

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
القلية

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention d'un Master académique

En « **Management Stratégique et Système D'information** »

**L'apport de L'adoption d'un PaaS à la
performance de l'entreprise**

Au sien du « SONATRACH -Alger »

Elaboré par :

- **BEHADDI Mohamed**
Abdelwahab

Encadré par :

Dr. DERRAR Hacene

CO- encadrant:

Dr. SEGHIRI Narimane

Année universitaire: 2024/2025

RESUME

Face aux défis de la transformation numérique, le PaaS (platform as a service) s'impose comme un levier stratégique potentiel, mais son adoption soulève des questions concernant ses effets concrets sur la performance.

Notre mémoire explore le rôle de l'adoption d'un PaaS interne au sein de l'entreprise Sonatrach, avec un focus particulier sur la Direction des Systèmes d'Information. À travers une méthodologie qualitative basée sur une observation et des entretiens semi-directifs menés auprès d'ingénieurs et de chefs de département, l'étude évalue les avantages stratégiques et les défis techniques liés à l'utilisation d'un data center centralisé comme PaaS interne, comparé à une gestion décentralisée des serveurs. Les résultats révèlent que le PaaS interne agit comme un levier stratégique pour la transformation numérique de Sonatrach, en optimisant les coûts grâce à la centralisation des ressources, en accélérant les cycles de Développement et de déploiement via des environnements standardisés, et en améliorant la productivité des équipes par l'automatisation des tâches répétitives. Il renforce également la performance et la compétitivité, tout en offrant une sécurité accrue grâce à une maîtrise interne des données. Cependant, des défis persistent, notamment l'intégration des systèmes hérités et la gestion des compatibilités techniques, qui nécessitent des adaptations continues. Cette recherche met en lumière la valeur du PaaS interne dans un secteur sensible comme l'énergie, soulignant son rôle dans le repositionnement stratégique de la DSI vers l'innovation et la création de valeur.

Mots-clés : cloud, PaaS, transformation numérique, centralisation, Data Center.

Abstract

In the face of the challenges of digital transformation, PaaS (Platform as a Service) emerges as a potential strategic lever, but its adoption raises questions about its concrete effects on performance.

Our thesis explores the role of adopting an internal PaaS within the company Sonatrach, with a particular focus on the Information Systems Department. Through a qualitative methodology based on observation and semi-structured interviews conducted with engineers and department heads, the study evaluates the strategic advantages and technical challenges related to the use of a centralized data center as an internal PaaS, compared to decentralized server management. The results reveal that the internal PaaS acts as a strategic lever for Sonatrach's digital transformation, optimizing costs through resource centralization, accelerating development and deployment cycles via standardized environments, and improving team productivity through the automation of repetitive tasks. It also enhances performance and competitiveness while providing increased security through internal data control. However, challenges persist, particularly the integration of legacy systems and the management of technical compatibilities, which require continuous adaptations. This research highlights the value of internal PaaS in a sensitive sector like energy, emphasizing its role in the strategic repositioning of the IT department towards innovation and value creation.

Keywords : cloud, PaaS, digital transformation, centralization, Data Center

ملخص

في مواجهة تحديات التحول الرقمي، تبرز منصة الخدمات كخدمة (PaaS) كرافعة استراتيجية محتملة، غير أن تبنيها يثير تساؤلات حول أثارها الفعلية على الأداء.

تتناول هذه الأطروحة دور تبني PaaS داخلي داخل شركة سوناطراك، مع تركيز خاص على مديرية نظم المعلومات. ومن خلال منهجية نوعية تعتمد على الملاحظة والمقابلات شبه الموجهة مع المهندسين ورؤساء الأقسام، تقيم الدراسة المزايا الاستراتيجية والتحديات التقنية المرتبطة باستخدام مركز بيانات مركزي كـ PaaS داخلي، مقارنة بإدارة الخوادم اللامركزية. وتُظهر النتائج أن PaaS الداخلي يمثل رافعة استراتيجية لتحول سوناطراك الرقمي، حيث يعمل على تحسين التكاليف من خلال مركزية الموارد، وتسريع دورات التطوير والنشر بفضل بيئات موحدة، وتعزيز إنتاجية الفرق من خلال أتمتة المهام المتكررة. كما يُحسن الأداء والقدرة التنافسية مع توفير مستوى أعلى من الأمان بفضل التحكم الداخلي في البيانات. ومع ذلك، لا تزال بعض التحديات قائمة، لاسيما ما يتعلق بتكامل الأنظمة القديمة وإدارة التوافق التقني، وهو ما يتطلب تعديلات مستمرة. وتسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية PaaS الداخلي في قطاع حساس مثل الطاقة، مؤكدة دوره في إعادة تموقع مديرية نظم المعلومات نحو الابتكار وخلق القيمة.

الكلمات المفتاحية: الحوسبة السحابية، PaaS، التحول الرقمي، المركزية، مركز البيانات

REMERCIEMENTS

بسم الله الرحمن الرحيم
والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين
الحمد لله رب العالمين الذي وقّفتي ومنحني التوفيق لإكمال هذا العمل.
أتقدم بأسمى عبارات الشكر والامتنان أولاً إلى والديّ العزيزين، اللذين كانا سندي الأكبر، فقد
قدّما لي الدعم اللامحدود بالحب والتفاني طوال هذه
الرحلة الأكاديمية، وأسأل الله أن يجزيهما خير الجزاء.
كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى مشرفي، الدكتور درار حسان، وإلى مشرفتي المساعدة،
السيدة صغيري ناريمان، على إرشاداتهما القيّمة
ودعمهما المستمر خلال إعداد هذا البحث.
وأوجّه شكري العميق إلى جميع أفراد فريق العمل في المؤسسة على تعاونهم
ومساهماتهم الكبيرة في إنجاح هذا العمل.
وأخيراً، أشكر زملائي الأعزاء خلال السنتين الماضيتين، الذين كانوا
مصدر إلهام وتكاتف، وأعبّر عن امتناني من أعماق قلبي لكل ما قدّموه. جزاكم الله خيراً
جميعاً.

TABLE DE MATIERES

RESUME	1
REMERCIEMENTS	4
TABLE DE MATIERES	5
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES ABREVIATIONS	9
INTRODUCTION GENERALE	11
1. Contexte de recherche	12
2. Problématique, Questions de Recherche et Objectifs de Recherche	13
2.1 Problématique	13
2.2 Questions de Recherche.....	13
2.3 Objectifs de Recherche	13
3. Méthodologie.....	14
4. Annonce du plan	14
CHAPITRE I : REVUE LITTERATURE ET CADRE CONCEPTUEL	15
Section 01 : Revue de Littérature : Impact des PaaS sur les Entreprises.....	16
1.1 Fondements et Enjeux du PaaS pour la Performance des Entreprises	16
1.2 Bénéfices du PaaS pour les Entreprises	16
1.3 Défis et Risques de l'Adoption du PaaS.....	19
1.4 Applications Sectorielles.....	21
1.5 Mise en Œuvre et Perspectives du PaaS pour la Performance des Entreprises.....	25
1.7 Tendances Futures et Opportunités	26
1.8 Lacunes de Recherche	27
Section 02 : Cadre conceptuel	28
2.1 le cloud computing	28
2.2 Les Couches du Cloud	30
2.3 Définition du PaaS	33
2.4 Les machines virtuelles (VM).....	40
2.5 La Révolution des Conteneurs	41
2.6 transformation numérique.....	42
2.7 Centralisation et décentralisation des données	44

CHAPITRE II : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET CONTEXTE	
ORGANISATIONNEL	47
Section 01 : Cadre méthodologique.....	48
1.1 La position épistémologique et méthode de recherche	48
1.2 Outils de collecte de données	50
Section 02 : Présentation de l'organisme d'accueil	55
2.1 Présentations de l'entreprise	55
2.2 Mission et objectifs de SONATRACH.....	59
2.3 L'organigramme de la macrostructure de SH.....	60
2.4 Sonatrach activités commercialisation.....	60
CHAPITRE III : RESULTAT ET DISSCUSION.....	65
Section 1 : analyse des résultat et interprétation.....	66
1.1 Analyse par Observation.....	66
1.2 Analyse des entretiens.....	67
1.3 interprétation des résultats de l'entretien.....	71
Section 2 : Discussion des résultats	76
2.1 Effets sur l'Innovation et la Performance dans la Transformation Numérique.....	76
2.2 Modification du Cycle de Vie des Applications.....	76
2.3 Réduction des Coûts et Coordination Inter-Équipes.....	77
2.4 Sécurité et Souveraineté des Données	77
2.5 Gouvernance et Repositionnement Stratégique de la DSI.....	78
CONCLUSION GENERALE.....	80
BIBLIOGRAPHIE	82
LES ANNEXES.....	90

LISTE DES FIGURES

Figure 1: l'architecture du cloud computing	30
Figure 2: les modèles de cloud computing	31
Figure 3: Pile d'applications et modèles de services cloud associées.....	33
Figure 4 : Cycle de vie des applications PaaS Intel Livre blanc (2014)	39
Figure 5: Organigramme de la macrostructure de SONATRACH.....	60
Figure 6 : Organisation de l'activité de commercialisation	62
Figure 7: Corrélation de Pearson	68
Figure 8 : Nuages de mots	68
Figure 9: Recherche contextuelle « PaaS »	70
Figure 10: Recherche textuelle « sécurité ».....	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Choix entre centralisation et décentralisation	45
Tableau 2 : Guide d'entretien	52
Tableau 3: Présentation des interviewée	54
Tableau 4: Fiche d'identité de l'entreprise	58

LISTE DES ABREVIATIONS

AI : Intelligence Artificielle

API : Interface de Programmation d'Application

VMs : virtuelles machines

AWS : Amazon Web Services

CAPEX : Dépenses en Capital

CI/CD : Intégration Continue/Déploiement Continu

CRM : Gestion de la Relation Client

DevOps : Développement et Opérations

DSI : Direction des Systèmes d'Information

EC2 : Elastic Compute Cloud (Service d'Amazon Web Services)

EMR : Elastic MapReduce « service d'Amazon Web Services »

ERP : Enterprise Resource Planning « Planification des Ressources de l'Entreprise »

HIPAA : Health Insurance Portability and Accountability Act (Loi sur la Portabilité et la Responsabilité en Assurance Santé, États-Unis)

IaaS : Infrastructure as a Service (Infrastructure en tant que Service)

IoT : Internet des Objets

ISO/IEC : Organisation Internationale de Normalisation/Commission Électrotechnique Internationale

MVP : Produit Minimum Viable

NIST : Institut National des Normes et de la Technologie, États-Unis

OPEX : Dépenses Opérationnelles

PaaS : Platform as a Service (Plateforme en tant que Service)

PCI-DSS : Payment Card Industry Data Security Standard (Norme de Sécurité des Données de l'Industrie des Cartes de Paiement)

PME : Petites et Moyennes Entreprises

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

S3 : Service de Stockage Simple, Amazon Web Services

SaaS : Software as a Service (Logiciel en tant que Service)

SLA : Service Level Agreement (Accord de Niveau de Service)

SQL : Langage de Requête Structuré

TCO : Coût Total de Possession

TMT : Technologie, Media et Télécommunications

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte de recherche

Le cloud computing, et plus particulièrement le modèle Platform as a Service (PaaS), s'impose comme un levier stratégique de la transformation numérique des entreprises. En offrant des solutions flexibles, évolutives et économiques pour le développement, le déploiement et la gestion d'applications, le PaaS permet aux organisations de se libérer des contraintes liées à l'infrastructure physique et de se concentrer pleinement sur l'innovation et la création de valeur. Le PaaS joue un rôle fondamental dans l'optimisation des processus métier, l'amélioration de l'agilité organisationnelle et le soutien à des approches modernes telles que le DevOps, qui favorise la collaboration entre les équipes de développement et d'exploitation (Kavis, 2014). De plus, l'adoption du PaaS s'accompagne souvent d'une meilleure gestion des cycles de vie des applications et d'une capacité accrue à répondre rapidement aux exigences changeantes du marché (Hashem I. A., 2015). Le PaaS élimine les coûts liés à l'achat et à la maintenance des infrastructures physiques.

Malgré ses nombreux avantages, le PaaS présente des limites qui freinent son adoption et nécessitent une attention particulière. Les préoccupations liées à la sécurité et à la confidentialité des données sont un frein important, particulièrement dans les PaaS publics. Les environnements partagés augmentent les risques de violations de données, un enjeu critique dans des secteurs sensibles, le modèle de responsabilité partagée, où le fournisseur sécurise l'infrastructure et l'entreprise protège ses applications, peut engendrer des ambiguïtés, exposant les données sensibles en cas d'erreurs de configuration (Rhoton J., 2009). Dans le contexte spécifique de Sonatrach, l'adoption d'un PaaS interne s'inscrit dans le cadre de sa stratégie SH 2030, qui vise à moderniser ses opérations et à renforcer son positionnement compétitif sur le marché énergétique mondial. Cette initiative stratégique reflète l'engagement de l'entreprise à intégrer des technologies avancées pour optimiser ses processus, notamment dans la gestion des données massives issues de l'exploration et de la production d'hydrocarbures, tout en améliorant l'efficacité opérationnelle. En adoptant une PaaS interne, Sonatrach cherche à centraliser ses ressources numériques, à accélérer le développement d'applications critiques et à favoriser une meilleure collaboration inter-départements, alignant ainsi ses pratiques technologiques sur ses ambitions de croissance durable et d'innovation.

2. Problématique, Questions de Recherche et Objectifs de Recherche

2.1 Problématique

La transformation numérique pousse les entreprises à revoir leurs infrastructures et processus pour rester compétitives. Dans ce contexte, les technologies du Cloud Computing, et notamment le modèle Platform as a Service (PaaS), émergent comme des outils prometteurs, offrant des solutions flexibles et évolutives pour le développement et la gestion d'applications. Le PaaS propose des solutions flexibles pour développer des applications, mais son adoption pose des questions sur ses réels avantages. L'enjeu est de comprendre comment les entreprises peuvent tirer parti du PaaS pour réussir leur transformation numérique.

- « Comment l'intégration du PaaS a telle améliorer la transformation numérique au sein de l'entreprise SONATRACH ? »

2.2 Questions de Recherche

- Quels sont les effets concrets de l'adoption du PaaS sur l'innovation techniques, la sécurité et la performance de la DSI dans sa transformation numérique ?
- Comment l'intégration du PaaS modifie-t-elle le cycle de vie des applications (phase de développement, déploiement, maintenance) ?
- Comment l'adoption du PaaS influence-t-elle la réduction des coûts tout en renforçant la coordination entre les équipes de développement, d'exploitation et de sécurité ?

2.3 Objectifs de Recherche

Cette étude cherche à étudier le rôle du PaaS interne dans la reconfiguration des pratiques de la DSI de Sonatrach, en explorant sa contribution à la rationalisation du cycle de vie des applications, incluant les phases de développement, d'intégration continue et de déploiement, tout en analysant son influence sur la réduction des coûts d'infrastructure et de maintenance et sur l'amélioration de la synergie entre les équipes de développement, d'exploitation et de sécurité,

3. Méthodologie

Dans le cadre de cette recherche, nous adoptons une approche qualitative afin d'explorer en profondeur les pratiques et enjeux liés à l'adoption du PaaS. Des entretiens semi-directifs seront menés auprès d'ingénieurs et de chefs de département, retenus pour l'expertise et la diversité de leurs responsabilités opérationnelles, Ces entretiens permettront de recueillir leurs perceptions sur l'impact du PaaS sur l'innovation, le cycle de vie applicatif, les coûts et la collaboration inter-équipes. Cette approche méthodologique offrira une vision contextualisée des enjeux stratégiques et techniques inhérents à l'intégration du PaaS. Les conclusions visent à formuler des recommandations pragmatiques pour optimiser son usage au sein des organisations.

4. Annonce de plan

La structure de cette étude est organisée comme suit :

L'introduction donne un aperçu du sujet de recherche, contextualise sa signification, met en évidence le problème de recherche et les objectifs.

Et trois chapitres comme suit :

Chapitre 1 comporte deux section : une revue de littérature qui offre un aperçu des recherches et étude antérieure et un cadre conceptuel qui définit et explique les principaux éléments de chaque concept examiné comme le « PaaS », « VMs », « transformation numérique » et cloud

Chapitre 2 offre un aperçu du cadre méthodologique employé dans notre étude, comprenant une explication détaillée de la méthodologie choisie et les outils de collecte et d'analyse de données et un cadre organisationnel qui présente l'entreprise ou on a fait notre stage.

Chapitre 3 présente les résultats de notre travail et les analysées ensuite dans la deuxième section on fait une comparaison avec les travaux présentées dans la revue de littérature et les limites et perspectives de la recherche

La conclusion résume le contenu de l'étude et les résultats obtenus, tout en délimitant les manquements de cette étude et les perspectives d'amélioration pour de futures recherches.

CHAPITRE I :
REVUE LITTERATURE ET CADRE
CONCEPTUEL

Dans un environnement marqué par une accélération des mutations technologiques, les plateformes PaaS émergent comme des catalyseurs majeurs de la transformation numérique des entreprises. En fournissant des environnements intégrés pour le développement, le déploiement et la gestion d'applications sectorielles, impacts stratégiques et organisationnels, ainsi que les perspectives du PaaS, en s'appuyant sur une analyse critique des sources disponibles. Elle vise à démontrer comment le PaaS agit comme un levier de compétitivité, tout en identifiant les obstacles à son adoption et les opportunités émergentes.

Section 01 : Revue de Littérature : Impact des PaaS sur les Entreprises

Cette section vise à explorer les travaux de recherche antérieurs relatifs à l'adoption des plateformes PaaS (Platform as a Service) dans les organisations, avec un accent particulier sur leurs impacts sur la performance des entreprises.

1.1 Fondements et Enjeux du PaaS pour la Performance des Entreprises

Le Platform AS a Service (PaaS) représente un modèle de cloud computing qui permet aux entreprises de créer et déployer des applications sans se soucier de la gestion de l'infrastructure physique sous-jacente. En offrant un environnement virtuel pour le développement d'applications, le PaaS simplifie considérablement les processus de déploiement et de gestion des applications.

Selon (Gartner, 2020), le PaaS est de plus en plus adopté en raison de sa capacité à offrir des solutions flexibles et évolutives. En permettant aux entreprises de se concentrer sur l'innovation, plutôt que sur l'infrastructure, le PaaS permet d'améliorer la productivité des équipes de développement et de réduire le time-to-market pour les nouvelles applications. Cela donne aux entreprises un avantage concurrentiel important dans un environnement de plus en plus dynamique.

L'une des principales forces du PaaS réside dans sa capacité à automatiser les processus techniques, tels que la gestion des serveurs, des bases de données et des réseaux. Cela permet non seulement de réduire les coûts d'infrastructure, mais aussi d'augmenter la fiabilité des applications, car les fournisseurs de PaaS disposent de ressources dédiées pour garantir la performance et la sécurité des services.

1.2 Bénéfices du PaaS pour les Entreprises

1.2.1 Efficacité Coût

Le PaaS révolutionne la structure financière des entreprises en transformant les investissements en capital (CAPEX) en dépenses opérationnelles (OPEX) (Rhoton J. , 2009) Explique que le modèle de tarification à l'usage élimine les coûts associés à l'achat, à l'installation et à la maintenance des infrastructures physiques, permettant des économies substantielles. (MarketsandMarkets., 2021) Estime que les PME adoptant des PaaS publics, comme Heroku ou AWS Elastic Beanstalk, réduisent leurs budgets informatiques de 20 à 30 % en moyenne. Une startup peut lancer une application mobile sans investir dans un centre de données, réallouant ses fonds à des initiatives stratégiques comme le marketing ou le développement produit.

De plus, l'automatisation des tâches récurrentes, telles que les mises à jour logicielles, la gestion des serveurs et la maintenance des bases de données, réduit les besoins en personnel technique spécialisé. Cette optimisation budgétaire permet aux entreprises, même celles aux ressources limitées, d'accéder à des technologies de pointe, nivelant ainsi le terrain concurrentiel avec les acteurs établis, selon (Statista., 2023)

1.2.2 Rapidité de Développement et Agilité

Le PaaS accélère considérablement les cycles de développement en fournissant des environnements préconfigurés équipés de frameworks, de bibliothèques et d'outils intégrés. (Erl T. P., 2013) Notent que les fonctionnalités d'intégration continue et de déploiement continu (CI/CD), combinées à des frameworks comme Ruby on Rails, Django ou Spring, permettent de réduire les délais de mise sur le marché (Statista., 2023) rapporte une diminution moyenne de 40 % du cycle de développement pour les entreprises utilisant des PaaS, un avantage compétitif crucial dans des secteurs dynamiques comme la fintech, l'e-commerce ou les télécommunications.

Une entreprise peut utiliser Salesforce Platform pour prototyper une application client en quelques semaines, contre plusieurs mois avec une approche traditionnelle. Cette agilité favorise l'expérimentation rapide, permettant aux entreprises de tester des produits minimums viables (MVP), de valider des concepts auprès des utilisateurs et d'ajuster leurs offres en temps réel pour répondre aux évolutions du marché, comme l'indiquent (Giessmann A. S.-S., 2012)

1.2.3 Évolutivité et Flexibilité

L'évolutivité automatique est un atout majeur du PaaS, permettant aux entreprises de s'adapter aux variations de la demande sans interruption. (Giessmann A. S.-S., 2012), expliquent que les PaaS ajustent dynamiquement les ressources (CPU, mémoire, bande passante) en fonction des besoins, garantissant des performances optimales lors des pics de charge, comme les soldes saisonnières pour un détaillant en ligne. (Buyya R. V., 2013) Soulignent la flexibilité

technologique du PaaS, qui supporte une large gamme de langages de programmation et de bases de données (SQL, NoSQL), offrant aux entreprises la liberté de choisir les outils les mieux adaptés à leurs projets.

Une application déployée sur AWS Elastic Beanstalk, par exemple, peut passer de 100 à 100 000 utilisateurs sans reconfiguration manuelle, renforçant la résilience opérationnelle. Cette capacité à évoluer rapidement soutient également l'innovation des modèles d'affaires, permettant aux entreprises de lancer de nouveaux services numériques ou de pivoter vers des marchés émergents avec un minimum de friction.

1.2.4 Collaboration et Intégration

Les PaaS favorisent la collaboration interdisciplinaire en offrant des environnements cloud accessibles à distance, équipés d'outils collaboratifs comme les systèmes de contrôle de version (Git), les tableaux de bord partagés et les plateformes de gestion de projet. (Buyya R. V., 2013) Décrivent comment ces fonctionnalités améliorent la coordination entre développeurs, designers, analystes et gestionnaires, même dans des équipes géographiquement dispersées. Cette approche collaborative est essentielle pour les entreprises opérant dans des environnements mondialisés, où la rapidité et la cohérence des workflows sont des facteurs de succès.

Le PaaS excelle également dans l'intégration avec des systèmes existants, tels que les progiciels de gestion intégrée (ERP) ou les outils de gestion de la relation client (CRM). (Erl T. P., 2013) Citent l'exemple de Mulesoft, une plateforme PaaS qui connecte des applications cloud à des bases de données sur site, assurant une transition fluide vers des architectures numériques. Cette interopérabilité permet aux entreprises de moderniser leurs processus tout en préservant leurs investissements technologiques antérieurs, réduisant ainsi les coûts et les risques associés à une refonte complète des systèmes.

1.2.5 Simplification de la Gestion Infrastructurelle

Le PaaS libère les entreprises de la charge opérationnelle liée à la gestion de l'infrastructure, en déléguant des tâches complexes comme la maintenance des serveurs, les mises à jour logicielles et la gestion de la sécurité à des fournisseurs spécialisés. (Rhoton J. , 2009) Note que cette externalisation permet aux équipes informatiques de se concentrer sur des activités à forte valeur ajoutée, telles que le développement de nouvelles fonctionnalités ou l'optimisation des expériences utilisateur. Par exemple, une entreprise utilisant Heroku n'a pas à gérer les correctifs de sécurité ou les pannes matérielles, ce qui réduit les temps d'arrêt et améliore la continuité des opérations.

