2022). En complément, le Big Data permet de traiter d'énormes volumes de données issues de capteurs, de réseaux intelligents et de simulations énergétiques.

Ces données facilitent une meilleure gestion de la demande et de l'offre énergétique, permettant aux fournisseurs d'optimiser leur production en fonction des fluctuations du marché et des conditions météorologiques (Company M. &., 2021). Par ailleurs, la Blockchain apporte des solutions innovantes en matière de sécurisation et de traçabilité des transactions énergétiques. En facilitant la gestion des micro-grids et en permettant

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

des échanges d'électricité en peer-to-peer, elle réduit les coûts liés aux intermédiaires et favorise le développement des énergies renouvelables (Andoni M. R., 2019).

De son côté, l'IoT joue un rôle central dans le développement des réseaux intelligents (Smart Grids), en permettant la surveillance en temps réel des infrastructures, la régulation automatique des flux d'énergie et l'optimisation de la consommation. Grâce à des capteurs connectés, il est possible de détecter immédiatement les anomalies sur les pipelines, de prévenir les fuites d'énergie et d'ajuster les niveaux de production en fonction de la demande réelle (Goncalves J. D., The role of IoT in the smart energy transition. Energy Reports, 2023). L'intégration de ces technologies dans le secteur énergétique constitue une avancée majeure vers un système plus résilient, flexible et durable, capable de répondre aux défis de la transition énergétique et d'améliorer l'efficacité des infrastructures.

**Tableau 2 :** Avantages et limites de ces technologies dans le secteur énergétique.

Technologie	Avantages	Limites
intelligence Artificielle (IA)	<p><b>Optimisation de la production et de la consommation :</b> Ajuste l'offre énergétique en fonction de la demande (Wang L. Z., Predictive maintenance in wind energy: AI-based approaches, 2022)</p> <p><b>Maintenance prédictive :</b> Détecte les pannes avant qu'elles ne surviennent, réduisant ainsi les coûts . (Zhang, 2021)</p> <p><b>Sécurité renforcée :</b> Améliore la détection des cyberattaques grâce à l'analyse des anomalies (Company M. &amp;., The future of energy: How AI and Big Data are transforming the industry., 2021).</p>	<p><b>Dépendance aux données massives :</b> L'efficacité des algorithmes dépend de la disponibilité et de la qualité des données (Andoni M. R., 2019)</p> <p><b>Coût élevé de mise en œuvre :</b> Déploiement nécessitant une infrastructure avancée et des compétences spécialisées (Goncalves J. D., The role of IoT in the smart energy transition. Energy Reports, 2023)</p>

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Big data	<p><b>Optimisation des décisions stratégiques</b> : Permet une meilleure gestion des infrastructures grâce à l'analyse des tendances (Díaz P. R., 2020)</p> <p><b>Amélioration de l'efficacité énergétique</b> : Minimise le gaspillage et optimise la répartition des flux énergétiques (Gielen, The role of emerging technologies in the energy transition. International Energy Agency Report., 2022).</p> <p><b>Détection des fraudes et pertes d'énergie</b> : Identifie les anomalies dans la distribution (Zhou K. Y., Energy Internet: The critical role of data analytics and Big Data. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021)</p>	<p><b>Complexité dans la gestion des données</b> : Le volume massif de données collectées nécessite des systèmes de stockage et d'analyse sophistiqués (Ramos, 2021)</p> <p><b>Problèmes de confidentialité et sécurité</b> : Risques liés à l'exploitation des données sensibles .</p>
Blockchain	<p><b>Sécurisation des transactions énergétiques</b> : Assure une transparence et une traçabilité accrues dans l'échange d'électricité</p> <p><b>Décentralisation du marché de l'énergie</b> : Permet des transactions directes entre producteurs et consommateurs (Munsing E. M., 2017)</p> <p><b>Réduction des coûts des intermédiaires</b> : Moins de dépendance aux gestionnaires de réseau traditionnels (Zhou et al., 2021).</p>	<p><b>Consommation énergétique élevée</b> : Certaines blockchains, comme le Bitcoin, consomment énormément d'énergie (Truby, Decarbonizing the Blockchain: Law and Policy. Energy Research &amp; Social Science., 2018).</p> <p><b>Scalabilité limitée</b> : Difficultés à gérer un grand nombre de transactions énergétiques en temps réel (Gielen et al., 2022).</p>

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

<p>Internet des Objets (IoT)</p>	<p><b>Surveillance en temps réel des infrastructures</b> : Détecte les anomalies sur les réseaux énergétiques (<i>Ramos et al., 2021</i>).</p> <p><b>Optimisation des Smart Grids</b> : Ajuste automatiquement l'offre et la demande en énergie (<i>Goncalves et al., 2023</i>).</p> <p><b>Amélioration de la gestion énergétique</b> : Permet un suivi précis de la consommation énergétique (<i>Díaz et al., 2020</i>).</p>	<p><b>Vulnérabilité aux cyberattaques</b> : De nombreux capteurs IoT sont exposés aux failles de sécurité (<i>Zhou et al., 2021</i>).</p> <p><b>Coût de déploiement élevé</b> : Nécessite un investissement important en infrastructures et équipements connectés (<i>Company., 2021</i>)</p>
<p>Jumeaux Numériques (DT).</p>	<p><b>Surveillance en temps réel</b> : Permet un suivi continu des infrastructures énergétiques</p> <p><b>Maintenance prédictive</b> : Réduction des pannes grâce à l'analyse des données</p> <p><b>Optimisation de l'efficacité énergétique</b> : Ajustement dynamique des systèmes pour réduire la consommation</p> <p><b>Intégration des énergies renouvelables</b> : Gestion optimisée des flux énergétiques (<i>Team, 2023</i>)</p>	<p><b>Coût élevé</b> : Nécessite des capteurs avancés et une infrastructure informatique importante</p> <p><b>Complexité technique</b> : Exige une expertise en modélisation numérique</p> <p><b>Dépendance aux données de qualité</b> : Un DT inefficace en cas de données incomplètes</p> <p><b>Vulnérabilité aux cyberattaques</b> : Risque de compromission des données sensibles (<i>DURABLE, sd</i>)</p>

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Systèmes Cyber- Physiques (CPS)	<p><b>Automatisation et contrôle en temps réel :</b> Optimise la gestion des infrastructures énergétiques</p> <p><b>Flexibilité et intégration des énergies renouvelables :</b> Améliore la résilience des réseaux</p> <p><b>Sécurité améliorée :</b> Détection précoce des anomalies et réactions rapides. « Systèmes Cyber-Physiques : Comment Améliorer la Sécurité des Infrastructures Critiques », 2024.</p>	<p><b>Interopérabilité complexe :</b> Difficulté d'intégration avec les systèmes existants</p> <p><b>Coût élevé :</b> Nécessite des investissements conséquents en infrastructure</p> <p><b>Risques accrus de cybersécurité :</b> Vulnérabilité aux cyberattaques nécessitant des solutions robustes</p> <p>« RENFORCER LA CYBERSÉCURITÉ POUR UN AVENIR ÉNERGÉTIQUE SÛR ET DURABLE ».</p>
--	---	---

*Source : élaborée par nous-même d'après plusieurs sources*

### 5. L'importance des données pour les entreprises énergétiques :

Dans le secteur énergétique, la gestion et l'exploitation des données sont devenues des leviers stratégiques permettant aux entreprises d'optimiser leurs processus opérationnels, d'améliorer la sécurité des infrastructures et d'accroître leur compétitivité sur le marché mondial. Avec l'essor des technologies numériques, des quantités massives de données sont collectées quotidiennement à partir de capteurs, de drones, de satellites et de systèmes de surveillance intégrés aux infrastructures énergétiques (Gielen, The role of emerging technologies in the energy transition. International Energy Agency Report., 2022).

Ces données sont ensuite analysées à l'aide du Big Data et de l'Intelligence Artificielle (IA) pour fournir des insights précieux sur l'état des installations, la demande énergétique et les risques potentiels. Par exemple, Sonatrach, acteur majeur du secteur pétrolier et gazier en Afrique du Nord, a récemment investi dans des solutions numériques pour améliorer la gestion de ses champs pétroliers et renforcer la maintenance prédictive de ses pipelines (Díaz P. R., 2020). Grâce à l'exploitation des données, l'entreprise est capable d'anticiper les défaillances techniques, d'optimiser la logistique d'approvisionnement et de réduire les pertes

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

énergétiques. De même, Saudi Aramco, le géant pétrolier saoudien, utilise l'IA pour analyser des milliers de capteurs placés sur ses infrastructures, permettant ainsi de détecter en temps réel des anomalies susceptibles de provoquer des incidents majeurs (Wang L. Z., 2022).

L'un des principaux domaines d'application des données est l'optimisation de la production et de la distribution de l'énergie. Grâce à des modèles prédictifs avancés, les entreprises peuvent ajuster leur production en fonction des tendances de la demande, des conditions météorologiques et des fluctuations du marché. ExxonMobil et BP utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique pour modéliser les flux des réservoirs pétroliers, ce qui leur permet de maximiser l'extraction tout en réduisant les coûts (Zhou K. Y., Energy Internet: The critical role of data analytics and Big Data. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021). En intégrant des jumeaux numériques (digital twins), qui sont des répliques virtuelles des infrastructures physiques, les entreprises peuvent simuler différents scénarios d'exploitation et ajuster leurs stratégies en conséquence (Andoni M. R., 2019). Cette approche permet non seulement d'améliorer la rentabilité, mais aussi de limiter l'impact environnemental en réduisant le gaspillage énergétique.

Par ailleurs, la gestion des données joue un rôle crucial dans l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des coûts opérationnels. En intégrant des capteurs IoT sur leurs équipements, des entreprises comme Shell et Total Énergies surveillent en permanence leurs sites de production pour optimiser la consommation énergétique et limiter les pertes (Goncalves J. D., 2023). Ces capteurs permettent également d'identifier les segments du réseau qui présentent des défaillances et d'intervenir avant qu'un incident ne survienne, réduisant ainsi les arrêts de production et les coûts de maintenance. Dans ce contexte, Sonatrach a commencé à déployer des systèmes de surveillance en temps réel sur ses pipelines afin de détecter les fuites potentielles et d'améliorer la sécurité des infrastructures. Cette stratégie permet à l'entreprise d'économiser des millions de dollars en réparations tout en réduisant son empreinte environnementale.

En outre, les données sont essentielles pour faciliter la transition énergétique et l'intégration des énergies renouvelables. Les centrales solaires et éoliennes dépendent fortement des prévisions météorologiques pour ajuster leur production en fonction des conditions climatiques (Company M. &., he future of energy: How AI and Big Data are transforming the industry., 2021). Grâce aux analyses prédictives, il est possible d'améliorer l'équilibre entre l'offre et la demande et d'éviter les fluctuations excessives qui pourraient fragiliser les

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

réseaux électriques. Tesla et Enel exploitent ces technologies pour maximiser le rendement de leurs batteries et stabiliser leurs réseaux d'énergie renouvelable. De plus, des initiatives comme les microgrids intelligents, alimentés par la Blockchain, permettent aux consommateurs de gérer directement leurs transactions énergétiques avec les producteurs locaux, réduisant ainsi la dépendance aux grands réseaux centralisés (Munsing E. M., 2017).

Enfin, la gestion des données contribue également à la sécurisation des transactions énergétiques et au développement de nouveaux modèles économiques. Avec la montée en puissance de la Blockchain, les entreprises énergétiques peuvent garantir une meilleure traçabilité des échanges et une transparence accrue dans la gestion des contrats (Truby, Decarbonizing the Blockchain: Law and Policy. Energy Research & Social Science, 2018). Par exemple, LO3 Energy a développé une plateforme qui permet aux consommateurs d'acheter de l'énergie renouvelable directement auprès des producteurs en utilisant des contrats intelligents. Ces nouvelles technologies permettent ainsi d'optimiser la gestion des réseaux tout en offrant aux consommateurs une plus grande flexibilité dans leur approvisionnement énergétique. L'exploitation des données dans le secteur énergétique est devenue un enjeu majeur pour les entreprises comme Sonatrach, Saudi Aramco, ExxonMobil et Total Énergies. Grâce à l'IA, au Big Data, à l'IoT et à la Blockchain, elles peuvent optimiser leurs processus, améliorer leur efficacité énergétique et assurer une meilleure transition vers les énergies renouvelables. Cependant, cette transformation numérique soulève également de nouveaux défis, notamment en matière de sécurité, d'accessibilité et de qualité des données, qui seront abordés dans section suivante.

### **6. Les défis actuels de la gestion des données dans le secteur énergétique :**

- **Volume et hétérogénéité des données :**

L'essor des technologies numériques dans le secteur énergétique a conduit à une augmentation exponentielle du volume de données collectées. Cependant, la diversité des sources de données et leur structuration variable compliquent leur exploitation. « La digitalisation du secteur énergétique transforme la manière dont l'électricité est produite et consommée, en favorisant l'intégration de données massives issues de réseaux intelligents. Cette croissance rapide impose l'adoption de nouvelles approches pour traiter et analyser ces données de manière efficace. (AfDB, 2020)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

- **Qualité et fiabilité des données :**

L'un des défis majeurs réside dans l'exactitude et la mise à jour des données utilisées pour les analyses décisionnelles. Une étude récente souligne que « les modèles numériques des réseaux de distribution contiennent souvent des informations erronées ou obsolètes, rendant leur exploitation délicate pour des simulations précises. Ce problème peut affecter l'optimisation des opérations énergétiques, notamment dans le cadre des prévisions de consommation et de production. (Chen Y. W., 2023)

- **Sécurité et cybersécurité des données :**

La vulnérabilité des infrastructures énergétiques face aux cyberattaques constitue une préoccupation majeure. En effet, « l'accélération de la transformation numérique entraîne une exposition accrue aux risques de cybersécurité, nécessitant des stratégies adaptées pour protéger les systèmes critiques. Une défaillance dans la protection des données pourrait entraîner des perturbations dans la gestion des réseaux électriques et des infrastructures pétrolières. (Dupont, 2017)

- **Accessibilité et interopérabilité des données**

L'accès aux données énergétiques doit être équilibré entre partage d'informations et respect des réglementations en vigueur. « L'adoption d'une approche centrée sur les données dans le secteur énergétique demeure encore limitée, en raison de contraintes techniques et réglementaires. L'instauration de plateformes ouvertes et sécurisées pourrait permettre une meilleure collaboration entre les différents acteurs du secteur. (l'Énergie, 2024)

- **Intégration des énergies renouvelables**

L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique impose une gestion dynamique et en temps réel des flux d'énergie. « La variabilité des sources renouvelables nécessite le développement d'outils avancés d'analyse des données pour optimiser l'équilibre entre production et consommation. Des solutions comme le big data et l'intelligence artificielle permettent d'anticiper les fluctuations et d'améliorer l'efficacité des réseaux électriques intelligents. (Müller, 2021)

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

## Section 3 : le rôle des technologies émergentes dans l'amélioration de la gestion des données

La convergence des technologies émergentes offre de nouvelles perspectives pour transformer la manière dont les données sont gérées. En intégrant des outils tels que l'Intelligence Artificielle (IA), le Big Data, l'Internet des Objets (IoT) et la Blockchain, les organisations bénéficient d'une amélioration significative dans la collecte, l'analyse, la sécurisation et l'exploitation des informations. Cette section présente comment ces technologies interagissent pour créer des systèmes de gestion des données plus performants, fiables et sécurisés, tout en ouvrant la voie à des innovations dans divers secteurs.

### 1. Problèmes rencontrés : volume, qualité, sécurité et accessibilité :

La gestion des données dans le secteur de l'énergie est confrontée à des défis majeurs liés au volume, à la qualité, à la sécurité et à l'accessibilité des informations. Voici une analyse approfondie de ces problématiques, illustrée par des exemples concrets issus de la littérature scientifique.

- **Volume des données :**

L'essor des technologies numériques a conduit à une augmentation exponentielle du volume de données collectées dans le secteur énergétique. Cette croissance rapide nécessite des infrastructures robustes pour le stockage et l'analyse, posant des défis en matière de gestion efficace et d'exploitation optimale de ces informations. Par exemple, l'intégration de capteurs IoT sur les équipements énergétiques génère une quantité massive de données en temps réel, nécessitant des systèmes capables de traiter et d'analyser ces informations pour optimiser les opérations.

- **Qualité des données :**

La fiabilité des analyses dépend directement de la qualité des données collectées. Des données incomplètes, erronées ou obsolètes peuvent conduire à des décisions inefficaces ou même préjudiciables. Assurer l'intégrité et la précision des données est donc essentiel pour les entreprises du secteur énergétique. Par exemple, des erreurs dans les données de capteurs peuvent entraîner une mauvaise évaluation de l'état des infrastructures, conduisant à des interventions inappropriées ou à des pannes non anticipées. (Benaouag, 2020)

- **Sécurité des données :**

Les infrastructures énergétiques sont des cibles potentielles pour les cyberattaques. La protection des données sensibles contre les intrusions malveillantes est cruciale pour prévenir

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

les perturbations des services et les atteintes à la sécurité nationale. Par exemple, une attaque sur le système de gestion des données d'un réseau électrique pourrait entraîner des coupures de courant à grande échelle, affectant des millions de personnes et perturbant des services essentiels. (Barka, 2022)

- **Accessibilité des données :**

Il est essentiel que les données pertinentes soient facilement accessibles aux parties prenantes autorisées. Cependant, des problèmes tels que des formats de données incompatibles ou des systèmes cloisonnés peuvent entraver l'accès efficace aux informations nécessaires, limitant ainsi la capacité des entreprises à réagir rapidement aux défis opérationnels. Par exemple, l'absence de standardisation dans les formats de données entre différents systèmes peut compliquer l'intégration et l'analyse des informations, retardant la prise de décision et l'intervention en cas de problème. (Anciaux, 2015)

### 2. Technologies émergentes :

#### 2.1. Contributions spécifiques des technologies émergentes :

- **Intelligence Artificielle (IA) :**

L'IA révolutionne la gestion des données en permettant une analyse automatisée et approfondie des informations. Les algorithmes de machine Learning et de deep Learning détectent des schémas complexes et extraient des insights précieux, facilitant ainsi la prise de décisions éclairées. Par Exemple Dans le secteur financier, l'IA est utilisée pour détecter des fraudes en analysant des comportements transactionnels atypiques en temps réel (Goodfellow, 2016)

- **Big Data :**

L'exploitation des technologies Big Data permet de traiter et d'analyser d'immenses volumes de données provenant de sources variées. En combinant des données structurées et non structurées, les entreprises peuvent identifier des tendances, anticiper des évolutions du marché et optimiser leurs stratégies.

Exemple : Dans le domaine de la santé, l'analyse de données issues de dossiers médicaux et de capteurs portables aide à prédire les épidémies et à personnaliser les traitements (Chen M. &., 2014)

- **Internet des Objets (IoT) :**

L'IoT contribue à la gestion des données en fournissant des flux d'informations en temps réel issus de capteurs déployés dans divers environnements. Ces données, riches et continues,

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

alimentent les systèmes analytiques pour améliorer la surveillance et la maintenance prédictive des infrastructures.

Exemple : Dans l'industrie énergétique, l'IoT permet de surveiller l'état des équipements et d'optimiser la consommation énergétique en détectant rapidement les anomalies (Atzori L. , 2010)

- **Blockchain :**

La blockchain offre une solution unique pour assurer la traçabilité et la sécurité des transactions. Grâce à son registre décentralisé et immuable, elle garantit l'authenticité des données et permet d'établir une confiance entre les acteurs sans recourir à des intermédiaires.

Exemple : Dans le secteur logistique, la blockchain est utilisée pour suivre le parcours des produits, assurant ainsi la transparence des chaînes d'approvisionnement (Swan, 2015).

- **Cloud Computing :**

Le cloud computing permet aux entreprises de stocker et de traiter leurs données sur des serveurs distants accessibles via Internet. Grâce à cette technologie, elles peuvent réduire leurs dépenses en infrastructure tout en bénéficiant d'une plus grande souplesse dans la gestion de leurs ressources informatiques. Le cloud facilite également la collaboration entre équipes et améliore l'accès aux outils de travail, quel que soit l'endroit où se trouvent les utilisateurs. Il constitue aujourd'hui un levier clé pour l'innovation et la transformation numérique des organisations. Selon (Mell, 2011) , cette technologie améliore l'accessibilité aux données tout en réduisant les coûts liés aux infrastructures informatiques. (Mell, 2011)

### **2.2. Réalité Augmentée (RA) et Réalité Virtuelle (RV) :**

Les technologies immersives, comme la réalité augmentée (RA) et la réalité virtuelle (RV), transforment les interactions des utilisateurs avec leur environnement.

Tandis que la **RA** superpose des éléments numériques au monde réel, la **RV** plonge l'utilisateur dans un univers entièrement simulé. Ces avancées sont largement exploitées dans divers domaines tels que les jeux vidéo, la formation, la médecine ou encore l'industrie, où elles permettent de créer des simulations interactives et réalistes. Elles jouent également un rôle croissant dans le marketing, offrant aux consommateurs des expériences immersives et engageantes. D'après, (Milgram, 1994) ces technologies révolutionnent l'expérience utilisateur en créant des environnements interactifs et immersifs.