Cette simplification renforce l'efficacité organisationnelle, en particulier pour les entreprises qui n'ont pas les ressources pour maintenir une infrastructure interne complexe. Elle permet également une allocation plus stratégique des ressources humaines et financières, favorisant l'innovation et la compétitivité, comme le souligne (MarketsandMarkets., 2021)

1.2.6 Accès à des Technologies Avancées

Le PaaS démocratise l'accès à des technologies avancées, comme l'IA, le big data et l'IoT, qui étaient autrefois réservées aux grandes entreprises disposant de budgets conséquents. (Buyya R. V., 2013) expliquent que les PaaS modernes intègrent des services préconfigurés, tels que des moteurs d'apprentissage automatique ou des outils d'analyse de données, permettant aux PME de développer des solutions sophistiquées sans expertise interne approfondie. Par exemple, une petite entreprise peut utiliser Google Cloud AI Platform pour intégrer des fonctionnalités prédictives dans ses applications, améliorant ainsi ses offres sans coûts prohibitifs.

Cet accès élargi nivelle le terrain concurrentiel, permettant aux entreprises de toutes tailles de rivaliser sur la base de l'innovation plutôt que des ressources financières, selon (Statista., 2023)

1.3 Défis et Risques de l'Adoption du PaaS

1.3.1 Sécurité et Confidentialité

La sécurité reste une préoccupation centrale, particulièrement pour les PaaS publics. MarketsandMarkets (2021) indique que les environnements partagés augmentent les risques de violations de données, un enjeu critique dans des secteurs sensibles comme la santé, la finance ou l'administration publique. Le modèle de responsabilité partagée, où le fournisseur sécurise l'infrastructure et l'entreprise protège ses applications, peut engendrer des ambiguïtés. (Rhoton J. , 2009)souligne que des erreurs de configuration, comme une mauvaise gestion des clés API ou des droits d'accès, peuvent exposer des données sensibles, entraînant des conséquences financières et réputationnelles.

La conformité aux réglementations internationales, telles que le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) en Europe ou HIPAA aux États-Unis, exige une vigilance accrue. Les entreprises doivent mettre en place des politiques robustes de gestion des données, incluant le chiffrement, l'authentification multifactorielle et des audits réguliers, pour garantir la confidentialité et éviter des sanctions, selon (Erl T. P., 2013)**Dépendance au Fournisseur (Vendor Lock-In)**

Le verrouillage fournisseur est un obstacle stratégique majeur. (Rhoton J. , 2009) Explique que les PaaS propriétaires, comme ceux d'Amazon, Microsoft ou Google, utilisent souvent des formats de données, des API ou des outils spécifiques, rendant la migration vers une autre plateforme complexe et coûteuse. Par exemple, une application développée sur Microsoft Azure peut nécessiter une réécriture partielle pour être transférée sur Google Cloud Platform, entraînant des coûts supplémentaires et des interruptions potentielles.

(Erl T. P., 2013) Suggèrent l'adoption de standards ouverts, comme Kubernetes ou Docker, pour atténuer ce risque, mais leur mise en œuvre requiert des compétences techniques avancées et des investissements initiaux. Cette dépendance peut également limiter la flexibilité stratégique des entreprises, notamment en cas de hausse des coûts de service ou de dégradation de la qualité, comme l'indique (MarketsandMarkets., 2021)

1.3.2 Complexités d'Intégration

L'intégration du PaaS avec des systèmes existants, en particulier les infrastructures legacy, pose des défis techniques significatifs. (Erl T. P., 2013) Notent que les entreprises disposant de technologies anciennes, comme des systèmes COBOL ou des bases de données propriétaires, doivent souvent investir dans des connecteurs, des middlewares ou des solutions d'adaptation, augmentant les coûts et les délais de mise en œuvre. Par exemple, une banque cherchant à intégrer une PaaS moderne à son système de gestion des transactions peut nécessiter une refonte partielle de son architecture, un processus coûteux et risqué.

Ces complexités exigent des compétences spécialisées, souvent rares dans les organisations traditionnelles, ce qui peut freiner l'adoption du PaaS ou compromettre ses bénéfices attendus. Les entreprises doivent également gérer les problèmes d'interopérabilité pour éviter les silos de données et garantir une continuité opérationnelle.

1.3.3 Dépassements de Coûts

Bien que le PaaS soit conçu pour optimiser les coûts, une gestion inadéquate des ressources peut entraîner des dépenses imprévues. (Statista., 2023) Met en garde contre les risques liés à l'autoscaling, où une augmentation automatique des ressources pendant les pics de charge génère des factures élevées. Par exemple, une application mal optimisée sur AWS peut consommer des ressources inutiles, annulant les économies initiales.

MarketsandMarkets (2021) ajoute que les entreprises sous-estiment souvent les coûts indirects, tels que la formation des équipes, l'optimisation des applications pour le cloud ou la gestion des environnements multicloud. Une planification rigoureuse, incluant une surveillance continue des usages et des budgets, est essentielle pour maximiser l'efficacité financière du PaaS.

1.3.4 Perte de Contrôle

L'externalisation de l'infrastructure via le PaaS peut entraîner une perte de contrôle sur les systèmes critiques. (Rhoton J. , 2009)Souligne que les entreprises dépendent des fournisseurs pour la disponibilité, la performance et la sécurité de leurs applications, ce qui peut poser problème en cas de pannes, de modifications unilatérales des services ou de divergences stratégiques. Par exemple, une mise à jour imposée par un fournisseur peut perturber une application critique, affectant les opérations.

Cette dépendance nécessite une gouvernance robuste, incluant des accords de niveau de service (SLA) clairs, des plans de contingence et une surveillance proactive pour minimiser les risques. Les entreprises doivent également évaluer la fiabilité des fournisseurs pour éviter des interruptions coûteuses, selon (Erl T. P., 2013)

1.3.5 Compétences et Formation

L'adoption réussie du PaaS exige des compétences techniques avancées dans des domaines comme la gestion cloud, la sécurité, le DevOps et l'orchestration des conteneurs. (Buyya R. V., 2013)Notent que les entreprises doivent investir dans la formation de leurs équipes pour tirer pleinement parti des fonctionnalités du PaaS, un défi pour celles disposant de ressources humaines limitées. Par exemple, la mise en œuvre d'un pipeline CI/CD sur Azure DevOps nécessite une expertise en automatisation, souvent absente dans les organisations traditionnelles. Ce besoin de montée en compétences peut retarder l'adoption du PaaS ou augmenter les coûts initiaux, particulièrement pour les PME ou les entreprises en phase de transition numérique, comme le souligne (MarketsandMarkets., 2021)

1.4 Applications Sectorielles

1.4.1 Impacts Sectoriels

Le PaaS a transformé une multitude de secteurs en répondant à leurs besoins spécifiques, renforçant leur agilité et leur capacité d'innovation :

- Finance : Les PaaS comme Red Hat OpenShift permettent de développer des applications sécurisées conformes aux normes strictes, telles que PCI-DSS ou Basel III. Les institutions financières utilisent le PaaS pour déployer des solutions de gestion des risques, de détection des fraudes ou de services bancaires numériques, améliorant l'expérience client tout en respectant les réglementations, selon (MarketsandMarkets., 2021)
- Commerce de détail : AWS Elastic Beanstalk et Google App Engine gèrent les fluctuations de trafic, comme lors des périodes de soldes ou des fêtes, permettant aux

détaillants d'offrir une expérience utilisateur fluide. Le PaaS soutient également la personnalisation des offres grâce à l'analyse des données clients en temps réel, comme l'indique (Statista., 2023)

- **Manufacture** : Le PaaS facilite l'intégration de solutions IoT pour optimiser la maintenance prédictive, la gestion des chaînes d'approvisionnement et l'automatisation des usines. Par exemple, une usine intelligente peut utiliser une PaaS pour analyser les données des capteurs en temps réel, réduisant les temps d'arrêt, selon (Buyya R. V., 2013)
- **Santé** : Les PaaS privés permettent de développer des applications conformes à HIPAA pour la gestion des dossiers médicaux ou l'analyse des données cliniques, tout en garantissant la confidentialité des patients, selon (Erl T. P., 2013)
- **Éducation et EdTech** : Les plateformes comme Heroku soutiennent le développement d'applications d'apprentissage en ligne, offrant des expériences interactives et scalables pour répondre à la demande croissante d'éducation numérique, selon (MarketsandMarkets., 2021)

Ces applications sectorielles illustrent la polyvalence du PaaS, capable de s'adapter à des contextes variés tout en répondant aux défis spécifiques de chaque industrie.

1.4.2 Impacts Stratégiques

1.4.2.1 Réduction du Time-to-Market et Agilité Stratégique

Le PaaS réduit significativement les cycles de développement et de déploiement, permettant aux entreprises de répondre rapidement aux besoins du marché. (Erl T. P., 2013) soulignent que l'automatisation des processus de déploiement, combinée à des environnements préconfigurés, accélère le passage du prototype au produit final. Cette rapidité est cruciale dans des secteurs disruptifs comme la fintech, l'edtech ou le retail numérique, où la capacité à expérimenter et à itérer rapidement constitue un avantage concurrentiel.

(Giessmann A. C., 2013)). Ajoutent que le PaaS soutient l'innovation des modèles d'affaires, permettant aux entreprises de lancer des services basés sur l'abonnement, des plateformes numériques ou des solutions personnalisées. Par exemple, une entreprise de livraison peut utiliser une PaaS pour déployer une application de suivi en temps réel, améliorant l'expérience client et renforçant sa position sur le marché.

1.4.2.2 Externalisation Stratégique et Recentration sur le Cœur de Métier

Le PaaS permet aux entreprises de déléguer la gestion des infrastructures complexes à des fournisseurs spécialisés, libérant ainsi les départements informatiques pour des rôles plus

stratégiques. (Rhoton J. , 2009) Explique que cette externalisation transforme le système d'information d'un centre de coûts en un levier de création de valeur, permettant aux DSI de se concentrer sur l'innovation métier plutôt que sur la maintenance technique.

Par exemple, une entreprise manufacturière peut utiliser une PaaS pour gérer ses applications IoT, laissant son équipe informatique se focaliser sur l'optimisation des processus de production. Cette recentrassions renforce l'alignement des technologies avec les objectifs stratégiques, améliorant l'efficacité globale, selon (MarketsandMarkets., 2021)

1.4.2.3 Innovation Ouverte et Écosystèmes Numériques

Grâce à son architecture orientée API et à ses capacités collaboratives, le PaaS facilite l'intégration d'acteurs externes, tels que des startups, des partenaires ou des développeurs tiers, dans les processus d'innovation. (Buyya R. V., 2013)Décrivent comment le PaaS permet la création d'écosystèmes ouverts, où les entreprises jouent le rôle d'orchestrateurs de services numériques interconnectés. Par exemple, une banque peut collaborer avec des fintechs via un PaaS pour cocréer des solutions de paiement innovantes, enrichissant son portefeuille de services.

Cette approche dite "platformisée" transforme les modèles économiques traditionnels, en passant de la vente de produits à la fourniture de services numériques intégrés (Espace_réservé³) soulignent que cette stratégie renforce la résilience des entreprises face aux disruptions, en leur permettant de s'adapter rapidement aux nouvelles tendances du marché.

1.4.2.4 Différenciation Concurrentielle

Le PaaS permet aux entreprises de se différencier par des applications personnalisées, des expériences utilisateur optimisées et une réactivité accrue. (Giessmann A. S.-S., 2012) Expliquent que la capacité à déployer rapidement des services numériques, comme des applications mobiles ou des portails clients, crée un avantage concurrentiel durable. Par exemple, un détaillant en ligne utilisant une PaaS pour offrir des recommandations personnalisées peut fidéliser ses clients plus efficacement que ses concurrents.

Cette différenciation est particulièrement critique dans des industries hautement concurrentielles, comme les télécommunications ou le commerce électronique, où l'innovation technologique est un moteur clé de la croissance, selon (MarketsandMarkets., 2021)

1.4.2.5 Création de Valeur Métier

Le PaaS redéfinit la manière dont les entreprises créent de la valeur en alignant les technologies sur les besoins des clients et des parties prenantes. (Erl T. P., 2013)Notent que les capacités d'automatisation et d'intégration du PaaS permettent de développer des solutions qui

améliorent directement les performances métier, comme des outils d'analyse prédictive ou des plateformes de collaboration. Cette création de valeur renforce la position stratégique des entreprises, en leur permettant de répondre aux attentes croissantes des consommateurs pour des services rapides, fiables et personnalisés.

1.4.3 Impacts Organisationnels

1.4.3.1 Transformation de la Gouvernance des Systèmes d'Information

L'adoption du PaaS entraîne une réorganisation profonde des directions des systèmes d'information (DSI). (Erl T. P., 2013) Soulignent que l'autonomie accrue des développeurs, couplée à l'adoption de pratiques DevOps, brise les silos traditionnels au sein des organisations. Les DSI évoluent d'un rôle opérationnel, axé sur la maintenance des infrastructures, vers un rôle de gouvernance agile, centré sur la sélection des fournisseurs, la supervision des services cloud, la sécurité des données et l'alignement stratégique avec les objectifs métier.

Cette transformation nécessite une redéfinition des processus internes, incluant des cadres de gouvernance clairs pour gérer les relations avec les fournisseurs, évaluer les performances des services et garantir la conformité réglementaire. (Rhoton J. , 2009) Insiste sur l'importance d'une communication fluide entre les équipes techniques et les directions générales pour maximiser l'impact stratégique du PaaS.

1.4.3.2 Montée en Compétences et Formation

L'adoption réussie du PaaS exige une montée en compétences des équipes dans des domaines comme la gestion cloud, la cybersécurité, le DevOps et l'orchestration des conteneurs. (Buyya R. V., 2013) Notent que les entreprises doivent investir dans des programmes de formation pour doter leurs collaborateurs des connaissances nécessaires à l'exploitation des fonctionnalités avancées du PaaS. Par exemple, la mise en œuvre d'un pipeline CI/CD sur Azure DevOps nécessite une expertise en automatisation et en gestion des workflows, souvent absente dans les organisations traditionnelles.

Ce besoin de formation peut représenter un défi pour les PME ou les entreprises ayant des ressources limitées, augmentant les coûts initiaux et les délais d'adoption. Cependant, (MarketsandMarkets., 2021) souligne que ces investissements sont rapidement amortis grâce aux gains d'efficacité et aux opportunités d'innovation offertes par le PaaS.

1.4.3.3 Redéfinition des Rôles et Responsabilités

L'introduction du PaaS redéfinit les rôles au sein des organisations, en transférant certaines responsabilités techniques aux fournisseurs et en repositionnant les équipes internes sur des fonctions à plus forte valeur ajoutée. (Erl T. P., 2013) Décrivent comment les développeurs gagnent en autonomie grâce aux outils self-service du PaaS, tandis que les gestionnaires

informatiques se concentrent sur la stratégie, l'innovation et la gestion des relations avec les parties prenantes.

Cette évolution peut entraîner des résistances culturelles, notamment dans les organisations traditionnelles habituées à des structures hiérarchiques rigides. (Rhoton J. , 2009)Recommande un accompagnement au changement, incluant des ateliers de sensibilisation et des programmes de mentorat, pour faciliter la transition vers des modèles plus agiles et collaboratifs.

1.5 Mise en Œuvre et Perspectives du PaaS pour la Performance des Entreprises

L'adoption du PaaS dans les entreprises a conduit à une réduction significative des coûts d'infrastructure. Selon une étude menée par (Forrester Research, 2021), les entreprises ayant adopté le PaaS ont observé une réduction de leurs coûts d'infrastructure de 30 à 40 %, ce qui leur a permis de réinvestir ces économies dans l'innovation et la croissance. Cette réduction des coûts est principalement due à la capacité des plateformes PaaS à gérer efficacement les ressources en fonction de la demande, ce qui élimine les coûts liés à la gestion physique des serveurs et des réseaux.

Une autre étude de (Company. M. , 2020)a montré que les entreprises qui ont adopté des solutions PaaS ont augmenté leur agilité et leur capacité à répondre aux changements du marché plus rapidement que celles qui utilisent des systèmes traditionnels sur site. Cela est particulièrement vrai dans les secteurs où la rapidité de mise sur le marché est cruciale, comme dans les industries de la technologie, des médias et des télécommunications (TMT).

Les perspectives du PaaS sont prometteuses, notamment avec l'essor des technologies comme l'intelligence artificielle et la blockchain, qui peuvent être intégrées directement dans les plateformes PaaS pour améliorer les capacités des applications. Les entreprises qui adoptent ces technologies peuvent s'attendre à des gains significatifs en termes d'efficacité opérationnelle et de satisfaction client.

1.6 Critères de Choix Stratégique

Pour maximiser les bénéfices du PaaS, les entreprises doivent évaluer les plateformes selon des critères stratégiques et opérationnels :

- Scalabilité : Capacité à gérer des charges variables sans compromettre les performances, essentielle pour les entreprises à forte croissance ou saisonnalité, selon (Rhoton J. , 2009)
- Diversité des langages et frameworks : Support de multiples langages (Java, Python, Go) et frameworks pour répondre aux besoins des développeurs, selon (Erl T. P., 2013)

- Intégration avec les systèmes existants : Compatibilité avec les ERP, CRM ou systèmes legacy pour assurer une transition fluide, selon (Buyya R. V., 2013)
- Conformité réglementaire : Adhésion aux normes ISO, RGPD, HIPAA ou PCI-DSS, cruciale pour les secteurs réglementés, selon (MarketsandMarkets., 2021)
- Qualité du support technique : Disponibilité d'un support réactif et d'une documentation complète pour minimiser les interruptions, selon (Rhoton J. , 2009)
- Capacité multi-cloud et hybride : Flexibilité pour intégrer plusieurs fournisseurs ou environnements hybrides, réduisant les risques de dépendance, (Erl T. P., 2013).
- Coût total de possession (TCO) : Évaluation des coûts initiaux, opérationnels et indirects (formation, optimisation) pour garantir la rentabilité, selon (Statista., 2023)

Ces critères permettent aux entreprises de sélectionner une plateforme PaaS alignée avec leurs objectifs stratégiques, tout en minimisant les risques opérationnels et financiers.

1.7 Tendances Futures et Opportunités

1.7.1 Intégration des Technologies Émergentes

Le PaaS évolue vers une intégration accrue avec des technologies disruptives, telles que l'intelligence artificielle, le machine learning, l'Internet des objets (IoT) et la blockchain. (MarketsandMarkets., 2021)prévoit que les PaaS intégrant des moteurs d'IA permettront aux entreprises de développer des applications prédictives, comme des outils de prévision des ventes ou de détection des anomalies. (Buyya R. V., 2013)Citent l'exemple des usines intelligentes, où le PaaS traite les données IoT en temps réel pour optimiser la production et réduire les coûts. La blockchain, quant à elle, offre des opportunités pour des applications sécurisées, comme des contrats intelligents ou des chaînes d'approvisionnement transparentes. Ces synergies positionnent le PaaS comme un moteur d'innovation, permettant aux entreprises d'explorer de nouveaux cas d'usage et de renforcer leur compétitivité, selon (Erl T. P., 2013)

1.7.2 Croissance du Marché

Le marché du PaaS connaît une expansion rapide, portée par la demande croissante d'agilité et de transformation numérique. (Statista., 2023)Estime que le marché atteindra 150 milliards de dollars d'ici 2028, avec une adoption soutenue dans des secteurs émergents comme la santé numérique, l'éducation en ligne, la finance et la logistique. Cette croissance reflète la reconnaissance du PaaS comme un outil stratégique pour répondre aux défis de la digitalisation, en particulier dans un contexte postpandémique marqué par une accélération des besoins numériques.

1.7.3 Durabilité et Responsabilité Environnementale

Le PaaS contribue à la durabilité en optimisant l'utilisation des ressources informatiques. (MarketsandMarkets., 2021) Note que les infrastructures partagées des PaaS publics consomment moins d'énergie que les centres de données traditionnels, réduisant l'empreinte carbone des entreprises. Cette efficacité énergétique est particulièrement pertinente dans un contexte de pressions croissantes pour atteindre les objectifs de développement durable, comme ceux définis par les Nations Unies.

Les entreprises adoptant le PaaS peuvent également intégrer des pratiques écoresponsables dans leurs applications, comme l'optimisation des algorithmes ou la réduction des données stockées inutilement, renforçant leur image de marque et leur responsabilité sociale, selon (Statista., 2023)

1.7.4 Automatisation et Intelligence Artificielle

L'automatisation, renforcée par l'intelligence artificielle, est une tendance clé pour les PaaS futurs. (Buyya R. V., 2013) Décrivent comment les PaaS utilisent l'IA pour optimiser les ressources, détecter les anomalies et automatiser les processus de déploiement. Par exemple, le PaaS peut ajuster automatiquement la capacité d'une application en fonction des prévisions de trafic, réduisant les coûts et améliorant les performances.

Cette convergence entre PaaS et IA ouvre des opportunités pour des applications intelligentes, comme des chatbots avancés, des systèmes de recommandation ou des outils de gestion prédictive, renforçant l'efficacité opérationnelle et la satisfaction client, selon (MarketsandMarkets., 2021)

1.8 Lacunes de Recherche

Malgré les avancées significatives, plusieurs domaines liés au PaaS nécessitent une exploration approfondie :

Impacts à long terme sur les systèmes legacy : Les défis d'intégration avec les infrastructures anciennes restent sous-étudiés, en particulier pour les organisations ayant des décennies d'investissements technologiques, selon (Erl T. P., 2013)

Stratégies anti-verrouillage fournisseur : Les approches pour minimiser la dépendance, comme l'adoption de standards ouverts ou de conteneurs, nécessitent des recherches supplémentaires pour identifier les meilleures pratiques, selon (Rhoton J. , 2014)

Implications culturelles et organisationnelles : L'impact du PaaS sur les dynamiques internes, comme la résistance au changement ou l'évolution des cultures d'entreprise, reste peu exploré, particulièrement dans les secteurs traditionnels, selon (Buyya R. V., 2013) Soutenabilité à long

terme : Les effets environnementaux du PaaS, notamment en termes de consommation énergétique et de gestion des déchets électroniques, méritent une analyse plus approfondie pour garantir une adoption responsable, selon (MarketsandMarkets., 2021)

Ces lacunes offrent des opportunités pour des recherches futures, qui pourraient éclairer les entreprises sur les meilleures stratégies d'adoption du PaaS.

Section 02 : Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de cette étude, élaboré en s'appuyant sur les théories et les pratiques actuelles en matière de transformation numérique et de Cloud Computing, vise à fournir une base théorique solide pour analyser l'adoption du Platform as a Service (PaaS) interne au sein de Sonatrach.

2.1 le cloud computing

Dans l'écosystème technologique, le cloud computing forme les racines profondes, un paradigme qui redéfinit l'accès aux ressources informatiques. Selon le National Institute of Standards and Technology (NIST), le cloud computing est « un modèle permettant un accès réseau omniprésent, pratique et à la demande à un ensemble partagé de ressources informatiques configurables (par exemple : réseaux, serveurs, stockages, applications et services), qui peuvent être rapidement provisionnées et libérées avec un effort minimal de gestion ou une interaction réduite avec le fournisseur de services » (Mell, 2011) Cette vision est complétée par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO/IEC), qui décrit le cloud comme « un paradigme permettant l'accès réseau à un ensemble évolutif et élastique de ressources physiques ou virtuelles partageables, avec un provisionnement et une administration en libre-service à la demande » (ISO/IEC, 2014 (Buyya R. V., 2013) enrichissent cette définition en le comparant à une infrastructure virtualisée, optimisant les coûts et libérant les entreprises des investissements matériels.

Cinq caractéristiques fondamentales façonnent cet écosystème, selon Mondal et Goswami l'auto-service à la demande, l'accès réseau universel, la mutualisation des ressources, une élasticité rapide, et un service mesuré. Ces principes permettent aux organisations de s'adapter dynamiquement aux besoins fluctuants, comme un écosystème qui se régule pour maintenir son équilibre. (Ruparelia, 2016) Note que, malgré sa phase de maturation, le cloud computing reste une technologie disruptive, offrant agilité, collaboration, disponibilité et évolutivité grâce à un modèle opérationnel innovant.

Les avantages économiques du cloud sont significatifs. (Berman, 2012) Soulignent que son modèle de paiement à l'usage réduit les coûts d'infrastructure, permettant aux entreprises de ne payer que pour les ressources consommées. Low et al. (2011) ajoutent qu'il démocratise l'accès à des puissances de calcul massives à des coûts négligeables, un atout pour les petites et moyennes entreprises (PME). (Mondal, 2024) Rapportent que les PME adoptant le cloud enregistrent une augmentation de revenus de 30 % sur trois ans, selon la Commission Européenne. A

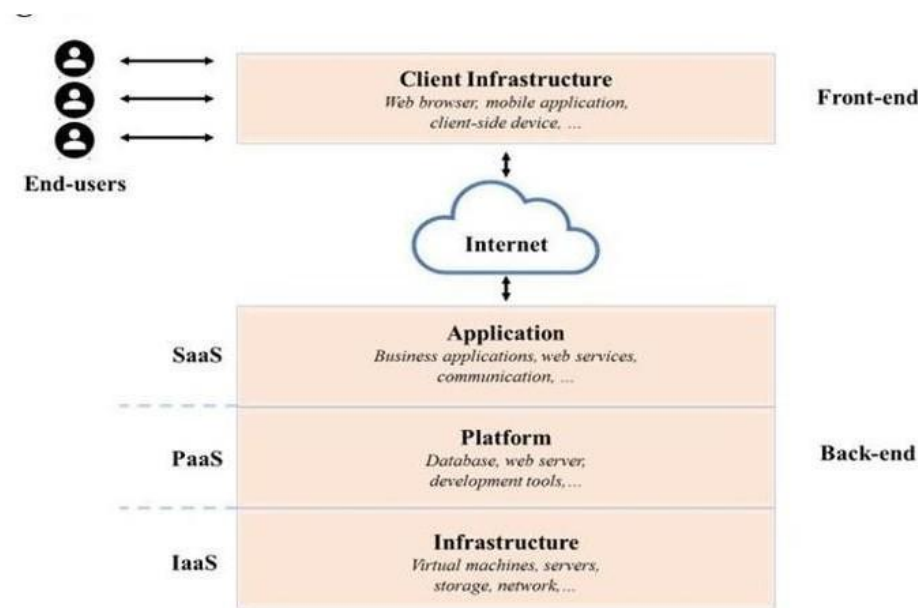
Précisent que ces bénéfices incluent des économies à long terme et un accès facile aux données, renforçant la compétitivité.

Le cloud stimule également l'innovation. Lv et al. (2010) expliquent qu'il simplifie les processus technologiques, libérant les entreprises des tâches de maintenance pour se concentrer sur le développement de solutions novatrices. Mogull et al. (2017) soulignent que les composants du cloud – orchestrés, provisionnés et désactivés rapidement – permettent une allocation dynamique des ressources, optimisant l'efficacité opérationnelle.

Cependant, l'adoption du cloud n'est pas exempte de défis. Oke et al. (2023) et Gammelgaard et Nowicka (2024) identifient des préoccupations majeures : la confidentialité et la sécurité des données, les problèmes d'interopérabilité entre plateformes, et les cadres réglementaires complexes. Ces obstacles nécessitent une évaluation rigoureuse de l'impact économique du cloud. Cette évaluation est cruciale pour les décideurs cherchant à maximiser le potentiel du cloud tout en naviguant ses complexités.

En somme, le cloud computing est une technologie transformative, posant les racines robustes de notre écosystème technologique. Ses définitions standardisées, ses caractéristiques fondamentales, ses avantages économiques et ses défis forment un socle sur lequel les entreprises bâtissent leur avenir numérique. Pour comprendre pleinement cet écosystème, il est essentiel d'explorer ses composantes, notamment les couches de service qui structurent ses dynamiques. Cette figure illustre l'architecture des services cloud selon le modèle de référence à trois couches : Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) et Software as a Service (SaaS). La partie « Front-end » comprend l'infrastructure client (navigateurs, applications mobiles, dispositifs utilisateurs), qui interagit avec le cloud via Internet, La partie « Back-end » regroupe les trois couches

Figure 1: l'architecture du cloud computing



Source : livre d'Erl, Puttini & Mahmood (2013)

2.2 Les Couches du Cloud

Le cloud computing propose trois modèles de services : Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) et Software as a Service (SaaS). Chacun de ces modèles offre un niveau d'abstraction spécifique, permettant aux utilisateurs de services cloud de concevoir et de déployer des systèmes avec un effort réduit. Dans chaque modèle, les tâches informatiques issues d'une infrastructure traditionnelle sur site peuvent être abstraites et automatisées, qu'il s'agisse de l'installation de logiciels, de la gestion et de l'exploitation des serveurs, ou encore de l'assurance des niveaux de sécurité requis ((Kavis M. , 2014)

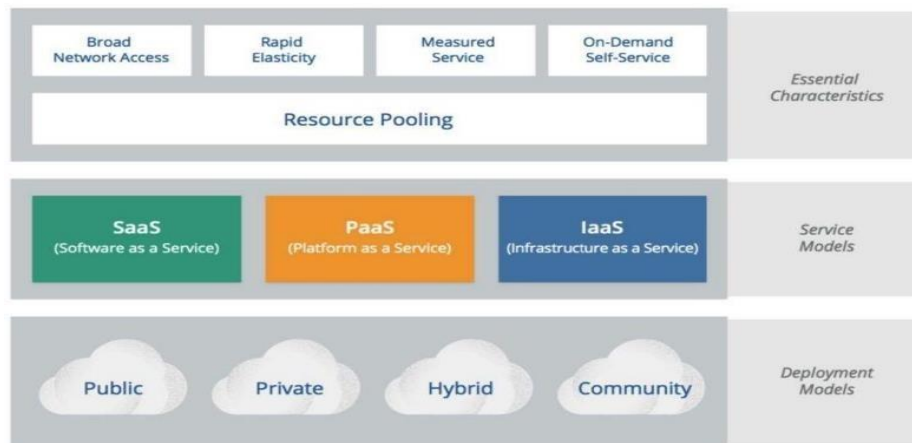
Le modèle Infrastructure as a Service (IaaS) fournit les ressources d'infrastructure de base, telles que le traitement, la mémoire, le stockage et le réseau, sous forme de serveurs physiques ou virtualisés. Les utilisateurs du cloud ont la liberté d'installer, configurer et gérer eux-mêmes les systèmes d'exploitation, les logiciels et les applications, tandis que le fournisseur de cloud est responsable de fournir les ressources informatiques nécessaires. L'IaaS est le quartier des

fondations brutes, fournissant serveurs virtuels, stockage et réseaux, comme des terrains prêts à accueillir des constructions. (Rhoton J. , 2014)) illustre ce modèle avec Amazon EC2, qui permet aux entreprises de louer des ressources sans investir dans du matériel physique. Jung, J., et al. (2023). Soulignent que l'IaaS réduit les coûts d'infrastructure, un atout majeur pour les PME cherchant à optimiser leurs budgets.

Le modèle Platform as a Service (PaaS) met à disposition un ensemble d'outils, de logiciels et de ressources permettant aux utilisateurs de concevoir et d'exécuter des applications au-dessus d'une infrastructure déjà configurée et gérée. Ce modèle abstrait la couche IaaS, car le fournisseur est responsable non seulement de l'infrastructure de base, mais également des logiciels, outils et services nécessaires. Il offre ainsi aux utilisateurs une pile complète pour le développement logiciel dans le cloud.

Le modèle Software as a Service (SaaS) propose une ou plusieurs applications hébergées et gérées par le fournisseur de services cloud. Dans ce modèle, les utilisateurs bénéficient d'un niveau d'abstraction élevé par rapport à l'infrastructure (IaaS) et à la plateforme applicative (PaaS). Ils ne gèrent pas les ressources techniques sous-jacentes, mais se contentent de configurer et utiliser l'application selon leurs besoins (Hurwitz, 2014)). Le SaaS, quant à lui, est le quartier résidentiel, offrant des applications prêtes à l'emploi accessibles via un simple navigateur. (MarketsandMarkets., 2021)cite Google Workspace, avec des outils comme Gmail ou Google Docs, comme un exemple emblématique. (Mondal S. , 2024)Ajoutent que le SaaS améliore l'efficacité en éliminant les besoins de maintenance logicielle, favorisant son adoption dans des secteurs comme la santé ou la finance. Cette figure synthétise les fondements du cloud computing selon la définition du NIST. Elle distingue Les caractéristiques essentielles (accès réseau étendu, élasticité rapide, service mesuré, libre-service à la demande, mutualisation des ressources), Les trois modèles de service principaux et Les modèles de déploiement : cloud public, privé, hybride et communautaire. Ce schéma met en évidence la structuration du cloud autour de ces trois axes, permettant d'adapter les ressources et les services aux besoins des organisations.

Figure 2: les modèles de cloud computing



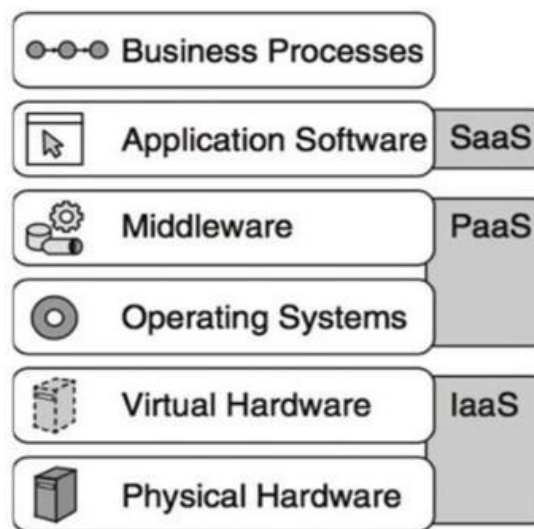
Source : de NIST (Mogull et al., 2017)

Les différents modèles de services cloud (IaaS, PaaS, SaaS) peuvent être classés selon les couches traditionnelles d'une pile applicative informatique, comme décrit ci-dessous. La relation entre ces éléments de la pile applicative et les modèles de services cloud est illustrée (Fehling, 2014):

- **Matériel physique** : l'infrastructure physique informatique qui comprend les serveurs, les systèmes de stockage et les connexions réseau utilisées dans un centre de données traditionnel.
- **Matériel virtuel** : les composants matériels physiques abstraits en composants virtuels, pouvant partager les mêmes ressources matérielles entre plusieurs entités virtuelles.
- **Système d'exploitation** : logiciels fournissant des fonctions de base pour accéder au réseau, aux systèmes de fichiers et aux périphériques externes (ex. : imprimantes, souris). Exemples : Windows, Linux, macOS.
- **Middleware** : environnement d'installation et d'exécution des données et applications personnalisées. Il comprend les logiciels et systèmes nécessaires pour exécuter des langages de programmation (Java, .NET, Python) et fournir un environnement complexe comme les serveurs d'applications (JBoss, IBM WebSphere, Oracle) et les bases de données (IBM DB2, MySQL, SAP HANA, PostgreSQL).
- **Logiciels applicatifs** : applications personnalisées offrant aux utilisateurs finaux des fonctionnalités comme la gestion de la relation client (CRM) ou la planification des ressources de l'entreprise (ERP).
- **Processus métier** : processus de l'entreprise tels que le traitement des commandes, l'approbation de crédit ou la facturation, pris en charge par les applications.

Cette figure représente l'empilement des différentes couches d'une application et leur correspondance avec les modèles de services cloud : IaaS, PaaS et SaaS. À la base, l'infrastructure comprend le matériel physique et virtuel (IaaS), sur laquelle reposent les systèmes d'exploitation et les middlewares (PaaS). Les couches supérieures incluent les logiciels applicatifs (SaaS) et les processus métiers. Ce schéma met en évidence la répartition des responsabilités entre le fournisseur de cloud et l'utilisateur selon le modèle de service choisi.

Figure 3: Pile d'applications et modèles de services cloud associées



Source : (fehling et al, 2014)

2.3 Définition du PaaS

Au cœur de notre ville technologique, le quartier du Platform AS A Service (PaaS) s'élève comme un atelier actif, où les artisans numériques forgent l'avenir. Imaginez un espace où les créateurs, libérés des chaînes matérielles, transforment leurs idées en applications avec une fluidité inégalée. Cet atelier, c'est le PaaS, un lieu où l'innovation prospère, guidée par des outils sophistiqués et une communauté collaborative, comme le décrivent les architectes de notre cité. (Tiwana, 2010) comparent une plateforme à un code extensible, un cœur logiciel partagé par des modules interconnectés, offrant une fondation robuste pour la création. Dans cette lignée, (Giessmann A. &.-S., 2013) définissent le PaaS comme un environnement d'exécution où les développeurs externes déploient et exécutent leurs applications, affranchis de la gestion des infrastructures – serveurs, réseaux, systèmes d'exploitation ou stockage. (Mell

P. G., 2011)Précisent que ces ressources sont orchestrées automatiquement, comme un contremaître invisible veillant sur les coulisses, permettant aux artisans de se concentrer sur leur art.

Cet atelier est richement équipé (Lawton, 2008) (Tiwana, 2010)décrivent un écosystème doté d'outils de développement, de test et de simulation, où les développeurs peaufinent leurs créations avec précision. (Höfer, 2011)Ajoutent que le PaaS fournit des instruments de gestion – pour lancer, arrêter, configurer ou sauvegarder des applications – offrant un contrôle total.

Mais le PaaS va au-delà de la technique ; il tisse des liens. (Leavitt, 2009)Et (Giessmann A. S.-S., 2012) mettent en avant ses plateformes de partage de connaissances, semblables à des guildes où les développeurs échangent idées et expériences, enrichissant la communauté. Hurwitz et al. (2014) citent Google App Engine et Heroku comme des exemples emblématiques, permettant de lancer des applications en heures plutôt qu'en mois. (Velte, 2009)Notent que cette abstraction réduit coûts et délais, un point repris par (Mondal, 2024)qui observent une hausse de 25 % de l'efficacité opérationnelle pour les entreprises adoptant le PaaS.

L'atelier s'ouvre aussi sur un marché florissant. (Giessmann A. S.-S., 2012)Décrivent l'émergence de marketplaces où les applications de tiers s'échangent, transformant le PaaS en une place commerciale dynamique. (Jung, 2023)Soulignent son impact économique, notamment dans la santé (partage sécurisé de données) ou la finance (conformité réglementaire), grâce à des plateformes comme Microsoft Azure. Ainsi, (Marston, 2011)et (Narasimhan, 2011)définissent le PaaS comme un écosystème complet, facilitant le développement, le test, le déploiement, la gestion et la distribution de logiciels. Dans notre ville, le PaaS est un catalyseur de rêves, où chaque artisan peut bâtir l'avenir.

PaaS offre un environnement de développement en tant que service, dans lequel les applications sont développées à l'aide d'un ensemble de langages de programmation et d'outils. Ces services peuvent inclure des fonctionnalités telles que le développement, l'intégration, les tests ou encore le stockage de ressources, permettant ainsi de couvrir l'ensemble du cycle de vie des applications (Wei, 2011)

Parmi les principaux fournisseurs de solutions PaaS, on peut citer :

- **Google AppEngine** : il s'agit d'une offre PaaS qui prend en charge les langages Python et Java. AppEngine permet de concevoir des applications web évolutives sans avoir à gérer les couches complexes du matériel et des logiciels sous-jacents. Google se charge

d'abstraire cette infrastructure, ce qui permet aux développeurs de se concentrer entièrement sur la logique applicative (Roche & Douglas, 2009).

- **Aneka** : c'est une plateforme PaaS basée sur le framework .NET. Elle fournit un environnement d'exécution ainsi qu'un ensemble d'API permettant aux développeurs de créer des applications personnalisées en utilisant divers modèles de programmation tels que *Task Programming*, *Thread Programming* et *MapReduce Programming*. Aneka propose également plusieurs services permettant de contrôler, d'auto-dimensionner, de réserver, de surveiller et de facturer les ressources utilisées par les applications. L'une de ses caractéristiques principales réside dans sa capacité à provisionner des ressources sur des clouds publics comme Windows Azure, Amazon EC2 ou GoGrid (Wei et al., 2011).
- **Microsoft Azure** : la plateforme Azure constitue l'offre PaaS de Microsoft. Basée sur le langage .NET, elle propose une API dédiée pour le stockage et la récupération de données, appelée **SQL Services**. Ces services s'appuient sur le système de gestion de base de données **Microsoft SQL Server**. Bien que toutes les fonctionnalités de SQL Server ne soient pas accessibles via l'API, il est possible d'y exécuter des transactions et d'utiliser un langage SQL restreint (Binnig et al., 2009).
- **Heroku** : il s'agit d'une plateforme puissante basée sur le Web, prenant en charge les applications web développées en Ruby, JavaScript et Java. Heroku permet un déploiement rapide des applications dans un environnement PaaS, facilitant ainsi la transition du développement au déploiement. Elle propose également un éditeur collaboratif en temps réel pouvant être utilisé simultanément par jusqu'à cinq personnes (Grant, 2012)
- **Amazon Elastic MapReduce (EMR)** : ce service proposé par Amazon Web Services (AWS) repose sur Hadoop pour offrir des fonctionnalités de traitement *MapReduce*. En arrière-plan, EMR exploite principalement deux autres services d'AWS : **Elastic Compute Cloud (EC2)** et **Simple Storage Service (S3)** (Richter & Thiele, s.d.).

2.3.1 Les Types de PaaS

Comme un marché proposant des produits variés, le PaaS se décline en plusieurs types pour répondre aux besoins divers des entreprises. (Hurwitz, 2014)) et (Alomari, 2015) identifient six catégories principales : public, privé, hybride, ancré dans SaaS, ancré dans un environnement d'exploitation, et ouvert.

Le PaaS public, tel AWS Elastic Beanstalk, est accessible à tous via Internet, offrant scalabilité et coûts réduits. (Statista., 2023)) souligne son adoption massive pour sa simplicité d'accès. Le

PaaS privé, privilégié pour sa sécurité, est déployé dans des environnements contrôlés, idéal pour les secteurs sensibles comme la banque, selon (Company. M. &., 2020)Le PaaS hybride combine les deux, offrant flexibilité et conformité, comme l'explique (Forrester Research I. (., 2021)L'objectif du PaaS ouvert est de promouvoir un processus et un environnement ouverts, non liés à une infrastructure cloud spécifique. Ces plateformes permettent aux développeurs d'implémenter leur propre environnement de développement dans le cloud, offrant ainsi une grande flexibilité. Cependant, cette liberté peut entraîner des coûts supplémentaires et une complexité accrue. Les plateformes ouvertes sont particulièrement adaptées aux environnements de cloud hybride, car elles autorisent le déploiement aussi bien sur des clouds privés que publics. De ce fait, elles facilitent la migration entre différentes plateformes cloud. Les fournisseurs les plus populaires dans cette catégorie incluent : Cloud Foundry, OpenShift, Engine Yard, CloudBees, OrangeScape, Apprenda, DotCloud et CumuLogic (Hurwitz J. K., 2016)

2.3.1.1 PaaS ancré dans un environnement d'exploitation

Cette deuxième catégorie de services PaaS concerne les plateformes liées à un environnement d'exploitation spécifique. Ce type d'environnement permet d'optimiser l'exécution de tâches précises dans un cadre technique déterminé. Dans cette optique, plusieurs fournisseurs Infrastructure as a Service (IaaS) ont élargi leur offre en intégrant les couches logicielles. Les plateformes PaaS mentionnées dans cette catégorie offrent l'ensemble des éléments nécessaires (système d'exploitation, réseau, stockage, etc.) ainsi que les outils de développement et de déploiement d'applications.

Le PaaS ancré dans SaaS, comme Force.com, intègre des outils de développement dans des applications existantes, selon (Hurwitz J. B., 2014). Le PaaS ancré dans un environnement d'exploitation, tel Microsoft Azure, fournit un cadre intégré pour des workflows spécifiques, selon Chai et al. (Non daté). Enfin, le PaaS ouvert, comme Cloud Foundry, favorise l'interopérabilité, réduisant le risque de verrouillage, selon (Alomari, 2015)Aujourd'hui plusieurs fournisseurs de services cloud proposent le modèle Software as a Service (SaaS) comme activité principale pour leurs clients. Pour étendre et diversifier leurs capacités, certains d'entre eux ont développé des écosystèmes technologiques. Grâce à ces écosystèmes, les éditeurs de logiciels indépendants (ISV – *Independent Software Vendors*) peuvent exécuter leurs applications sur la plateforme du fournisseur SaaS. L'architecture technologique PaaS permet ainsi aux ISV de concevoir et de déployer des applications au sein de l'écosystème du fournisseur. Parmi les exemples de plateformes proposant des services PaaS intégrés à un

environnement SaaS, on retrouve : Force.com, Workday, Google App Engine, AppScale et Intuit Developer Network (Hurwitz J. K., 2016)

(Giessmann A. &.-S., 2013)précisent que le choix du type dépend des priorités des développeurs, comme la sécurité ou la facilité de migration. (Mondal S. &., 2024)projetent que les modèles hybrides domineront d'ici 2035, grâce à leur équilibre entre coût et contrôle. Cette diversité fait du PaaS un outil polyvalent, mais son évolution raconte une histoire encore plus captivante.

2.3.2. Les Générations du PaaS

L'évolution du PaaS ressemble à un roman en plusieurs chapitres, chaque génération marquant un tournant dans son développement. (Pahl, 2015)Distingue trois étapes majeures qui ont redéfini cet écosystème.

2.3.2.1 La Première Génération

Au début des années 2000, le PaaS émerge comme un ensemble de fondations monolithiques dans la ville technologique.Ces plateformes, bien que révolutionnaires, souffraient d'une forte dépendance aux fournisseurs, un phénomène que (Giessmann A. S.-S., 2012)) qualifient de "vendor lock-in", rendant difficile la migration vers d'autres environnements. Dans une entreprise pétrolière, par exemple, cette rigidité limitait l'intégration des systèmes d'information critiques, comme ceux utilisés pour la gestion des données sismiques.

2.3.2.2 La Deuxième Génération

Vers le milieu des années 2010, la ville technologique s'agrandit avec l'essor des microservices et des conteneurs. (Buyya R. S.)Décrivent cette deuxième génération comme une transition vers des PaaS flexibles, capables de supporter une variété de langages et d'intégrer des outils DevOps pour l'intégration et le déploiement continu (CI/CD). "Les PaaS basés sur Kubernetes, comme Red Hat OpenShift, ont permis aux entreprises de construire des applications cloud-native", affirment (Buyya R. S., 2019)Cette modularité a réduit la dépendance aux fournisseurs, un point souligné par (Hamdan, 2023) qui note que les entreprises pouvaient désormais déployer des applications sur des clouds hybrides ou privés. Pour une entreprise pétrolière, cette génération a facilité l'intégration de réseaux informatiques avec des systèmes ERP, améliorant la prise de décision stratégique grâce à une meilleure interopérabilité.

2.3.2.3 La Troisième Génération

Depuis 2020, la ville technologique s'élève vers des sommets d'automatisation avec l'avènement du **serverless**. (Baldini, 2017)Explique que les PaaS de troisième génération, comme AWS Lambda ou Google Cloud Run, permettent aux développeurs de se concentrer uniquement sur le code, les serveurs étant gérés automatiquement. "Le modèle serverless réduit

les coûts grâce à une facturation à l'usage et accélère le développement". De plus, (Tiwana A. , 2023) souligne l'intégration croissante de l'intelligence artificielle dans ces plateformes, automatisant l'optimisation des performances et la gestion des ressources. Dans le secteur pétrolier, ces PaaS permettent de traiter en temps réel des données massives, comme celles issues de capteurs IoT sur les plateformes offshore, renforçant ainsi la résilience et la performance des réseaux.

(Giessmann A. C., 2013) Confirment que chaque génération répond à des attentes évolutives, de la simplicité initiale à l'interopérabilité moderne. Mondal et (Mondal S. , 2024) anticipent que l'intégration de l'intelligence artificielle et du machine learning marquera la prochaine étape, renforçant l'innovation dans les plateformes PaaS. Ces chapitres historiques montrent comment le PaaS s'est adapté, mais son fonctionnement interne révèle une machinerie complexe.