### **2.3. Réseaux 5G et Connectivité de Nouvelle Génération :**

La 5G marque une avancée majeure dans le domaine des télécommunications, en proposant une vitesse de connexion bien supérieure à celle des générations précédentes et une latence

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

extrêmement faible. Elle est essentielle pour l'essor des villes intelligentes, du transport autonome et de l'Internet des objets (IoT). Grâce à sa capacité à connecter simultanément un grand nombre d'appareils, elle ouvre la voie à de nombreuses innovations dans la santé, l'industrie et les services numériques. En soutenant l'intelligence artificielle et le traitement des données en temps réel, elle facilite également la transition vers des systèmes plus efficaces et connectés. Comme l'expliquent (Andrews, 2014), cette technologie joue un rôle clé dans le développement des infrastructures intelligentes et des véhicules autonomes.

### **2.4. Applications concrètes et bénéfiques transversaux :**

- **Industrie énergétique :**

La combinaison de l'IoT pour la collecte de données, du Big Data pour l'analyse et de l'IA pour la prédiction permet d'optimiser la production et la distribution d'énergie. Par ailleurs, la blockchain sécurise les échanges d'énergie dans des systèmes décentralisés, comme les microgrids, contribuant à une meilleure gestion des ressources et à une réduction des pertes. (Fang, X., Misra, S., Xue, G., & Yang, D, 2012)

- **Santé et services publics :**

Dans le domaine de la santé, l'IA et le Big Data facilitent l'analyse des dossiers médicaux pour améliorer les diagnostics et personnaliser les traitements, tandis que l'IoT assure la surveillance continue des patients. Dans les smart cities, ces technologies se combinent pour optimiser la gestion des infrastructures urbaines (Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. A., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. , 2010)

- **Finance et sécurité des transactions :**

Les systèmes basés sur la blockchain renforcent la sécurité des transactions financières en assurant une traçabilité complète et en réduisant les risques de fraude. L'IA et le Big Data analysent simultanément les flux transactionnels pour détecter des anomalies et anticiper des comportements frauduleux, augmentant ainsi la robustesse des systèmes financiers. (Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A., 2016)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

### 2.5. Les entreprises du secteur énergétique ayant intégré les technologies émergentes :

**Tableau 3 :** Les entreprises du secteur énergétique ayant intégré les technologies émergent

Entreprise	Pays	Technologies intégrées	Exemples concrets D'application
Sonatrach	Algérie	Big Data, IA, IoT	Sonatrach a mis en place un système de maintenance prédictive basé sur l'IA et l'IoT pour surveiller l'état de ses pipelines en temps réel. Cela permet de prévenir les fuites et de minimiser les interruptions de production. De plus, l'entreprise utilise le Big Data pour optimiser la gestion de la logistique d'approvisionnement et améliorer l'efficacité des forages. (Bensalah, 2023)
Saudi Aramco	Arabie Saoudite	IA, Big Data, IoT	L'entreprise a installé des capteurs intelligents sur ses raffineries et oléoducs afin de collecter des données en continu. Ces données sont analysées par l'IA pour détecter d'éventuelles anomalies et prévoir les pannes avant qu'elles ne surviennent, réduisant ainsi les coûts de maintenance et améliorant la sécurité des infrastructures. (Alghamdi, 2021)
BP (British Petroleum)	Royaume-Uni	Jumeaux numériques, Big Data	BP utilise des jumeaux numériques (répliques virtuelles de ses installations pétrolières et gazières) pour simuler différentes conditions d'exploitation et optimiser la gestion des actifs. Cette approche réduit les risques opérationnels et améliore le rendement des forages. L'entreprise exploite également des modèles de Big Data pour analyser les tendances de consommation énergétique et ajuster sa production en conséquence. (Zhou P. e., 2022)
ExxonMobil	États-Unis	Machine Learning,	ExxonMobil a développé des algorithmes de machine Learning pour analyser les flux de réservoirs pétroliers et optimiser leur extraction. Ces modèles permettent de prédire les meilleures stratégies

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

		IA	d'exploitation en fonction des conditions géologiques et du marché, réduisant ainsi les coûts d'opération. (Chen L. e., 2020)
Total Energies	France	IoT, Big Data	L'entreprise a intégré des capteurs IoT sur ses plateformes offshore et ses raffineries pour surveiller la consommation énergétique en temps réel. Grâce au Big Data, Total Énergies optimise ses processus de production en identifiant les sources de gaspillage et en ajustant les opérations pour une meilleure efficacité énergétique. (Goncalves J. D., 2023)
Tesla	États-Unis	Machine Learning, Stockage d'énergie	Tesla utilise des algorithmes de machine Learning pour optimiser la gestion des réseaux électriques intelligents (Smart Grids). En intégrant des prévisions météorologiques et des données de consommation en temps réel, l'entreprise adapte la charge de ses batteries pour garantir une alimentation continue et efficace en énergie renouvelable. (Munsing E. M., 2019)
Enel	Italie	Smart Grids, IA, Big Data	Enel a mis en place des réseaux électriques intelligents (Smart Grids) qui permettent d'ajuster la distribution de l'électricité en fonction de la demande en temps réel. L'entreprise utilise l'IA et le Big Data pour analyser les comportements de consommation et éviter les surcharges ou les pertes d'énergie, améliorant ainsi la stabilité du réseau. (Company R. , 2019)
Shell	Pays-Bas	IoT, Blockchain	Shell a développé une plateforme basée sur la Blockchain pour sécuriser et suivre les transactions énergétiques. L'entreprise utilise également l'IoT pour optimiser la gestion des pipelines et surveiller les flux de pétrole et de gaz, permettant ainsi une meilleure traçabilité et une réduction des risques de fuites. (Truby, Decarbonizing the Blockchain: Law and Policy. Energy

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

			Research & Social Science., 2018)
EDF (Électricité de France)	France	Big Data, Blockchain	EDF exploite le Big Data pour ajuster en temps réel sa production d'électricité en fonction des fluctuations de la demande et des prévisions météorologiques. La Blockchain est utilisée pour sécuriser les transactions énergétiques et garantir la transparence des échanges sur le marché de l'électricité. (Pérez-Díaz, 2020)
Chevron	États-Unis	IA, Big Data, IoT	Chevron utilise des capteurs IoT couplés à des algorithmes d'intelligence artificielle pour surveiller l'efficacité énergétique de ses raffineries et prévenir les défaillances d'équipement. Cette stratégie permet d'optimiser les performances des installations et de minimiser les coûts liés aux arrêts imprévus. (Wang L. Z., 2022)
Siemens Energy	Allemagne	IA, Jumeaux numériques, IoT	Siemens Energy applique la technologie des jumeaux numériques pour améliorer l'efficacité de ses turbines à gaz et à vapeur. Ces répliques virtuelles permettent d'effectuer des tests en conditions simulées, réduisant ainsi le besoin d'interventions physiques coûteuses et améliorant la durée de vie des équipements. (Andoni M. R., 2019)

*Source : élaborée par nous même*

### **2.6. Rôle et perspectives des technologies émergentes sur la gestion des données énergétiques :**

#### **2.6.1. Apports des technologies émergentes dans la gestion des données énergétiques :**

L'adoption croissante de l'intelligence artificielle (IA), du big data, de l'Internet des objets (IoT) et de la blockchain a considérablement transformé la gestion des données dans le domaine de l'énergie. Ces innovations offrent plusieurs avantages concrets :

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

- **Amélioration des processus décisionnels** : Grâce aux capacités avancées d'analyse de données, les entreprises peuvent mieux anticiper les tendances de consommation et ajuster leurs stratégies en conséquence (al, 2021).
- **Réduction des coûts d'exploitation** : L'intégration de capteurs intelligents et de solutions d'IA permet un suivi en temps réel des infrastructures énergétiques, minimisant ainsi les interventions coûteuses et les arrêts imprévus. (Chen Z. X., 2022)
- **Renforcement de la sécurité et de la traçabilité** : L'utilisation de la blockchain garantit la transparence et l'intégrité des transactions énergétiques, renforçant ainsi la confiance entre les acteurs du secteur (Chowdhury, 2023).

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

- **Facilitation de l'intégration des énergies renouvelables** : Les réseaux intelligents exploitent des algorithmes de machine Learning pour optimiser l'injection d'énergies renouvelables dans les systèmes traditionnels et en améliorer la stabilité. (Kassem Danach, Wael Hosny Fouad Aly, Hassan Kanj , 2024)

### 2.6.2. Contraintes et défis liés à ces technologies :

Malgré leurs avantages, ces innovations se heurtent encore à plusieurs obstacles qui ralentissent leur adoption généralisée :

- **Difficulté d'implémentation** : Moderniser les infrastructures existantes requiert des investissements conséquents, ce qui représente un défi pour de nombreuses entreprises du secteur énergétique. (Dupont, A., Martin, J., & Leclerc, P., 2019)
- **Vulnérabilité aux cyberattaques** : L'augmentation du volume de données collectées expose les entreprises à des risques de piratage et de violation de données, nécessitant des solutions de cybersécurité robustes. (Kumar, R., Sharma, A., & Patel, S. , 2021 )
- **Problèmes d'interopérabilité** : L'absence de standards communs complique l'échange d'informations entre les différents systèmes de gestion des données énergétiques, limitant ainsi leur efficacité. (Rahman, M., & Ali, S., 2022)
- **Manque de compétences spécialisées** : L'adoption de ces technologies exige une expertise pointue en data science et en cybersécurité, ce qui constitue un défi dans certaines régions où ces compétences sont rares. (Müller, K., Schmidt, L. et Wagner, P., 2021)

### 2.7.Perspectives d'évolution pour le secteur énergétique :

L'évolution des technologies numériques ouvre la voie à de nouvelles transformations dans la gestion des données énergétiques. Plusieurs tendances se dessinent pour les années à venir :

- **Développement des réseaux électriques intelligents** : L'amélioration des smart grids grâce à l'IA et au deep Learning permettra une gestion plus efficace et une meilleure intégration des énergies renouvelables. (Zhang, H. et Chen, X , 2023)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

- **Utilisation croissante de l'edge computing** : Traiter les données directement au niveau des infrastructures énergétiques réduira la latence et optimisera les performances des systèmes.
- **Renforcement de la cybersécurité** : L'adoption de solutions basées sur la blockchain et l'IA contribuera à sécuriser les infrastructures énergétiques contre les cyberattaques.
- **Déploiement des jumeaux numériques** : La simulation des infrastructures énergétiques à l'aide des digital twins permettra d'optimiser leur fonctionnement et de mieux anticiper les pannes avant leur survenue.

Les technologies émergentes telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets et la blockchain transforment profondément les pratiques organisationnelles, en redéfinissant les processus internes et en améliorant l'efficacité opérationnelle. Au cœur de cette transformation numérique, le Big Data se distingue par sa capacité à traiter des volumes massifs de données en temps réel, offrant ainsi une opportunité stratégique majeure pour les entreprises.

Le Big Data ne se limite pas à une innovation technologique ; il représente un changement de paradigme dans la manière dont les organisations perçoivent, stockent, analysent et exploitent l'information. Il permet de générer de la valeur à partir de données hétérogènes provenant de sources multiples, en facilitant une analyse plus fine, rapide et contextualisée, ce qui améliore la qualité des décisions prises à tous les niveaux de l'organisation.

Des études récentes soulignent l'importance de mettre en place des cadres efficaces de gestion du Big Data afin de renforcer son rôle dans l'amélioration de la performance organisationnelle. Par exemple, (Arundel, 2023) proposent un guide pour créer un cadre de gestion du Big Data efficace, mettant en évidence les meilleures pratiques et les défis associés à sa mise en œuvre. De plus, (Himeur, 2024) explorent les applications du Big Data dans divers domaines, notamment la santé, la logistique et les villes intelligentes, en soulignant son rôle crucial dans l'amélioration de la prise de décision basée sur les données.

Dans le secteur de l'énergie, (Zhao, 2024) démontre comment la gestion du Big Data et les services de maintenance numériques peuvent améliorer l'efficacité opérationnelle des parcs éoliens, en facilitant la prise de décision et la gestion des données. Ces exemples illustrent le rôle

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

significatif du Big Data sur la gestion des données et la prise de décision dans divers contextes organisationnels. Ainsi, il est essentiel d'examiner en profondeur le rôle spécifique du Big Data dans l'amélioration des pratiques de gestion des données, afin de mieux comprendre ses implications concrètes pour les entreprises, notamment dans le secteur énergétique.

### **3. Focus sur le Big Data : Pilier de la gestion des données dans le secteur énergétique :**

#### **3.1. Définition et caractéristiques du Big Data :**

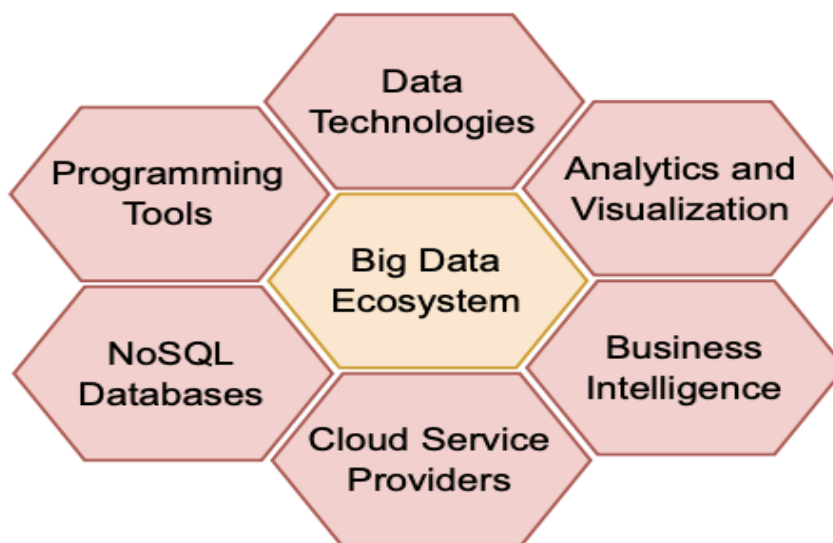
Avec l'essor du numérique, le Big Data s'est imposé comme un phénomène incontournable dans la gestion de l'information. Cette notion désigne des ensembles de données si vastes et complexes qu'ils dépassent les capacités des outils informatiques traditionnels (Elena Geanina ULARU, 2012). Plus qu'une simple accumulation d'informations, le Big Data se caractérise par cinq éléments fondamentaux : le volume, la vitesse, la variété, la véracité et la valeur (Afzal Badshah, 2024) ,

- Le volume : fait référence à la quantité considérable de données produites quotidiennement, notamment à travers les réseaux sociaux, les capteurs industriels et les échanges numériques.
- La vitesse souligne la rapidité avec laquelle ces données sont générées et doivent être traitées pour être utiles, en particulier dans des secteurs où la réactivité est vitale, comme l'énergie.
- La variété concerne la diversité des formats de données, qu'ils soient structurés, semi-structurés ou non structurés.
- La véracité renvoie quant à elle à la nécessité de vérifier la fiabilité de ces données avant toute analyse.
- la valeur correspond à l'intérêt stratégique qu'une entreprise peut tirer de l'exploitation intelligente de ces données.

Les technologies associées au traitement du Big Data se sont largement développées pour répondre à ces nouveaux défis. Parmi elles, Hadoop permet le traitement distribué de grands ensembles de données, tandis que Spark propose des capacités d'analyse rapide en mémoire. Les bases de données NoSQL comme MongoDB ou Cassandra offrent, quant à elles, une flexibilité accrue pour gérer des formats de données variés. (Afzal Badshah, 2024)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

**Figure 13 :** Écosystème du Big Data



*Source :*

La figure illustre de manière structurée les principaux outils et technologies impliqués dans le traitement massif des données. Elle met en avant les infrastructures de stockage distribuées, telles que Hadoop, ainsi que les moteurs de traitement de données rapides comme Spark. Les bases de données NoSQL (ex : MongoDB, Cassandra) apparaissent également comme des piliers fondamentaux pour stocker des données non relationnelles à grande échelle. Dans cet écosystème, le cloud computing occupe une place centrale, offrant une infrastructure élastique nécessaire pour s'adapter aux fluctuations des volumes de données. Cette organisation est particulièrement pertinente pour le secteur énergétique, où les flux de données provenant des capteurs IoT, des Smart Grids et des plateformes industrielles nécessitent une architecture technologique robuste et flexible.

### **3.2. Architecture typique d'un système Big Data :**

La mise en place d'une infrastructure Big Data suit généralement un schéma structuré en plusieurs phases. Tout d'abord, les données sont collectées à partir de différentes sources, comme les capteurs IoT, les réseaux électriques intelligents ou encore les plateformes industrielles (Afzal Badshah, 2024), Vient ensuite l'étape du stockage, qui repose sur des systèmes distribués tels

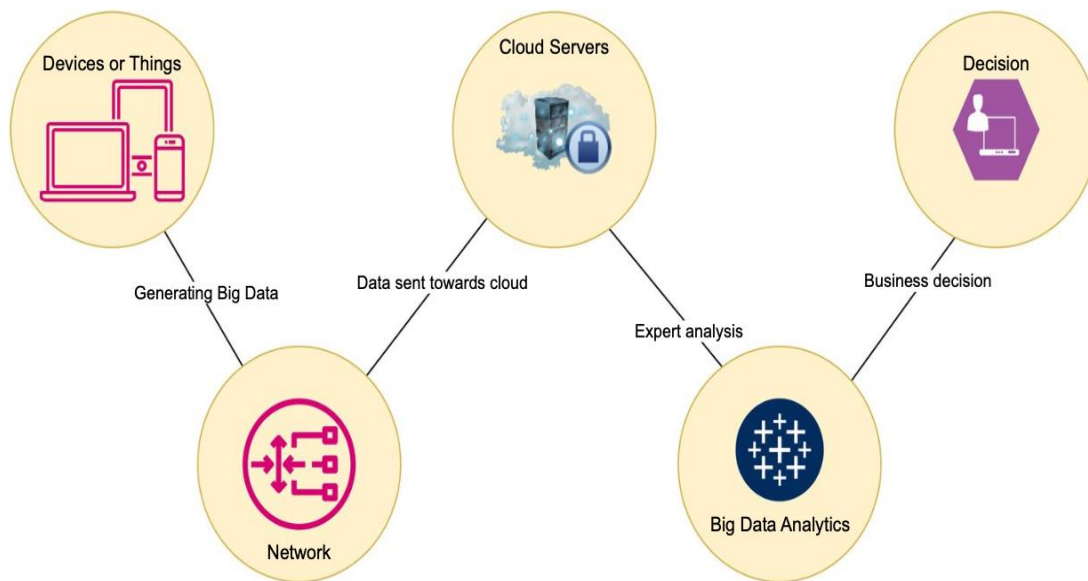
## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

que HDFS (Hadoop Distributed File System), conçus pour gérer d'énormes volumes d'informations de manière fiable et évolutive.

Une fois stockées, ces données font l'objet de traitements massifs grâce à des outils comme MapReduce ou Apache Spark, capables d'exploiter la puissance du calcul distribué pour accélérer l'analyse. L'extraction de valeur est réalisée lors de la phase d'analyse, à l'aide de plateformes de Business Intelligence telles que Tableau ou SAS, avant que les résultats ne soient traduits sous forme visuelle pour faciliter la prise de décision stratégique.

Le cloud computing occupe une place prépondérante dans ce modèle, en offrant une infrastructure flexible et extensible indispensable pour soutenir la montée en charge des flux de données (Afzal Badshah, 2024) . Parallèlement, le développement de l'Edge computing permet de rapprocher le traitement des données de leur source d'émission, ce qui est essentiel dans des environnements où la latence doit être minimisée, comme dans les réseaux énergétiques.

**Figure 8 : Cycle du Big Data**



Source : (Afzal Badshah, 2024)

# CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

Cette figure décrit les différentes étapes clés :

- **Collecte** : Les données sont produites par diverses sources (capteurs industriels, réseaux électriques, réseaux sociaux, etc.).
- **Stockage** : Elles sont ensuite archivées dans des environnements de stockage distribués, garantissant leur accessibilité et leur sécurisation.
- **Raïement** : Les données brutes sont nettoyées, enrichies et transformées en informations exploitables via des frameworks analytiques performants (Spark, MapReduce).
- **Analyse** : Les modèles analytiques extraient des tendances, des anomalies, ou des prévisions à partir des ensembles de données traités.
- **Visualisation** : Enfin, les résultats sont présentés sous forme de tableaux de bord ou d'outils de visualisation pour faciliter l'interprétation par les décideurs.

Ce cycle est essentiel dans des industries comme l'énergie où la capacité à analyser rapidement les données opérationnelles permet d'optimiser la production, d'assurer la maintenance prédictive et d'améliorer l'efficacité énergétique. (Afzal Badshah, 2024)

### 3.3. Applications du Big Data dans le secteur de l'énergie

Le secteur énergétique figure parmi les domaines où l'exploitation du Big Data connaît un rôle considérable. Une première application concerne l'optimisation de la production énergétique. Grâce à l'analyse des données historiques de consommation, des variables météorologiques et des conditions du réseau, les entreprises énergétiques sont en mesure d'ajuster leur production en temps réel afin d'atteindre une meilleure efficacité opérationnelle (Afzal Badshah, 2024).

Un second champ d'application majeur est la maintenance prédictive. L'analyse des données issues des capteurs installés sur les équipements industriels (turbines, pipelines, transformateurs) permet de détecter les signes avant-coureurs de dysfonctionnements, anticipant ainsi les pannes et réduisant les coûts de maintenance.

En outre, le Big Data contribue activement à l'amélioration de la performance énergétique. En surveillant de façon continue la consommation énergétique des infrastructures, il devient possible de réduire les pertes et d'optimiser l'utilisation des ressources.

Enfin, l'aide à la décision en temps réel représente un axe stratégique. Dans les Smart Grids, le traitement en temps réel des données permet d'équilibrer instantanément l'offre et la demande d'électricité, minimisant ainsi les risques de coupures et optimisant la distribution énergétique (Afzal Badshah, 2024)

## CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART

### 3.4. Enjeux et défis du Big Data :

Malgré ses nombreux avantages, l'adoption du Big Data s'accompagne de défis importants. L'un des plus sensibles concerne la sécurité des données. Dans un contexte où les infrastructures énergétiques sont de plus en plus connectées, la protection contre les cyberattaques devient essentielle (Elena Geanina ULARU, 2012).

Le manque de compétences techniques constitue un autre frein majeur. McKinsey (cité par Elena Geanina ULARU, 2012) estimait que près de 190 000 analystes de données supplémentaires seraient nécessaires pour répondre aux besoins croissants en expertise Big Data aux États-Unis. Ce déficit est particulièrement marqué dans les secteurs hautement techniques comme celui de l'énergie.

Sur le plan économique, les investissements technologiques requis pour développer des infrastructures adaptées au Big Data représentent des coûts significatifs que toutes les organisations ne sont pas en mesure d'assumer (Elena Geanina ULARU, 2012)

Enfin, la problématique d'interopérabilité reste entière. L'intégration de systèmes hétérogènes notamment les SCADA industriels, les ERP et les capteurs IoT, complique la centralisation et l'exploitation efficace des données (Afzal Badshah, 2024) .

### 3.5. Perspectives d'évolution :

À l'avenir, la convergence du Big Data avec l'Intelligence Artificielle (IA) et l'Internet des Objets (IoT) ouvrira des perspectives inédites dans le secteur énergétique. L'intégration de l'IA permettra, par exemple, de construire des modèles prédictifs ultra-précis pour anticiper les pics de consommation et optimiser la production énergétique (Afzal Badshah, 2024) .

Le développement massif des Smart Grids s'appuiera également sur les capacités du Big Data pour intégrer de manière fluide les énergies renouvelables dans les réseaux électriques. En analysant des flux massifs de données météorologiques et techniques, les opérateurs pourront stabiliser l'apport intermittent du solaire et de l'éolien, tout en assurant la sécurité et la résilience des réseaux.

Ainsi, l'exploitation intelligente du Big Data est appelée à devenir un levier stratégique majeur pour accompagner la transition énergétique et bâtir les infrastructures énergétiques de demain.

# **CHAPITRE 02: CADRE METHODOLOGIQUE**

## **CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE**

Ce chapitre revient sur le cadre méthodologique de notre étude, qui vise à analyser, de manière qualitative, le rôle du Big Data sur la gestion de données chez Sonatrach. Dans cette optique, nous présenterons les méthodes et les données utilisées pour atteindre ces objectifs en insistant sur l'approche qualitative choisie. Cette dernière est justifiée par la complexité des phénomènes à analyser et du fait qu'elle relate aussi bien des enjeux internes à l'entreprise. Nous exposerons ainsi les objectifs et sous-objectifs principaux de cette enquête, le processus ayant conduit à la construction et la pré-validation du guide d'entretien ainsi que les différents outils de collecte. Nous évoquerons également l'échantillon, la taille de l'échantillon, la méthode d'échantillonnage et les approches de traitement et d'analyse des données. Ce cadre méthodologique est nécessaire pour garantir la rigueur et la pertinence des résultats obtenus et formuler des recommandations utiles à l'optimisation de la stratégie d'intégration du Big Data chez Sonatrach.

### **Section 01 : Méthodes et données**

Cette section abordera les méthodes et les données que nous utiliserons pour mener notre enquête sur le rôle du big data sur le data management à Sonatrach. Nous commencerons par discuter de l'approche épistémologique et méthodologique que nous adopterons, en justifiant pourquoi une approche qualitative est plus adéquate pour cette étude. Puis, nous définirons les objectifs principaux et secondaires de notre enquête, qui aident à analyser de manière qualitative le rôle de big data, les facteurs de succès et les obstacles qui le retiennent et élaborent des recommandations pour l'optimisation appropriée. En outre, nous décrirons le processus d'élaboration du guide d'entretien, indiquant les types de questions et la structure du guide d'entretien. Enfin, discuterons également du processus de tri et de pré-validation du guide d'entretien, ainsi que des méthodes pour vérifier la validité et la fiabilité des données collectées. Cette section posera les bases méthodologiques nécessaires pour assurer la rigueur et l'authenticité de notre étude.

#### **1. Méthodes**

Les méthodes utilisées dans cette étude sont qualitatives en nature, car elles permettent de couvrir complètement et étendre les phénomènes complexes liés à l'intégration du Big Data par Sonatrach. Cette approche offre la flexibilité et la richesse de données nécessaires pour aborder les aspects internes et les perspectives des cadres disponibles. Cette étude combine diverses

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

méthodes de collecte de données, telles que les entrevues et les observations, dans le but de fournir des insights détaillés et contextuels qui serviront à formuler des recommandations pratiques pour une meilleure optimisation.

### **1.1. Approche épistémologique et méthodologique :**

#### **1.1.1. Présentation de l'approche qualitative**

L'approche qualitative est une méthode de recherche qui permet d'explorer en profondeur les phénomènes complexes et les dynamiques sociales. Contrairement aux approches quantitatives, qui se concentrent sur la mesure et l'analyse statistique des variables, l'approche qualitative vise à comprendre les expériences, les perceptions et les comportements des individus dans leur contexte spécifique. Elle utilise des techniques telles que les entretiens, les observations et l'analyse de documents pour recueillir des données riches et détaillées. Cette approche est particulièrement adaptée pour étudier des sujets où les aspects contextuels et subjectifs jouent un rôle crucial, comme le rôle du Big Data sur la gestion des données.

#### **1.1.2. Justification du choix de l'approche qualitative pour cette étude**

Le choix de l'approche qualitative pour cette étude est justifié par plusieurs raisons. Premièrement, l'intégration du Big Data dans la gestion des données chez Sonatrach est un phénomène complexe qui implique des changements technologiques, organisationnels et culturels. Une approche qualitative permet de saisir ces nuances et d'explorer les perceptions et les expériences des cadres concernés. Deuxièmement, cette méthode offre la flexibilité nécessaire pour adapter les questions et les techniques de collecte de données en fonction des réponses obtenues, permettant ainsi une exploration approfondie des facteurs de succès et des contraintes liés à l'intégration du Big Data. Enfin, l'approche qualitative facilite la formulation de recommandations pratiques et contextuelles pour une optimisation efficace, en se basant sur des insights détaillés et contextualisés.

### **1.2. Objectif de l'enquête**

**1.2.1. Objectif principal :** Le principal objectif de cette enquête est d'analyser qualitativement le rôle du Big Data sur la gestion des données de Sonatrach. Plus précisément, elle vise à répondre à la question suivante comment l'introduction du Big Data a-t-elle influencé les expériences de Sonatrach en matière de pratiques décisionnelles, d'efficacité et de gestion de données ?

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

**1.2.2. Objectifs secondaires :** En plus de l'objectif principal ci-dessus, les objectifs suivants sont également pour :

- Identifier les réussites du lancement du Big Data en interne chez Sonatrach. Cela nécessitera de découvrir les influences et les conditions qui ont favorisé l'installation acoustique réussie du Big Data
- Identifier les contraintes et les défis rencontrés lors de l'introduction du Big Data. Cette analyse permettra également de découvrir les points de résilience de Sonatrach pour un apprentissage guide
- Formuler des recommandations pour améliorer et optimiser l'exploitation du Big Data.

### **1.3. Construction du guide d'entretien :**

La construction du guide d'entretien a constitué une étape centrale de la méthodologie de recherche de ce mémoire, visant à recueillir des données qualitatives riches sur la perception et l'expérience des cadres de SONATRACH quant à l'intégration du Big Data dans la gestion des données. Ce processus a été mené avec rigueur et selon plusieurs phases complémentaires garantissant la validité scientifique de l'outil.

#### **1.3.1. Définition de l'objectif du guide :**

Le guide a été élaboré pour répondre à l'objectif principal de notre recherche : comprendre comment les technologies émergentes, en particulier le Big Data, influencent l'optimisation de la gestion des données au sein de SONATRACH. Il s'agit donc d'un outil exploratoire permettant de mettre en lumière les dimensions organisationnelles, techniques et humaines de cette transformation numérique.

#### **1.3.2. Approche qualitative et choix de l'entretien semi-directif :**

L'approche qualitative retenue s'appuie sur des entretiens semi-directifs, choisis pour leur capacité à capturer des discours détaillés, nuancés et contextualisés.

Ce type d'entretien permet de structurer la discussion autour de thématiques précises tout en laissant de la liberté d'expression aux répondants. Ce choix est en adéquation avec la complexité du phénomène étudié, à savoir le rôle du Big Data sur les pratiques internes de gestion des données.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

### 1.3.3. Identification des axes d'analyse :

Quatre axes thématiques ont été définis, en cohérence avec les objectifs de recherche :

- Les données générales (contexte professionnel des répondants),
- L'intégration du Big Data (comme technologie émergente),
- La gestion des données (impacts opérationnels et décisionnels),
- Les perspectives (vision future et limites perçues).

Ces axes ont été construits à partir d'une revue de littérature approfondie sur la transformation numérique dans les organisations industrielles, notamment sur l'usage du Big Data dans le secteur énergétique.

### 1.3.4. Élaboration des questions :

Les questions ont été soigneusement rédigées selon des principes de clarté, de neutralité et de pertinence. Elles sont ouvertes, afin de permettre aux participants d'exprimer librement leurs expériences, sans être influencés. Certaines questions sont également exploratoires, visant à susciter des réflexions plus larges sur les changements organisationnels.

Exemple : " Comment décririez-vous l'arrivée du Big Data dans votre service ? "

### 1.3.5. Ajustements préliminaires :

Un pré-test a été réalisé auprès de deux professionnels du secteur afin d'évaluer la compréhension, la fluidité et la pertinence des questions. Les retours ont permis d'opérer certains ajustements, notamment en termes de formulation (éviter le jargon technique) et de rythme (éviter les répétitions ou redondances entre les axes).

## 1.4. Structure du guide d'entretien :

Le guide est structuré de manière à assurer une progression logique et fluide dans l'entretien, tout en couvrant les différents aspects du phénomène étudié. Il est divisé en quatre axes majeurs, chacun regroupant des questions thématiques correspondant à une variable clé de l'étude.

### 1.4.1. Données générales (variables contextuelles) :

Cette partie vise à établir un profil socio-professionnel du répondant, notamment :

- Son ancienneté chez SONATRACH,
- Ses fonctions et missions quotidiennes,
- Son lien direct avec la gestion ou le traitement des données.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Ces éléments sont cruciaux pour contextualiser les réponses ultérieures et mieux interpréter les discours recueillis.

### **1.4.2. Technologies Big Data (variable indépendante) :**

Cet axe explore la perception de l'introduction du Big Data au sein de SONATRACH :

- Contexte d'apparition de la technologie,
- Raisons stratégiques de son adoption,
- Réactions internes à cette transformation,
- Degré d'appropriation des outils numériques,
- Freins ou facilitateurs du changement.

Les questions permettent de cerner à la fois les aspects techniques et humains de cette évolution, notamment la formation, l'acceptabilité et la résistance potentielle au changement.

### **1.4.3. Gestion des données (variable dépendante) :**

Ici, l'entretien se focalise sur les effets concrets de l'usage du Big Data sur les pratiques de gestion de l'information :

- Amélioration de la qualité des données,
- Impact sur la prise de décision (rapidité, fiabilité),
- Réorganisation des échanges interservices,
- Changements dans la collaboration entre équipes.

Les données recueillies dans cette section permettront d'évaluer dans quelle mesure les outils Big Data ont redéfini les pratiques managériales et organisationnelles.

### **1.4.4. Perspectives et avenir du Big Data**

Enfin, le dernier axe adopte une posture prospective :

- Attentes vis-à-vis du développement futur du Big Data,
- Conditions à réunir pour maximiser le rôle positif du Big Data dans l'organisation
- Risques ou limites anticipés par les professionnels.

Ce dernier axe permet de collecter des visions stratégiques sur le long terme, utiles pour formuler des recommandations réalistes.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Chaque entretien débute par une introduction lue à voix haute, qui rappelle les objectifs, la confidentialité et la durée prévue, et se termine par une conclusion remerciant le participant et l'invitant à poser des questions ou demander un retour des résultats.

### **1.5. Tri et pré-validation du guide d'entretien :**

#### **1.5.1. Processus de tri et pré-validation du guide d'entretien :**

Le processus de tri et de pré-validation du guide d'entretien est essentiel pour garantir la qualité des données collectées. Une fois le guide d'entretien rédigé, il est soumis à un examen minutieux pour identifier et éliminer les questions ambiguës ou redondantes. Ce tri permet de s'assurer que chaque question est pertinente et contribue à l'objectif de l'enquête. Ensuite, le guide d'entretien est testé auprès d'un petit groupe de répondants représentatifs de l'échantillon. Cette pré-validation permet de vérifier la clarté des questions, la compréhension des termes utilisés, et la fluidité du déroulement de l'entretien. Les retours obtenus lors de cette phase sont utilisés pour ajuster et améliorer le guide d'entretien avant sa diffusion à grande échelle.

#### **1.5.2. Méthodes utilisées pour assurer la validité et la fiabilité du guide d'entretien :**

Pour garantir la validité et la fiabilité du guide d'entretien, plusieurs méthodes sont employées :

- **Revue par des experts :** Le guide d'entretien est examiné par des spécialistes du domaine pour s'assurer de la pertinence et de la précision des questions. Leurs commentaires et suggestions sont intégrés pour améliorer la qualité du guide d'entretien.
- **Test pilote :** Une version préliminaire du guide d'entretien est testée auprès d'un petit échantillon de l'échantillon. Cette étape permet de recueillir des retours sur la clarté des questions, la compréhension des termes, et la pertinence des réponses. Les ajustements nécessaires sont effectués en fonction des retours obtenus.
- **Validation croisée :** Les résultats obtenus sont comparés avec des données externes ou des études précédentes pour vérifier leur cohérence et leur validité. Cette méthode permet de s'assurer que les conclusions tirées du guide d'entretien sont robustes et fiables.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

### 1.6. Variable de mesure :

#### 1.6.1. Identification des variables de mesure :

Conscients de cela, nous avons identifié les variables suivantes qui nous aideront à déterminer les résultats du rôle du Big Data dans Sonatrach : les taux de qualité des données informelles et traitables sont critiques pour le reste des mesures de l'enquête, notamment pour établir :

- La fiabilité et la validité ;
- La qualité de données ;
- Efficacité des process ;
- Prise de décision ;
- Collaboration interdépartementale ;
- Satisfaction des employés ;
- Coût des opérations.

#### 1.6.2. Explication de chaque variable et son importance pour l'étude

Nous décrirons ici le contenu de chacune des variables suivantes définies dans l'une des parties précédentes de ce travail. Il est nécessaire de comprendre exactement pourquoi les variables ci-dessus sont choisies.

- **La qualité de données :** Cela correspond à la fiabilité avec laquelle Sonatrach peut compter sur ses données. Une meilleure qualité de données informelles est toujours meilleure pour les activités tant en temps que les résultats. Cela aide également à prévenir les erreurs qui ne font que détruire la confiance évoquée dans le point « cadre théorique »;
- **Efficacité des processus :** L'efficacité des données détermine dans quelle mesure les processus relatifs aux données sont transformés en investissements financiers, et combien il peut apporter et réduire les pertes de Sonatrach ;
- **Prise de décision :** Cela nous aidera à comprendre comment le Big Data a changé les processus les plus logiques ou intuitifs et à quel point les intervalles de décision parfois critiques sont longs ou courts ;

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

- **Collaboration interdépartementale** : Celle qui concerne le partage et l'utilisation des données entre les équipes de différentes divisions. Cela est particulièrement pertinent du point de vue du travail d'équipe grâce aux résultats des tâches précédentes.

### 2. Données :

Dans cette partie, nous allons nous pencher sur les données utilisées pour notre enquête sur le rôle du Big Data sur la gestion des données chez Sonatrach. Nous allons décrire les outils de collecte de données, l'échantillon, la taille de l'échantillon, la méthode d'échantillonnage, et les techniques de traitement des données. Ces éléments sont essentiels pour garantir la rigueur et la pertinence de notre étude. En analysant les données recueillies, nous espérons obtenir des insights précieux sur les pratiques de gestion des données et les effets de l'intégration du Big Data au sein de l'organisation. Cette partie fournira une base solide pour interpréter les résultats de l'enquête et formuler des recommandations pertinentes.

#### 2.1. Outil de collecte de données :

Pour mener notre enquête sur le rôle du Big Data sur la gestion des données chez Sonatrach, nous avons utilisé plusieurs outils de collecte de données. Ces outils nous permettent de recueillir des informations variées et approfondies, essentielles pour une analyse qualitative complète.

- **Entretiens semi-structurés** : Les entretiens semi-structurés sont des conversations guidées par un ensemble de questions prédéfinies, mais qui laissent de la place à l'expression libre des répondants. Cette méthode est particulièrement utile pour explorer les perceptions et les expériences des cadres concernant l'intégration du Big Data. Elle permet de recueillir des données détaillées et nuancées, tout en offrant la flexibilité nécessaire pour approfondir certains sujets en fonction des réponses obtenues.
- **Observations** : Les observations impliquent de surveiller directement les pratiques et les processus de gestion des données au sein de Sonatrach. Cette méthode permet de comprendre comment le Big Data est réellement utilisé dans le quotidien de l'organisation. Les observations fournissent des insights précieux sur les interactions entre les cadres et les technologies de Big Data, ainsi que sur les défis pratiques rencontrés lors de leur utilisation.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

- **Analyse de documents internes** : L'analyse de documents internes consiste à examiner les rapports, les politiques, les procédures et les autres documents pertinents de Sonatrach. Cette méthode permet de comprendre les cadres théoriques et les stratégies adoptées par l'organisation pour intégrer le Big Data. Elle offre également une perspective sur les résultats obtenus et les ajustements nécessaires pour optimiser l'utilisation du Big Data.

### 2.2. L'échantillon de l'étude :

**Définition de l'échantillon** : L'échantillon de cette étude comprend les cadres de Sonatrach qui sont directement impliqués dans la gestion des données et l'intégration du Big Data. Ces cadres jouent un rôle crucial dans la mise en œuvre et l'utilisation des technologies de Big Data au sein de l'organisation. Ils possèdent une connaissance approfondie des processus de gestion des données et des défis associés à l'intégration de nouvelles technologies.

En ciblant l'échantillon spécifique, nous pouvons obtenir des insights précieux sur les pratiques actuelles, les perceptions des cadres, et le rôle du Big Data sur la gestion des données. Les participants à l'étude incluent des gestionnaires de données, des ingénieurs en informatique, et d'autres professionnels qui interagissent régulièrement avec les systèmes de Big Data. Leur expérience et leurs perspectives sont essentielles pour comprendre les facteurs de succès et les contraintes liés à l'intégration du Big Data chez Sonatrach.

### 2.3. Taille de l'échantillon :

#### 2.3.1. Justification de la taille de l'échantillon (5 cadres) :

Pour cette étude, nous avons choisi un échantillon de 5 cadres de Sonatrach. Cette taille d'échantillon est justifiée par la nature qualitative de notre recherche, qui vise à obtenir des insights détaillés et approfondis plutôt qu'à généraliser les résultats à un large échantillon. Cette taille d'échantillon est justifiée par la nature qualitative de notre recherche, qui vise à obtenir des insights détaillés et approfondis plutôt qu'à généraliser les résultats à un large échantillon. En recherche qualitative, l'objectif principal n'est pas la représentativité statistique mais la profondeur d'analyse. Le choix de cinq participants se fonde sur le principe de saturation des données, c'est-à-dire le moment où les entretiens n'apportent plus d'informations nouvelles car des similitudes récurrentes apparaissent dans les discours.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Cette redondance thématique observée après plusieurs entretiens permet de confirmer que les perceptions clés ont été suffisamment explorées. De plus, dans des contextes organisationnels comme SONATRACH, où les processus sont souvent uniformisés à travers les départements, un nombre restreint mais ciblé de cadres permet d'obtenir des retours cohérents et représentatifs des réalités vécues sur le terrain, tout en respectant les contraintes de temps et d'accessibilité du terrain.

En travaillant avec un petit groupe de participants, nous pouvons mener des entretiens plus approfondis et recueillir des données riches et nuancées. Cela nous permet de mieux comprendre les expériences individuelles et les perceptions des cadres concernant l'intégration du Big Data dans la gestion des données.