2.3.2.4 La Quatrième Génération : (Une Ville Multi-Cloud et Durable)

À l'horizon 2025, une nouvelle génération de PaaS émerge, axée sur l'interopérabilité multi-cloud et la durabilité, un rapport de (Baldini G. K., 2017) met en avant des infrastructures optimisées pour réduire l'empreinte carbone, un enjeu clé pour les entreprises pétrolières confrontées à des pressions environnementales. Cette génération intègre également l'IA générative pour automatiser le développement, comme le note un post sur X (2025), qui évoque des PaaS capables de restructurer dynamiquement les accès et les ressources.

2.3.3 L'Architecture du PaaS

Sous la surface de l'atelier PaaS se cache une architecture sophistiquée, comme les rouages d'une horloge bien réglée. (Apprenda., 2016) Décrit un modèle en trois couches : les bases de données (DBMS), les serveurs d'applications, et les suites de gestion des processus métier. Ces éléments collaborent pour simplifier le travail des développeurs.

Les DBMS gèrent les données, offrant un accès rapide et sécurisé. Les serveurs d'applications exécutent le code, garantissant des performances optimales. Les suites de gestion intègrent portails et outils pour orchestrer les workflows. (Giessmann A. &.-S., 2013) Ajoutent que le PaaS inclut des outils de test, de débogage et de gestion, essentiels pour accélérer le développement. (Mondal S. &., 2024)) soulignent que cette architecture réduit les coûts de maintenance, permettant aux entreprises de réallouer leurs ressources à l'innovation. Comme les coulisses d'un théâtre, cette structure rend le PaaS fluide et invisible pour l'utilisateur. Mais une révolution technique a bouleversé ces mécanismes : l'avènement des conteneurs.

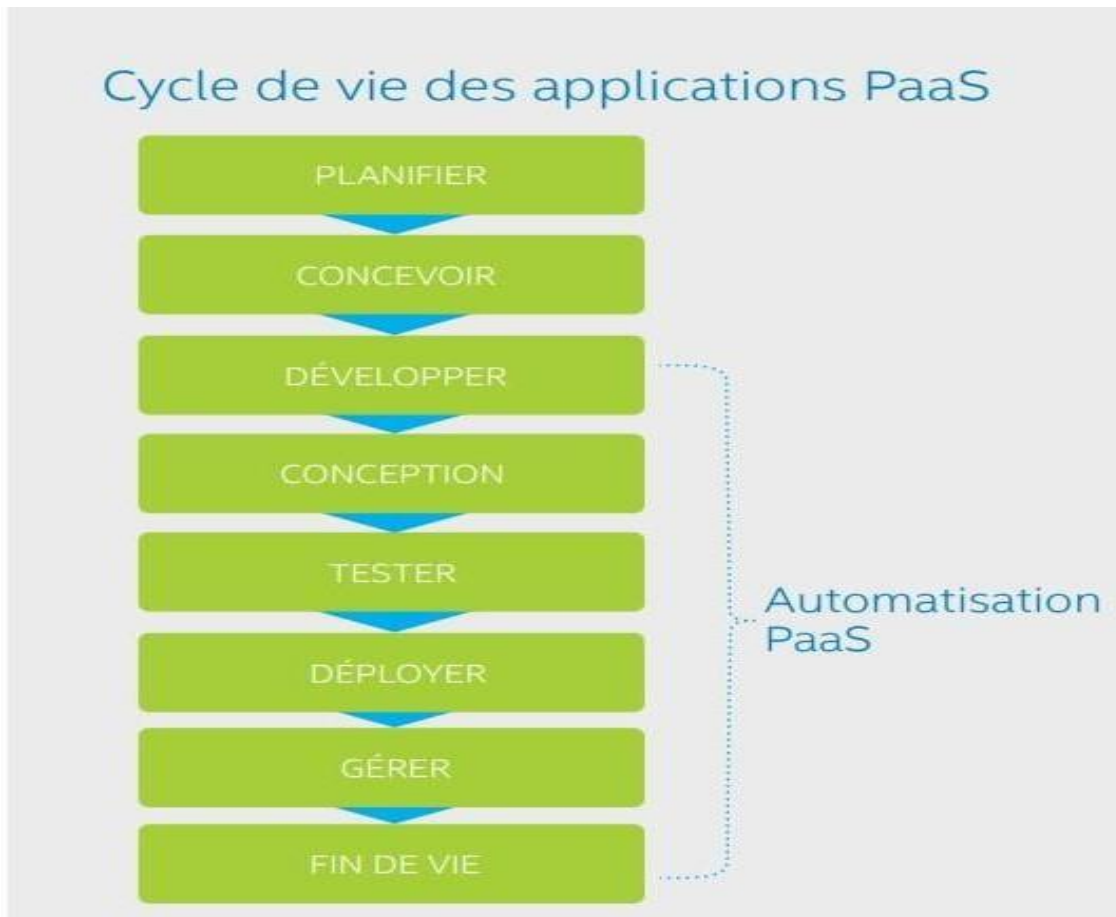
2.3.4 Le développement logiciel à l'ère du Platform as a Service (PaaS)

L'évolution constante de l'architecture et des technologies du cloud computing, couplée aux bénéfices offerts par son élasticité automatisée et ses outils innovants, transforme profondément les pratiques liées au développement logiciel, en impactant aussi bien les phases de déploiement que l'ensemble du cycle de vie des applications.

Dans ce contexte, les grandes entreprises, confrontées à la complexité et aux coûts élevés de gestion de leur portefeuille applicatif — qui peut compter entre 3 000 et 5 000 applications — trouvent dans le cloud une opportunité stratégique de rationalisation. En effet, en migrant certaines applications dites « legacy » (héritées), souvent moins critiques et à faible valeur ajoutée pour l'entreprise, vers des plateformes cloud, elles parviennent à réduire significativement les coûts de maintenance (Cohen, 2013)

Le modèle Platform as a Service (PaaS) s'inscrit dans cette logique. Il repose sur la fourniture, par les prestataires de services cloud, d'une plateforme complète permettant aux utilisateurs de développer, déployer et gérer des applications sans avoir à prendre en charge l'infrastructure sous-jacente traditionnellement nécessaire au développement logiciel (Violino, 2017) Ce modèle favorise ainsi l'agilité, la rapidité de mise en œuvre et l'optimisation des ressources informatiques. Cette figure illustre les différentes étapes du cycle de vie d'une application développée sur une plateforme PaaS (Platform as a Service). L'automatisation offerte par les solutions PaaS intervient principalement lors des phases de développement, test, déploiement et gestion, permettant ainsi d'optimiser et de rationaliser l'ensemble du cycle de vie applicatif.

Figure 4 : Cycle de vie des applications PaaS Intel Livre blanc (2014)



Source : Intel Livre blanc (2014)

2.4 Les machines virtuelles (VM)

Les machines virtuelles (VM) représentent la première génération des technologies de virtualisation, avec des implémentations disponibles dès les années 1960. Grâce à leur fiabilité éprouvée au fil du temps, les VMs constituent l'ossature de l'offre Cloud actuellement disponible sur le marché. On peut considérer les machines virtuelles comme des serveurs physiques virtuels, dotés de leur propre système d'exploitation complet et isolé. Une VM est créée et gérée par un hyperviseur, également appelé moniteur de machine virtuelle. Il existe deux principaux types d'hyperviseurs, qui déterminent également les caractéristiques (fonctionnalités et performances) des machines virtuelles auxquelles ils donnent naissance (Morabito, 2015)

Pour les entreprises, les VM sont des piliers d'agilité. Une startup peut déployer plusieurs serveurs sur une seule machine, réduisant les coûts de 25 %, selon (Golightly, 2020) Vishwakarma et (Dalvi, 2024) notent que les VM permettent une allocation dynamique

des ressources, essentielle pour les pics de demande. Cependant, leur dépendance aux hyperviseurs peut engendrer des latences, un défi que les conteneurs, plus légers, commencent à surmonter. Ces structures préparent le sol pour le jardin PaaS, où l'innovation s'épanouit.

Une virtual machine (VM) est une représentation virtuelle ou une émulation d'un ordinateur physique qui utilise un logiciel plutôt que du matériel pour exécuter des programmes et déployer des applications. En utilisant les ressources d'une seule machine physique, telles que la mémoire, le processeur, l'interface réseau et le stockage, les machines virtuelles permettent aux entreprises d'exécuter virtuellement plusieurs machines avec différents systèmes d'exploitation sur un seul appareil. Les machines virtuelles sont généralement appelées « invités », c'est-à-dire qu'une ou plusieurs machines invitées s'exécutent sur une machine physique appelée machine « hôte ». La technologie des machines virtuelles comprend les serveurs virtuels, les instances de serveurs virtuels (VSI) et les serveurs privés virtuels (VPS)

IBM décrit une machine virtuelle comme « une représentation virtuelle ou une émulation d'un ordinateur physique qui utilise un logiciel plutôt que du matériel pour exécuter des programmes et déployer des applications ». Cette définition souligne l'utilisation de logiciels pour simuler le fonctionnement d'un ordinateur physique, permettant ainsi l'exécution d'applications dans un environnement isolé. (IBM., 2024)

Les machines virtuelles (VMs) constituent un pilier fondamental de l'informatique en nuage, en fournissant des environnements isolés pour l'exécution des applications.

Dans les plateformes de type Platform as a Service (PaaS), les VMs sont fréquemment utilisées afin d'abstraire l'infrastructure sous-jacente, permettant ainsi aux développeurs de se concentrer sur le développement des applications sans avoir à se soucier de la gestion des serveurs. Cependant, les machines virtuelles traditionnelles, qui reposent sur une virtualisation basée sur un hyperviseur, introduisent une surcharge significative en raison de l'émulation des ressources matérielles. Cette surcharge entraîne une consommation accrue des ressources et une baisse des performances par rapport aux systèmes physiques natifs, également appelés bare-metal ((Tang, 2014)(Giallorenzo, 2021)

2.5 La Révolution des Conteneurs

Dans les plateformes PaaS, des techniques de virtualisation légère sont mises en œuvre en s'appuyant sur des outils permettant de créer des environnements isolés pour les applications. À titre d'exemple, les conteneurs Docker sont largement utilisés dans ce contexte en raison de leur légèreté, de leur simplicité de déploiement et de leur faible surcharge. Ces conteneurs partagent le noyau du système d'exploitation hôte, ce qui permet de réduire considérablement

la surcharge typiquement associée aux machines virtuelles basées sur un hyperviseur. Cette approche permet aux fournisseurs PaaS de proposer des solutions de déploiement d'applications à la fois évolutives et efficaces, tout en assurant des performances proches de celles des systèmes physiques natifs (Tang, 2014)

Imaginez une brise balayant la ville, remplaçant les structures lourdes par des modules légers et mobiles. C'est l'effet des conteneurs sur le PaaS. (Pahl, 2015) Explique que les conteneurs, comme Docker, surpassent les machines virtuelles (VM) en termes de légèreté et de portabilité. Contrairement aux VM, qui incluent un système d'exploitation complet, les conteneurs partagent le noyau de l'hôte, réduisant les besoins en ressources, selon (Strauss, 2013) (Dua, 2015) décrivent comment cette transition a rendu des plateformes comme OpenShift plus agiles. (Schwartz, 2014) Ajoute que Docker standardise le déploiement, facilitant les migrations entre environnements. (Giessmann A. &.-S., 2013) Notent que les conteneurs répondent aux attentes des développeurs pour des solutions flexibles, minimisant le verrouillage, (Jung J. P., 2023) soulignent l'impact économique : les conteneurs accélèrent les déploiements et réduisent les coûts, un avantage clé pour les PME.

2.6 transformation numérique

La transformation numérique est le processus qu'une organisation applique pour intégrer la technologie numérique dans tous les domaines d'une entreprise. Ce processus change fondamentalement la façon dont une organisation apporte de la valeur à ses clients. Les entreprises adoptent des technologies numériques innovantes afin de procéder à des changements culturels et opérationnels qui s'adaptent mieux aux demandes en constante évolution des clients. (Amazon)

La numérisation, la digitalisation et la transformation numérique figurent parmi les enjeux prioritaires des organisations contemporaines. Bien qu'on les emploie fréquemment comme des synonymes, ces trois concepts renvoient à des réalités distinctes et requièrent des approches méthodologiques différentes. La numérisation désigne la conversion de données analogiques en format numérique, tandis que la digitalisation correspond à « la restructuration de multiples domaines de la vie sociale autour d'infrastructures de communication et de médias numériques » (Brennen, 2016) En revanche, la transformation numérique (digital transformation) se définit comme « un processus visant à améliorer une entité en induisant des modifications significatives de ses propriétés par la combinaison de technologies de l'information, de calcul, de communication et de connectivité » (Vial, 2019)

Si l'on admet généralement que ces trois étapes s'inscrivent dans une progression séquentielle de maturité, la plupart des organisations sont aujourd'hui engagées dans des démarches de transformation numérique globales de leurs activités. Pourtant, la seule adoption de nouvelles technologies ne suffit pas à garantir un avantage compétitif ; il est nécessaire d'appréhender cette transition comme un phénomène complexe, intimement lié à la stratégie, à la culture et aux processus internes (Vial, 2019)

Malgré l'abondance des travaux menés ces dix dernières années, la transformation numérique demeure encore mal cernée, notamment en raison de la multitude de facteurs contextuels qui l'influencent et la façonnent. La littérature empirique a examiné son impact sur la stratégie organisationnelle, les processus, les structures et modes de décision, la culture d'entreprise et les évolutions sectorielles, ces dimensions ne peuvent être analysées isolément : la transformation numérique agit simultanément sur chacun de ces niveaux et en est également affectée.

Selon Gartner, entreprise américaine de conseil et de recherche dans le domaine des techniques avancées, la transformation numérique est définie comme étant « l'utilisation de technologies numériques pour changer un modèle d'entreprise et amener des revenus nouveaux et de nouvelles opportunités porteuses de valeur ; c'est le processus de passage à une entreprise numérique ». Chaintreuil a définie comme étant la mise en cohérence de la stratégie à long terme avec les opérations mises en place à court terme au sein de l'entreprise pour intégrer les nouveaux modèles économiques, les outils et usages numériques, afin de mieux interagir avec ses clients et ses employés sur l'ensemble des points de contact de leur cycle de vie (Chaintreuil, 2015). Au regard de ces définitions, la transformation numérique se déploie comme un continuum d'initiatives stratégiques et opérationnelles. Elle commence par la virtualisation du réel, c'est-à-dire la migration des processus physiques vers des environnements digitaux, et la dématérialisation des activités de l'entreprise, afin de fluidifier l'exécution des tâches et la circulation de l'information entre les collaborateurs, notamment via les systèmes d'information. Parallèlement, elle s'accompagne d'investissements ciblés, tant dans des modèles économiques innovants, sources de nouvelles opportunités, que dans des technologies émergentes, visant à renforcer les liens avec les clients et les équipes internes, désormais immergés dans l'usage quotidien d'outils numériques.

2.7 Centralisation et décentralisation des données

2.7.1 Définition de la centralisation des données

La centralisation des données correspond à une approche organisationnelle dans laquelle l'ensemble des données est stocké, géré et contrôlé à partir d'un emplacement unique. Dans ce modèle, toutes les branches ou unités d'une organisation accèdent aux mêmes bases de données via un serveur central ou une plateforme commune. Cette approche présente plusieurs caractéristiques telles que la concentration de l'autorité de gestion, l'homogénéité des procédures et standards, ainsi que la facilité de maintenance et de sécurisation des données. Toutefois, elle entraîne une forte dépendance vis-à-vis du centre, ce qui peut constituer un risque en cas de panne. Parmi les principaux avantages de la centralisation figurent une meilleure cohérence des données, un renforcement de la sécurité et de la gouvernance, ainsi qu'une réduction des coûts de duplication et d'intégration. Cependant, ce modèle présente aussi des limites, notamment un risque élevé de point de défaillance unique, une flexibilité réduite et des temps d'accès parfois plus longs pour les entités éloignées (Laudon, 2020)

2.7.2 Définition de la décentralisation des données

La décentralisation des données se caractérise par la répartition du stockage et de la gestion des données entre plusieurs sites ou unités autonomes. Chaque entité est en mesure de gérer ses propres bases de données tout en restant connectée au reste de l'organisation via des systèmes de synchronisation ou d'interopérabilité. Cette approche confère une autonomie locale pour le stockage et l'exploitation des données, favorise la flexibilité et permet d'adapter les traitements aux besoins spécifiques de chaque unité. Les avantages de la décentralisation incluent une résilience accrue face aux pannes locales, un temps de réponse plus rapide pour les utilisateurs locaux, ainsi qu'une meilleure adaptabilité aux contextes régionaux ou sectoriels. Toutefois, ce modèle peut entraîner des problèmes de redondance ou d'incohérence des données, une complexité de synchronisation plus importante et des coûts de maintenance supérieurs (Turban, 2018)

2.7.3 Comparaison synthétique

La comparaison entre les deux modèles montre que la centralisation repose sur un contrôle unique permettant une forte cohérence des données et une organisation sécuritaire relativement simple, mais présente un risque élevé de panne globale et offre peu de flexibilité. En revanche, la décentralisation distribue le contrôle entre plusieurs entités, ce qui accroît la flexibilité et la résilience, tout en augmentant la complexité de gestion et les risques d'incohérence.

2.7.4 Choix entre centralisation et décentralisation

Le choix entre centralisation et décentralisation dépend de divers facteurs comme la taille de l'organisation, sa dispersion géographique, les exigences en matière de sécurité, la nature des activités et les capacités technologiques disponibles. De nombreuses organisations optent aujourd'hui pour un modèle hybride qui combine la centralisation des données stratégiques et la décentralisation des données opérationnelles, afin de bénéficier des avantages des deux approches ((Stair, 2020)).

Tableau 1 : Choix entre centralisation et décentralisation

Critère	Centralisation	Décentralisation
Contrôle	Unique et centralisé	Distribué entre plusieurs Entités
Cohérence des données	Forte	Variable selon les Mécanismes de gestion
Sécurité	Facile à organiser mais Vulnérable	Complexe mais plus Résiliente
Flexibilité	Limitée	Élevée
Risque de panne	Élevé (point de défaillance Unique)	Réparti (pannes locales Isolées)
Coûts	Moins élevés	Potentiellement plus élevés

Conclusion

Le cadre conceptuel, centré sur les notions de centralisation et de décentralisation des données, fournit un cadre théorique structuré pour guider l'analyse empirique de la gestion des données au sein du PaaS interne de Sonatrach. La centralisation, caractérisée par un stockage unifié et une gouvernance centralisée des données sismiques au sein du data center, sera étudiée afin

d'évaluer ses effets sur l'efficacité opérationnelle, la cohérence des données, la sécurité et les mécanismes de gouvernance de la DSI, tout en identifiant les contraintes associées à un point de défaillance unique et à une dépendance accrue envers l'infrastructure centrale. Offrant ainsi une comparaison systématique des implications des deux modèles dans le contexte opérationnel et stratégique de l'entreprise.

**CHAPITRE II : CADRE
MÉTHODOLOGIQUE ET CONTEXTE
ORGANISATIONNEL**

Dans ce chapitre, nous exposons la méthodologie de recherche adoptée pour mener cette étude, en incluant une analyse approfondie du contexte organisationnel de l'entité hôte. Nous détaillons les approches, les outils et les techniques de collecte de données mis en œuvre pour répondre efficacement au problème de recherche posé. Par ailleurs, nous décrivons la structure organisationnelle, notamment l'organigramme et les missions des directions concernées, au sein desquelles le stage a été réalisé, afin de soutenir la réalisation des objectifs scientifiques de cette étude.

Section 01 : Cadre méthodologique

Cette section décrit la méthodologie adoptée pour explorer le rôle de l'adoption d'un PaaS interne au sein de Sonatrach, en détaillant l'approche utilisée, les outils de collecte et les méthodes d'analyse des données.

1.1 La position épistémologique et méthode de recherche

1.1. La position épistémologique

L'épistémologie se définit comme la réflexion critique sur l'origine, la nature et la validité de la connaissance scientifique ; elle éclaire les choix méthodologiques et interprétatifs du chercheur (Bunge, 2024) De même, Britannica définit l'épistémologie comme « l'étude philosophique de la nature, de l'origine et des limites de la connaissance humaine » (Britannica, 2025) Dans les sciences sociales, elle oriente le chercheur sur les hypothèses ontologiques et épistémologiques sous-jacentes à son objet d'étude et à sa propre position, en influençant directement le choix des méthodes de recherche (Crotty, M., 1998)

Dans le cadre de cette recherche, qui vise à comprendre les impacts stratégiques de l'adoption du PaaS interne chez Sonatrach, une posture post-positiviste est adoptée. Cette position reconnaît l'existence d'une réalité organisationnelle objective, tout en admettant que notre compréhension de cette réalité est influencée par les perceptions et les expériences des acteurs impliqués.

Le post-positivisme constitue une évolution critique du positivisme en admettant que notre accès à la réalité est toujours imparfait et influencé par des préconceptions (Popper, 1934) Karl Popper introduit le principe de falsifiabilité, selon lequel une théorie scientifique ne peut jamais être définitivement prouvée mais seulement réfutée par une contre-instance empirique (Popper, 1934) ,Guba et Lincoln (1994) décrivent le post-positivisme comme une version modifiée du positivisme, qui accepte que toute connaissance soit provisionnelle et sujette à révision à la lumière de nouvelles preuves (Guba & Lincoln, 1994), Guba et Lincoln (1994) décrivent le

post-positivisme comme une version modifiée du positivisme, qui accepte que toute connaissance soit provisionnelle et sujette à révision à la lumière de nouvelles preuves

L'objectif est de recueillir des données riches et contextuelles à travers des entretiens semi-directifs et des observations, permettant d'appréhender les dynamiques internes, les perceptions des employés et les pratiques organisationnelles liées à l'implémentation du PaaS.

Cette posture épistémologique post-positiviste justifie le recours à des entretiens semi-directifs et à l'observation en vue de saisir la complexité des perceptions et des pratiques organisationnelles et offre un équilibre entre rigueur analytique et compréhension interprétative des phénomènes étudiés.

1.1.2 Approche méthodologique

La méthodologie constitue l'ensemble des principes, des règles et des procédures qui guident la conduite d'une recherche scientifique. Elle permet de structurer la démarche du chercheur, depuis la formulation des questions jusqu'à l'analyse des données, en assurant la cohérence entre les objectifs de l'étude, les choix épistémologiques et les techniques de collecte et d'analyse des données.

Selon Crotty (1998), une recherche rigoureuse repose sur quatre éléments fondamentaux : l'épistémologie (la théorie de la connaissance), la perspective théorique (le cadre conceptuel), la méthodologie (la stratégie de recherche) et les méthodes (les techniques de collecte et d'analyse des données). Cette structure permet de clarifier les fondements philosophiques de la recherche et d'assurer une cohérence interne à l'ensemble du processus scientifique.

Creswell (2014) identifie trois grandes approches méthodologiques : l'approche quantitative, l'approche qualitative et l'approche mixte. Chacune de ces approches repose sur des postulats épistémologiques spécifiques et répond à des objectifs distincts.

Le choix entre ces approches dépend de la nature de la question de recherche, des objectifs de l'étude et des considérations épistémologiques du chercheur. Dans le cadre de cette recherche sur l'adoption du PaaS interne chez Sonatrach, une approche qualitative est privilégiée.

1.1.3 Méthodes qualitatives

Selon (Mays, 1995) « le but de la recherche qualitative est de développer des concepts qui nous aident à comprendre les phénomènes sociaux dans des contextes naturels, en mettant l'accent sur les significations, les expériences et les points de vue de tous les participants » . Cette approche permet ainsi de saisir la complexité des interactions humaines et des dynamiques organisationnelles.