### 2.3.2. Critères de sélection des participants :

Les participants à cette étude ont été sélectionnés en fonction de plusieurs critères spécifiques :

- **Implication dans la gestion des données** : Les cadres sélectionnés doivent être directement impliqués dans la gestion des données et l'utilisation des technologies de Big Data au sein de Sonatrach. Leur rôle doit inclure des responsabilités liées à la collecte, au traitement, à l'analyse ou à la gestion des données.
- **Expérience avec le Big Data** : Les participants doivent avoir une expérience pratique avec les outils et technologies de Big Data, tels que Hadoop, Spark, ou des bases de données NoSQL. Cette expérience est essentielle pour fournir des insights pertinents sur les défis et les avantages de l'intégration du Big Data.
- **Diversité des rôles** : Pour obtenir une perspective complète, nous avons sélectionné des cadres occupant différents rôles au sein de l'organisation, tels que des gestionnaires de données, des analystes, des ingénieurs en informatique, et d'autres professionnels impliqués dans la gestion des données.
- **Disponibilité et volonté de participer** : Les participants doivent être disponibles et disposés à participer à des entretiens approfondis. Leur engagement est crucial pour garantir la qualité et la profondeur des données recueillies.
-

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

### 2.4. Méthode d'échantillonnage :

#### 2.4.1. Raisons du choix de cette méthode :

Le choix de l'échantillonnage intentionnel est justifié par plusieurs raisons :

- **Pertinence des participants** : En sélectionnant des participants qui sont directement impliqués dans la gestion des données et l'utilisation du Big Data, nous pouvons obtenir des insights plus pertinents et détaillés. Ces participants ont une compréhension approfondie des processus et des défis associés à l'intégration du Big Data.
- **Richesse des données** : La méthode d'échantillonnage intentionnel permet de recueillir des données riches et nuancées. Les participants sélectionnés ont des expériences variées et des perspectives uniques, ce qui enrichit la qualité des informations obtenues.
- **Efficacité de l'étude** : En ciblant des individus spécifiques, nous pouvons mener des entretiens plus approfondis et ciblés. Cela permet de maximiser l'efficacité de l'étude en obtenant des réponses détaillées et en explorant des aspects spécifiques de l'intégration du Big Data.
- **Flexibilité** : L'échantillonnage intentionnel offre la flexibilité nécessaire pour ajuster la sélection des participants en fonction des besoins de l'étude. Si des thèmes ou des questions supplémentaires émergent au cours de l'enquête, nous pouvons inclure des participants supplémentaires qui possèdent des connaissances pertinentes.

#### 2.4.2. Description des participants :

L'enquête repose sur les témoignages de cinq (05) cadres de SONATRACH, occupant des postes stratégiques et opérationnels dans la gestion, le traitement, et la valorisation des données. Le choix de ces participants repose sur un échantillonnage intentionnel, centré sur des profils directement impliqués dans des projets liés au Big Data ou à la gouvernance des données.

Les participants sont :

- **I.B** : Ingénieure en développement informatique depuis 2018. Elle occupe un rôle opérationnel-clé dans la structuration, la sécurité et l'accessibilité des bases de données de l'entreprise. Elle a activement participé à des projets de migration vers des systèmes intelligents.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

- **G.N:** Cheffe du département des études d'organisation à la direction Corporate SPA, avec 29 ans d'expérience. Elle occupe en relation avec l'élaboration et la signature de rapports organisationnels.
- **D.Y:** est ingénieur en informatique, spécialisé dans la maintenance Applicative depuis deux ans. Il intervient dans la génération et l'exploitation de données à partir de systèmes internes, en lien avec la sécurité industrielle et les ressources humaines. Bien qu'il n'occupe pas un poste de direction, son rôle est essentiel dans le soutien aux processus opérationnels et la gestion des données au sein de l'entreprise.
- **E.I :** Cheffe de département en gestion manuel général d'organisation (MGO) banque de données, avec plus de 20 ans d'ancienneté. Son service est responsable du stockage, de la diffusion et de l'archivage des décisions au sein de SONATRACH.
- **L.K :** Ancienne directrice du Data Management, avec 21 ans d'expérience. Elle a une vision très structurée de la donnée, qu'elle considère comme une ressource stratégique devant être exploitée à travers des approches analytiques solides, comme la régression linéaire, elle est actuellement cheffe de projet, (c'est toutes les décisions de type A, B, D et E (A c'est les décisions d'organisation, B délégations de pouvoirs, D directives et politiques, E procédures et chartes d'entreprise)

Ces cinq profils couvrent à la fois des fonctions opérationnelles, techniques et stratégiques, garantissant ainsi une diversité d'angles d'analyse et une richesse d'information. La présence de participants ayant des niveaux d'ancienneté variés (de 2 à 29 ans) permet également d'observer les écarts générationnels et culturels dans l'appropriation des technologies émergentes.

**Tableau 4: Tableau des interviewées.**

Profil	Niveau d'instruction	Sexe	Durée de l'interview
I.B	Ingénieure en développement informatique	Femme	40 min
E.I	Cheffe de département gestion MGO et banque de donnée	Femme	35 min
G.N	Cheffe du département études d'organisation à la direction Corporate SP	Femme	45 min

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

L.K	Chef de projet de toutes les décisions de type A, B, D et E par le PDG	Femme	29 min
D.Y	Ingénieur en informatique	Homme	30 min

Source : élaboré par nous même

### 2.5. Approche de traitement des données :

#### 2.5.1. Techniques d'analyse des données (analyse thématique) :

Pour analyser les données recueillies lors de notre enquête, nous avons utilisé l'analyse thématique. Cette technique permet d'identifier, d'analyser et de rapporter les motifs (ou thèmes) présents dans les données qualitatives. L'analyse thématique est particulièrement adaptée pour explorer les perceptions et les expériences des participants, en mettant en lumière les aspects récurrents et significatifs de leurs réponses. Le processus d'analyse thématique comprend plusieurs étapes :

- **Familiarisation avec les données** : La première étape consiste à lire et relire les données recueillies pour se familiariser avec leur contenu. Cela permet de comprendre le contexte et de repérer les éléments clés.
- **Codage initial** : Ensuite, les données sont codées de manière systématique. Chaque segment de texte pertinent est attribué à un code qui représente un thème ou une idée spécifique.
- **Recherche de thèmes** : Les codes sont ensuite regroupés pour former des thèmes. Cette étape permet de structurer les données et de mettre en évidence les motifs récurrents.
- **Révision des thèmes** : Les thèmes identifiés sont révisés pour s'assurer de leur pertinence et de leur cohérence. Certains thèmes peuvent être fusionnés ou subdivisés en fonction de leur contenu.
- **Définition et dénomination des thèmes** : Chaque thème est défini et nommé de manière claire et précise. Cette étape permet de préparer les thèmes pour la présentation finale.

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

- **Rédaction du rapport** : Enfin, les thèmes sont rapportés de manière détaillée, en incluant des exemples et des citations des données recueillies. Cela permet de présenter les résultats de manière compréhensible et convaincante.

### 2.6. Logiciels utilisés (NVivo) :

Pour faciliter l'analyse thématique, nous avons utilisé le logiciel NVivo.

NVivo est un outil puissant pour l'analyse qualitative des données. Il permet de gérer, organiser et analyser de grandes quantités de données textuelles et multimédias. Voici quelques fonctionnalités clés de NVivo qui ont été particulièrement utiles pour notre étude :

- **Codage des données** : NVivo offre des outils de codage efficaces qui permettent d'attribuer des segments de texte à des codes de manière rapide et systématique.
- **Recherche de motifs** : Le logiciel facilite la recherche de motifs et de thèmes dans les données, en offrant des visualisations et des rapports détaillés.
- **Gestion des données** : NVivo permet de gérer et d'organiser les données de manière structurée, en offrant des options de classement et de catégorisation.
- **Collaboration** : Le logiciel offre des fonctionnalités de collaboration qui permettent à plusieurs chercheurs de travailler ensemble sur l'analyse des données.

En utilisant NVivo, nous avons pu mener une analyse thématique rigoureuse et approfondie, garantissant la qualité et la fiabilité des résultats obtenus.

### Section 02 : Présentation de l'organisme d'accueil

Dans cette section, nous allons présenter l'organisme d'accueil, Sonatrach, en fournissant un aperçu de son histoire, de ses principales missions, et de sa structure organisationnelle. Sonatrach, en tant que leader de l'industrie pétrolière et gazière en Algérie, joue un rôle crucial dans l'économie nationale et internationale. Nous examinerons également le département de gestion des données, en mettant en lumière son rôle dans l'intégration des technologies émergentes, notamment le Big Data. Cette présentation permettra de contextualiser notre étude et de comprendre l'environnement dans lequel l'intégration du Big Data se déroule. En offrant une

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

vue d'ensemble de Sonatrach et de ses pratiques de gestion des données, nous pourrions mieux apprécier les défis et les opportunités liés à l'utilisation du Big Data au sein de l'organisation.

### 1. Présentation du groupe SONATRACH :

#### 1.1. Historique de SONATRACH :

Sonatrach, acronyme de "Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures", a été créée le 31 décembre 1963, peu après l'indépendance de l'Algérie. Initialement, Sonatrach se concentrait sur le transport et la commercialisation des hydrocarbures. En 1964, elle a lancé la construction du premier oléoduc algérien, OZ1, reliant Haoud El Hamra à Arzew. Au fil des années, Sonatrach a élargi ses activités pour inclure la recherche, la production, et la transformation des hydrocarbures. En 1971, l'entreprise a connu une transformation majeure avec la nationalisation des hydrocarbures, ce qui lui a permis de gérer et de développer toutes les branches de l'industrie pétrolière et gazière algérienne.

Sonatrach a joué un rôle clé dans le développement économique de l'Algérie, en contribuant de manière significative aux recettes fiscales du pays et en assurant la sécurité énergétique nationale. L'entreprise a également été pionnière dans l'exploration et la production de gaz naturel liquéfié (GNL), avec la mise en service du premier complexe de liquéfaction de gaz naturel en 1964. Aujourd'hui, Sonatrach est un acteur majeur de l'industrie pétrolière et gazière, surnommé la "major africaine". Elle est classée comme la première entreprise d'Afrique et la 12ème compagnie pétrolière mondiale.

Au fil des décennies, Sonatrach a continué à évoluer et à s'adapter aux défis de l'industrie énergétique mondiale. L'entreprise a investi dans des technologies de pointe et a développé des partenariats internationaux pour renforcer sa position sur le marché global. Sonatrach a également diversifié ses activités en explorant de nouvelles sources d'énergie et en adoptant des pratiques durables pour réduire son empreinte carbone. Ces efforts ont permis à Sonatrach de rester compétitive et de contribuer activement à la transition énergétique mondiale. (SONATRACH, Historique et evolution du SONATRACH, 2012)

#### 1.2. Principales missions de SONATRACH :

Les missions de Sonatrach sont multiples et stratégiques pour l'économie algérienne. Elles incluent :

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

- **Satisfaire les besoins nationaux en hydrocarbures** : Sonatrach veille à ce que l'Algérie dispose des ressources énergétiques nécessaires pour répondre à la demande interne. Cela inclut la production et la distribution de pétrole, de gaz naturel, et de produits dérivés pour alimenter les industries et les ménages algériens.
- **Maximiser les revenus du pays** : L'entreprise travaille à maximiser les revenus issus des hydrocarbures à court, moyen et long terme, contribuant ainsi de manière significative aux recettes fiscales du pays. Sonatrach joue un rôle crucial dans l'économie nationale en générant des revenus qui soutiennent le développement infrastructurel et social de l'Algérie.
- **Participer au développement économique** : En tant que locomotive de l'économie nationale, Sonatrach joue un rôle crucial dans le développement économique de l'Algérie. L'entreprise investit dans des projets de développement, crée des emplois, et soutient les initiatives locales pour améliorer la qualité de vie des citoyens.
- **Consolider sa position sur le marché international** : Sonatrach s'efforce de maintenir et de renforcer sa compétitivité sur les marchés internationaux, notamment dans le secteur gazier. L'entreprise exporte ses produits vers divers pays, établissant des relations commerciales solides et contribuant à la stabilité énergétique mondiale.
- **Transition énergétique** : L'entreprise est engagée dans la réduction de l'empreinte carbone de ses activités et l'introduction de solutions à bas carbone. Sonatrach investit dans des technologies vertes, explore des sources d'énergie renouvelable, et adopte des pratiques durables pour minimiser son impact environnemental.

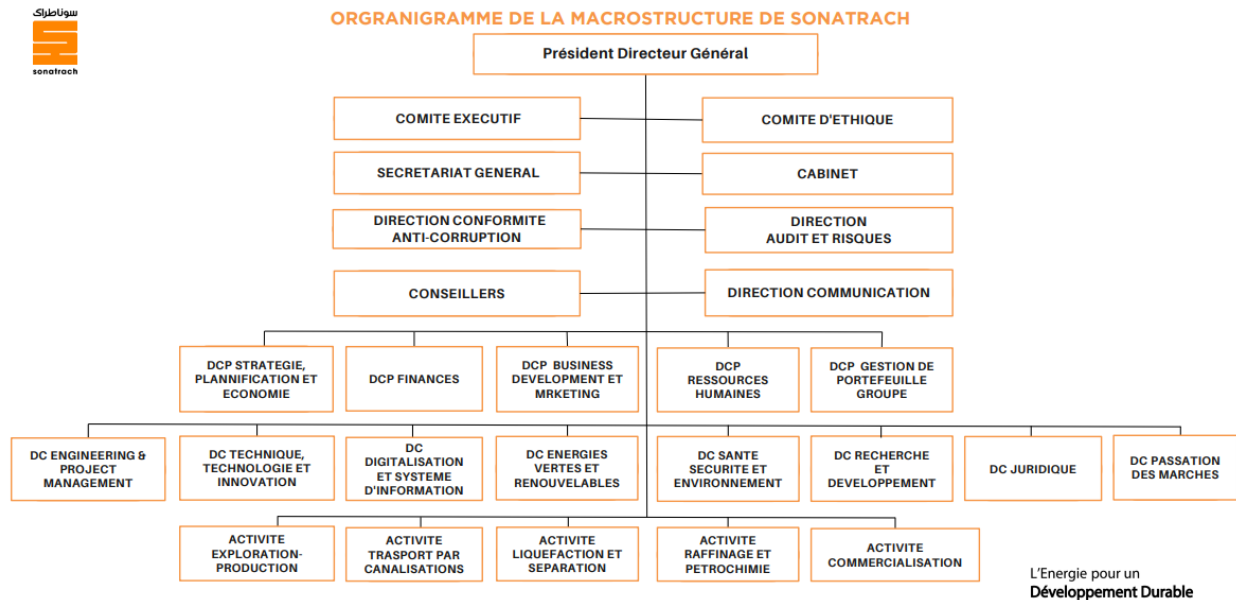
Sonatrach est également impliquée dans la transformation des hydrocarbures, permettant de renforcer l'intégration des activités de l'entreprise en amont et en aval. Elle joue un rôle clé dans la commercialisation des hydrocarbures, en renforçant sa position sur les marchés internationaux, notamment gaziers. En outre, Sonatrach est engagée dans la transition énergétique, axée sur la réduction de l'empreinte carbone des activités d'hydrocarbures et l'introduction de solutions à bas carbone. (SONATRACH, sonatrach, 2022)

Ces missions reflètent l'engagement de Sonatrach à soutenir l'économie algérienne tout en s'adaptant aux défis mondiaux de l'industrie énergétique. L'entreprise continue de jouer un rôle

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

moteur dans la dynamique du développement de l'économie du pays, tant en Algérie qu'à l'étranger.

**Figure 9:** Organigramme de la structure de SONATRACH



Source : Document interne

### 2. Choix de stage

Le choix de stage est une étape cruciale dans le parcours académique et professionnel des étudiants. Pour cette étude, le stage a été effectué au sein de Sonatrach, une entreprise leader dans le secteur pétrolier et gazier en Algérie. Ce choix n'a pas été fait au hasard, mais repose sur plusieurs raisons stratégiques et pédagogiques.

#### 2.1. Raisons du choix de Sonatrach pour le stage :

- **Réputation et expertise** : Sonatrach est reconnue comme la plus grande entreprise d'Algérie et l'une des principales compagnies pétrolières et gazières au monde. Travailler au sein de cette entreprise offre une opportunité unique d'acquérir une expérience précieuse et de bénéficier de l'expertise de professionnels de haut niveau.
- **Exposition aux technologies de pointe** : Sonatrach est à la pointe de l'innovation dans le secteur énergétique, notamment en ce qui concerne l'intégration des technologies de Big Data. Effectuer un stage chez Sonatrach permet d'être exposé à des outils et des pratiques

## CHAPITRE 02 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

de gestion des données avancés, ce qui est essentiel pour comprendre les défis et les opportunités liés à l'utilisation du Big Data.

- **Impact sur l'économie nationale** : En tant que pilier de l'économie algérienne, Sonatrach joue un rôle crucial dans le développement économique du pays. Participer à un stage au sein de cette entreprise permet de contribuer directement à des projets ayant un impact significatif sur l'économie nationale.
- **Opportunités de développement professionnel** : Sonatrach offre un environnement de travail dynamique et stimulant, propice au développement des compétences professionnelles. Les stagiaires ont l'opportunité de travailler sur des projets réels, de collaborer avec des experts du secteur et de développer un réseau professionnel solide.
- **Alignement avec les objectifs de l'étude** : Le choix de Sonatrach pour le stage est également aligné avec les objectifs de cette étude, qui vise à analyser le rôle du Big Data sur la gestion des données. Travailler directement au sein de l'entreprise permet de recueillir des données pertinentes et de mener une analyse approfondie des pratiques de gestion des données.

### Conclusion du chapitre 1 :

En conclusion, le choix de Sonatrach pour le stage a été motivé par la réputation de l'entreprise, l'exposition aux technologies de pointe, l'impact sur l'économie nationale, les opportunités de développement professionnel, et l'alignement avec les objectifs de l'étude. Ce stage représente une opportunité unique d'acquérir une expérience précieuse et de contribuer à des projets stratégiques au sein d'une entreprise leader dans le secteur énergétique.

# **CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION**

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

Ce chapitre se structure en plusieurs sections. Dans un premier temps, nous présentons le profil des participants et les modalités de collecte des données, afin de contextualiser les résultats. Ensuite, nous décrivons les méthodes d'analyse utilisées, en particulier l'analyse thématique, et les outils mobilisés. La section suivante expose les principaux résultats issus de cette analyse, regroupés en thèmes émergents illustrés par des extraits d'entretien. Enfin, nous discutons de la portée de ces résultats, en lien avec la littérature existante et les enjeux spécifiques de SONATRACH.

L'objectif de ce chapitre n'est pas seulement de rapporter les opinions recueillies, mais de leur donner du sens, en montrant comment elles reflètent les dynamiques internes de l'organisation et les transformations en cours dans le cadre de la digitalisation des processus. Il s'agit de faire émerger des éléments d'interprétation solides pour alimenter les recommandations formulées dans la conclusion de ce mémoire.

Ce chapitre expose les principaux résultats issus de l'étude qualitative réalisée au sein de l'entreprise SONATRACH. Celle-ci vise à analyser la perception, les pratiques, les bénéfices et les obstacles associés à l'intégration du Big Data dans la gestion des données. L'analyse s'appuie sur des entretiens semi-directifs menés auprès de plusieurs cadres et spécialistes en systèmes d'information et en gestion des données. Cette démarche permet d'explorer les dynamiques organisationnelles ainsi que les enjeux stratégiques liés à l'exploitation des données massives dans un environnement spécifique.

L'analyse se structure selon plusieurs approches complémentaires, inspirées du cadre méthodologique adopté :

- Une approche lexicale, pour repérer les termes récurrents et concepts dominants dans les discours ;
- Une approche linguistique, visant à analyser le style d'expression et la construction des propos ;
- Une approche thématique, pour identifier les grandes lignes de réflexion et les expériences relatives à l'usage du Big Data au sein de SONATRACH.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 3. Analyse des données :

L'analyse des données constitue l'ossature empirique de ce travail de recherche. Elle permet de passer de l'observation à la compréhension, en transformant les discours recueillis lors des entretiens en éléments d'interprétation riches et structurés. Dans cette section, nous allons détailler comment les données ont été traitées, analysées et interprétées, en suivant les principes de rigueur propres à une recherche qualitative.

Nous avons adopté une approche inductive, fondée sur l'émergence de thèmes à partir du contenu des entretiens. Cette méthode nous a permis d'explorer en profondeur les perceptions, représentations, et expériences des cadres de SONATRACH face à l'intégration des technologies Big Data dans la gestion des données. Les réponses obtenues sont à la fois diversifiées et complémentaires, reflétant la complexité du terrain organisationnel et technologique dans lequel évolue l'entreprise.

Avant de présenter les outils méthodologiques d'analyse mobilisés, il convient d'abord d'exposer les caractéristiques des données collectées, à travers une présentation détaillée des profils des répondants et du contexte des entretiens.