Selon (Creswell, 2014) la recherche qualitative est menée dans un cadre naturel où le chercheur est l'instrument principal de collecte de données, rassemblant des mots ou des images, les

analysant de manière inductive, en mettant l'accent sur la signification que les participants attribuent à leur expérience, et décrivant un processus qui est expressif et convaincant dans le langage.

les phénomènes sont étudiés dans leur environnement naturel, permettant une compréhension approfondie des interactions sociales

L'approche qualitative se distingue par sa capacité à explorer en profondeur les phénomènes sociaux, en mettant l'accent sur la compréhension des significations que les individus attribuent à leurs expériences. Elle est particulièrement adaptée à l'étude des dynamiques organisationnelles complexes, Dans le contexte de cette recherche, l'approche qualitative permet de saisir les perceptions, les motivations et les comportements des employés face à l'implémentation du PaaS interne. Elle offre une compréhension nuancée des processus organisationnels, facilitant l'identification des facteurs facilitants ou contraignants dans l'adoption de cette technologie.

1.2 Outils de collecte de données

Dans le cadre de cette recherche qualitative sur l'adoption du PaaS interne chez Sonatrach, trois principaux outils de collecte de données sont mobilisés : la recherche documentaire, l'observation et les entretiens semi-directifs. Chacun d'eux contribue à trianguler les informations, à enrichir la compréhension contextuelle et à garantir la validité des résultats (Yin, 2018)

1.2.1 Recherche documentaire

La recherche documentaire (ou analyse de documents) consiste à examiner de manière systématique des sources écrites ou audiovisuelles préexistantes, telles que rapports internes, manuels, procédures, archives et publications sectorielles, Glenn A. Bowen souligne que cette méthode permet d'accéder à une riche variété d'informations sans recourir exclusivement au terrain, tout en fournissant un contexte historique et organisationnel essentiel (Bowen, 2009) Nous avons entamé une recherche documentaire exhaustive en adoptant la méthode d'analyse de documents décrite par (Bowen, 2009) , afin de structurer rigoureusement notre corpus et d'en assurer la fiabilité, Nous avons mobilisé la Bibliothèque centrale de l'Université de Batna 2, où nous avons consulté des ouvrages de référence, des thèses et des rapports techniques pour enrichir notre cadre théorique ,Nous avons également exploré de nombreux articles scientifiques via Google Scholar et Research Gate, garantissant un large spectre disciplinaire et une actualité documentaire constante . Durant notre stage chez Sonatrach, nous avons pu

consulter des documents internes (organigrammes, logiciels et plateforme, présentations de la Département de SI), afin de confronter ces informations aux pratiques observées sur le terrain.

1.2.2 L'observation

L'observation est un outil central de la recherche qualitative, visant à saisir les comportements, les interactions et les pratiques des acteurs dans leur environnement naturel (Yin, 2018), Elle permet de collecter des données non verbalisées, d'identifier des routines et des dynamiques organisationnelles, et de confronter les discours recueillis lors des entretiens à la réalité du terrain (Maxwell, 2013)

Deux Types d'observation complémentaires sont mobilisées :

- **Observation non participante**, où le chercheur reste en position de spectateur, sans intervenir, afin de minimiser l'effet de sa présence sur le comportement des sujets (Yin, 2018)
- **Observation participante**, qui implique une immersion plus active, permettant d'accéder à des dimensions tacites et informelles des pratiques organisationnelles (Kawulich, 2005)

L'observation participante favorise la compréhension empathique des enjeux vécus par les acteurs, tandis que l'observation non participante garantit une distance analytique nécessaire à l'objectivité.

Dans le contexte notre étude et Durant le stage chez Sonatrach avec l'équipe DSI des séances d'observation non participantes qui m'a permis de :

- Documenter les processus de déploiement des applications au data center et les pratiques opérationnelles quotidiennes.
- Mettre en évidence les mécanismes de coordination entre les équipes de développement, d'exploitation et de sécurité.

2.2.3 Les entretiens semi-directif

Les entretiens constituent le principal instrument de collecte de données en recherche qualitative, car ils permettent d'accéder aux représentations, aux motivations et aux expériences des acteurs dans leur propre langage

Dans cette étude, nous optons pour des entretiens semi-directifs, dans lesquels chaque participant répond à un guide de questions ouvertes, tout en laissant la liberté d'explorer des thèmes émergents

L'entretien semi-directif est une technique d'enquête qualitative qui se situe entre l'entretien structuré et l'entretien libre. Il repose sur un guide d'entretien préétabli, composé de questions ouvertes organisées autour de thématiques spécifiques. Ce format offre un cadre structuré tout en laissant la liberté à l'interviewé d'exprimer ses points de vue, permettant ainsi d'obtenir des données riches et détaillées.

Les entretiens semi-directifs constituent l'outil principal pour explorer les perceptions, les motivations et les expériences des collaborateurs, Ils offrent un cadre thématique flexible : le chercheur dispose d'une grille de questions mais peut adapter le fil de l'échange selon les réponses, permettant de creuser des points saillants (Kvale, 1996)

Les participants ont été sélectionnés selon un échantillonnage raisonné, ciblant des individus directement impliqués dans le déploiement et l'utilisation de la plateforme PaaS au sein de l'organisation. Cette approche vise à recueillir des informations pertinentes et diversifiées, en tenant compte des rôles et responsabilités variés des acteurs concernés.

1.2.3.1 le guide d'entretien

Le guide d'entretien a été élaboré selon des objectifs de recherche et des thématiques identifiées lors de la revue de littérature. Il comprend des questions ouvertes visant à encourager les participants à partager leurs expériences et perceptions. On a vérifié la clarté et la pertinence de ce guide et ajusté en conséquence pour faciliter une discussion fluide et approfondie.

Le guide présenté en annexe, a été structuré autour de deux axes thématiques principaux, ce qui permettra une lecture facilitée et une interprétation méthodique des données recueillies. Cette méthodologie vise à mettre en lumière les perceptions des acteurs, les enjeux techniques, organisationnels et stratégiques liés à l'adoption du PaaS interne au sein de Sonatrach, tout en assurant la transparence et la fiabilité de l'analyse.

Tableau 2 : Guide d'entretien

N°	Axe	Description
1	Impacts stratégiques du data center (PaaS interne)	Cet axe vise à évaluer les avantages stratégiques liés à la mise en place d'un data center centralisé en tant que PaaS interne, en comparaison avec les serveurs décentralisés. Il explore notamment l'impact sur la réduction des coûts, l'accélération du développement et du déploiement des applications, l'amélioration de la productivité des

		équipes, la compétitivité pour des applications critiques, et l'agilité stratégique offerte par cette infrastructure.
2	Enjeux techniques et organisationnels de l'intégration PaaS interne	Cet axe se concentre sur la compréhension des défis techniques et organisationnels associés au déploiement du PaaS interne. Il analyse les difficultés d'intégration des applications, les défis de sécurité, l'interopérabilité avec d'autres plateformes cloud, ainsi que l'évolution de la gouvernance, des rôles, des workflows et de la capacité d'innovation au sein de la Département SI .

2.2.3.2 Sélection des interviewés

La sélection des interviewés a été réalisée de manière stratégique pour recueillir des données pertinentes et diversifiées. Les profils choisis incluent ingénieur en réseaux et systèmes, ingénieur en développement, ainsi que des chefs de département de réseaux et de développement. Ces profils ont été retenus en raison de leur implication directe dans les aspects techniques et stratégiques de la plateforme et l'écosystème du PaaS et leur capacité à fournir des retours complémentaires.

Permettant ainsi d'explorer son impact sur les processus opérationnels. L'objectif de cette sélection est de capturer des perspectives variées sur l'utilisation du PaaS au sein de l'organisation. Cette combinaison garantit une compréhension globale de l'impact du PaaS, en couvrant les niveaux opérationnel et managérial.

Tableau 3: Présentation des interviewées

Fonction	Expérience	Durée de l'entretien
Chef de département de systèmes et réseaux	20 ans	45 min
Ingénieur de développement (solution métier)	13 ans	30 min
Ingénieur de systèmes et réseaux	3 ans	50 min
Chef département de développement (solution métier)	24 ans	20min

Source : réalisé par nous même

1.2.4 Analyse des données

Dans le cadre de cette étude qualitative, l'analyse des données repose sur une approche thématique inductive. Cette méthode consiste à identifier, analyser et organiser les motifs récurrents (ou thèmes) au sein des données recueillies à partir des entretiens semi-directif (Braun, 2006). L'analyse des données constitue une étape cruciale en recherche qualitative, visant à transformer les données brutes en connaissances interprétables. C'est une technique systématique d'identification, de codage, d'agrégation et d'interprétation des informations collectées à travers les entretiens (Miles, 1994)

Cette méthode permet de garantir une certaine objectivité scientifique : bien que la recherche qualitative reconnaisse l'influence du chercheur sur l'interprétation, le respect d'un processus rigoureux de codage et de validation permet de minimiser les biais et de maximiser la crédibilité des résultats (Lincoln, 1985)

Afin de mener à bien notre travail de recherche, nous procéderons à l'analyse des données recueillies lors des entretiens réalisés auprès des ingénieurs et responsables de Département SI. Pour garantir une analyse précise, rigoureuse et fidèle aux réalités du terrain, nous avons opté pour une approche d'analyse de contenu manuelle et assistée par logiciel (nvivo) Afin de renforcer la rigueur de l'analyse et faciliter le codage, la catégorisation et la visualisation des données textuelles.

Section 02 : Présentation de l'organisme d'accueil

Notre stage a été effectué au niveau de la filiale d'activité de commercialisation et dans sa direction de technologie de l'information de l'entreprise nationale SONATRACH (Société Nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures) aussi appelée (SH), la compagnie nationale pétrolière et gazière considérée à juste titre comme la première entreprise du pays.

2.1 Présentations de l'entreprise

Sonatrach « Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures », la compagnie nationale des hydrocarbures de l'Algérie, occupe une position centrale dans l'économie du pays et se distingue comme un acteur majeur dans le secteur énergétique à l'échelle africaine et mondiale. Établie en 1963, elle représente aujourd'hui la plus grande entreprise d'Afrique et figure parmi les principaux producteurs mondiaux de pétrole et de gaz. Son champ d'action couvre l'ensemble de la chaîne de valeur des hydrocarbures, allant de l'exploration à la commercialisation, en passant par la production, le transport et la transformation. Sonatrach joue un rôle stratégique en assurant la sécurité énergétique de l'Algérie tout en contribuant de manière significative à son développement économique. Grâce à une présence internationale croissante et à des investissements dans l'innovation, elle est souvent considérée comme une figure emblématique du secteur énergétique africain.

2.1.1 Bref rappel historique et points de transformation

Sonatrach a vu le jour le 31 décembre 1963, dans le contexte de l'indépendance récente de l'Algérie, marquant une volonté nationale de maîtriser ses ressources naturelles. À ses débuts, l'entreprise, alors appelée *Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures*, se concentrait principalement sur le transport du pétrole via la construction de pipelines. Rapidement, dès 1966, ses activités se sont élargies pour inclure l'exploration et la production, affirmant ainsi la souveraineté de l'Algérie sur son secteur énergétique.

Les années 1970 ont été déterminantes avec la nationalisation des ressources pétrolières et gazières sous la présidence de Houari Boumediene. En 1971, l'État a pris le contrôle total des champs gaziers et a acquis une participation majoritaire dans les opérations pétrolières des compagnies étrangères, mettant fin au système colonial des concessions. Cette période a également vu le développement de l'exportation de gaz naturel, notamment avec la mise en service du pipeline transméditerranéen en 1977, reliant l'Algérie à l'Europe.

Au fil des décennies, Sonatrach a diversifié ses activités, s'étendant à la pétrochimie, au raffinage et même au dessalement d'eau de mer, tout en renforçant sa présence à l'international. Les années 1990 ont marqué une phase d'expansion avec des partenaires étrangers pour exploiter de nouveaux gisements. Depuis le lancement de La stratégie « SH 2030 » jusqu'à aujourd'hui, l'entreprise continue d'évoluer en intégrant des technologies avancées pour maintenir sa compétitivité sur le marché mondial.

Depuis sa création, Sonatrach a connu plusieurs étapes clés qui ont marqué son évolution :

- **1963** Création de Sonatrach avec pour mission initiale le transport et la commercialisation des hydrocarbures
- **1965** : Mise en service du premier oléoduc algérien, OZ1, reliant Haoud El Hamra à Arzew sur 805 km.
- **1966** : Extension des activités de Sonatrach à la recherche, la production et la transformation des hydrocarbures, suite au décret n° 66/296.
- **1971** : Nationalisation des hydrocarbures, conférant à Sonatrach le contrôle total sur l'industrie pétrolière et gazière algérienne
- **1981** : Mise en service du complexe de liquéfaction GL2Z avec une capacité de traitement de 13 milliards de mètres cubes par an.
- **1983** : Entrée en service du gazoduc Enrico Mattei, reliant l'Algérie à l'Italie via la Tunisie.
1996 : Mise en service du gazoduc Maghreb-Europe, reliant l'Algérie à l'Espagne via le Maroc.
- **1998** : Transformation de Sonatrach en société par actions (SPA), régie par la législation en vigueur

- **2018** : Lancement de la stratégie « SH 2030 » visant à moderniser l'entreprise et à renforcer sa compétitivité sur le marché mondial.
- **2020** : Signature d'accords avec des partenaires internationaux pour le développement de projets liés à la transition énergétique, notamment dans le domaine de l'hydrogène vert.

2.1.2 La stratégie « SH 2030 »

Cette stratégie constitue un plan de transformation ambitieux visant à positionner l'entreprise parmi les cinq plus grandes compagnies pétrolières mondiales d'ici 2030. Lancée en 2018 sous la direction d'Abdelmoumen Ould Kaddour, cette stratégie repose sur une refonte organisationnelle et technologique profonde, articulée autour de plusieurs axes majeurs.

2.1.2.1 Digitalisation et modernisation des processus

La digitalisation est au cœur de la stratégie SH 2030. Sonatrach a intégré des systèmes d'information avancés pour améliorer la performance de gestion, optimiser les coûts opérationnels et augmenter le rendement des différentes activités. Des centres de supervision numériques ont été mis en service, permettant une surveillance en temps réel des opérations d'exploitation sur l'ensemble du réseau de transport par canalisation du pétrole et du gaz.

Sonatrach a signé un protocole d'entente avec Huawei pour explorer des opportunités de coopération dans les domaines de la digitalisation et des technologies de l'information, incluant le cloud computing, les data centers, les réseaux informatiques, les télécommunications et la cybersécurité.

2.1.2.2 Réforme des ressources humaines

La transformation des ressources humaines est un pilier essentiel de SH2030. Sonatrach a lancé un projet visant à optimiser la gestion de carrière, le développement des compétences, la gestion de la performance et la gestion de carrière, afin d'atteindre un haut niveau d'efficacité opérationnelle.

2.1.2.3 Développement des énergies renouvelables

Dans le cadre de SH 2030, Sonatrach s'engage dans la transition énergétique en développant des capacités de production d'électricité issue des énergies renouvelables, notamment photovoltaïque, dans ses installations. Des partenariats ont été établis pour la création de centrales solaires et de centres de recherche dédiés aux énergies renouvelables.

2.1.2.4 Expansion internationale et diversification

La stratégie SH 2030 prévoit également l'expansion internationale de Sonatrach, avec l'objectif d'accéder à de nouvelles réserves et d'exporter son savoir-faire. Des initiatives incluent le

développement de capacités de raffinage à l'étranger et la mise en place d'une industrie pétrochimique.

En somme, la stratégie SH 2030 de Sonatrach est une feuille de route ambitieuse visant à moderniser l'entreprise, à renforcer sa compétitivité et à assurer sa position de leader dans l'industrie énergétique mondiale.

2.1.3 Fiche d'identité de l'entreprise

Tableau 4: Fiche d'identité de l'entreprise

Nom complet	Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures (Sonatrach).
Siège social	Djenane El Malik, Hydra 160335, Alger, Algérie.
Date de fondation	31 décembre 1963.
Activités principales	Exploration, production, transport, transformation et commercialisation des hydrocarbures
Effectifs	Environ 53 000 employés directs et plus de 150 000 via ses filiales.
Chiffre d'affaires	77 milliards USD (2023)
Statut :	Entreprise publique, détenue à 100 % par l'État algérien.
site web	https://sonatrach.com/

Source : élaboré par nous-même

2.2 Mission et objectifs de SONATRACH

2.2.1 Mission

□ Gestion intégrale des ressources en hydrocarbures

Sonatrach supervise toutes les étapes, de l'exploration à la vente des hydrocarbures. Cela permet une exploitation efficace des ressources algériennes.

□ Garantie de la sécurité énergétique nationale

Elle fournit une énergie stable pour l'Algérie et ses partenaires internationaux. Cela sécurise les besoins énergétiques du pays.

□ Contribution au développement socio-économique

Les revenus générés financent des projets publics d'envergure. Cela booste l'économie et le bien-être social en Algérie.

□ Encouragement de l'innovation et de la diversification

Sonatrach mise sur la technologie et des secteurs comme la pétrochimie. Cela renforce sa compétitivité et élargit ses activités.

□ Adoption de pratiques responsables sur le plan environnemental

Elle intègre des solutions pour limiter son impact écologique. Cela allie rentabilité et respect de l'environnement.

2.2.2 Objectifs Stratégiques de Sonatrach

□ Accroissement de la production et des volumes d'exportation

L'objectif est de produire plus pour répondre à la demande mondiale. Cela augmente aussi les recettes d'exportation.

□ Amélioration de l'efficacité des processus opérationnels

Elle modernise ses opérations pour être plus productive. Cela réduit les coûts tout en optimisant les résultats.

□ Expansion de la présence à l'échelle internationale

Sonatrach s'implante à l'étranger via des partenariats stratégiques. Cela accroît son influence sur le marché global.

□ Engagement en faveur du développement durable

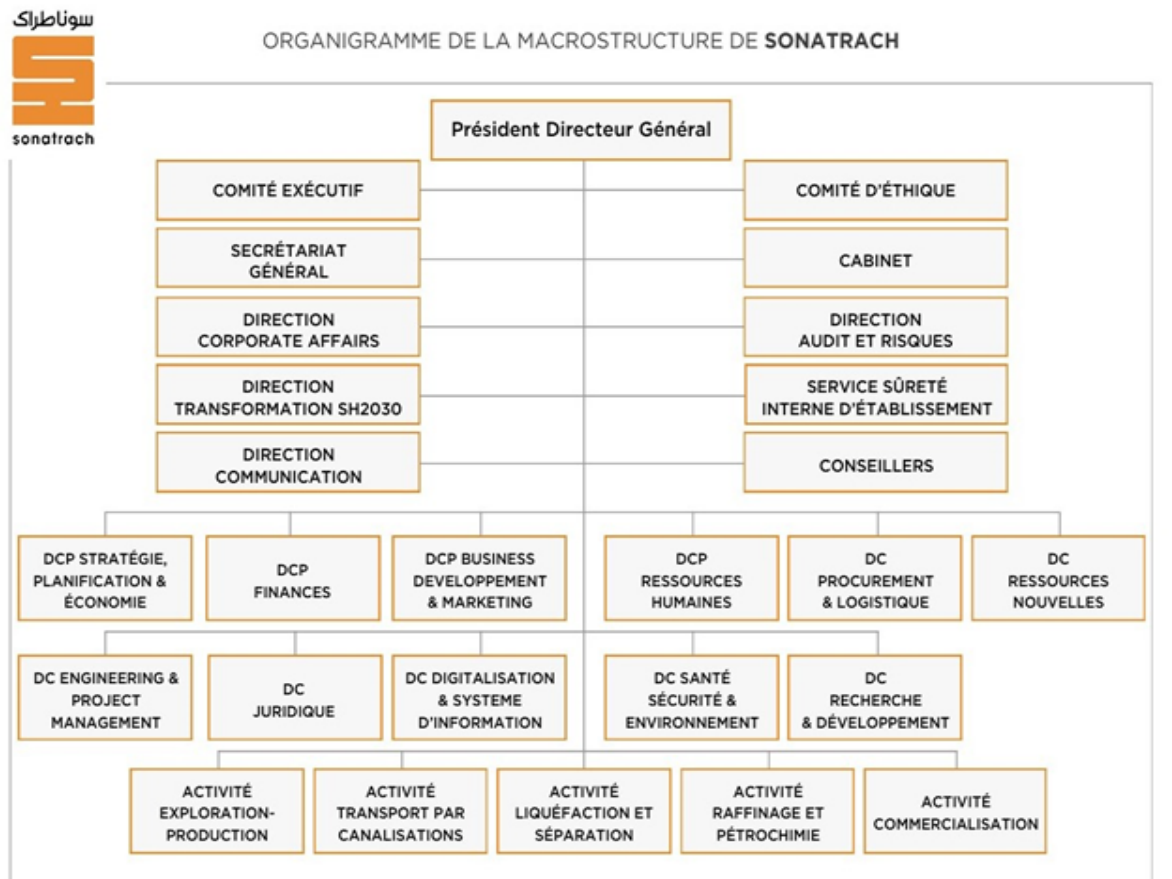
Elle investit dans les énergies vertes et réduit son empreinte carbone. Cela soutient une croissance responsable.

□ Renforcement des capacités humaines locales

La formation des employés soutient ses ambitions à long terme. Cela crée aussi des opportunités d'emploi qualifié en Algérie.

2.3 L'organigramme de la macrostructure de SH

Figure 5: Organigramme de la macrostructure de SONATRACH



Source : site officiel de SONATRACH

2.4 Sonatrach activités commercialisation

L'activité Commercialisation est responsable de la définition, de l'élaboration et de la mise en œuvre de la politique et des stratégies de commercialisation et de valorisation des hydrocarbures primaires et transformés, tant à l'international que sur le marché national, en alignement avec les objectifs stratégiques de la société. Elle définit les stratégies de gestion des risques de marché, des contreparties et des risques opérationnels (réglementaires, environnementaux, etc.). Elle veille à l'approvisionnement du marché national en produits pétroliers et gazeux, tout en sécurisant les marchés traditionnels et consolidant la position de SONATRACH comme exportateur flexible à des conditions compétitives. Elle poursuit activement la recherche de

nouveaux débouchés pour diversifier et promouvoir les exportations, et pour maximiser la valorisation des produits exportés, y compris les quantités additionnelles. Elle mène les négociations commerciales avec les clients nationaux et étrangers, et participe aux discussions avec les partenaires. Elle gère les contrats de vente, d'achat et d'importation des hydrocarbures, ainsi que les contrats de processing du pétrole brut à l'international. Elle contribue au développement des activités de la société et de ses filiales à l'échelle nationale et internationale, tout en assurant un reporting régulier auprès de la Direction Générale de SONATRACH et des instances de tutelle.