#### 3.1. Présentation des données :

##### 3.1. Contexte des entretiens :

Les entretiens ont été conduits dans le cadre d'une étude de type qualitatif visant à comprendre le rôle du Big Data sur la gestion des données au sein de SONATRACH. Chaque entretien a duré entre 30 et 45 minutes, et s'est déroulé dans un climat de confidentialité et de confiance, favorisé par l'anonymisation des réponses et l'objectif purement académique de l'étude.

Le guide d'entretien, structuré autour de quatre axes (Données Générales, Technologies Big Data, gestion des données, Perspectives d'évolution), a permis d'orienter la discussion tout en laissant une liberté d'expression aux répondants. Cette semi-directivité a favorisé l'émergence de discours authentiques, riches en exemples concrets et en réflexions personnelles.

Les entretiens ont été réalisés en présentiel pour certains participants, et à distance pour d'autres, en fonction de la disponibilité et des contraintes de chaque interlocuteur.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

Il est important de noter que le contexte de ces entretiens s'inscrit dans une dynamique de transformation digitale de l'entreprise. Certains départements ont déjà amorcé leur transition vers l'exploitation des données massives, tandis que d'autres en sont encore à la phase de réflexion ou d'adaptation. Cette hétérogénéité est précieuse pour l'analyse, car elle reflète la réalité fragmentée de l'implémentation du Big Data dans les grandes entreprises.

Enfin, ces entretiens ont été menés à un moment où SONATRACH s'intéresse de plus en plus aux innovations technologiques pour rester compétitive face aux enjeux économiques, environnementaux et géopolitiques qui redéfinissent le secteur énergétique. Les témoignages recueillis s'inscrivent donc dans une temporalité stratégique et fournissent un éclairage concret sur les enjeux liés à la modernisation des pratiques de gestion de l'information.

### **3.2. Méthodes d'analyse utilisées :**

#### **3.2.1. Approche qualitative :**

Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour une approche qualitative, qui s'est imposée comme la plus pertinente au vu de la nature exploratoire de notre problématique. L'objectif central de cette recherche étant de comprendre en profondeur comment l'intégration des technologies émergentes, et plus particulièrement du Big Data, influence la gestion des données chez SONATRACH, il est apparu essentiel de privilégier une méthode permettant d'accéder à la richesse des discours, aux perceptions individuelles, et aux représentations collectives des acteurs impliqués.

Contrairement à une approche quantitative, qui aurait permis de mesurer des corrélations entre variables, l'approche qualitative vise à mettre en lumière les logiques internes, les processus de changement, les résistances, et les dynamiques d'appropriation des nouvelles technologies par les employés. Elle s'adapte parfaitement aux phénomènes complexes, évolutifs, et fortement contextuels, comme c'est le cas ici.

Cette démarche s'inscrit dans une logique interprétative : il ne s'agit pas simplement de recueillir des faits, mais d'explorer le sens que les individus attribuent à leur expérience du Big Data, aux transformations organisationnelles qu'ils vivent, et aux outils qu'ils utilisent au quotidien. Les entretiens semi-directifs menés auprès de cinq collaborateurs de SONATRACH ont ainsi permis de générer un corpus riche et nuancé, propice à une analyse qualitative rigoureuse.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

L'approche qualitative choisie repose sur le principe d'induction analytique : ce sont les données elles-mêmes, à travers les discours recueillis, qui ont orienté l'identification des thématiques. Aucune hypothèse rigide n'a été formulée a priori ; au contraire, les catégories d'analyse ont émergé au fil du travail de codage, permettant d'adapter notre grille de lecture aux réalités du terrain.

En résumé, cette approche qualitative a permis :

- Une immersion dans le contexte réel de gestion des données chez SONATRACH.
- Une exploration des dimensions subjectives et humaines de la transformation digitale.
- Une analyse flexible et évolutive, en phase avec les spécificités du cas étudié.

### **3.2.2. Outils et logiciels utilisés pour l'analyse (NVivo) :**

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé le logiciel **NVivo** afin d'assurer une analyse qualitative rigoureuse et structurée des entretiens menés. NVivo a permis de coder, catégoriser et visualiser les données de manière systématique, en facilitant l'identification des thèmes émergents et des relations entre les concepts.

#### **a. Préparation et importation des données :**

Dans une configuration classique avec NVivo, la première étape consiste à importer les transcriptions des entretiens. Dans notre cas, les réponses de chaque participant ont été soigneusement transcrites à partir des enregistrements audios. Ces transcriptions ont ensuite été nettoyées pour éliminer les éléments non pertinents (bruits, hésitations) tout en conservant l'intégralité du contenu informationnel.

Chaque transcription a été importée dans NVivo et associée à une fiche d'identification associée (métadonnées : nom fictif, fonction, ancienneté, département, etc.). (Richards, (2005).)

#### **b. Codage thématique (Open Coding) :**

Le codage est l'étape centrale de l'analyse qualitative. Il consiste à attribuer à chaque segment de texte un code représentant une idée, un thème ou un concept. Dans notre cas, un codage ouvert a été réalisé sur les cinq transcriptions, à la recherche de mots-clés, d'expressions récurrentes, de formulations critiques, ou de détails révélateurs sur l'expérience du Big Data.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

Par exemple :

- Les segments mentionnant " collaboration interdépartementale améliorée" ont été codés sous "Travail collaboratif".
- Les passages évoquant la " formation insuffisante " ont été codés sous " Freins à l'intégration".
- Les éléments liés à la " sécurité des données sensibles " ont été classés sous " Risques perçus".

Ce codage initial a permis de générer un grand nombre de nœuds (nodes), c'est-à-dire de catégories analytiques.

### c. Regroupement des codes en thèmes (Axial Coding) :

La deuxième étape, appelée codage axial, consiste à regrouper les codes obtenus en thèmes principaux. Ces thèmes représentent les axes majeurs de réflexion qui structurent les résultats. À ce stade, nous avons observé l'émergence de plusieurs grappes de sens, notamment :

- Adoption technologique : facilité, obstacles, perception du changement ;
- Qualité des données et efficacité décisionnelle ;
- Collaboration et échanges interservices ;
- Formation et compétences numériques ;
- Risques liés à la transformation digitale.

Chaque thème regroupe plusieurs sous-catégories, et est illustré par des citations précises extraites du corpus. (Bazeley, (2013). )

### d. Analyse par requêtes et comparaisons (Querying) :

Dans NVivo, il est possible d'effectuer des requêtes complexes pour analyser les cooccurrences entre codes, comparer les réponses selon des critères (ancienneté, service, fonction), ou encore produire des visualisations (nuages de mots, matrices, graphiques).

Une requête a montré que les participants ayant plus de 20 ans d'ancienneté évoquent plus souvent les risques et réticences, tandis que les plus jeunes insistent sur les opportunités offertes par les technologies émergentes.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### e. Extraction des citations illustratives :

Pour chaque thème identifié, des citations représentatives ont été extraites. Ces extraits permettent de donner une voix directe aux répondants, et d'ancrer l'analyse dans la réalité du terrain. Ces verbatims seront présentés dans la section suivante, dans le cadre de la présentation des thèmes émergents.

### f. Synthèse et structuration des résultats :

Enfin, l'ensemble de cette analyse a permis de construire une grille thématique synthétique, organisée selon les grandes dimensions de l'étude :

- Perception et intégration du Big Data ;
- Transformation des pratiques de gestion des données ;
- Rôle du Big Data dans l'amélioration de la collaboration, de la prise de décision et des performances organisationnelles ;
- Obstacles, résistances et besoins en formation ;
- Représentations des risques et de l'avenir du Big Data chez SONATRACH.

## 4. Résultats principaux :

À l'issue de l'analyse approfondie des entretiens réalisés auprès des cinq collaborateurs ou cadres, ou ingénieurs de SONATRACH, plusieurs enseignements majeurs ont émergé.

Ces résultats constituent la partie la plus significative de ce travail de recherche, car ils donnent corps aux hypothèses formulées implicitement dans le cadre théorique et méthodologique. Ils traduisent, à travers les mots mêmes des participants, les perceptions, les pratiques, les freins et les espoirs liés à l'introduction du Big Data dans les processus de gestion des données de l'entreprise.

Conformément à l'approche qualitative adoptée, les résultats ont été organisés en thèmes récurrents issus du codage thématique du corpus. Ces thèmes ne résultent pas d'un classement arbitraire, mais de la répétition de concepts clés, d'expressions similaires, de ressentis partagés, et parfois, de divergences notables entre les profils. Leur émergence repose donc sur une logique inductive rigoureuse.

La diversité des profils interrogés, allant de jeunes collaborateurs techniques à des collaborateurs

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

Occupant des fonctions managériales expérimentées, a permis d'obtenir une vision nuancée de la

Réalité organisationnelle de SONATRACH. Certains expriment une expérience directe et Opérationnelle du Big Data, tandis que d'autres en ont une perception plus stratégique où Prospective, en fonction de leur service ou de leur ancienneté.

Dans cette section, chaque thème identifié sera présenté de manière détaillée, accompagné d'exemples concrets extraits des entretiens (verbatim), afin de conserver toute la richesse du discours des participants. Ces citations permettront également d'illustrer les nuances des vécus, tout en ancrant l'analyse dans la réalité de terrain.

L'objectif est double :

- D'une part, d'extraire des éléments clés sur la façon dont le Big Data est perçu et vécu dans l'environnement SONATRACH.
- D'autre part, d'identifier les implications concrètes sur les processus de gestion, de collaboration, de décision, ainsi que sur les obstacles techniques ou humains à l'adoption de cette technologie.

### 4.1. Approche lexicale :

Cette première analyse a pour objectif de repérer les termes les plus couramment utilisés par les cadres interrogés, afin de faire ressortir les idées centrales associées au rôle du Big Data dans la gestion des données au sein de SONATRACH. L'exploitation du nuage de mots, généré à partir des entretiens via le logiciel NVivo, permet ainsi de mettre en évidence les préoccupations dominantes, les concepts récurrents et les principaux champs lexicaux liés à cette problématique.

Figure 10 : Nuage de mots



*Source: Produit par nos soins en utilisant le logiciel NVIVO*

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

L'analyse lexicale réalisée révèle que les personnes interrogées accordent une attention particulière à plusieurs dimensions étroitement liées à la gestion des données à l'ère du Big Data. Parmi les termes les plus fréquemment cités figurent : données, gestion, SONATRACH, systèmes, analyse, sécurité, décision, outils, information, processus, risques et valeur.

### 4.1.1. Axe lexical Données et Gestion :

La centralité de ces deux mots-clés met en lumière la préoccupation majeure des participants quant à la gestion efficace de volumes de données en constante augmentation. Cela reflète une conscience accrue de la nécessité d'organiser, de traiter et de valoriser le capital informationnel de l'entreprise. Des notions connexes comme traitement, collecte ou encore stockage — souvent évoquées indirectement à travers les discussions sur les systèmes traduisent l'importance d'une maîtrise du cycle de vie des données.

### 4.1.2. Axe SONATRACH et Systèmes :

La forte présence du terme SONATRACH ancre l'analyse dans un cadre organisationnel précis, soulignant que les réflexions exprimées s'inscrivent dans la réalité et les enjeux propres à cette entreprise. Quant au mot systèmes, il est régulièrement lié aux systèmes d'information, illustrant l'importance des infrastructures technologiques et des plateformes nécessaires à la mise en œuvre des stratégies Big Data. D'autres expressions telles que technologie, infrastructure ou plateforme émergent également dans les verbatims analysés.

### 4.1.3. Axe Analyse et Décision :

La fréquence d'apparition des termes analyse et décision traduit l'un des objectifs fondamentaux associés au Big Data : tirer parti des données pour alimenter la réflexion stratégique et opérationnelle. Les participants évoquent souvent des expressions telles qu'aide à la décision, analyses prédictives ou encore tableaux de bord, ce qui témoigne d'une volonté de convertir les données en informations actionnables pour guider les choix de l'entreprise.

### 4.1.4. Axe Sécurité et Risques :

La récurrence de ces deux notions témoigne de préoccupations importantes concernant la manipulation de grandes masses de données, notamment sensibles. La gestion des risques liés à la gouvernance des données, la cybersécurité et la protection de la confidentialité apparaissent comme des défis majeurs soulevés par les personnes interrogées.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 4.1.5. Axe Outils et Valeur :

Le terme outils fait référence aux solutions technologiques mobilisées pour tirer parti du Big Data, tandis que valeur renvoie à l'objectif final de ces efforts : générer un gain concret, qu'il soit en termes d'efficacité, d'innovation ou d'avantage stratégique.

L'exploitation du nuage de mots met en lumière une cohérence dans les discours des participants autour de la nécessité, pour SONATRACH, de dominer la gestion de ses données à l'aide de systèmes performants et d'outils adaptés, dans le but de les analyser pour optimiser la décision. En parallèle, les enjeux de sécurité et de risques apparaissent comme des impératifs à maîtriser, le tout dans une optique de création de valeur. Ces éléments traduisent une compréhension claire des opportunités et des défis que représente le Big Data.

### 4.2. Approche linguistique :

L'analyse linguistique vise à examiner les différentes manières dont les participants s'expriment afin de mieux comprendre leur perception du rôle joué par le Big Data dans la gestion des données au sein de SONATRACH. Cette approche permet également de mettre en lumière les représentations sous-jacentes, les jugements portés, les éventuelles tensions ainsi que les prises de position personnelles.

L'interprétation suivante repose sur l'étude des verbatim issus des transcriptions, en se focalisant sur l'usage du langage par les répondants pour construire leur vision et leur discours autour du Big Data.

#### 4.2.1. Un discours affirmatif et syntaxiquement structuré :

Les propos recueillis se caractérisent par une syntaxe principalement assertive et factuelle. Les participants utilisent fréquemment des phrases déclaratives qui expriment des constats ou des opinions affirmées, comme dans les formulations telles que Le Big Data est une composante essentielle de la transformation digitale ou Le principal risque reste lié à la sécurité. Ce type de construction contribue à donner une impression d'objectivité et à appuyer les arguments sur des faits considérés comme solides ou sur des convictions bien ancrées. Néanmoins, certaines déclarations adoptent un ton plus réservé

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

ou modéré, à l'image d'il est prévu que les actions seront enregistrées, ce qui traduit une certaine prudence, voire un doute quant à la concrétisation des actions prévues, notamment en ce qui concerne les projets en cours ou à venir.

### **4.2.2. Usage des marqueurs argumentatifs et justificatifs :**

Les participants mobilisent fréquemment des connecteurs logiques tels que : donc, ainsi, de plus, par conséquent, cependant ou néanmoins, accompagnés de justifications explicites. Cela leur permet d'établir des liens clairs entre leurs constats, les enjeux stratégiques de l'entreprise et les difficultés identifiées. Cette démarche argumentative contribue à la cohérence de leurs discours, en soulignant comment les solutions liées au Big Data, qu'elles soient envisagées ou déjà mises en place, peuvent participer à l'amélioration des processus internes ou à une meilleure gestion des risques. Les interventions sont ainsi structurées autour d'une logique de cause à effet, reliant les différentes étapes d'intégration du Big Data aux résultats escomptés ou aux préoccupations exprimées. Au fur et à mesure des entretiens, cette construction se renforce par l'ajout d'éléments de justification plus précis, incluant parfois des indicateurs concrets ou souhaités, traduisant une conviction croissante quant à l'efficacité ou aux limites de ces technologies.

### **4.2.3. Tonalité et style discursif :**

Le discours des participants adopte majoritairement un registre technique et formel, en adéquation avec le cadre professionnel et institutionnel de SONATRACH. Ce choix stylistique renforce l'image d'une gestion des données fondée sur des technologies avancées, orientée vers la performance et la sécurité. Par moments, le discours prend une tournure plus persuasive, notamment pour valoriser la solidité des solutions proposées ou insister sur l'urgence de certaines priorités, comme la formation ou la cybersécurité. Au début des échanges, toutefois, le ton se voulait plus mesurer, centré sur la prévention des risques et marqué par une certaine réserve quant à l'efficacité immédiate des dispositifs. Progressivement, une évolution se dessine vers une expression plus assurée, traduisant

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

l'influence des résultats positifs attendus ou observés dans d'autres contextes, qui semblent avoir renforcé la confiance des acteurs interrogés. Par ailleurs, les premières tentatives de relativiser les difficultés techniques apparaissent désormais moins fréquentes, ce qui peut indiquer une meilleure prise en main des enjeux ou une compréhension plus approfondie des défis rencontrés.

### **4.2.4. Modalités d'expression et degrés d'engagement :**

Les participants emploient régulièrement des verbes modaux et des structures conditionnelles telles que pourrait faciliter, devrait permettre ou il serait nécessaire. Ce type de formulations met en évidence une volonté de valoriser les apports du Big Data, tout en reconnaissant que certaines conditions doivent être réunies pour concrétiser ces bénéfices. Ces modalisateurs traduisent une confiance dans le potentiel des technologies numériques, mais aussi une conscience des limites et des obstacles existants. Dans les premières étapes des entretiens, les propos étaient plus prudents, utilisant des expressions comme pourrait faciliter ou on peut espérer que, témoignant d'une attitude d'anticipation mêlée à une attente positive des retombées. L'évolution des formulations indique une transition d'un discours prospectif vers une reconnaissance progressive des bénéfices déjà constatés ou en voie de réalisation.

L'analyse linguistique réalisée avec le logiciel NVivo a permis de dégager la manière dont les intervenants construisent un discours structuré autour du Big Data et de la gestion des données chez SONATRACH. Cette dynamique discursive, marquée par l'évolution des choix lexicaux et des modalités d'expression, reflète le processus de légitimation des transformations techniques et organisationnelles. En valorisant les apports des systèmes numériques, les participants contribuent à ancrer ces changements dans une perspective d'amélioration continue. Le passage d'un discours hypothétique à un discours fondé sur des résultats perçus positifs montre une adhésion croissante à ces technologies et renforce la crédibilité des initiatives engagées pour moderniser la gestion de l'information au sein de l'entreprise.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 4.3. Approche thématique :

L'approche thématique adoptée vise à analyser les entretiens réalisés avec les cadres et experts de SONATRACH, dans le but d'identifier les principales dimensions liées au rôle, aux opportunités et aux défis associés à l'utilisation du Big Data dans la gestion des données. Ces thématiques sont ensuite approfondies afin d'évaluer leur portée sur les pratiques managériales et les orientations stratégiques de l'entreprise.

Dans le cadre de notre étude, plusieurs axes d'analyse ont émergé à partir des propos recueillis (codification des participants : Ines\_Bo, Youcef, Réponse 2, Réponse 3, Réponse 4), sur la base des transcriptions initiales.

### 5. Analyse et interprétation des résultats des entretiens :

#### 5.1. Perception et Potentiel Stratégique du Big Data :

Ce premier axe s'intéresse à la manière dont les acteurs de SONATRACH perçoivent le Big Data, ainsi qu'à la valeur stratégique qu'ils lui accordent en matière de gestion des données et d'amélioration de la performance globale de l'entreprise.

Les différentes réponses recueillies révèlent une vision très positive du Big Data, perçu comme un moteur clé de la transformation numérique de SONATRACH. Les intervenants mettent en avant, de manière unanime, son aptitude à renforcer la qualité des prises de décision grâce à des capacités d'analyse avancées et à des outils de visualisation efficaces. Par ailleurs, l'optimisation des processus internes et l'amélioration de la performance opérationnelle apparaissent comme des objectifs majeurs, traduisant une volonté claire de moderniser les méthodes de travail et de renforcer la compétitivité de l'entreprise à travers l'exploitation du Big Data.

#### 5.2. Intégration et État Actuel du Big Data chez SONATRACH :

Cet axe analyse le degré d'adoption des technologies et méthodes liées au Big Data au sein de SONATRACH, en mettant en lumière les outils actuellement mobilisés ainsi que les stratégies de gestion des données déjà mises en œuvre ou en cours de planification.

L'analyse des réponses indique que l'intégration du Big Data chez SONATRACH est un processus en cours, marqué par une hétérogénéité notable entre les différentes entités. Si une prise de conscience du potentiel existe, la mise en œuvre effective et l'utilisation d'outils

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

spécifiquement dédiés au Big Data restent limitées ou en phase exploratoire dans de nombreux cas. La stratégie de données, bien qu'en cours d'élaboration, semble chercher à adapter les concepts du Big Data aux réalités et priorités de SONATRACH, privilégiant pour l'instant des solutions internes ou des outils de Business Intelligence traditionnels en attendant une éventuelle adoption plus large de technologies Big Data.

### **5.3. Défis et Freins à l'Adoption du Big Data :**

Ce troisième axe porte sur l'identification des obstacles majeurs, des risques potentiels et des limites susceptibles de freiner l'adoption et l'exploitation optimale du Big Data au sein de SONATRACH.

Les entretiens mettent en lumière que la protection des données et le respect de la confidentialité représentent une préoccupation centrale, en raison de la nature sensible des informations traitées par SONATRACH. Le déficit de compétences spécialisées, associé à un besoin important en formation, constitue également un obstacle majeur. Par ailleurs, la gestion du changement incluant la possible résistance des collaborateurs et l'engagement nécessaire des responsables hiérarchiques apparaît comme un facteur déterminant pour assurer une intégration réussie du Big Data. D'autres défis techniques, tels que la qualité des données et la compatibilité entre les systèmes existants, sont également mentionnés comme des freins à surmonter.

### **5.4. Rôle du Big Data sur la Gestion des Données et la Collaboration :**

Ce dernier axe s'intéresse à la manière dont le Big Data est envisagé comme un levier de transformation des méthodes de gestion des données, tout en favorisant une dynamique de collaboration renforcée au sein de SONATRACH.

Les participants considèrent le Big Data comme un outil capable de faire progresser la gestion des données vers une gouvernance plus stratégique, permettant une meilleure exploitation des ressources informationnelles. Ils expriment de fortes attentes quant à l'optimisation des différentes étapes du traitement des données, depuis leur collecte jusqu'à leur analyse et leur visualisation. Par ailleurs, le Big Data est également perçu comme un catalyseur pour renforcer la coopération entre les services et encourager une culture plus largement ancrée autour de la donnée. Toutefois, cette évolution implique aussi une transformation des modes de collaboration,

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

marquée par une réduction des interactions en présentiel et un recours accru à des systèmes centralisés.

### 5.5. Synthèse de l'Analyse Thématique :

L'analyse thématique issue des entretiens réalisés avec les responsables de SONATRACH permet de dégager une vision globale des effets, des opportunités et des obstacles associés à l'usage du Big Data dans la gestion des données. Elle révèle une dynamique de transformation à la fois organisationnelle et technologique, encore en phase d'amorçage, où les efforts de modernisation des pratiques et des mentalités rencontrent à la fois des contraintes concrètes et un fort potentiel de développement.

Sur le plan de la perception et des perspectives, le Big Data est généralement perçu de manière favorable, considéré comme un outil stratégique pour renforcer la prise de décision et améliorer l'efficacité globale. Les attentes se concentrent particulièrement sur la capacité à exploiter de vastes ensembles de données pour en tirer des informations utiles et directement exploitables.

Concernant l'état d'avancement de l'intégration du Big Data au sein de SONATRACH, la situation apparaît contrastée. L'adoption se fait de manière progressive, et les outils spécifiquement liés au Big Data ne sont pas encore largement déployés. L'entreprise s'appuie majoritairement sur des solutions internes ou sur des outils de Business Intelligence plus classiques. Toutefois, une orientation stratégique en matière de gestion des données commence à émerger, en tenant compte des particularités du contexte organisationnel.

Les obstacles rencontrés restent importants. La protection des données et la garantie de leur confidentialité figurent parmi les préoccupations majeures. Le renforcement des compétences techniques, ainsi que la gestion du changement – incluant à la fois les résistances internes et la mobilisation des utilisateurs – sont des enjeux de taille. À cela s'ajoutent des difficultés techniques telles que l'assurance de la qualité des données et l'intégration fluide des différents systèmes en place.

Comme un levier essentiel pour renforcer la gouvernance informationnelle, améliorer l'efficacité des processus de traitement et de valorisation des données, et encourager une coopération plus fluide entre les différents départements, tout en instaurant progressivement une culture organisationnelle centrée sur la donnée.

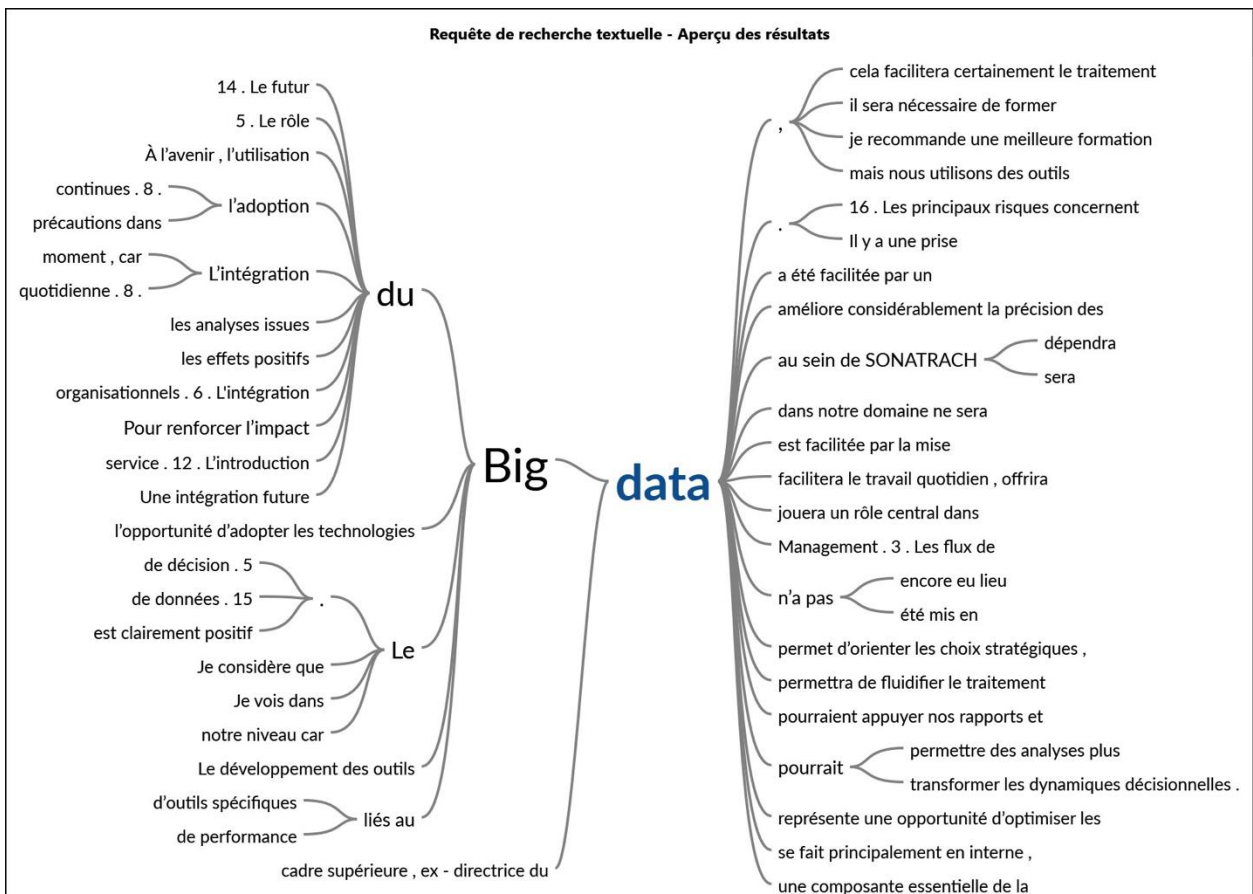
## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

L'analyse thématique met en évidence que l'implémentation du Big Data au sein de SONATRACH s'inscrit dans une dynamique complexe, riche en opportunités mais également confrontée à des obstacles majeurs. La réussite de cette transformation dépendra d'une stratégie intégrée, alliant modernisation technologique, montée en compétences, adaptation des structures internes et engagement fort des dirigeants en faveur d'une gouvernance des données à la fois rigoureuse et sécurisée.

- **Cartographie cognitive :**

La carte cognitive met en évidence les concepts essentiels et les relations principales liés au Big Data, tels qu'ils ont été exprimés par les participants de SONATRACH. Au centre de cette représentation se trouve le concept de Big Data, connecté à un ensemble de branches illustrant les différentes dimensions de sa compréhension et de son intégration dans l'entreprise

**Figure 11 :** carte cognitive.



*Source : éléments extraits par logiciel Nvivo*

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

D'un côté, les discours portent sur l'intégration progressive du Big Data dans les organisations, son rôle croissant dans la prise de décision, ainsi que son impact positif sur la performance. L'importance d'une adoption réfléchie, d'une utilisation continue et du développement d'outils spécifiques est également soulignée.

De l'autre côté, les répondants insistent sur les bénéfices concrets du Big Data : amélioration de la précision des analyses, facilitation du travail quotidien, transformation des dynamiques décisionnelles et rôle stratégique en management. Toutefois, ils mentionnent aussi la nécessité de formation et de montée en compétences pour exploiter pleinement ces technologies.

Enfin, certains extraits situent cette transformation dans un contexte professionnel spécifique, notamment au sein de SONATRACH, ce qui suggère une approche sectorielle ou organisationnelle de l'analyse.

La dépendance excessive aux systèmes automatisés est également perçue comme un risque potentiel. Bien que l'automatisation puisse améliorer l'efficacité et la précision des processus de gestion des données, elle peut également rendre l'organisation vulnérable en cas de défaillance des systèmes ou de cyberattaques. Les participants ont insisté sur l'importance de maintenir une supervision humaine et de développer des plans de continuité des activités pour faire face à d'éventuelles interruptions de service.

Enfin, la sensibilisation et la formation des employés jouent un rôle clé dans la sécurité des données. Les participants ont souligné la nécessité de former régulièrement les employés aux meilleures pratiques en matière de cybersécurité et de les sensibiliser aux risques associés à la gestion des données. Cela inclut la formation sur la reconnaissance des tentatives de phishing, l'importance de la protection des mots de passe et les procédures à suivre en cas de violation de la sécurité.

En conclusion, la sécurité des données est un enjeu stratégique majeur pour SONATRACH dans le cadre de l'adoption du Big Data. Les participants ont exprimé des préoccupations légitimes concernant la confidentialité, les cyberattaques et la dépendance aux systèmes automatisés. Ils ont également proposé des recommandations concrètes pour renforcer la cybersécurité, notamment en mettant en place des politiques strictes de gestion des données, en développant des contrôles d'accès rigoureux et en formant régulièrement les employés aux meilleures pratiques en matière de sécurité. Ces mesures sont essentielles pour garantir la protection des données

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

sensibles et maintenir la confiance des parties prenantes dans les capacités de SONATRACH à gérer efficacement ses informations.

### **6. Résultat et recommandations :**

Dans cette section, nous allons approfondir l'analyse des résultats obtenus à partir des entretiens menés auprès des employés de SONATRACH. L'objectif est de mettre en lumière les implications pratiques et théoriques des thèmes identifiés, en les situant dans le contexte plus large de la littérature existante et des enjeux spécifiques de l'organisation.

La discussion des résultats vise à interpréter les données recueillies, en soulignant les points de convergence et de divergence par rapport aux études précédentes sur l'intégration du Big Data dans les entreprises. Elle permet également de réfléchir au rôle concret de cette technologie sur les pratiques de gestion des données, la prise de décision, la collaboration inter-départements, et la sécurité des informations.

En examinant les résultats sous différents angles, nous chercherons à comprendre comment le Big Data peut transformer les dynamiques internes de SONATRACH, tout en identifiant les obstacles à surmonter pour une adoption réussie. Cette discussion fournira des éléments clés pour formuler des recommandations pratiques et des pistes de recherche future, contribuant ainsi à l'optimisation de la stratégie d'intégration du Big Data au sein de l'organisation.

La discussion des résultats est structurée en plusieurs sous-sections, chacune abordant un aspect spécifique des thèmes émergents. Nous commencerons par analyser les bénéfices perçus du Big Data en termes de performance et d'anticipation, avant de nous pencher sur son rôle sur la culture décisionnelle. Ensuite, nous explorerons la fragmentation de la gouvernance des données et les défis liés à la collaboration inter-départements. Enfin, nous discuterons des freins à l'appropriation du Big Data et des enjeux de sécurité des données, en proposant des solutions pour renforcer la cybersécurité et l'adhésion des équipes.

Cette approche permettra de fournir une vision globale et nuancée des résultats, en mettant en évidence les opportunités et les défis associés du Big Data chez SONATRACH.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 6.1. Interprétation des résultats :

#### 6.1.1. Implications pratiques pour SONATRACH :

Le Big Data chez SONATRACH a des implications pratiques significatives, comme le montrent les réponses des participants. Voici une analyse approfondie des principaux thèmes émergents et de leurs implications pratiques :

##### a. Optimisation des performances et des prévisions :

- **I B** souligne que le Big Data permet d'optimiser les performances grâce à des prédictions sur les volumes d'activité et les risques potentiels. Cela se traduit par une meilleure planification et une réduction des marges d'erreur.
- **Y D** mentionne que le Big Data améliore la précision des prévisions, particulièrement dans les secteurs logistiques et industriels. Cela permet une gestion plus efficace des stocks et des approvisionnements.

##### b. Amélioration de la qualité des données et de la prise de décision :

- **G N** et **L K** indiquent que le Big Data renforce la qualité des analyses et des recommandations stratégiques. Les décisions sont désormais appuyées par des analyses plus complètes et factuelles, ce qui améliore la fiabilité des conclusions.
- **E I** note que le Big Data pourrait offrir une meilleure visualisation des données et favoriser des prises de décision plus rapides et basées sur des analyses prédictives.

##### c. Collaboration et échanges inter-départements :

- **I B** et **Y D** soulignent que le Big Data facilite la collaboration entre les départements grâce à l'interopérabilité des systèmes informatiques et à une meilleure gestion des flux de données. Cela se traduit par des échanges plus fluides et une coordination améliorée.
- **G N** ajoute que l'échange d'informations entre services gagnera en fluidité, ce qui pourrait renforcer la réactivité des équipes.

##### d. Formation et adoption des technologies :

- **E I** et **Y D** insistent sur la nécessité de former les équipes à l'utilisation des nouvelles plateformes analytiques. Une formation ciblée et progressive est essentielle pour éviter toute résistance et garantir une adoption optimale des outils numériques.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

- **L K** mentionne que la formation s'est faite à travers des recherches personnelles et des formations continues, ce qui montre l'importance de l'apprentissage continu pour maîtriser les technologies émergentes.

### e. **Sécurité des données et gestion des risques :**

- **I B** et **E I** mettent en avant les risques liés à la sécurité et à la confidentialité des données, surtout lorsqu'il s'agit de données sensibles transférées vers des environnements cloud. La sécurité doit être une priorité absolue pour éviter les fuites de données et les cyberattaques.
- **L K** souligne également les risques de dépendance excessive aux données et les défis liés à la cybercriminalité.

### 6.1.2. **Rôle sur les processus décisionnels et organisationnels :**

L'intégration du Big Data chez SONATRACH a un rôle profond sur les processus décisionnels et organisationnels. Voici une analyse détaillée :

#### a. **Transformation de la culture décisionnelle :**

- **I B** et **G N** indiquent que les décisions sont désormais appuyées par des tableaux de bord dynamiques et des analyses de données en temps réel. Cela transforme la manière dont les décisions sont prises, en passant d'une logique basée sur l'intuition à une approche fondée sur les données.
- **L K** ajoute que l'utilisation de tableaux de bord et d'indicateurs de performance liés au Big Data permet d'orienter les choix stratégiques, notamment grâce à l'analyse des données historiques.

#### b. **Amélioration de la réactivité organisationnelle :**

- **Y D** mentionne que les décisions sont prises sur la base d'indicateurs fiables extraits en temps réel des applications développées. Cela améliore la réactivité organisationnelle et permet de répondre plus rapidement aux défis opérationnels.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

- **E I** note que le Big Data pourrait offrir une meilleure visualisation des données et favoriser des prises de décision plus rapides et basées sur des analyses prédictives.

### c. **Renforcement de la collaboration et de la communication :**

- **I B** et **Y D** soulignent que le Big Data facilite la collaboration entre les départements grâce à l'interopérabilité des systèmes informatiques et à une meilleure gestion des flux de données. Cela se traduit par des échanges plus fluides et une coordination améliorée.
- **G N** ajoute que l'échange d'informations entre services gagnera en fluidité, ce qui pourrait renforcer la réactivité des équipes.

### d. **Développement de nouvelles compétences et adaptation des pratiques :**

- **E I** et **Y D** insistent sur la nécessité de former les équipes à l'utilisation des nouvelles plateformes analytiques. Une formation ciblée et progressive est essentielle pour éviter toute résistance et garantir une adoption optimale des outils numériques.
- **L K** mentionne que la formation s'est faite à travers des recherches personnelles et des formations continues, ce qui montre l'importance de l'apprentissage continu pour maîtriser les technologies émergentes.

### e. **Gestion des risques et sécurité des données :**

- **I B** et **E I** mettent en avant les risques liés à la sécurité et à la confidentialité des données, surtout lorsqu'il s'agit de données sensibles transférées vers des environnements cloud. La sécurité doit être une priorité absolue pour éviter les fuites de données et les cyberattaques.
- **L K** souligne également les risques de dépendance excessive aux données et les défis liés à la cybercriminalité.

L'intégration du Big Data chez SONATRACH a des implications pratiques significatives et un rôle profond sur les processus décisionnels et organisationnels. Pour maximiser les bénéfices de

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

cette transformation, il est essentiel de continuer à former les équipes, à renforcer la sécurité des données et à promouvoir une culture de la donnée partagée

### 6.2. Limites de l'étude :

#### 6.2.1. Contraintes méthodologiques :

L'étude du rôle des technologies émergentes, en particulier le Big Data, sur la gestion des données chez SONATRACH présente plusieurs contraintes méthodologiques qui doivent être prises en compte pour interpréter les résultats avec prudence.

#### a. Échantillonnage limité :

- **Taille de l'échantillon** : L'étude repose sur les témoignages de cinq employés de SONATRACH, ce qui constitue un échantillon relativement restreint. Bien que ces participants occupent des postes stratégiques et variés, la taille limitée de l'échantillon peut ne pas représenter l'ensemble des perspectives au sein de l'entreprise.
- **Sélection des participants** : Les participants ont été sélectionnés de manière intentionnelle, ce qui peut introduire un biais de sélection. Les employés choisis sont ceux qui sont directement impliqués dans la gestion des données et l'utilisation des technologies Big Data, ce qui peut ne pas refléter les expériences des autres employés de SONATRACH.

#### b. Approche qualitative :

- **Nature exploratoire** : L'étude adopte une approche qualitative, ce qui permet d'explorer en profondeur les perceptions et les expériences des participants. Cependant, cette approche ne permet pas de quantifier les résultats ni de généraliser les conclusions à l'ensemble de l'organisation.
- **Biais de réponse** : Les réponses des participants peuvent être influencées par leurs propres perceptions et expériences, ce qui peut introduire un biais subjectif. De plus, les participants peuvent être enclins à fournir des réponses socialement désirables, surtout dans un contexte d'entretien.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### c. Collecte des données :

- **Guide d'entretien** : Le guide d'entretien structuré utilisé pour recueillir les données peut limiter la spontanéité des réponses. Bien que les questions soient conçues pour être ouvertes, elles peuvent orienter les participants vers certains aspects spécifiques de l'intégration du Big Data.
- **Contexte des entretiens** : Les entretiens ont été réalisés dans un climat de confidentialité et de confiance, mais le contexte organisationnel et les dynamiques internes peuvent influencer les réponses des participants. Par exemple, les employés peuvent être réticents à exprimer des critiques ou des préoccupations concernant les initiatives de l'entreprise.

### d. Analyse des données :

- **Codage et interprétation** : L'analyse des données qualitatives repose sur le codage thématique, qui peut être influencé par les interprétations subjectives des chercheurs. Bien que des efforts aient été faits pour assurer la rigueur et la fiabilité de l'analyse, il existe toujours un risque d'interprétation biaisée.

#### 6.2.2. Temporalité de l'étude :

**Évolution technologique** : Les technologies émergentes, telles que le Big Data, évoluent rapidement. Les résultats de l'étude reflètent un instantané des perceptions et des expériences des participants à un moment donné. Les conclusions peuvent devenir obsolètes à mesure que les technologies et les pratiques organisationnelles évoluent.

#### 6.3. Suggestions pour des recherches futures :

Pour surmonter les limites identifiées et approfondir la compréhension du rôle des technologies émergentes dont le big data sur la gestion des données, plusieurs pistes de recherche future peuvent être envisagées :

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 6.3.1. Élargissement de l'échantillon :

- **Augmentation de la taille de l'échantillon** : Impliquer un plus grand nombre d'employés de différents départements et niveaux hiérarchiques permettrait de recueillir une diversité de perspectives et de renforcer la représentativité des résultats.
- **Échantillonnage aléatoire** : Utiliser des méthodes d'échantillonnage aléatoire pour sélectionner les participants pourrait réduire le biais de sélection et fournir une image plus complète du rôle du Big Data au sein de SONATRACH.

### 6.3.2. Approches mixtes :

- **Combinaison de méthodes qualitatives et quantitatives** : Intégrer des méthodes quantitatives, telles que des enquêtes ou des questionnaires, permettrait de quantifier les perceptions et les expériences des employés. Cela offrirait une complémentarité aux données qualitatives et renforcerait la robustesse des conclusions.
- **Analyse longitudinale** : Réaliser des études longitudinales pour suivre l'évolution des perceptions et le rôle du Big Data sur une période prolongée. Cela permettrait de mieux comprendre les dynamiques de changement et les effets à long terme des technologies émergentes.

### 6.3.3. Exploration de nouveaux thèmes :

- **Rôle du big data dans l'évolution de la culture organisationnelle** : Étudier comment l'intégration du Big Data influence la culture organisationnelle, les valeurs et les comportements des employés. Cela inclut l'exploration des résistances au changement et des stratégies de gestion du changement.
- **Analyse des compétences et de la formation** : Examiner les besoins en compétences et les programmes de formation nécessaires pour soutenir l'adoption du Big Data. Identifier les lacunes en compétences et proposer des solutions pour renforcer les capacités des employés.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 6.3.4. Études comparatives :

- **Comparaison avec d'autres entreprises** : Réaliser des études comparatives avec d'autres entreprises du secteur énergétique ou d'autres industries pour identifier les meilleures pratiques et les facteurs de succès dans l'intégration du Big Data.
- **Analyse interdépartementale** : Comparer les perceptions et le rôle du Big Data entre différents départements de SONATRACH pour identifier les variations et les spécificités contextuelles.