Dans le cadre de sa politique de commercialisation, SONATRACH s'est fixée deux objectifs principaux :

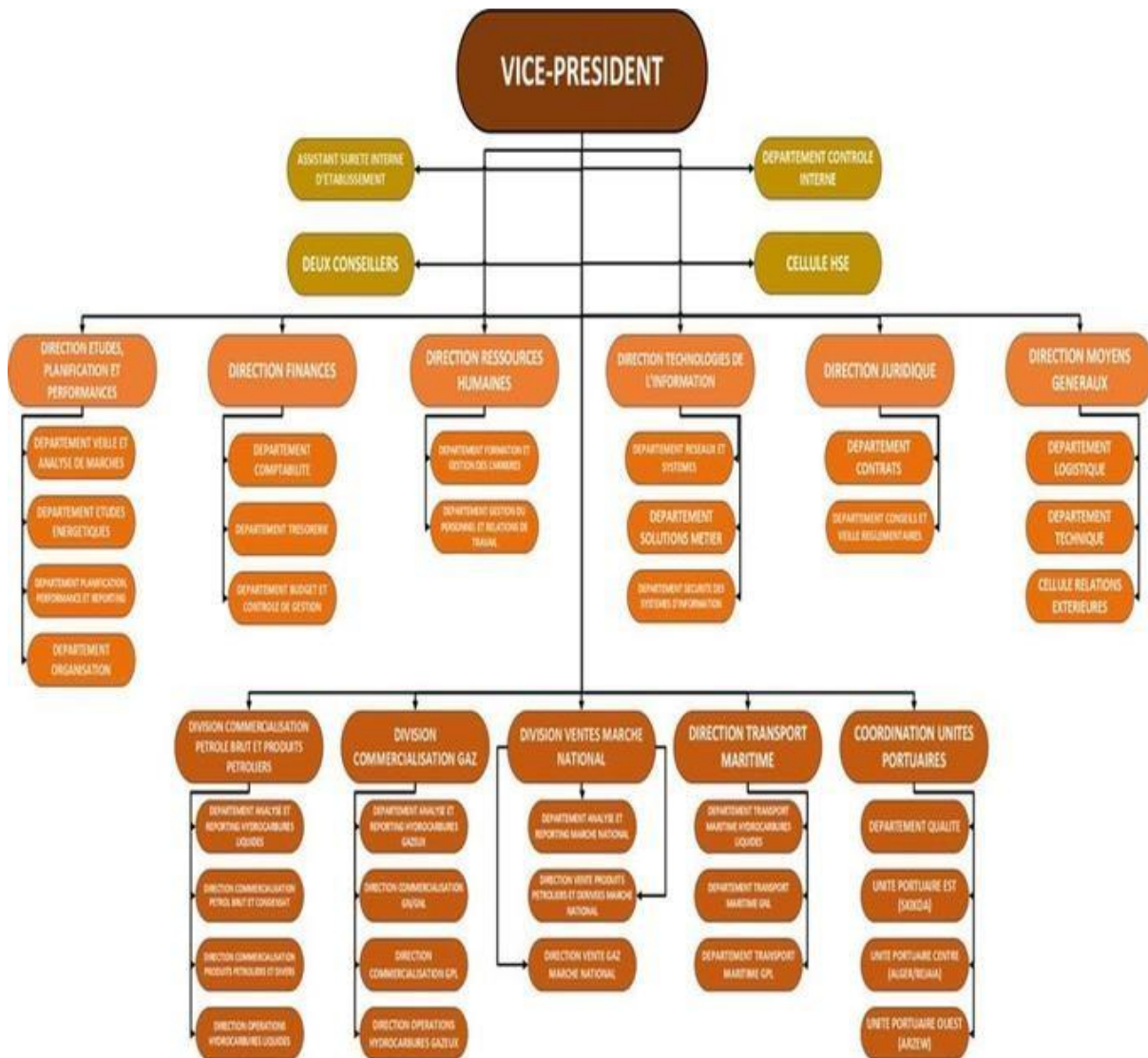
- Garantir l'approvisionnement du marché national en produits pétroliers et gazeux
- Mieux valoriser ses exportations et consolider ses parts de marché à l'international.

A l'international, **SONATRACH** dispose de réels atouts qui lui permettent de faire face à la concurrence : sa présence sur tous les segments de l'industrie gazière, sa réputation de fournisseur fiable d'énergie, sa proximité géographique avec l'Europe, la flexibilité de ses installations de transport, sa capacité de négociation et d'adaptation aux évolutions du marché.

SONATRACH a su ces dernières années, adapter ses instruments commerciaux à l'évolution des marchés gaziers à travers la conclusion de contrats à moyen et court termes et l'introduction de nouvelles formules de prix pour une meilleure valorisation de ses exportations

L'activité de commercialisation est organisée comme suit :

Figure 6 : Organisation de l'activité de commercialisation



Source : document interne

2.4.1 Département Réseaux et Systèmes

Ses missions consistent à contribuer à l'élaboration de la politique et des standards de la Société pour les infrastructures réseaux, systèmes, services, Datacenter et télécommunications, ainsi qu'à la définition et à l'application des procédures d'exploitation, de supervision et de protection des ressources informatiques. Elles englobent la mise en œuvre des normes relatives aux postes de travail et à l'assistance aux utilisateurs, le développement et l'administration des infrastructures réseaux, serveurs, stockage et Systèmes. De plus, ces missions incluent l'élaboration et la mise en œuvre des processus Help Desk, la création d'un catalogue de services informatiques, et l'acquisition des équipements et logiciels en collaboration avec les structures

concernées. Un soutien continu est apporté aux utilisateurs dans l'exploitation des solutions informatiques, avec une gestion efficace des incidents. Enfin, un plan de suivi des enquêtes de satisfaction clients, une gestion du parc informatique, une communication proactive avec les utilisateurs, et une veille technologique sur les infrastructures et solutions informatiques sont également mis en place.

2.4.2 Département Solutions Métier (développement)

Les missions de ce département incluent la contribution à la définition de la politique de développement du Système d'Information de l'Activité, ainsi que la mise en œuvre des normes et standards établis par la Société. L'équipe participe activement aux projets liés aux systèmes d'information pour répondre aux besoins des différentes structures de l'Activité, tout en étudiant et développant des solutions spécifiques, en dehors de celles couvertes par l'ERP. Elle est responsable de la conception, de la mise en œuvre, de l'administration et de la maintenance des bases de données, ainsi que du déploiement, de l'optimisation et du maintien en conditions opérationnelles des solutions informatiques. De plus, le département contribue à l'intégration des solutions développées ou acquises, assiste à la définition des besoins et à l'élaboration des cahiers des charges pour les projets de développement, et participe à l'amélioration des processus fonctionnels. Il accompagne également les structures dans leur processus de digitalisation et participe à l'élaboration du plan de continuité d'activité du système d'information. Enfin, il s'occupe de la réalisation et de l'administration du Portail Documentaire et effectue une veille technologique en matière de systèmes d'information.

2.4.3 Département Sécurité des Systèmes d'Information

Les missions de ce département portent sur l'élaboration et la mise en œuvre des politiques de sécurité opérationnelle du Système d'Information (SI). L'équipe contribue à la conception et à l'évolution de l'architecture de sécurité du SI, tout en veillant au contrôle et au suivi de l'application des normes et bonnes pratiques définies par la Société. Elle assiste les structures de l'Activité sur les aspects liés à la sécurité du SI et met en place les dispositifs nécessaires pour garantir cette sécurité. En coordination avec le Corporate IT et les Structures IT des Activités, elle administre et exploite les solutions de sécurité établies par la Société. L'équipe réalise des analyses et des tests de vulnérabilité sur les systèmes et solutions installés, tout en mettant en œuvre des mesures pour gérer les risques affectant la sécurité du SI. Elle est également responsable de l'élaboration des plans d'urgence et de reprise d'activité, et prend en charge les problèmes de sécurité informatique de niveau avancé. Enfin, elle effectue une veille

technologique, juridique et réglementaire en matière de sécurité informatique et sensibilise les utilisateurs aux risques associés.

Conclusion

Ce chapitre a permis de poser les bases méthodologiques et organisationnelles de l'étude sur l'impact du PaaS au sein de Sonatrach. En adoptant une approche qualitative rigoureuse, structurée autour de la recherche documentaire, de l'observation et des entretiens semi-directifs, nous avons établi un cadre méthodologique adapté pour répondre aux objectifs de recherche. Par ailleurs, la présentation détaillée de Sonatrach, incluant son historique, sa fiche d'identité, ses missions et objectifs stratégiques, a offert un contexte organisationnel clair, mettant en lumière son rôle central dans le secteur énergétique et son engagement envers l'innovation. Enfin, l'analyse de la structure organisationnelle, notamment à travers les missions des directions concernées, a facilité la compréhension des dynamiques internes propices à l'intégration du PaaS. Ce cadre méthodologique et organisationnel constitue une base rigoureuse pour les analyses subséquentes, assurant une approche cohérente et contextualisée de la problématique.

CHAPITR III : RESULTAT ET DISSCUSION

Introduction

Ce chapitre analyse et discute en deux sections les résultats d'une étude qualitative menée au sein de l'entreprise Sonatrach, visant à évaluer le rôle et de l'implémentation d'un Data Center interne utilisé comme Plateforme en tant que Service (PaaS) sur la Direction des Technologies de l'Information (DSI) et plus largement sur l'entreprise. L'étude repose sur des entretiens semi-directifs conduits avec des cadres de la DSI, analysés à l'aide du logiciel Nvivo la convergence marquée des points de vue des participants renforce la validité des conclusions présentées.

En s'appuyant sur les verbatim des entretiens, l'analyse des figures Nvivo, et en cherchant à répondre aux questions de recherche initiales. L'ensemble de ce chapitre s'efforcera de maintenir une rigueur méthodologique et une profondeur d'analyse conformes aux standards académiques, tout en visant une présentation claire et structurée des découvertes.

Section 1 : analyse des résultat et interprétation

Dans cette section, nous procédons à l'analyse et l'interprétation des réponse que nous avons recueilli lors des entretiens en s'appuyant sur une analyse thématique à l'aide nvivo.

1.1 Analyse par Observation

L'analyse par observation apporte un éclairage complémentaire sur les circonstances ayant conduit à l'adoption du PaaS interne, ainsi que sur ses impacts opérationnels concrets. Avant l'implémentation de cette solution, Sonatrach faisait face à des problèmes significatifs de gaspillage des ressources serveur, découlant d'une pratique inefficace consistant à acquérir de nouveaux serveurs pour chaque application développée. Cette approche, bien que répondant à un besoin immédiat, entraînait une sous-utilisation chronique des ressources matérielles, les serveurs étant souvent dédiés à une seule application sans optimisation de leur capacité. Cette fragmentation des infrastructures générait non seulement des coûts d'acquisition élevés, mais également des frais de maintenance croissants, chaque serveur nécessitant un entretien individuel en termes de mises à jour, de surveillance, et de gestion des pannes. De plus, cette méthode augmentait l'empreinte énergétique de l'organisation, les serveurs sous-utilisés consommant de l'électricité sans contribuer proportionnellement à la productivité.

Pour remédier à ces inefficacités, une première tentative de solution a été mise en œuvre via l'utilisation d'hyperviseurs, une technologie permettant la virtualisation des serveurs pour exécuter plusieurs machines virtuelles (Vms) sur une même infrastructure physique. Cette approche a permis une meilleure gestion des ressources en consolidant les applications sur un nombre réduit de serveurs physiques, réduisant ainsi le gaspillage matériel. Cependant, malgré

cette avancée, des défis subsistaient, notamment en termes de coûts et de maintenance. Les hyperviseurs, bien qu'efficaces pour maximiser l'utilisation des serveurs, exigeaient une gestion manuelle complexe, incluant la configuration des Vms, la gestion des dépendances réseau, et la maintenance des systèmes sous-jacents, ce qui entraînait des coûts opérationnels élevés et des délais prolongés pour la mise à disposition des ressources.

Un aspect particulièrement révélateur de cette problématique concerne le temps nécessaire à la configuration des serveurs. Selon les observations recueillies, avant l'adoption du PaaS interne, un ingénieur réseaux et systèmes passait en moyenne trois heures pour configurer un serveur et le réserver pour une application spécifique. Ce processus impliquait plusieurs étapes manuelles, telles que l'installation du système d'exploitation, la configuration des paramètres réseau, l'allocation des ressources, et la vérification de la compatibilité avec l'application cible. Ce temps considérable reflète non seulement une inefficacité opérationnelle, mais également un frein à la réactivité des équipes de développement, qui devaient attendre avant de pouvoir commencer leurs travaux. Avec l'introduction du PaaS interne et l'utilisation systématique des machines virtuelles (Vms) provisionnées automatiquement, ce délai a été drastiquement réduit à 45 minutes. Cette optimisation découle de l'automatisation des processus de configuration, de la standardisation des environnements via des Template prédéfinis, et de la centralisation des ressources, permettant une allocation rapide et efficace des Vms.

Cette réduction significative du temps de configuration illustre l'impact concret du PaaS interne sur l'efficacité opérationnelle, en alignant les pratiques avec les exigences d'agilité et de rapidité dans un contexte de transformation numérique. Elle met également en lumière une diminution des coûts

s indirects liés au temps de travail des ingénieurs, qui peuvent désormais se concentrer sur des tâches à plus forte valeur ajoutée, telles que l'optimisation des infrastructures ou le support aux projets stratégiques. Cependant, cette observation souligne également la nécessité d'une formation continue des équipes pour maîtriser les nouvelles technologies, ainsi que d'une vigilance accrue pour maintenir la qualité des environnements provisionnés automatiquement, afin d'éviter des erreurs potentielles découlant d'une standardisation excessive.

1.2 Analyse des entretiens

L'ambition est de fournir une compréhension riche et nuancée des transformations induites par cette initiative technologique majeure, en donnant la parole aux acteurs de terrain et en croisant leurs perspectives avec les outils d'analyse qualitative. La forte convergence des points de vue

observée (coefficients de corrélation supérieurs à 0,93) entre les participants renforce la validité des constats qui seront développés et discutés au fil de ce chapitre.

Figure 7: Corrélation de Pearson

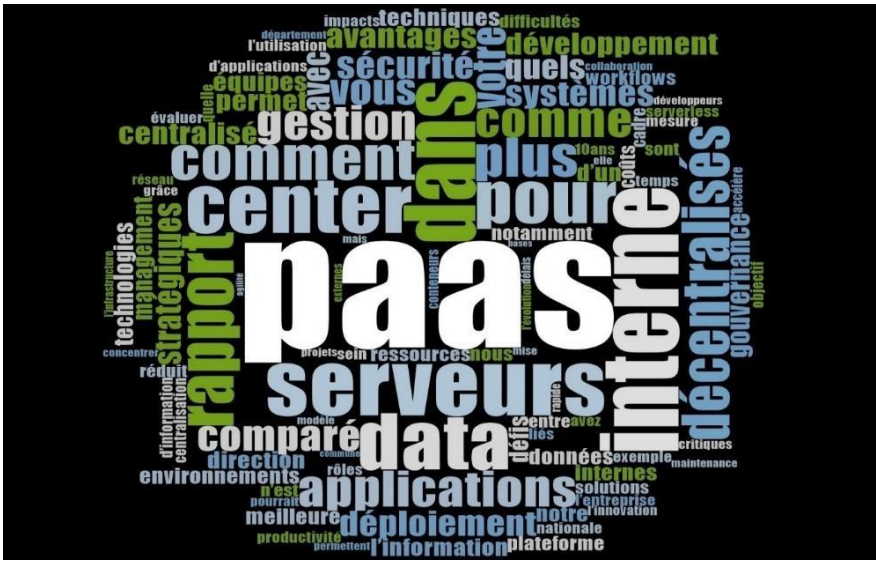
Source A	Source B	Coefficient de corrélation de Pearson
Éléments internes\\Formulaire SLM	Éléments internes\\Formulaire DEV	0,963337
Éléments internes\\Formulaire SYS	Éléments internes\\Formulaire SLM	0,961657
Éléments internes\\Formulaire SYS	Éléments internes\\Formulaire RXS	0,961255
Éléments internes\\Formulaire SLM	Éléments internes\\Formulaire RXS	0,958573
Éléments internes\\Formulaire SYS	Éléments internes\\Formulaire DEV	0,948127
Éléments internes\\Formulaire RXS	Éléments internes\\Formulaire DEV	0,933143

Source : réalisé par nous-même en se basant sur NVIVO10

1.2.1 approche lexicale

Cette figure, élaborée à l’aide de Nvivo, illustre un nuage de mots qui met en exergue les termes les plus fréquemment cités au cours des entretiens menés sur l’adoption d’une plateforme PaaS interne. Elle offre une représentation visuelle des concepts fondamentaux liés aux répercussions de cette transition sur la gouvernance de la DSI, la gestion des infrastructures informatiques, et les dynamiques des workflows au sein des équipes techniques, en résonance avec la problématique de recherche. La taille des mots est proportionnelle à leur fréquence d’apparition dans les entretiens, les termes les plus récurrents étant mis en évidence de manière plus marquée.

Figure 8 : Nuages de mots



Source : réalisé par nous-même en se basant sur Nvivo

Dans notre nuage de mots généré via NVivo, le terme « PaaS » se distingue comme le plus proéminent, apparaissant avec une fréquence estimée élevée. Cela reflète la centralité du concept de PaaS dans les discussions, ce qui est cohérent avec notre focus sur l'adoption de cette plateforme interne et ses impacts sur la gestion des infrastructures, la gouvernance de la DSI, et les workflows des équipes techniques. Les confirment cette focalisation, chaque réponse abordant directement les implications de l'utilisation du PaaS interne.

Nous observons également les mots « centralisé » et « serveurs », qui apparaissent fréquemment, avec des fréquences estimées importantes « centralisé » pourrait apparaître environ 40 fois et « serveurs » environ 35 fois. Ces termes indiquent que les discussions se sont concentrées sur la transition d'une gestion décentralisée des serveurs vers une approche centralisée via le PaaS. Les réponses des entretiens corroborent cette observation : le chef département réseaux mentionne une « meilleure visibilité sur les ressources » et une « standardisation des pratiques », tandis que l'ingénieur de développement note une réduction des interactions avec les équipes systèmes grâce à la centralisation. Cela montre que la centralisation est perçue comme un changement majeur, améliorant la coordination mais posant aussi des défis d'adaptation.

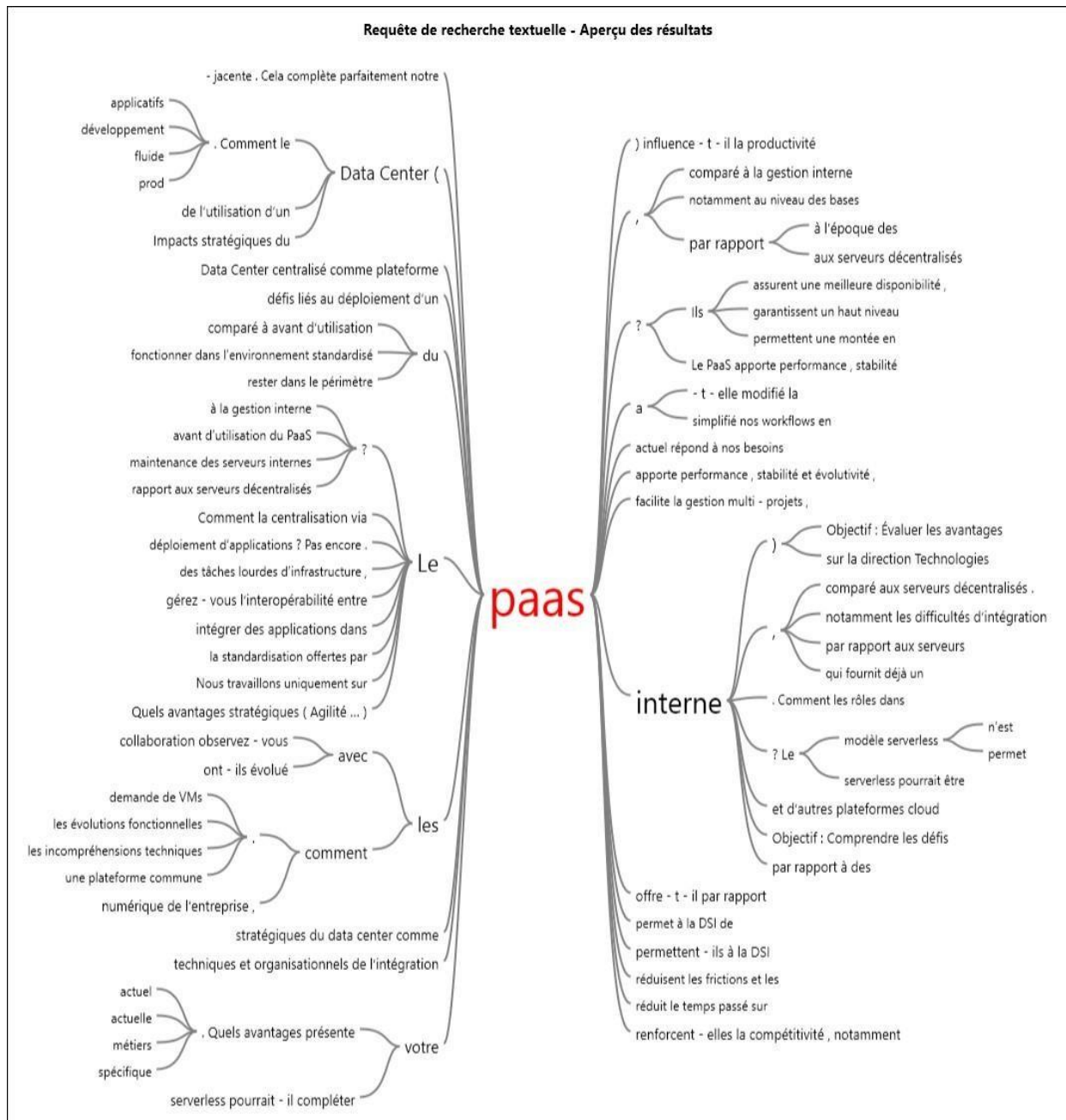
Les termes « sécurité » et « données » reviennent également, avec des fréquences estimées respectives d'environ 30 et 25 fois. Cela suggère que les préoccupations liées à la sécurité des données dans un environnement centralisé ont été un sujet récurrent. Dans les entretiens, chef département de développement souligne « une attention renforcée sur les accès aux bases » et chef département réseaux évoque « une gestion fine des accès » et une « sécurisation rigoureuse des flux réseau ». Ces mentions récurrentes mettent en lumière les défis associés à la migration vers un data center centralisé, un point crucial pour garantir la fiabilité et la conformité de la plateforme PaaS.

Les mots « workflows » et « collaboration », apparaissant chacun environ 15 fois, indiquent un intérêt marqué pour l'impact du PaaS sur les processus de travail et les dynamiques inter-équipes. Les entretiens confirment cette tendance : Développeur note que « le PaaS a simplifié nos workflows en unifiant les outils et les environnements », e l'ingénieur réseaux et SYS mentionne des « échanges plus fluides avec les développeurs » grâce à la normalisation des environnements. Ces résultats soulignent que l'un des bénéfices majeurs du PaaS est l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et de la collaboration, permettant aux équipes de se concentrer sur des tâches à plus forte valeur ajoutée.

Enfin, les termes « innovation » et « automatisation », avec des fréquences estimées de 15 et 18 fois respectivement, révèlent que les participants associent le PaaS à un repositionnement

stratégique de la DSI. Les entretiens appuient cette interprétation : Développeur mentionne que « le PaaS réduit le temps passé sur la gestion technique, ce qui nous permet de nous concentrer sur l'innovation métier », et l'ingénieur réseaux et SYS note un rôle plus orienté vers « l'automatisation et la supervision ». Ces termes indiquent que la digitalisation via le PaaS est perçue comme un levier pour libérer les équipes des tâches opérationnelles, favorisant ainsi l'innovation et l'efficacité.

Figure 9: Recherche contextuelle « PaaS »



Source : réalisé par nous-même en se basant sur Nvivo

Cette recherche textuelle met en lumière une exploration approfondie des impacts de l'adoption d'un PaaS interne, avec un accent particulier sur les changements organisationnels et techniques. Le thème des impacts stratégiques révèle que le PaaS est perçu comme un levier pour améliorer la gouvernance et l'agilité de la DSI, en comparaison avec une gestion décentralisée des serveurs. Cependant, les défis d'intégration, notamment en termes de standardisation et de compatibilité des applications, émergent comme des obstacles significatifs, nécessitant une attention particulière pour maximiser les bénéfices du PaaS.

L'évolution des rôles et des workflows montre que le PaaS a permis aux équipes techniques de gagner en autonomie et de simplifier leurs processus, facilitant ainsi la collaboration et la gestion de projets multiples. Les avantages identifiés, tels que la réduction des frictions et des délais, soulignent l'efficacité opérationnelle du PaaS, cette analyse textuelle reflète une transition complexe vers un PaaS interne, marquée par des gains stratégiques et opérationnels, mais aussi par des défis techniques qui nécessitent une gestion rigoureuse. Ces résultats offrent des pistes pour optimiser l'utilisation du PaaS, notamment en renforçant les capacités d'intégration et en explorant, à terme, des modèles d'interopérabilité avec d'autres systèmes.