### 6.3.5. Utilisation de technologies avancées:

- **Exploration des technologies complémentaires** : Étudier le rôle d'autres technologies émergentes, telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IoT) et la blockchain, sur la gestion des données et les processus décisionnels.
- 

### 6.3.6. Focus sur la sécurité des données :

- **Analyse des risques et des mesures de sécurité** : Explorer en profondeur les risques liés à la sécurité des données et les mesures mises en place pour les atténuer. Identifier les meilleures pratiques en matière de cybersécurité et de protection des données sensibles.
- **Études de cas sur les incidents de sécurité** : Analyser des incidents de sécurité spécifiques pour comprendre les vulnérabilités et les réponses organisationnelles. Proposer des recommandations pour renforcer la résilience face aux cyberattaques.

bien que l'étude présente des limites méthodologiques, elle offre des insights précieux sur le rôle des technologies émergentes sur la gestion des données chez SONATRACH. Les suggestions pour des recherches futures visent à approfondir cette compréhension et à fournir des recommandations pratiques pour optimiser l'intégration du Big Data et d'autres technologies émergentes au sein de l'entreprise.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### 6.4. Synthèse et Recommandations :

#### 6.4.1. Synthèse des résultats :

L'étude sur le rôle des technologies émergentes, en particulier le Big Data, sur la gestion des données chez SONATRACH a révélé plusieurs points clés. Les résultats montrent que l'intégration du Big Data offre des opportunités significatives pour optimiser les performances, améliorer la qualité des données, transformer les processus décisionnels et renforcer la collaboration inter-départements. Les témoignages recueillis ont mis en lumière à la fois l'enthousiasme pour ces technologies et les freins humains, organisationnels et techniques qui ralentissent l'appropriation.

Un élément fondamental de cette recherche réside dans sa **valeur ajoutée** : l'élaboration d'une analyse thématique approfondie à partir d'entretiens internes, réalisée grâce à l'utilisation du logiciel NVivo, qui a permis de modéliser de manière rigoureuse les dynamiques d'appropriation du Big Data au sein de SONATRACH. Cette démarche a offert une lecture nuancée et contextualisée des perceptions internes, rarement explorées de façon qualitative dans les recherches antérieures sur le secteur énergétique algérien.

En plus de l'analyse des rôles pratiques et organisationnels, cette étude a proposé des propositions concrètes pour favoriser une adoption progressive, sécurisée et stratégique du Big Data dans un contexte de transformation numérique

#### a. Optimisation des performances:

Le Big Data permet d'optimiser les performances internes grâce à des prédictions sur les volumes d'activité, les risques potentiels, et les besoins organisationnels. Les outils analytiques comme Hadoop et Spark facilitent le traitement des données massives, offrant des insights précieux pour la planification et la gestion des ressources. Les participants ont souligné que l'utilisation de ces technologies permet de mieux anticiper les événements, réduire les marges d'erreur et renforcer la réactivité opérationnelle.

#### b. Amélioration de la qualité des données :

L'intégration du Big Data renforce la qualité des analyses et des recommandations stratégiques. Les décisions sont désormais appuyées par des analyses plus complètes et factuelles, ce qui améliore la fiabilité des conclusions. Les outils de visualisation comme Power BI et Tableau

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

permettent une lecture rapide des indicateurs clés. Les participants ont noté que cette technologie permet de traiter l'information de façon plus rapide et plus fiable, améliorant ainsi la qualité des données utilisées.

### c. Transformation des processus décisionnels :

Les décisions sont prises sur la base d'indicateurs fiables extraits en temps réel des applications développées. Cela transforme la manière dont les décisions sont prises, en passant d'une logique basée sur l'intuition à une approche fondée sur les données. Les tableaux de bord dynamiques et les analyses de données en temps réel facilitent la prise de décision à tous les niveaux de gestion. Les participants ont indiqué que l'introduction du Big Data pourrait transformer les dynamiques décisionnelles, en appuyant les orientations stratégiques sur des analyses beaucoup plus complètes et factuelles.

### d. Collaboration et échanges inter-départements :

Le Big Data facilite la collaboration entre les départements grâce à l'interopérabilité des systèmes informatiques et à une meilleure gestion des flux de données. Les échanges sont devenus plus fluides et la coordination entre les départements s'est améliorée, renforçant la réactivité des équipes. Les participants ont souligné que l'évolution vers une gouvernance intelligente des données a permis une meilleure collaboration inter-départements, avec des échanges plus standardisés et efficaces.

### e. Formation et adoption des technologies :

La formation des équipes à l'utilisation des nouvelles plateformes analytiques est essentielle pour garantir une adoption optimale des outils numériques. Une formation ciblée et progressive permet d'éviter toute résistance et de renforcer les compétences des employés. Les participants ont insisté sur la nécessité de former les équipes à l'utilisation des nouvelles plateformes analytiques pour renforcer le rôle du Big Data.

### f. Sécurité des données et gestion des risques :

La sécurité des données et la confidentialité sont des préoccupations majeures. Il est essentiel de mettre en place des mesures robustes pour protéger les données sensibles et éviter les cyberattaques. La dépendance excessive aux systèmes automatisés doit être accompagnée d'un

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

bon encadrement humain pour éviter les erreurs automatiques non détectées. Les participants ont mis en avant les risques liés à la sécurité et à la confidentialité des données, surtout lorsqu'il s'agit de données sensibles transférées vers des environnements cloud.

L'intégration du Big Data chez SONATRACH a permis d'optimiser les performances, d'améliorer la qualité des données, de transformer les processus décisionnels, de faciliter la collaboration inter-départements, de renforcer la formation des équipes, et de gérer les risques liés à la sécurité des données. Ces résultats montrent que le Big Data est un levier stratégique pour la transformation numérique de SONATRACH, offrant des opportunités significatives pour améliorer l'efficacité opérationnelle et la compétitivité de l'entreprise.

### 6.4.2. propositions pour SONATRACH :

Pour maximiser les bénéfices de l'intégration du Big Data et des technologies émergentes, plusieurs recommandations peuvent être formulées. Ces recommandations visent à renforcer les capacités de SONATRACH, à améliorer la gestion des données, et à optimiser les processus décisionnels et organisationnels.

#### a. Renforcer la formation et les compétences :

- **Programmes de formation continue** : Il est essentiel de mettre en place des programmes de formation continue pour les employés afin de renforcer leurs compétences en matière de technologies numériques et de gestion des données. Ces programmes devraient inclure des formations spécifiques sur les outils analytiques, les plateformes de visualisation, et les techniques de sécurité des données. Une formation ciblée et progressive permettrait d'éviter toute résistance et de garantir une adoption optimale des outils numériques.
- **Sensibilisation à la culture de la donnée** : Promouvoir une culture de la donnée partagée où chaque acteur comprend l'enjeu stratégique de son rôle dans l'écosystème informationnel. Cela peut être réalisé par des initiatives de sensibilisation et des campagnes de communication interne. Les employés doivent

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

être informés des avantages du Big Data et des technologies émergentes, ainsi que des compétences nécessaires pour les utiliser efficacement.

### b. Améliorer la sécurité des données :

- **Mesures de cybersécurité robustes** : Mettre en place des mesures robustes de cybersécurité pour protéger les données sensibles. Cela inclut l'utilisation de technologies de chiffrement, la mise en place de contrôles d'accès rigoureux, et la surveillance continue des activités suspectes. La sécurité des données doit être une priorité absolue pour éviter les fuites de données et les cyberattaques.
- **Gestion des risques** : Développer des stratégies de gestion des risques pour anticiper et atténuer les menaces potentielles. Cela inclut la mise en place de plans de continuité des activités et de réponses aux incidents de sécurité. Il est également important de sensibiliser les employés aux meilleures pratiques en matière de cybersécurité et de les former à la reconnaissance des tentatives de phishing et autres cybermenaces.

### c. Faciliter la collaboration inter-départements :

- **Plateformes numériques communes** : Développer des plateformes numériques communes pour faciliter la collaboration et le partage d'informations entre les différents départements. Cela permet de renforcer la coordination et d'améliorer l'efficacité opérationnelle. Les échanges inter-départements doivent être fluides et transparents, favorisant une meilleure intégration des données et une prise de décision plus rapide.
- **Outils collaboratifs** : Utiliser des outils collaboratifs alimentés par des données en temps réel pour améliorer la communication et la coopération entre les équipes. Ces outils peuvent inclure des tableaux de bord interactifs, des systèmes de gestion de projet, et des plateformes de partage de documents. Ils permettent de centraliser les informations et de faciliter l'accès aux données pertinentes.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### d. Adopter une approche progressive et structurée :

- **Préparation du terrain** : L'intégration des technologies émergentes doit être réalisée de manière progressive et structurée. Il est important de préparer le terrain avant l'intégration des nouvelles technologies, en sensibilisant les employés et en impliquant les décideurs dans les phases de développement. Une approche progressive permet de minimiser les résistances et de garantir une adoption réussie.
- **Structuration des projets** : Structurer les projets autour des vrais besoins internes et des objectifs stratégiques de l'entreprise. Cela inclut la définition claire des objectifs, des étapes de mise en œuvre, et des indicateurs de performance. Il est également important de suivre les progrès et d'ajuster les stratégies en fonction des résultats obtenus.

### e. Suivre les meilleures pratiques internationales :

- **Adoption de standards internationaux** : SONATRACH doit suivre les meilleures pratiques internationales en matière de transformation numérique. Cela inclut l'adoption de standards internationaux, la participation à des réseaux de partage de connaissances, et la collaboration avec des partenaires technologiques de premier plan. Les standards internationaux garantissent la qualité et la sécurité des processus de gestion des données.
- **Collaboration avec des partenaires technologiques** : Établir des partenariats avec des entreprises technologiques de premier plan pour intégrer les dernières innovations et bénéficier de leur expertise. Ces partenariats peuvent inclure des collaborations sur des projets de recherche et développement, des échanges de connaissances, et des initiatives de formation.

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

### f. Innovation et recherche :

- **Soutien à des projets pilotes** : Encourager l'innovation et la recherche en matière de technologies numériques. Cela inclut le soutien à des projets pilotes, des initiatives de développement technologique, et la collaboration avec des institutions académiques et des entreprises technologiques. Les projets pilotes permettent de tester de nouvelles idées et de valider leur faisabilité avant une mise en œuvre à grande échelle.
- **Développement technologique** : Investir dans le développement technologique pour améliorer les capacités de gestion des données et optimiser les processus opérationnels. Cela inclut l'exploration de nouvelles technologies, telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IoT), et la blockchain, pour renforcer l'efficacité et la sécurité des opérations.

### g. Transition énergétique :

- **Optimisation de la gestion des ressources énergétiques** : Utiliser les technologies numériques pour optimiser la gestion des ressources énergétiques, intégrer les énergies renouvelables, et réduire l'empreinte carbone des activités de l'entreprise. Cela contribue à la transition énergétique mondiale et à la durabilité des opérations. Les technologies numériques permettent de mieux gérer l'offre et la demande d'énergie, d'améliorer l'efficacité des systèmes, et de réduire les coûts.
- **Intégration des énergies renouvelables** : Développer des stratégies pour intégrer les énergies renouvelables dans les systèmes énergétiques existants. Cela inclut l'utilisation de technologies de stockage d'énergie, la gestion intelligente des réseaux électriques, et la promotion de l'utilisation des sources d'énergie renouvelable. Les énergies renouvelables contribuent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la durabilité des opérations.

### h. Renforcement de la cybersécurité :

- **Solutions de cybersécurité avancées** : Continuer à développer des solutions de cybersécurité pour protéger les infrastructures énergétiques contre les

## CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION

cyberattaques. Cela inclut l'adoption de technologies basées sur la blockchain et l'intelligence artificielle pour sécuriser les transactions et garantir la transparence des échanges. La cybersécurité est essentielle pour protéger les données sensibles et garantir la continuité des opérations.

- **Surveillance continue** : Mettre en place des systèmes de surveillance continue pour détecter et répondre rapidement aux incidents de sécurité. Cela inclut l'utilisation de technologies de détection des intrusions, la surveillance des réseaux, et la mise en place de protocoles de réponse aux incidents. La surveillance continue permet de minimiser les risques et de garantir la sécurité des infrastructures.

### i. Déploiement des jumeaux numériques :

- **Simulation des infrastructures énergétiques** : Utiliser les jumeaux numériques pour simuler les infrastructures énergétiques et optimiser leur fonctionnement. Cela permet de mieux anticiper les pannes, d'améliorer la performance des équipements, et de réduire les coûts d'exploitation. Les jumeaux numériques offrent une représentation virtuelle des infrastructures, permettant de tester différents scénarios et d'optimiser les opérations.
- **Optimisation de la gestion des infrastructures** : Développer des stratégies pour optimiser la gestion des infrastructures énergétiques à l'aide des jumeaux numériques. Cela inclut la surveillance en temps réel des équipements, la maintenance prédictive, et l'amélioration de l'efficacité opérationnelle. Les jumeaux numériques permettent de réduire les coûts de maintenance, d'améliorer la fiabilité des équipements, et de prolonger leur durée de vie.

Les recommandations pour SONATRACH visent à maximiser les bénéfices de l'intégration du Big Data et des technologies émergentes. Il est essentiel de renforcer la formation et les compétences des employés, d'améliorer la sécurité des données, de faciliter la collaboration inter-départements, d'adopter une approche progressive et structurée, de suivre les meilleures pratiques internationales, de soutenir l'innovation et la recherche, de promouvoir la transition énergétique,

## **CHAPITRE 03 : RESULTAT ET DISCUSSION**

de renforcer la cybersécurité, et de déployer les jumeaux numériques. Ces recommandations permettront à SONATRACH de tirer pleinement parti des technologies émergentes et de renforcer sa compétitivité dans un environnement en constante évolution.

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

L'étude menée dans le cadre de ce mémoire a permis de mettre en évidence le rôle significatif des technologies émergentes sur l'optimisation de la gestion des données dans le secteur énergétique, avec un focus particulier sur Sonatrach. Il ressort que l'intégration de technologies telles que le Big Data permet :

- Une amélioration notable de la collecte, du traitement et de l'analyse des données.
- Une capacité accrue de prédiction et de maintenance proactive grâce à l'IA et aux capteurs intelligents.
- Une sécurisation renforcée des données et des transactions par l'usage de la blockchain.
- Une meilleure efficacité énergétique et opérationnelle par l'automatisation et la visualisation en temps réel.

Cependant, l'adoption de ces technologies reste encore limitée en raison de freins organisationnels, d'un manque de compétences spécialisées et de défis techniques liés à l'interopérabilité et à la cybersécurité.

Cette recherche apporte plusieurs contributions académiques et pratiques :

- Elle enrichit la littérature existante en explorant l'application concrète des technologies émergentes dans un contexte pétrolier africain, encore peu étudié.
- Elle établit un lien direct entre transformation digitale et performance organisationnelle à travers une étude de cas réaliste.
- Elle fournit un cadre analytique utile pour évaluer le degré de maturité numérique d'une entreprise et identifier les axes de progrès.

Du point de vue méthodologique, l'approche adoptée dans cette étude peut être reproduite dans d'autres contextes industriels afin d'évaluer le rôle de l'innovation technologique dans la gestion des données.

Au vu des résultats obtenus, plusieurs recommandations peuvent être formulées pour favoriser une meilleure adoption des technologies émergentes chez Sonatrach et dans des organisations similaires :

- Renforcement des compétences internes : Mettre en place des programmes de formation continue en IA, Big Data et cybersécurité.
- Investissement dans les infrastructures : Développer des architectures informatiques compatibles avec l'IoT et les solutions cloud.

## CONCLUSION

- Création de partenariats technologiques : Collaborer avec des startups ou des fournisseurs spécialisés pour accélérer l'intégration de solutions innovantes.
- Mise en place d'une gouvernance des données : Élaborer une politique de gestion des données claire, avec des règles sur la qualité, la sécurité et la traçabilité.

À l'heure où la transformation numérique bouleverse tous les secteurs d'activité, le secteur énergétique ne peut rester à l'écart. Cette étude a mis en lumière les potentialités immenses offertes par les technologies émergentes pour relever les défis liés à la gestion des données. Pour une entreprise comme Sonatrach, adopter ces outils n'est plus une option, mais une nécessité stratégique pour garantir sa résilience, sa compétitivité et son alignement avec les objectifs du développement durable.

Ce travail ne constitue qu'une première étape vers une compréhension plus approfondie des dynamiques technologiques dans l'industrie pétrolière. Il ouvre la voie à de futures recherches, notamment sur l'évaluation de la rentabilité des investissements technologiques et l'analyse comparative entre différents acteurs du secteur.

# **Bibliographie**

## Bibliographie

### Bibliographie

- Algerie Solidaire. (2024). *Sonatrach se penche sur l'enjeu vital de la digitalisation pour améliorer ses activités*. Récupéré sur <https://algeriesolidaire.net/sonatrach-se-penche-sur-lenjeu-vital-de-la-digitalisation-pour-ameliorer-ses-activites/>
- M.A. (2018). *Le groupe se projette à l'horizon: 2030 Les 30 initiatives de Sonatrach*. Récupéré sur <https://www.algerie360.com/le-groupe-se-projette-a-lhorizon-2030-les-30-initiatives-de-sonatrach/>
- Pascal. (2018). *9 méthodes pour mesurer la qualité de votre service*. Récupéré sur <https://www.userlike.com/fr/blog/mesurer-qualite-service>
- Hubert, P. (2017). *Les meilleures pratiques de mesure de la qualité de service*. Récupéré sur <https://www.alliance-management.qc.ca/fr/publications/les-meilleures-pratiques-de-mesure-de-la-qualite-de-service/>
- Houfaïdi, E. B. (2016). *Proposition D'un Instrument De Mesure De La Qualité De Service Perçue Par Les Usagers Des Administrations Publiques Marocaines*. Récupéré sur <https://core.ac.uk/download/pdf/236405642.pdf>
- Montéréal, J. (2024). *Indicateurs Satisfaction Client*. Récupéré sur <https://www.appvizer.fr/magazine/relation-client/satisfaction-client/indicateurs-satisfaction-client>
- R. Drath and A. Horch. (2014). *Industrie 4.0: Hit or hype?*
- Rotolo, D. H. (2015). *What is an emerging technology?*
- Naser Hossein Motlagh, M. M. (2020). *Internet des objets (IoT) et le secteur de l'énergie*.
- Atzori, L. I. (2010). *The Internet of Things: A survey. Computer Networks*.