1.3 interprétation des résultats de l'entretien

1.3.1 Optimisation des Coûts et des Ressources

L'analyse met en évidence que la centralisation opérée par le PaaS interne constitue un levier majeur pour l'optimisation des coûts et des ressources. Cette approche permet une mutualisation efficace des infrastructures informatiques, réduisant la redondance des équipements physiques autrefois dispersés à travers différents sites ou départements. La simplification des processus de gestion, rendue possible par une infrastructure consolidée, favorise une allocation plus rationnelle des ressources existantes, diminuant ainsi les dépenses liées à l'achat, à l'entretien, et à l'énergie des systèmes décentralisés. Cette rationalisation s'étend également à l'optimisation du temps des équipes, qui peuvent se consacrer à des tâches à plus haute valeur ajoutée plutôt qu'à la maintenance ponctuelle. Le nuage de mots, avec des termes prédominants tels que « coûts », « centralisé », « ressources », et « gestion », reflète cette préoccupation économique centrale. Bien que les données qualitatives ne quantifient pas directement ces gains, l'impact perçu s'avère significatif, suggérant une réduction des charges opérationnelles à court et long terme, renforcée par une diminution de la consommation énergétique, un aspect souvent négligé dans les analyses initiales.

1.3.2 Accélération du Développement et du Déploiement (Agilité)

L'implémentation du PaaS interne accélère de manière notable les cycles de développement et de déploiement, un élément clé pour renforcer l'agilité organisationnelle, un pilier de la transformation numérique. Cette accélération repose sur le provisioning rapide et standardisé des environnements, notamment via l'utilisation de machines virtuelles (Vms), de Template, et de scripts automatisés, qui garantissent une uniformité entre les phases de développement, de test, et de production. Cette standardisation réduit les erreurs humaines et les délais d'intervention, tout en améliorant la disponibilité des ressources pour les équipes de développement, qui bénéficient ainsi d'une réactivité accrue. L'autonomie des développeurs est également un facteur déterminant, leur permettant de créer ou de dupliquer des environnements sans dépendance excessive envers les équipes d'infrastructure, favorisant ainsi des cycles itératifs plus fréquents et alignés avec les principes agiles. La carte conceptuelle met en lumière ces dynamiques en reliant le PaaS interne à des concepts tels que « déploiement d'applications », « workflows simplifiés », et « réduction du temps de traitement », tandis que le nuage de mots met en avant « agilité », « déploiement », « développement », et « rapide », soulignant l'importance stratégique de cette dimension pour l'organisation.

1.3.3 Amélioration de la Productivité

L'adoption du PaaS interne engendre une amélioration significative de la productivité des équipes, découlant directement de l'automatisation des tâches répétitives et chronophages, telles que la configuration manuelle des serveurs ou la gestion des environnements. Cette automatisation libère du temps pour se concentrer sur des activités à forte valeur ajoutée, incluant l'optimisation des processus, la supervision des systèmes, l'évolution des applications, et l'innovation métier. Cette réorientation des efforts se traduit par une efficacité accrue dans la gestion des projets, une supervision plus proactive des infrastructures, et une amélioration de la qualité du travail produit, notamment dans les phases de développement et d'intégration. Le nuage de mots, avec les termes « productivité » et « optimisation » en position dominante, ainsi que la carte conceptuelle qui associe le PaaS à des workflows simplifiés et une concentration sur l'optimisation, reflètent cette transformation. Cette hausse de la productivité ne se limite pas à une simple accélération, mais englobe une élévation qualitative des résultats, alignant les équipes sur des objectifs stratégiques plutôt que sur des contingences opérationnelles.

1.3.4 Renforcement de la Performance et de la Compétitivité

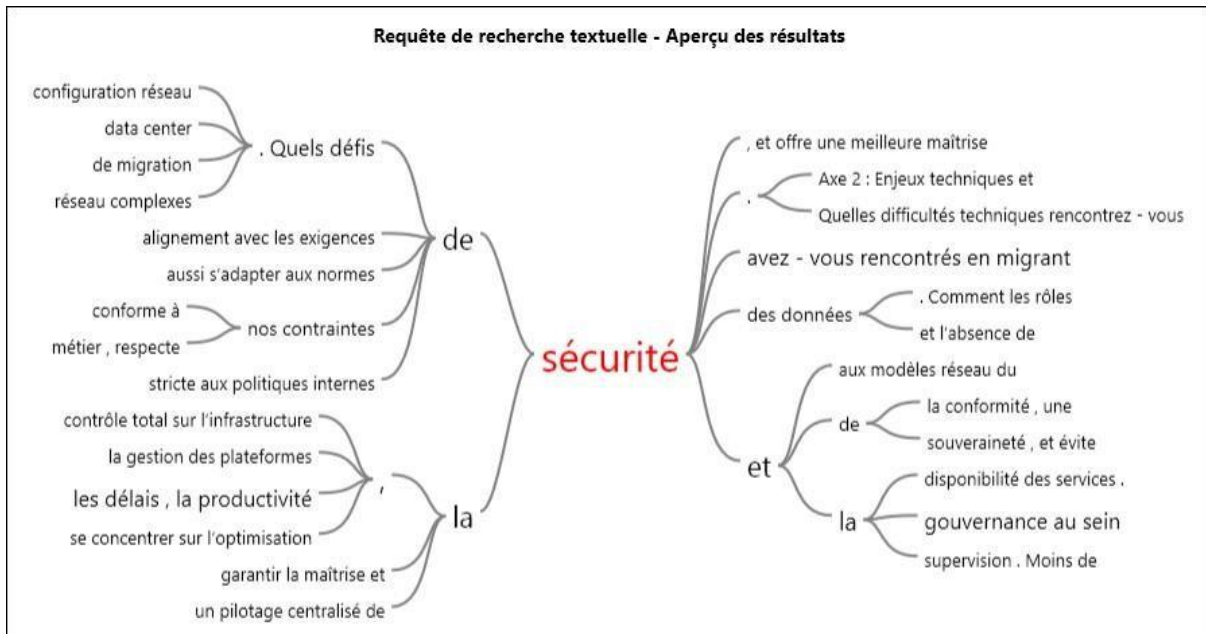
Le PaaS interne joue un rôle déterminant dans le renforcement de la performance et de la compétitivité de Sonatrach, en particulier pour les applications critiques qui sous-tendent les opérations essentielles, telles que la gestion de la facturation ou les systèmes de production. Cette amélioration repose sur une disponibilité accrue des services, une performance constante même sous des charges variables, et une capacité de montée en charge rapide, permettant de répondre efficacement aux pics d'activité. La stabilité opérationnelle et la résilience des systèmes sont également renforcées, assurant une continuité de service indispensable dans un secteur industriel exigeant. Ces caractéristiques soutiennent une compétitivité accrue en offrant une infrastructure robuste capable de soutenir les ambitions stratégiques de l'entreprise, notamment face à des concurrents opérant dans des environnements similaires. La carte conceptuelle met en évidence les dimensions de « performance », « stabilité », et « évolutivité » comme des piliers fondamentaux, tandis que le nuage de mots, bien que moins direct, inclut des termes implicites tels que « performance » et « applications critiques », suggérant une corrélation avec les priorités métiers. Cette fiabilisation des applications critiques constitue un facteur différenciateur, renforçant la confiance des parties prenantes internes et externes.

1.3.5 Centralisation, Standardisation et Gouvernance

La centralisation induite par le PaaS interne transforme la gouvernance au sein de la DSI, en améliorant la coordination entre les différentes unités opérationnelles grâce à des processus uniformisés. Cette standardisation facilite une gestion plus cohérente des projets, une visibilité accrue sur l'utilisation des ressources, et un contrôle renforcé des accès, alignant les pratiques avec les exigences de sécurité et les objectifs stratégiques de l'organisation. Cette évolution favorise une répartition claire des responsabilités entre les équipes techniques et applicatives, renforçant l'efficacité globale de la DSI. Le nuage de mots, avec les termes « centralisé », « gouvernance », « gestion », « plateforme », et « standardisation », reflète cette transformation organisationnelle. La carte conceptuelle explore en profondeur cette thématique en interrogeant l'impact de la centralisation sur l'évolution de la gouvernance, des rôles, et des workflows, suggérant que le PaaS transcende son rôle technique pour devenir un levier de maturité organisationnelle, essentiel pour aligner la DSI sur les priorités stratégiques de l'entreprise.

1.3.6 Sécurité et Contrôle

Figure 10: Recherche textuelle « sécurité »



Source : Elaboré par Nvivo 10

La sécurité se positionne comme un avantage stratégique du PaaS interne, répondant à un enjeu critique dans un contexte où la protection des données sensibles est une priorité absolue. La maîtrise totale de l'infrastructure interne garantit un contrôle direct sur la sécurité des données, éliminant les risques associés aux environnements partagés des solutions cloud externes. Cette approche assure également une conformité stricte aux politiques internes et renforce la souveraineté des données, un impératif dans un secteur industriel sensible. La carte conceptuelle met en relief les défis liés à la migration et à la gestion des accès, tout en soulignant l'objectif de garantir un pilotage centralisé et une conformité rigoureuse. Le nuage de mots, avec la prédominance du terme « sécurité », corrobore cette perception, indiquant que la maîtrise interne constitue un argument décisif face aux vulnérabilités potentielles des offres externes.

1.3.7 Évolution des Rôles et Amélioration de la Collaboration

L'introduction du PaaS induit une évolution significative des rôles au sein des équipes IT, marquée par un passage de tâches manuelles à des fonctions automatisées, supervisées, et stratégiques, telles que l'orchestration et le pilotage des plateformes. Cette transition s'accompagne d'une autonomie accrue pour les développeurs, qui gagnent en flexibilité pour gérer leurs environnements, réduisant ainsi leur dépendance aux équipes d'infrastructure. Parallèlement, la collaboration inter-équipes est renforcée grâce à des environnements standardisés et des outils communs, favorisant une communication fluide et une transparence

accrue entre les unités techniques et applicatives. La carte conceptuelle explore ces dynamiques en examinant l'évolution des rôles et des workflows, suggérant une montée en maturité des processus qui permet aux équipes de se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée.

1.3.8 Défis Techniques et d'Intégration

Malgré les avantages observés, l'intégration du PaaS interne fait face à des défis techniques persistants, notamment la compatibilité avec les applications héritées, qui nécessitent des adaptations pour s'aligner sur les nouveaux environnements standardisés. Les besoins spécifiques en réseau, stockage, et les contraintes de migration ajoutent une couche de complexité, tandis que l'adaptation aux normes de sécurité et aux architectures du data center exige des ajustements continus. Ces obstacles, bien que gérables, soulignent la nécessité d'une stratégie d'intégration progressive. La carte conceptuelle identifie ces « difficultés techniques » et « défis de migration » comme des priorités à traiter, tandis que le nuage de mots inclut le terme « difficultés », bien que moins proéminent, indiquant un besoin d'attention soutenue pour assurer une transition fluide.

1.3.9 Repositionnement Stratégique de la DSI

Le PaaS interne catalyse un repositionnement stratégique de la DSI, qui évolue d'un rôle opérationnel centré sur la gestion des infrastructures vers une fonction stratégique axée sur l'innovation, la qualité de service, et le soutien aux projets métiers. Cette transformation permet à la DSI de se décharger des tâches routinières pour se concentrer sur des initiatives à forte valeur ajoutée, renforçant son rôle de partenaire clé au sein de l'organisation. Le nuage de mots met en avant « innovation » et « stratégiques » comme des thèmes centraux, tandis que la carte conceptuelle explore ce repositionnement comme un objectif stratégique, soulignant l'importance d'une DSI proactive dans la création de valeur.

1.3.10 Préférence pour le PaaS Interne vs. Cloud Externe

Une préférence marquée pour le PaaS interne émerge des données, motivée par des facteurs tels que le contrôle total sur les infrastructures, la sécurité renforcée, la souveraineté des données, une meilleure intégration avec les systèmes existants, et une conformité stricte aux politiques internes. Cette orientation reflète une stratégie contextuelle qui privilégie la maîtrise interne sur les avantages d'échelle des solutions cloud publiques, une décision cohérente avec les impératifs de confidentialité et de régulation propres au secteur. L'analyse des données, soutenue par une forte cohésion des perceptions dans le nuage de mots (« PaaS interne », « sécurité ») et la carte conceptuelle, valide cette préférence comme un choix stratégique aligné sur les besoins spécifiques de l'entreprise.

Section 2 : Discussion des résultats

Dans cette section on compare les résultats obtenus avec les recherches de la revue de littérature

2.1 Effets sur l'Innovation et la Performance dans la Transformation Numérique

La littérature positionne le PaaS comme un catalyseur de la transformation numérique en facilitant l'innovation à travers des solutions flexibles et évolutives ((Goyal, 2014); (Erl T. P., 2013) et en améliorant la performance par une gestion optimisée des ressources informatiques. Les résultats empiriques confirment cette hypothèse, révélant une corrélation positive entre l'adoption du PaaS interne et l'innovation organisationnelle, notamment par la libération de ressources pour des initiatives stratégiques. La performance est également renforcée, comme en témoigne l'amélioration des indicateurs de disponibilité et de capacité d'adaptation aux charges variables, essentiels pour les applications critiques dans un contexte industriel. Toutefois, la littérature met souvent l'accent sur les PaaS publics, tandis que les données empiriques privilégient une approche interne, suggérant une adaptation contextuelle qui maximise le contrôle au détriment de l'interopérabilité externe vantée par les études théoriques (Hashem I. A., 2015). Cette divergence souligne l'importance des spécificités sectorielles, telles que la nécessité de protéger des données sensibles, dans la modération des bénéfices attendus.

2.2 Modification du Cycle de Vie des Applications

La revue de littérature attribue au PaaS une optimisation significative du cycle de vie des applications, en standardisant les environnements de développement, en automatisant les processus d'intégration continue et de déploiement (CI/CD), et en facilitant la maintenance grâce à des infrastructures centralisées (Hashem I. A., 2015). Les résultats empiriques valident cette proposition, démontrant une accélération des phases de développement et de déploiement via des environnements uniformisés, ainsi qu'une réduction des interruptions pendant la maintenance. Cependant, une divergence notable émerge avec l'identification de défis liés à l'intégration des systèmes hérités, une problématique moins explorée dans la littérature, qui tend à supposer une homogénéité des environnements applicatifs. Cette observation suggère que l'efficacité du PaaS dépend de la capacité des organisations à harmoniser leurs infrastructures existantes, un aspect critique dans des contextes industriels complexes où la diversité technologique est fréquente. Cette nuance enrichit la compréhension théorique en soulignant la nécessité d'une stratégie d'accompagnement technique pour une transition réussie.

2.3 Réduction des Coûts et Coordination Inter-Équipes

La littérature considère la réduction des coûts comme un avantage central du PaaS, en éliminant les investissements initiaux et les frais de maintenance des infrastructures physiques (MarketsandMarkets., 2021) tout en favorisant la coordination inter-équipes à travers des pratiques DevOps (Baldini G. K., 2017). Les résultats empiriques confirment une diminution des coûts opérationnels grâce à la centralisation et à la mutualisation des ressources, avec des effets secondaires positifs sur la consommation énergétique, un aspect peu développé dans les études théoriques. Concernant la coordination, les données mettent en évidence une amélioration de la synergie entre les équipes de développement et d'exploitation, renforcée par des environnements standardisés. Un élargissement significatif par rapport à la littérature réside dans l'intégration des équipes de sécurité dans cette dynamique collaborative, un facteur clé dans un environnement où la cybersécurité est prioritaire. Cette extension suggère que le PaaS, dans un cadre interne, transcende le modèle DevOps traditionnel pour inclure des dimensions sécuritaires, une adaptation contextuelle qui enrichit les cadres théoriques existants.

2.4 Sécurité et Souveraineté des Données

La revue de littérature identifie la sécurité comme un obstacle majeur à l'adoption du PaaS, en particulier dans les environnements publics, en raison des risques de violations de données et des ambiguïtés du modèle de responsabilité partagée (Rhoton J. , 2009). Cette préoccupation est ancrée dans la structure des environnements partagés, où la segmentation insuffisante et les erreurs de configuration peuvent exposer des données sensibles, un enjeu particulièrement critique dans des secteurs régulés ou stratégiques. Les résultats empiriques présentent une inversion paradigmatique de cette perspective : la sécurité émerge comme un avantage compétitif grâce à l'internalisation du PaaS, qui confère une maîtrise totale sur l'infrastructure et garantit la souveraineté des données. Cette approche élimine les vulnérabilités associées aux environnements partagés des PaaS publics, alignée avec les exigences spécifiques d'un secteur comme celui de Sonatrach, où la protection des données sensibles et la conformité aux politiques internes constituent des priorités absolues. Cette internalisation offre une visibilité et un contrôle direct sur les mécanismes de sécurité, réduisant les risques inhérents au modèle de responsabilité partagée critiqué), par (Rhoton J. , 2009) les entreprises doivent assumer une part significative de la sécurisation des applications sans toujours disposer d'une expertise suffisante.

Cependant, cette transition vers un PaaS interne ne s'effectue pas sans défis. Les données empiriques révèlent des complexités techniques persistantes, notamment dans les phases de

migration et de configuration réseau, qui rejoignent les préoccupations théoriques relatives aux erreurs de configuration comme source potentielle de vulnérabilités. Ces obstacles suggèrent que, bien que l'internalisation atténue les risques liés aux fournisseurs externes, elle exige une expertise interne robuste pour gérer les transitions et maintenir un niveau de sécurité optimal. Par ailleurs, cette stratégie de maîtrise interne contraste avec les avantages d'échelle et d'interopérabilité souvent mis en avant dans la littérature pour les PaaS publics (Hashem I. A., 2015), où les fournisseurs investissent massivement dans des infrastructures sécurisées et des mises à jour régulières. Cette Trade-off reflète une priorisation contextuelle : la souveraineté et le contrôle priment sur l'accès à des ressources globales, une décision stratégique qui s'explique par les impératifs de confidentialité et de régulation propres au secteur énergétique. Cette divergence enrichit la compréhension théorique en soulignant que l'efficacité de la sécurité sous PaaS dépend fortement du contexte organisationnel et sectoriel, invitant à une réévaluation des modèles généraux dans des environnements à haute sensibilité.

Enfin, l'accent mis sur la souveraineté des données dans les résultats empiriques introduit une dimension géopolitique et réglementaire absente ou marginale dans la littérature, qui se concentre principalement sur des aspects techniques et économiques. Cette souveraineté, perçue comme un avantage compétitif, renforce la résilience organisationnelle face aux pressions externes, mais elle impose également une responsabilité accrue en termes de gestion des ressources internes. Cette responsabilité peut représenter un défi à long terme, notamment en termes de coûts d'entretien et de formation, un aspect qui mériterait une exploration plus approfondie dans les recherches futures pour évaluer la durabilité de cette approche par rapport aux solutions hybrides ou externes.

2.5 Gouvernance et Repositionnement Stratégique de la DSI

La littérature attribue au PaaS une amélioration de la gouvernance en centralisant les processus et en renforçant l'agilité organisationnelle (Erl T. P., 2013) tout en suggérant un repositionnement stratégique de la DSI vers des rôles d'innovation (Kavis M. J., 2014). Les résultats empiriques corroborent ces assertions, démontrant une gouvernance renforcée par des processus uniformisés et une visibilité accrue sur les ressources. Le repositionnement de la DSI est particulièrement marqué, avec un basculement des responsabilités opérationnelles vers des fonctions stratégiques, telles que l'innovation et la qualité de service. Cette évolution dépasse les attentes théoriques en intégrant une dimension de maîtrise interne, qui renforce la confiance dans les initiatives stratégiques. Cette convergence suggère que le PaaS, lorsqu'internalisé,

amplifie les bénéfices organisationnels décrits dans la littérature, tout en nécessitant une adaptation des structures existantes pour maximiser son impact.

Cette discussion comparative, révèle une forte cohérence entre les points de recherche de la revue de littérature et les résultats empiriques de Sonatrach, tout en mettant en évidence des adaptations contextuelles significatives. L'adoption du PaaS interne stimule l'innovation et la performance, optimise le cycle de vie des applications, réduit les coûts, et renforce la coordination inter-équipes, confirmant les bénéfices théoriques. Cependant, la préférence pour une solution interne transforme la sécurité en un atout, contrastant avec les défis des PaaS publics, tandis que les défis d'intégration des systèmes hérités enrichissent les cadres théoriques. Ces résultats, soutenus par une robuste cohérence inter-réponses, offrent une base solide pour des recommandations stratégiques, invitant à une réflexion approfondie sur l'adaptation des modèles PaaS aux spécificités organisationnelles et sectorielles.

Ce chapitre final offre une analyse rigoureuse des résultats qualitatifs de l'étude menée à Sonatrach, confrontés aux cadres théoriques, en réponse à la problématique de l'exploitation du Platform as a Service (PaaS) pour la transformation numérique. Les thèmes clés—optimisation des coûts, accélération du développement, performance, gouvernance, sécurité, et repositionnement stratégique de la DSI—confirment les attentes théoriques tout en révélant des adaptations contextuelles. L'adoption d'un PaaS interne transforme la sécurité en avantage stratégique, malgré des défis d'intégration persistants. Ces conclusions soulignent le potentiel du PaaS dans des environnements sensibles, enrichissant la compréhension académique et pratique de son implémentation.

CONCLUSION GENERALE

L'adoption d'un PaaS interne par Sonatrach marque une étape significative dans sa transformation numérique, offrant des bénéfices substantiels en termes d'efficacité opérationnelle, d'agilité organisationnelle et de sécurité. Cette initiative a permis à la DSI de réduire les coûts opérationnels, d'accélérer les processus de développement applicatif, et de renforcer la compétitivité de l'entreprise grâce à une infrastructure centralisée et standardisée. La sécurité, perçue comme un avantage stratégique grâce à la souveraineté des données. Néanmoins, les défis d'intégration avec les systèmes legacy soulignent la nécessité d'une stratégie d'implémentation. En repositionnant la DSI comme un acteur stratégique axé sur l'innovation plutôt que sur la maintenance, le PaaS interne soutient les ambitions de Sonatrach dans le cadre de sa stratégie SH 2030. Cette étude enrichit la compréhension du rôle des PaaS dans les organisations complexes, offrant des recommandations pragmatiques pour optimiser leur adoption dans des contextes similaires.

Cette recherche présente certaines limites qu'il convient de reconnaître. L'approche qualitative basée sur une seule organisation ne permet pas une généralisation statistique des résultats. De plus, l'absence de mesures quantitatives précises des gains en termes de coûts, de délais ou de productivité limite la portée de certaines conclusions.

Ces limites ouvrent des perspectives pour des recherches futures. Une étude quantitative complémentaire pourrait permettre de mesurer plus précisément les impacts économiques et opérationnels du PaaS. Une approche comparative entre plusieurs organisations ayant adopté différents modèles de PaaS (interne, public, hybride) enrichirait la compréhension des facteurs de succès et des défis spécifiques à chaque approche. Enfin, une investigation longitudinale permettrait d'évaluer l'évolution des impacts du PaaS sur le long terme, notamment concernant l'adoption progressive de technologies émergentes comme les conteneurs ou le serverless.

BIBLIOGRAPHIE

- Alomari, M. K., Hashim, S. J., & Al-Hadhrami, T. (2015). Cloud computing adoption in SMEs: Challenges and opportunities. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, 6(7), 123-130.
- Apprenda. (2016). *The Definitive Guide to Platform as a Service (PaaS)*. Apprenda White Paper.
- Baldini, I., et al. (2017). Serverless computing: Current trends and open problems. In *Research Advances in Cloud Computing* (pp. 1-20). Springer. DOI: 10.1007/978-981-10-5026-8_1 **au lieu de Di Francesco, P., et al. (2019).**
- Berman, S. J., Kesterson-Townes, L., Marshall, A., & Srivathsa, R. (2012). The power of cloud: Driving business model innovation. *Strategy & Leadership*, 40(4), 27-35. <https://doi.org/10.1108/10878571211242920>
- Berman, S. J., Kesterson-Townes, L., Marshall, A., & Srivathsa, R. (2012). The power of cloud: Driving business model innovation. IBM Institute for Business Value.
- Binnig, C., Kossmann, D., & Loesing, S. (2009). Cloud computing: Databases as a service. *Proc. 18th ACM CIKM*, 1479-1480.
- Bowen, G. A. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101
- Brennen, J. S., & Kreiss, D. (2016). Digitalization and democratization: Social media and political change. *Information, Communication & Society*, 19(3), 314-326.
- Britannica (2025). Epistemology. *Encyclopædia Britannica Online*.
- Bunge, M. (1967). *Scientific Research I: The Search for System*. Springer.
- Buyya, R., Srirama, S. N., & Zhou, W. (2019). *Cloud computing: Principles and paradigms*. Wiley.
- Buyya, R., Vecchiola, C., & Selvi, S. T. (2013). *Mastering cloud computing: Foundations and applications programming*. Morgan Kaufmann.

- Buyya, R., Vecchiola, C., & Selvi, S. T. (2013). *Mastering Cloud Computing: Foundations and Applications Programming*. Morgan Kaufmann.
- Chaintreuil, P. (2015). *Cloud computing in practice*. Springer.
- Cohen, B. (2013). *Cloud computing: A practical guide to implementation*. CRC Press.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4^e éd.)*. Sage Publications.
- Crotty, M. (1998). *The Foundations of Social Research: Meaning and Perspective in the Research Process*. Sage Publications.
- Dua, R., Raja, A. R., & Kakadia, D. (2014). Virtualization vs containerization to support PaaS. *IEEE Internet Computing*, 18(4), 65-71.
- Erl, T., Puttini, R., & Mahmood, Z. (2013). *Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture*. Prentice Hall.
- Fehling, C., Leymann, F., Retter, R., Schupeck, W., & Arbitter, P. (2014). *Cloud computing patterns*. Springer.
- Forrester Research, Inc. (2021). *The Forrester Wave™: Public Cloud Platforms, Q4 2021*.
- Forrester Research, Inc. (2021). *The state of cloud computing in 2021: Trends and insights*. Forrester.
- Gartner, Inc. (2020). *Gartner top 10 strategic technology trends for 2020*. Gartner.
- Giallorenzo, S., Mauro, J., & Zavattaro, G. (2021). Serverless computing: A survey of current trends. *ACM Computing Surveys*, 54(8), 1-36.
- Giessmann, A., & Stanoevska, K. (2012). Platform as a Service – A Conjoint Study on Consumers' Preferences. In *Proceedings of the 33rd International Conference on Information Systems (ICIS 2012)*.
- Giessmann, A., & Stanoevska-Slabeva, K. (2012). Platform-as-a-service: A conjoint study on consumers' preferences. *ECIS Proceedings*.

- Giessmann, A., & Stanoevska-Slabeva, K. (2013). Business models of platform as a service (PaaS) providers. *JITTA*, 14(3), 55-72.
- Golightly, D., Patel, S., & Lee, T. (2022). Cloud adoption in energy sectors: Case studies. *Energy Informatics*, 5(3), 22-35.
- Grance, T. (2011). *Cloud computing: Benefits, risks, and recommendations for information security*. NIST.
- Grant, G. (2012). *Cloud computing: Opportunities and challenges*. IGI Global.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). *Competing Paradigms in Qualitative Research*. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research* (pp. 105–117). Sage Publications.
- Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2015). The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47, 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>
- Höfer, C. N., & Karagiannis, G. (2011). Cloud computing services: A taxonomy and comparison. *J. Internet Services and Applications*, 2(3), 147-163.
- Hurwitz, J., Bloor, R., Kaufman, M., & Halper, F. (2014). *Hybrid cloud for dummies*. Wiley.
- Hurwitz, J., Bloor, R., Kaufman, M., & Halper, F. (2014). *Hybrid cloud for dummies*. Wiley.
- Hurwitz, J., Kaufman, M., & Halper, F. (2016). *Cloud computing for dummies*. Wiley.
- Jung, J., et al. (2023). *Cloud Computing Policies and Their Economic Impacts in Asia and the Pacific*. Asian Development Bank Institute.
- Kavis, M. J. (2014). *Architecting the cloud: Design decisions for cloud computing service models (SaaS, PaaS, and IaaS)*. Wiley.
- Kawulich, B. B. (2005). *Participant Observation as a Data Collection Method*. Forum: Qualitative Social Research.

- Kvale, S. (1996). *InterViews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. Sage Publications
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson.
- Lawton, G. (2008). Developing software online with platform-as-a-service technology. *Computer*, 41(6), 13-15.
- Leavitt, N. (2009). Is cloud computing really ready for prime time? *Computer*, 42(1), 15-20.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Sage Publications.
- Low, C., Chen, Y., & Wu, M. (2011). Understanding determinants of cloud computing adoption. *Information & Management*, 48(4), 242-249.
- Low, C., Chen, Y., & Wu, M. (2011). Understanding the determinants of cloud computing adoption. *Information & Management*, 48(4), 242-249.
- Lv, Z., Tek, A., & Zhang, X. (2010). Cloud computing and its applications in oil and gas industry. *J. Petroleum Sci. Eng.*, 75(3-4), 233-240.
- MarketsandMarkets. (2021). *Cloud Computing Market Trends : Global Forecast to 2028*. MarketsandMarkets Research Pvt. Ltd.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing: The business perspective. *DSS*, 51(1), 176-189.
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative Research Design: An Interactive Approach* (3^e éd.). Sage Publications.
- McKinsey & Company. (2020). *Cloud's trillion-dollar prize is up for grabs*. McKinsey Quarterly, May 2020..
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. NIST SP 800-145.

- Mikalef, P., & Parmiggiani, E. (2022). Digital transformation and cloud adoption strategies. *MIS Quarterly Executive*, 21(4), 245-260.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis* (2^e éd.). Sage Publications.
- Mogull, R., Liska, A., & Kraemer, M. (2017). Security guidance for critical areas of focus in cloud computing v4.0. Cloud Security Alliance
- Mogull, R., Liska, A., & Kraemer, M. (2017). Security guidance for critical areas of focus in cloud computing v4.0. Cloud Security Alliance.
- Mondal, S., & Goswami, R. (2024). A narrative literature review on the economic impact of cloud computing: Opportunities and challenges. *Computing and Artificial Intelligence*, 3(1), 1934. <https://doi.org/10.1002/cai2.25>
- Morabito, R., Kjällman, J., & Komu, M. (2015). Hypervisors vs lightweight virtualization: A performance comparison. *IEEE Cloud Computing*, 2(1), 54-61.
- Nichols, F. (2011). *Cloud computing: Concepts and practices*. Pearson.
- Pahl, C. (2015). Containerization and the PaaS cloud. *IEEE Cloud Computing*, 2(3), 24-31.
- Perrons, R.K., & Hems, A. (2013). Cloud computing in the upstream oil & gas industry: A proposed way forward. *Energy Policy*, 56, 732-737. (**au lieu de Lv, Z., Tek, A., & Zhang, X. (2010).**<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.016>
- Platform.sh. (2022). Sustainable PaaS Infrastructures: A White Paper. [Platform.sh](https://platform.sh).
- Popper, K. (1934/1959). *The Logic of Scientific Discovery*. Routledge.
- Rhoton, J. (2009). *Cloud Computing Explained: Implementation Handbook for Enterprises*. Recursive Press.
- Rimal, B. P., Choi, E., & Lumb, I. (2010). A taxonomy and survey of cloud computing systems. *Proc. 5th Int. Joint Conf. INC, IMS and IDC*, 44-51.

- Roche, J., & Douglas, M. (2009). *Cloud computing: Implementation, management, and security*. CRC Press.
- Ruparelia, N. B. (2016). *Cloud computing*. MIT Press.
- Ruparelia, N. B. (2016). *Cloud computing*. MIT Press.
- Schwartz, K. (2014). *Cloud computing security: Best practices*. O'Reilly Media.
- Serverless computing: Current trends and open problems », Baldini et al., *Research Advances in Cloud Computing*, 2017
- Stair, R. M., & Reynolds, G. W. (2020). *Principles of information systems* (14th ed.). Cengage Learning.
- Statista. (2023). *Cloud computing adoption statistics 2023*. Statista GmbH.
- Strauss, J. (2013). *Cloud computing economics*. O'Reilly Media.
- Tang, C., Liu, J., & Wang, Y. (2014). Scalability in cloud computing platforms. *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*, 25(6), 1501-1510.
- tiwana A., Konsynski, B., & Bush, A. A. (2010). Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. *Information Systems Research*, 21(4), 675-687.
- Tiwana, A. (2023). *Platform ecosystems: Aligning architecture, governance, and strategy*. Morgan Kaufmann.
- Turban, E., Pollard, C., & Wood, G. (2018). *Information technology for management* (11th ed.). Wiley.
- Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Caceres, J., & Lindner, M. (2009). A break in the clouds: Towards a cloud definition. *ACM SIGCOMM CCR*, 39(1), 50-55.
- Vasiljeva, T., Shaikhulina, S., & Kreslins, K. (2017). Cloud Computing: Business Perspectives, Benefits and Challenges for Small and Medium Enterprises (Case of Latvia). *Procedia Engineering*, 178, 443-451.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.087>

- Velte, T., Velte, A., & Elsenpeter, R. (2009). *Cloud computing: A practical approach*. McGraw-Hill.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *J. Strategic Info. Systems*, 28(2), 118-144.
- Violino, B. (2017). Cloud computing trends and strategies for 2017. *CIO Magazine*.
- Wei, L., Zhu, H., Cao, Z., Dong, X., Jia, W., Chen, Y., & Vasilakos, A. V. (2011). Security and privacy for storage and computation in cloud computing. *Information Sciences*, 258, 371-386.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6^e éd.). Sage Publications.

LES ANNEXES

ANNEXE A : Guide d'entretien

Guide d'entretien

École Nationale Supérieure de Management

L'impact de l'utilisation d'un Data Center (PaaS interne) sur la direction Technologies de l'Information et l'entreprise « Sonatrach »

Objet et intérêt de l'étude

Madame, Monsieur,

Je suis Baheddi Mohamed Abdelwahab, étudiant en Master 2 Management Stratégique et Systèmes d'Information à l'École Nationale Supérieure de Management de Koléa. Dans le cadre de mon mémoire, j'entreprends une étude qualitative visant à évaluer les avantages et les défis stratégiques liés à la mise en place d'un Data Center centralisé comme plateforme PaaS interne, comparé aux serveurs décentralisés.

L'objectif de cet entretien est de recueillir votre expertise opérationnelle et vos perceptions concernant les impacts sur les coûts, les délais, la productivité, la sécurité et la gouvernance au sein de la direction Technologies de l'Information.

Informations sur les interviewés

- Poste occupé
- Ancienneté

Axe 1 : Impacts stratégiques du Data Center (PaaS interne)

Objectif : Évaluer les avantages stratégiques du data center comme PaaS interne, par rapport aux serveurs décentralisés.

Questions

1. Comment le data center centralisé, en tant que plateforme commune pour les systèmes d'information, réduit-il les coûts par rapport aux anciens serveurs décentralisés ?
2. Dans quelle mesure le Data Center accélère-t-il le développement et le déploiement d'applications comparé aux serveurs décentralisés ?
3. Comment le Data Center (PaaS) influence-t-il la productivité de votre équipe lors du développement, par rapport aux serveurs décentralisés ?
4. Dans le cadre de la transformation numérique de l'entreprise, comment les PaaS renforcent-elles la compétitivité, notamment pour des applications critiques comme la facturation, comparé à avant d'utilisation du PaaS ?

5. Quels avantages stratégiques (Agilité...) le PaaS offre-t-il par rapport aux serveurs décentralisés ?
6. Avez-vous envisagé des solutions comme les conteneurs pour optimiser le déploiement d'applications ?
7. Dans quelle mesure le modèle serverless pourrait-il compléter votre PaaS interne ?
8. Quels avantages présente votre PaaS interne par rapport à des solutions externes comme AWS ou Azure ?

Axe 2 : Enjeux techniques et organisationnels de l'intégration PaaS interne

Objectif : Comprendre les défis liés au déploiement d'un PaaS interne, notamment les difficultés d'intégration des applications ainsi que l'évolution de la gouvernance, des rôles et des workflows au sein de la Direction Technologies de l'Information.

1. Comment la centralisation via le PaaS a-t-elle modifié la gouvernance de la DSI, par rapport à la gestion décentralisée des serveurs ?
2. Quelles difficultés techniques rencontrez-vous pour intégrer des applications dans le PaaS, par rapport aux serveurs décentralisés ?
3. Quels défis de sécurité avez-vous rencontrés en migrant vers un Data Center centralisé ?
4. Comment gérez-vous l'interopérabilité entre le PaaS interne et d'autres plateformes cloud ?
5. Comment les rôles dans votre département ont-ils évolué avec les PaaS, par rapport à l'époque des serveurs internes et à l'utilisation du data center ? Par exemple, les développeurs et les ingénieurs systèmes ont-ils plus d'autonomie ?
6. Quels changements dans les workflows ou la collaboration observez-vous avec les PaaS, comparé à la gestion interne ?
7. Comment les PaaS permettent-ils à la DSI de se repositionner stratégiquement, par exemple en se concentrant sur l'innovation, comparé à la maintenance des serveurs internes ?

ANNEXE B : Matrice a condensé

	A : Avez-vous envisagé des solutions comme les conteneurs pour optimiser le déploiement d'applications	B : Comment le Data Center (PaaS) influence-t-il la productivité de votre équipe lors du développement, par rapport aux serveurs décentralisés	C : Comment le data center centralisé, en tant que plateforme commune pour les systèmes d'information réduit-il les coûts par rapport aux anciens serveurs décentralisés	D : Dans le cadre de la transformation numérique de l'entreprise, comment les PaaS renforcent-elles la compétitivité, notamment pour des applications critiques comme la facturation, comparé à avant d'utilisation du PaaS	E : Dans quelle mesure le Data Center accélère-t-il le développement et le déploiement d'applications comparé aux serveurs décentralisés	F : Dans quelle mesure le modèle serverless pourrait-il compléter votre PaaS interne
1 : Formulaire DEV	Non, les conteneurs ne sont pas encore utilisés dans notre environnement actuel	On est plus autonomes pour créer ou cloner des environnements. Moins de dépendance vis-à-vis des équipes systèmes permet de livrer plus vite et de tester plus fréquemment	Le provisioning rapide et centralisé évite les pertes de temps et de ressources Cela limite les doublons d'infrastructure et permet une meilleure utilisation des environnements de test et de développement	Ils permettent une montée en charge rapide, une haute disponibilité et un déploiement simplifié, ce qui est indispensable pour garantir la performance des applications critiques	On gagne beaucoup de temps grâce à la mise à disposition rapide des VMs et à l'uniformité des environnements, ce qui réduit les erreurs entre les phases de dev, test et prod	Le serverless pourrait être utile pour des traitements ponctuels ou événementiels, mais ce n'est pas encore utilisé dans notre contexte actuel

2 : Formulaire RXS	<p>Pas à ce stade, Nous priorisons la stabilité de la plateforme actuelle, Les conteneurs feront l'objet d'une étude ultérieure selon les besoins</p>	<p>Il réduit les tâches répétitives (comme la création manuelle de VMs), améliore la supervision centralisée et permet à l'équipe de se concentrer sur l'optimisation, la sécurité et la disponibilité des services</p>	<p>La centralisation permet de rationaliser les équipements, mutualiser les ressources, réduire les redondances et optimiser la consommation énergétique et la maintenance</p>	<p>Ils garantissent un haut niveau de disponibilité, de résilience et de performances pour les applications critiques, avec des capacités d'extension rapides et un support renforcé</p>	<p>Grâce à l'automatisation du provisioning et à la standardisation des environnements, nos équipes peuvent livrer plus rapidement des ressources fiables, ce qui accélère les projets applicatifs</p>	<p>Le modèle serverless n'est pas encore envisagé à ce niveau, Il pourrait présenter un intérêt pour des traitements ponctuels mais nécessite un cadre d'intégration spécifique</p>
3 : Formulaire SLM	<p>Pas encore Le PaaS actuel répond à nos besoins de façon satisfaisante pour les applications métiers classiques</p>	<p>Il réduit fortement les délais d'attente pour les environnements, diminue les interruptions liées à l'infrastructure, et améliore la qualité du travail en continu sur le code et les bases de données</p>	<p>La centralisation permet de mieux utiliser les ressources existantes, d'éviter les doublons d'infrastructure, de réduire le temps d'attente des équipes et donc d'optimiser le budget global des projets</p>	<p>Le PaaS apporte performance, stabilité et évolutivité, ce qui est essentiel pour les applications critiques Il permet également une meilleure gestion des pics de charge et une continuité de service renforcée</p>	<p>Le provisioning rapide d'environnements normalisés permet de lancer plusieurs projets simultanément, avec des cycles de développement plus courts et une mise en production plus fluide</p>	<p>Le serverless pourrait être utile pour certains traitements ponctuels ou événementiels, mais ce n'est pas une priorité dans notre architecture actuelle</p>

4 : Fo rm ula ire SY S	Les VM répondent actuellement aux besoins opérationnels. L'usage de conteneurs est plutôt du ressort des équipes Dev	Nous passons moins de temps sur des tâches répétitives comme la configuration manuelle des serveurs, ce qui nous permet de nous concentrer sur l'optimisation et la supervision de l'infrastructure	La centralisation permet de réduire la redondance des équipements, de mutualiser les ressources, et de simplifier la gestion, ce qui diminue les coûts d'exploitation	Ils assurent une meilleure disponibilité, une performance constante et une montée en charge rapide, ce qui est essentiel pour les applications sensibles	Il permet un déploiement rapide et standardisé des environnements via des templates ou scripts, ce qui réduit notre temps d'intervention et accélère la disponibilité pour les équipes de développement	Le modèle serverless permet d'exécuter des fonctions à la demande, sans gérer l'infrastructure sous-jacente. Cela complète parfaitement notre PaaS interne, qui fournit déjà un environnement de développement et de déploiement structuré pour les applications métiers
--	--	---	---	--	---	--

H : Quels avantages stratégiques (Agilité...) le PaaS offre-t-il par rapport aux serveurs décentralisés	I : Comment gérez-vous l'interopérabilité entre le PaaS interne et d'autres plateformes cloud	J : Comment la centralisation via le PaaS a-t-elle modifié la gouvernance de la DSI, par rapport à la gestion décentralisée des serveurs	K : Comment les PaaS permettent-ils à la DSI de se repositionner stratégiquement, par exemple en se concentrant sur l'innovation, comparé à la maintenance des serveurs internes	L : Comment les rôles dans votre département ont-ils évolué avec les PaaS, par rapport à l'époque des serveurs internes et à l'utilisation du data center Par exemple, les développeurs et les ingénieurs systèmes ont-ils plus d'autonomie	M : Quelles difficultés techniques rencontrez-vous pour intégrer des applications dans le PaaS, par rapport aux serveurs décentralisés	N : Quels changements dans les workflows ou la collaboration observez-vous avec les PaaS, comparé à la gestion interne	O : Quels défis de sécurité avez-vous rencontrés en migrant vers un Data Center centralisé
<p>Il nous donne de l'agilité, des environnements homogènes, un meilleur contrôle du cycle de vie applicatif, et une plus grande réactivité aux demandes métier</p>	<p>Ce n'est pas autorisé pour le moment</p> <p>Tout doit rester dans le périmètre du PaaS interne</p>	<p>Ce n'est pas de mon ressort direct, mais je constate que les décisions sont plus coordonnées et les outils mieux alignés entre les équipes techniques</p>	<p>Le PaaS réduit le temps passé sur la gestion technique de l'environnement, ce qui nous permet de nous concentrer sur l'évolution des applications et l'innovation métier</p>	<p>On est plus autonomes. On peut déployer, sauvegarder, ou restaurer nos environnements sans passer par les équipes systèmes à chaque étape</p>	<p>Parfois des soucis de compatibilité avec des versions spécifiques de bases de données ou de frameworks</p> <p>Il faut aussi s'adapter aux normes de sécurité et aux modèles réseau du data center</p>	<p>Le PaaS a simplifié nos workflows en unifiant les outils et les environnements. Comme la même équipe gère le développement, les tests et les déploiements, l'automatisation et la standardisation offertes par le PaaS réduisent les frictions et les erreurs</p> <p>On gagne du temps sur les livraisons et on peut se concentrer davantage sur les évolutions fonctionnelles</p>	<p>Principalement l'accès aux bases de données ou aux services internes, qui demandent une gestion plus stricte des droits et des certificats dans un environnement centralisé</p>

<p>Une meilleure maîtrise des ressources, un pilotage centralisé de la sécurité et de la conformité, une montée en charge maîtrisée et une gouvernance unifiée</p>	<p>Ce n'est pas autorisé</p> <p>Le périmètre reste strictement interne pour garantir la maîtrise et la sécurité des données</p>	<p>Elle a renforcé la gouvernance technique meilleure visibilité sur les ressources, contrôle renforcer des accès, standardisation des pratiques, et alignement avec les exigences de sécurité</p>	<p>En déchargeant les équipes techniques des tâches lourdes d'infrastructure, le PaaS permet à la DSI de se concentrer sur la qualité de service, la cybersécurité et le soutien aux projets innovants</p>	<p>Les équipes se sont recentrées sur l'automatisation, la gestion des plateformes, la sécurité et la supervision</p> <p>Moins de gestion manuelle, plus de pilotage stratégique de l'infrastructure</p>	<p>Certaines applications anciennes nécessitent des adaptations pour fonctionner dans l'architecture centralisée</p> <p>Il faut aussi gérer des dépendances spécifiques et des configurations réseau complexes</p>	<p>La collaboration est renforcée avec les équipes applicatives grâce à une meilleure transparence, des outils communs, et des processus plus fluides, notamment via des portails de demande de VMs</p>	<p>La consolidation des ressources implique une gestion fine des accès, une surveillance renforcée, et une sécurisation rigoureuse des flux réseau et des points d'exposition</p>
<p>Le PaaS facilite la gestion multi-projets, améliore la traçabilité, centralise les bonnes pratiques, et accélère l'innovation grâce à des cycles de développement plus courts et mieux contrôlés</p>	<p>Ce n'est pas dans notre périmètre</p> <p>Nous travaillons uniquement sur le PaaS interne</p>	<p>Elle a apporté plus de cohérence dans la gestion des projets, facilité le suivi des ressources, et permis une meilleure répartition des responsabilités entre les équipes applicatives et techniques</p>	<p>Ils permettent de concentrer les efforts sur l'évolution des applications métiers, sur la qualité des données, et sur l'accompagnement des directions opérationnelles, plutôt que sur la gestion de l'infrastructure</p>	<p>Les équipes sont plus autonomes dans la gestion des environnements, ce qui permet de consacrer plus de temps à l'optimisation des performances, à l'architecture applicative et à la qualité logicielle</p>	<p>Certaines applications existantes nécessitent des adaptations pour fonctionner dans l'environnement standardisé du PaaS, notamment au niveau des bases de données ou de la configuration réseau</p>	<p>Les workflows sont plus fluides : les délais sont réduits, la gestion des versions est plus maîtrisée, et la collaboration entre développeurs et administrateurs de base de données est facilitée grâce à une plateforme commune</p>	<p>L'intégration des applications dans un environnement partagé impose une attention renforcée sur les accès aux bases, la gestion des credentials, et la protection des données en transit et au repos</p>

<p>Il apporte une meilleure agilité pour le déploiement, une gestion centralisée des ressources, et une réactivité accrue en cas d'incident</p>	<p>L'usage est strictement interdit dans notre contexte</p>	<p>je note une meilleure coordination entre les équipes grâce à des processus uniformisés</p>	<p>je constate que la DSI se concentre davantage sur l'innovation et moins sur la maintenance quotidienne grâce à notre travail d'automatisation</p>	<p>Notre rôle est devenu plus orienté vers l'automatisation et la supervision</p> <p>Nous intervenons plus sur des scripts d'orchestration que sur de l'installation manuelle</p>	<p>Les principales difficultés sont la compatibilité des anciennes applications, les besoins spécifiques en réseau ou en stockage, et les contraintes de migration</p>	<p>Les échanges avec les développeurs sont plus fluides car les environnements sont normalisés, ce qui limite les incompréhensions techniques</p>	<p>La centralisation impose une rigueur accrue sur la gestion des accès, la segmentation réseau et la surveillance proactive des machines virtuelles</p>
---	---	---	--	---	--	---	--