## Bibliographie

- Gubbi, J. B. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems.*
- OLAKUNLE ELIJAH, S. K. (2021). *A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry: Upstream Sector.*
- Naser Hossein Motlagh, M. M. (19 janvier 2020). *Internet des objets (IoT) et le secteur de l'énergie.*
- Naser Hossein Motlagh, M. M. (2020). *Internet des objets (IoT) et le secteur de l'énergie.*
- Fang, X. M. (2012). *Smart Grid – The New and Improved Power Grid: A Survey.*
- Naser Hossein Motlagh, M. M. (2020). *internet of things iot and the Energy sector . Ottawa .*
- Perrine de Coëtlogon, M. D. (2021). *Les technologies blockchain au service du secteur public.*
- Perrine de Coëtlogon, M. D. (2021). *Les technologies blockchain au service du secteur public.*
- O. Elijah, I. O. (2017). *Enabling smart agriculture in Nigeria: Application of IoT and data analytics,.*
- Dyché, T. H. (2013). *Big Data in Big Companies.*
- Lauriere, J.-L. (1987). *intelligence Artificielle Resolution de problemes par l'Homme et la machine.*
- T. K. Fataliyev and S. A. Mehdiyev, .. (2018). *Analysis and new approaches to the solution of problems of operation of oil and gas complex as cyber-physical system.*
- Gartner. (2021). *Data Management.*
- International, D. (2021). *Data Management Body of Knowledge.*
- Mosley, M. e. (2019). *Data Quality Fundamental.*
- Oberwinkler, C. S. (2004). *Real Time Data To Production optimization.*
- P. Chanana, T. M. (2016). *Emerging Technologies and Workflows in Digital Oil Field.*
- Wang, L. Z. (2022). *Predictive maintenance in wind energy: AI-based approaches. Journal of Renewable Energy Research,.*

## Bibliographie

- Company, M. &. (2021). *The future of energy: How AI and Big Data are transforming the industry.*
- Andoni, M. R. (2019). *Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. Renewable and Sustainable Energy Reviews.*
- Goncalves, J. D. (2023). *The role of IoT in the smart energy transition. Energy Reports.*
- Wang, L. Z. (2022). Predictive maintenance in wind energy: AI-based approaches. *Journal of Renewable Energy Research*, 785-798.
- Zhang, H. L. (2021). *Artificial Intelligence for Smart Grid Applications. Energy AI.*
- Company, M. &. (2021). *The future of energy: How AI and Big Data are transforming the industry.*
- Andoni, M. R. (2019). *Blockchain technology in the energy sector. Renewable and Sustainable Energy Reviews.*
- Goncalves, J. D. (2023). *The role of IoT in the smart energy transition. Energy Reports.*
- Díaz, P. R. (2020). *Big Data applications in the energy industry. Energy Reports.*
- Gielen, D. B. (2022). *The role of emerging technologies in the energy transition. International Energy Agency Report.*
- DURABLE, R. L. (s.d.).
- Gielen, D. B. (2022). *The role of emerging technologies in the energy transition. International Energy Agency Report.*
- Díaz, P. R. (2020). *Big Data applications in the energy industry. Energy Reports.*
- Wang, L. Z. (2022). *Predictive maintenance in wind energy: AI-based approaches. Journal of Renewable Energy Research.*
- Zhou, K. Y. (2021). *Energy Internet: The critical role of data analytics and Big Data. Renewable and Sustainable Energy Reviews.*
- Goncalves, J. D. (2023). *The role of IoT in the smart energy transition. Energy Reports.*

## Bibliographie

- Company, M. &. (2021). *he future of energy: How AI and Big Data are transforming the industry.*
- Munsing, E. M. (2017). *Blockchain for transactive energy: An assessment. Applied Energy.*
- Truby, J. (2018). *Decarbonizing the Blockchain: Law and Policy. Energy Research & Social Science.*
- AfDB. (2020). *Digitalisation du secteur énergétique et évaluation d'impact. evluation Matters .*
- Chen, Y. W. (2023). *Challenges in digital modeling of power distribution networks.*
- Dupont, P. &. (2017). *La transition numérique et les enjeux de cybersécurité dans le secteur énergétique.*
- l'Énergie, L. M. (2024). *Le rôle des données dans la transition énergétique.*
- Müller, T. S. (2021). *Big Data and Renewable Energy Integration: A Case Study on Smart Grids in Germany.*
- Benaouag, C. &. (2020). *Les Barrières Au Développement Des Énergies Renouvelables En Algérie.*
- Barka, H. (2022). *Performance des Systèmes d'Information des Organisations Publiques : Une étude exploratoire. Revue Française d'Economie et de Gestion.*
- Anciaux, N. B. (2015). *Gestion sécurisée de données personnelles. Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série ISI : Ingénierie des Systèmes d'Information.*
- Goodfellow, I. B. (2016). *Deep Learning. MIT Press.*
- Chen, M. &. (2014).
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy.*
- Mell, P. &. (2011). *The NIST definition of cloud computing. National Institute of Standards and Technology.*
- Milgram, P. &. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information and Systems.*

## Bibliographie

- Andrews, J. G. (2014). *What will 5G be? IEEE Journal on Selected Areas in Communications*.
- Bensalah, A. &. (2023). *The impact of digital transformation on energy sector efficiency*.
- Alghamdi, R. e. (2021). *Predictive Maintenance in the Oil and Gas Industry using AI. Journal of Energy Management*.
- Zhou, P. e. (2022). *Digital Twins for Energy Sector Optimization. International Journal of Smart Energy Systems*.
- Chen, L. e. (2020). *machine Learning in Oil Reservoir Management. Energy Informatics*.
- Goncalves, J. D. (2023). *oT and Big Data in Energy Production Monitoring. Renewable Energy Research Journal*.
- Munsing, E. M. (2019). *AI-based Smart Energy Grids for Future Sustainability. IEEE Transactions on Energy Systems*.
- Company, R. (2019). *The Future of Energy: How AI and Big Data are Transforming the Industry. Journal of Renewable Energy Studies*.
- Truby, J. (2018). *Decarbonizing the Blockchain: Law and Policy. Energy Research & Social Science*.
- Pérez-Díaz, P. e. (2020). *Blockchain Applications in the Energy Market. Journal of Energy Economics*.
- Chowdhury, S. &. (2023).
- Arundel, S. M. (2023). *A guide to creating an effective big data management framework. Journal of Big Data*.
- Himeur, Y. e. (2024). *Big data applications: overview, challenges and future. Artificial Intelligence Review* .
- OLAKUNLE ELIJAH, S. K. (2021). *A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry*.
- Aaron Parrott, Lane Warshaw. (2017, 05 14). *RIndustry 4.0 and the digital twin*. Récupéré sur Deloitte Insights : <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>

## Bibliographie

- Atzori, L. (2010, 05 31). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*. *ELSEVIER*.  
Récupéré sur ELSEVIER: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Smith, J. (2023, 08 30). *award-Winning Real-Time Wireless Oil Field Monitoring*. Récupéré sur International Society of Automation: <https://www.isa.org/intech-home/2023/august-2023/features/award-winning-real-time-wireless-oil-field-monitor>
- Fang, X., Misra, S., Xue, G., & Yang, D. (2012). *The New and Improved Power Grid*. Récupéré sur IEEE Xplore: <https://doi.org/10.1109/SURV.2011.101911.00087>
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. A., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. . (2010, 04 1). *A view of cloud computing*. Récupéré sur ACM DIGITAL LIBRARY:  
<https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. Récupéré sur MIT Press:  
<https://www.deeplearningbook.org/>
- Chen, Z. X. (2022, 09 23). *Artificial Intelligence in Civil Infrastructure Health Monitoring: A Review*. Récupéré sur Frontiers in Built Environment:  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2022.1007886/full>
- Kassem Danach, Wael Hosny Fouad Aly, Hassan Kanj . (2024, 04). *Machine Learning for Smart Grid Stability: Enhancing Reliability in Renewable Energy Integration* . Récupéré sur European Journal of Pure and Applied Mathematics (EJPAM) :  
<https://www.ejpam.com/index.php/ejpam/article/view/5953/2141>

# **Annexes**

## Annexes

### ANNEXE A: Le guide d'entretien.

#### Guide d'entretien

**Titre du mémoire :** Le rôle des technologies émergentes sur l'optimisation de la gestion des données – Étude de cas : SONATRACH

**Objectif du guide d'entretien :**

Ce guide vise à recueillir les perceptions et expériences d'acteurs internes à SONATRACH quant à l'intégration des technologies dont le Big Data et son rôle sur la gestion des données. L'approche adoptée est qualitative, et les données collectées contribueront à une meilleure compréhension des effets organisationnels et opérationnels du Big Data dans une entreprise industrielle.

Bonjour et merci d'avoir accepté de participer à cette étude. Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un mémoire de Master portant sur le rôle du Big Data sur la gestion des données à SONATRACH.

L'entretien est strictement confidentiel. Les réponses seront anonymes et utilisées uniquement à des fins académiques.

Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses. Ce qui nous intéresse, ce sont vos expériences et vos perceptions.

L'entretien durera environ 30 à 45 minutes.

#### Axe 1 – Données générales (données contextuelles)

1. Êtes-vous un homme ou une femme ?
2. Depuis combien d'années êtes-vous en poste chez SONATRACH ?
3. Comment décririez-vous les missions que vous effectuez au quotidien ?
4. Expliquez comment vous interagissez, dans votre travail, avec les données produites ou traitées.

#### Axe 2 – Technologies Big Data (variable indépendante)

## Annexes

1. Comment décririez-vous l'arrivée du Big Data dans votre service ?
2. Selon vous, pourquoi SONATRACH a-t-elle décidé d'adopter ce type de technologie ?
3. Comment les changements liés à cette transformation ont-ils été ressentis dans votre environnement de travail ?
4. Expliquez comment vous utilisez, aujourd'hui, des outils numériques pour le traitement de données massives.
5. Comment avez-vous été formé(e) ou préparé(e) à l'usage de ces outils ?
6. Selon vous, comment l'adoption du Big Data a-t-elle été facilitée ou freinée dans votre unité ?

### **Axe 3 – Gestion des données (variable dépendante)**

1. Comment l'exploitation du Big Data a-t-elle influencé la qualité des données que vous utilisez ?
2. Expliquez comment cette technologie modifie la manière dont les décisions sont prises dans votre équipe.
3. Selon vous, comment le Big Data permet-il de traiter l'information de façon plus rapide ou plus fiable ?
4. Comment observez-vous l'évolution des relations ou des échanges entre services, depuis cette transformation ?
5. Selon vous, comment le travail collaboratif s'est-il adapté à cette nouvelle logique de gestion de l'information ?

### **Axe 4 – Perspectives (évolution)**

1. Comment imaginez-vous l'avenir du Big Data dans les pratiques de gestion internes à SONATRACH ?
2. Expliquez, selon vous, ce qui serait nécessaire pour renforcer le rôle positif de cette technologie.
3. Comment percevez-vous les risques ou les limites associés à une utilisation élargie du Big Data

### **Conclusion à lire à la fin de l'entretien**

Merci pour votre participation et la qualité de vos réponses. Votre expérience apportera un éclairage précieux pour cette étude sur l'usage des technologies émergentes dans le secteur énergétique. Si vous souhaitez recevoir un résumé des résultats finaux, vous pouvez me le signaler. ?

## Annexes

### ANNEXE B: Axe 01 de l'analyse thématique Nvivo

	A : Q1	B : Q2	C : Q3	D : Q4
1 : Ines_Bc			En tant qu'ingénieure en développement informatique, j'interviens directement dans la gouvernance des données chez SONATRACH, en assurant leur structuration, leur sécurité et leur accessibilité.	Depuis mon arrivée en 2018, j'ai participé à plusieurs projets de migration de données administratives vers des systèmes plus intelligents et interconnectés.
2 : Repons	Femme	Depuis 2001	En tant que cheffe de département gestion MGO et banque de données, je suis responsable du stockage des décisions, de leur diffusion et de leur injection dans la base de données. Mon service assure donc un suivi rigoureux des données, depuis leur production jusqu'à leur archivage.	À ce jour, ces technologies n'ont pas encore été intégrées dans notre service. Toutefois, nous manifestons un vif intérêt à les adopter, notamment pour le gain de temps qu'elles promettent et leur potentiel à améliorer les recherches et la gestion d'un grand volume de décisions (plus de 4000).
3 : Repons	Femme.	29 ans de service	Nous jouons un rôle essentiel dans la gestion des données. En tant que productrices d'information, nous élaborons des décisions stratégiques que nous soumettons à la signature de la direction générale	La perception actuelle est que si nous avons un jour l'opportunité d'adopter les technologies Big Data, cela facilitera certainement le traitement de l'information. Ce serait, sans aucun doute, bénéfique pour nos processus décisionnels.
4 : Repons	Femme	21 ans	Les flux de données sont stockés depuis longtemps. Le concept des 5V (volume, vitesse, variété, véracité, valeur) est connu. L'exploitation des données représente une opportunité qui n'a pas encore été totalement exploitée.	L'objectif est de tirer profit des données disponibles, de valoriser la richesse des processus internes et d'aboutir à des résultats nouveaux grâce à des analyses pertinentes. Chaque donnée et activité peut révéler de nouvelles façons de faire.
5 : Youcef			Je suis ingénieur en informatique spécialisé dans le développement et la maintenance applicative chez SONATRACH depuis deux ans.	Mon travail est axé sur la génération et l'exploitation des données issues des systèmes internes.

## Annexes

### ANNEXE C : Axe 02 de l'analyse thématique Nvivo

	A : Q5	B : Q6	C : Q7	D : Q8	E : Q9
1 : Ines_Bc	Les serveurs de bases de données que je gère sont optimisés pour les environnements analytiques, en supportant à la fois les requêtes massives et les flux temps réel.	Je contribue à l'élaboration de stratégies de données qui visent à centraliser et valoriser les informations internes pour la prise de décision.	Le Big Data représente une opportunité d'optimiser les performances, notamment grâce aux prédictions sur les volumes d'activité, les risques potentiels et les besoins organisationnels.	L'intégration du Big Data est facilitée par la mise en place d'infrastructures compatibles avec des outils comme Hadoop ou Spark, même si certains obstacles techniques subsistent.	Le traitement et l'analyse des données se font en grande partie avec des outils développés en interne, mais aussi avec des logiciels de visualisation comme Power BI ou Tableau.
2 : Repons	Probablement pour moderniser la gestion de l'information, améliorer la rapidité de traitement, la fiabilité des décisions et suivre les standards internationaux en matière de transformation numérique.	Aucun changement notable n'a été observé pour le moment, car l'intégration du Big Data n'a pas encore eu lieu dans notre département.	Nous utilisons actuellement une interface interne appelée MGO, développée par SONATRACH. Une autre plateforme, "My Org", est en cours de développement pour améliorer la gestion de l'information.	La formation reste limitée pour l'instant. Une sensibilisation plus large serait nécessaire pour permettre une adoption optimale des outils numériques.	L'adoption a été freinée, notamment en raison d'un manque de sensibilisation et de préparation du personnel, en particulier des générations plus anciennes.
3 : Repons	Le rôle du Big Data dans notre domaine ne sera pas nécessairement visible directement. Il impactera surtout la qualité des analyses réalisées en amont. À notre niveau, les changements concrets seront limités, mais les analyses issues du Big Data pourraient appuyer nos rapports et recommandations.	SONATRACH semble avoir pris des précautions dans l'adoption du Big Data. Il y a une prise de conscience progressive, avec une volonté d'intégrer ces outils pour moderniser les pratiques internes.	L'impact attendu est clairement positif. Le Big Data permettra de fluidifier le traitement des données et d'accélérer la prise de décision. Le seul risque perçu est une éventuelle dépendance excessive à la donnée, qui pourrait freiner la prise d'initiatives humaines.	Nous ne disposons pas encore d'outils spécifiques liés au Big Data, mais nous utilisons des outils de reporting classiques. Une intégration future du Big Data pourrait permettre des analyses plus fines sur les structures organisationnelles et les performances des départements.	La formation à ces technologies n'a pas encore été généralisée. Pour le moment, il s'agit principalement d'une curiosité personnelle ou d'échanges informels avec des collègues d'autres directions.
4 : Repons	Le changement n'a pas été facile au début. Il a fallu s'adapter, se forcer soi-même et forcer l'équipe au changement et à l'innovation. Il est important de savoir utiliser les données et d'en reconnaître à la fois les avantages et les inconvénients.	Il n'y a pas de données massives dans la structure actuelle, mais nous utilisons des tableaux de bord destinés au top management. Nous faisons aussi appel à l'analyse statistique, notamment la régression linéaire, pour projeter les tendances à long terme sur la base des données historiques, avec une marge d'erreur relativement faible.	La formation s'est faite à travers des recherches personnelles, la lecture d'articles spécialisés et des formations continues.	L'adoption du Big Data a été facilitée par un manager visionnaire, mais aussi freinée par certaines personnes peu réceptives ou peu compétentes dans le domaine.	L'exploitation des données a influencé la formulation des conclusions et des enseignements. Les données d'entrée (inputs) jouent un rôle clé dans l'interprétation des résultats.
5 : Youcef	J'interviens particulièrement dans la phase de numérisation, ce qui permet un traitement plus précis des prévisions et des analyses.	Nous utilisons plusieurs applications métiers, notamment dans la gestion des inventaires, la sécurité industrielle et les systèmes de sécurité.	J'interviens également sur des solutions applicatives liées aux ressources humaines, facilitant l'accès à l'information du personnel et la planification.	Le développement des outils Big Data se fait principalement en interne, ce qui garantit une adaptation aux besoins spécifiques de l'entreprise.	La numérisation et la normalisation des données sont deux piliers essentiels dans mon activité quotidienne.

## Annexes

### ANNEXE D: Axe 03 de l'analyse thématique Nvivo

	A : Q10	B : Q11	C : Q12	D : Q13	E : Q14
1 : Ines Bc	Les décisions sont désormais appuyées par des tableaux de bord dynamiques, permettant une lecture rapide des indicateurs clés à tous les niveaux de gestion.	L'évolution vers une gouvernance intelligente des données a permis une meilleure collaboration inter-départements, avec des échanges plus standardisés et efficaces.	Je vois dans le Big Data une composante essentielle de la transformation digitale de SONATRACH, capable de renforcer l'agilité organisationnelle.	Pour renforcer cet impact, il serait nécessaire d'harmoniser les compétences, notamment par des formations ciblées sur la manipulation de données à grande échelle.	Le principal risque reste lié à la sécurité et à la confidentialité, surtout lorsqu'il s'agit de données sensibles transférées vers des environnements cloud.
2 : Repons	Pas encore applicable à notre niveau car le Big Data n'a pas été mis en œuvre.	Une fois intégrée, elle pourrait offrir une meilleure visualisation des données, favoriser des prises de décision plus rapides et basées sur des analyses prédictives.	Grâce à des algorithmes capables d'analyser rapidement de grandes quantités de données, cette technologie permet d'extraire de l'information pertinente en temps réel, avec moins d'erreurs humaines.	Aucune évolution observée pour le moment, faute d'intégration effective de la technologie.	L'adaptation reste encore à venir. Il serait nécessaire de repenser les méthodes de travail collaboratif autour de plateformes partagées et d'outils d'analyse de données.
3 : Repons	L'acceptation d'outils technologiques dépendra de leur simplicité et de la capacité du personnel à se les approprier. Une formation ciblée et progressive serait nécessaire pour éviter toute résistance.	Les décisions futures pourront bénéficier d'analyses prédictives basées sur des données collectées de manière continue. Cela renforcera la qualité des recommandations émises par notre service.	L'introduction du Big Data pourrait transformer les dynamiques décisionnelles. Les orientations stratégiques pourront s'appuyer sur des analyses beaucoup plus complètes et factuelles.	La rapidité d'accès à l'information, ainsi que la capacité de croiser différentes sources de données, améliorera considérablement la fiabilité des conclusions émises par les services supports.	L'échange d'informations entre services gagnera en fluidité. On peut espérer une meilleure coordination entre les départements grâce à des plateformes partagées de traitement de données.
4 : Repons	L'objectif principal de l'exploitation des données est de soutenir la prise de décision. L'utilisation de tableaux de bord et d'indicateurs de performance liés au Big Data permet d'orienter les choix stratégiques, notamment grâce à l'analyse des données historiques.	La rapidité est assurée par la puissance des processeurs et la quantité de données disponibles. La fiabilité, quant à elle, est liée à la taille de l'échantillon exploité.	Les échanges sont devenus plus transparents, plus fluides et plus rapides.	Le travail collaboratif est devenu moins fréquent en présentiel, mais plus centralisé sur les mêmes systèmes d'information.	Le futur du Big Data au sein de SONATRACH dépendra de son adoption par le top management, une fois les outils correctement développés.
5 : Youcef	L'intégration du Big Data améliore considérablement la précision des prévisions, en particulier dans les secteurs logistiques et industriels.	La collaboration entre les départements est facilitée grâce à l'interopérabilité des systèmes informatiques et à une meilleure gestion des flux de données.	Les décisions sont prises sur la base d'indicateurs fiables extraits en temps réel des applications développées.	Nous sommes encore dans une phase de transition, mais les résultats montrent déjà une nette amélioration de la réactivité organisationnelle.	Pour renforcer l'impact du Big Data, je recommande une meilleure formation des équipes à l'utilisation des nouvelles plateformes analytiques.

## Annexes

### ANNEXE E: Axe 04 de l'analyse thématique Nvivo

	A : Q15	B : Q16	C : Q17
1 : Ines_Bc	Il est essentiel d'éviter une dépendance excessive aux systèmes automatisés sans validation humaine.	La gestion du changement est aussi une priorité, afin d'assurer l'adhésion des utilisateurs aux nouvelles pratiques numériques.	Enfin, j'insiste sur l'importance de créer une culture de la donnée partagée, dans laquelle chaque acteur comprend l'enjeu stratégique de son rôle dans l'écosystème informationnel
2 : Repons	Le Big Data facilitera le travail quotidien, offrira un gain de temps considérable et améliorera la pertinence des informations exploitées.	Il est essentiel de sensibiliser les employés, notamment ceux issus des anciennes générations, et de préparer le terrain avant l'intégration des nouvelles technologies. SONATRACH doit suivre le rythme de la transformation numérique mondiale.	Les principaux risques concernent la sécurité des données, la confidentialité, les pertes potentielles d'informations, et la vulnérabilité face aux cyberattaques. La sécurité doit donc être une priorité absolue.
3 : Repons	Le travail collaboratif pourrait évoluer vers une approche plus connectée, avec des outils collaboratifs alimentés par des données en temps réel. Cela pourrait renforcer la réactivité des équipes.	À l'avenir, l'utilisation du Big Data au sein de SONATRACH sera un levier pour appuyer la transformation organisationnelle. Il faudra structurer les projets autour des vrais besoins internes	Pour renforcer l'impact du Big Data, il sera nécessaire de former les équipes, créer une culture de la donnée et impliquer les décideurs dans les phases de développement.
4 : Repons	Il est nécessaire d'informer, de sensibiliser, et de garantir l'adhésion du top management pour renforcer les effets positifs du Big Data.		Les principaux risques concernent la confidentialité, les fuites de données, une dépendance excessive aux données, et les risques liés à la cybercriminalité.
5 : Youcef	Le principal défi reste la sécurité des données sensibles, notamment dans les systèmes critiques liés à la sécurité industrielle.	La dépendance aux outils numériques doit être accompagnée d'un bon encadrement humain pour éviter les erreurs automatiques non détectées.	Je considère que le Big Data jouera un rôle central dans la stratégie de maintenance prédictive et d'optimisation opérationnelle à SONATRACH.