



Conception d'un ERP mobile dans un environnement Cloud pour l'optimisation de performances dans la gestion des ressources scolaires en RDC

Mukendi Tshipamba Placide¹, Tshibaka Kanumunanganyi Emmanuel², Ntumba Badibanga simon³
Département des Mathématiques, Statistique et Informatique (Fac. Des Sciences et technologies) de l'Université
Pédagogique de Kananga (UPKAN)¹

Département de Mathématiques -Informatique de l'Université Pédagogique Nationale de Kinshasa (UPN)²
Département de Mathématiques-Informatique (Faculté des Sciences) de l'Université de Kinshasa (UNIKIN)³

Université Pédagogique de Kananga

Abstract

Our approach meets a real need in the field of education by offering an up-to-date technological solution to improve the management of schools. The use of a mobile ERP in a Cloud Computing environment for school management offers new possibilities in terms of storage, data security, and remote access. This represents an innovative approach to modelling educational processes.

A Cloud-based ERP solution might have a significant impact by facilitating administrative management, improving collaboration among various stakeholders in education, and providing better accessibility to school data. This solution will help educational decision-makers make informed decisions, optimize, and increase performance in the management of educational institutions.

Our approach will lead to the implementation of a multi-platform ERP in a Cloud Computing environment, compatible with different operating systems, hence its flexibility to operate on Windows or Android. We will achieve the resolution of multiple problems encountered in the management of educational institutions.

Keywords: mobile ERP, Cloud Computing, management, optimization, performance, school resources.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.18015545>

Introduction

1.1. CONTEXTE DE LA THEMATIQUE ET PROBLEMATIQUE

A l'ère de SI (système d'information) dans les divers domaines, plusieurs organisations ou entreprises se voient scientifiquement obliger de migrer vers le système d'information d'entreprise. Elles implémentent de plus en plus les Progiciels de gestion intégrée (**PGI OU ERP**) mettant ainsi en place des solutions intégrées couvrant l'ensemble des fonctions de leurs organisations. Elles optent pour l'intégration d'un ERP comme outil d'aide à la gestion dans la prise des décisions. Ce terme anglais ERP « Enterprise Resource Planning » en français PGI signifie Progiciel de Gestion Intégrée et permet d'unifier tous les processus métiers d'une organisation, dans le but d'accroître la performance ou le rendement.

Cet article porte sur « la conception d'un ERP dans un environnement Cloud Computing Pour l'optimisation de la performance dans la gestion des ressources scolaires.» nous voulons Analyser des critères de performance dans les établissements d'enseignement secondaires en république démocratique du Congo et au Kasai central en particulier.

Au siècle présent, chaque établissement scolaire en RDC pouvait opter pour une solution automatisée, un système d'information d'entreprise étant une solution idéale pour l'augmentation de la performance des processus au sien de ces établissements. Plusieurs problèmes s'observent dans la gestion scolaire qui semble être statique, pendant qu'il y a moyens d'optimiser la gestion et accélérer le rendement. On se demande pourquoi la croissance n'intéresse-t-elle pas certaines écoles dans lesquelles se posent tant de problèmes que les autres cherchent à résoudre par intégration d'un ERP.

Notre étude conduit à l'implémentation d'un ERP dans la gestion des établissements scolaires. Vu la complexité des activités dans la gestion scolaires. Un établissement scolaire étant considéré comme une organisation dans laquelle il y a plusieurs processus liés à la comptabilité, à la finance, à la gestion des ressources humaines, à la gestion des ressources pédagogiques (des certaines de ressources comme le cours). Raisons qui nous poussent à concevoir un ERP Cloud fonctionnant sur un portable et logé dans le **HFSQL drive** dans le but de **faire émerger le système d'information de gestion** dans le domaine éducatif. Car les technologies de l'information (**TI**) occupent une place très importante dans les entreprises actuelles, que ce soient de grandes ou encore de petites et moyennes entreprises. En République Démocratique du Congo en général et au Kasai central en particulier, les écoles sont archaïquement gérées.

Une gestion efficace favorisant le changement au sein des établissements scolaires devrait être numérique au siècle présent. Tous les établissements scolaires devraient avoir des solutions pouvant permettre leurs émergences, en incorporant les outils informatiques dans leurs gestions. Cela faciliterait une bonne prise des décisions (Eya, 2022) et l'optimisation de la performance dans la gestion des ressources et limiterait la fraude constatée chez les apprenants.

Malheureusement, En explorant les établissements scolaires en RDC, le constat sur le terrain est tel que: la gestion de ces établissements est très archaïque et manuelle. Trop de mauvaises décisions, de fraudes, de retards des apprenants et enseignants pour arriver à l'école. Elle ne favorise pas l'optimisation, l'automatisation des processus métiers et la performance de ses ressources. Il s'observe de multiples problèmes tels que:

- ☞ Mauvaise prise de décision au niveau des dirigeants ;
- ☞ Le partage des informations non cohérentes et non homogènes ;
- ☞ Impossibilité de prédire ce que deviendra l'enseignement secondaire dans le futur ;
- ☞ Problème de la fragmentation de l'information ;
- ☞ L'accès difficile à l'information ;
- ☞ Des données scolaires divergentes et redondantes ;
- ☞ Faible performance ;
- ☞ Une gestion manuelle et calamiteuse.

Ainsi, la question principale de notre recherche se définit de la manière suivante: comment implémenter les algorithmes modulaires pour augmenter la performance dans la gestion des établissements scolaires, faciliter la prise des décisions des dirigeants, limiter les retards ainsi que la fraude chez les apprenants. Faisant suite à toutes les questions ci-haut énumérées, nous pensons que pour augmenter la performance dans la gestion scolaire, limiter les retards et les fraudes scolaires, faciliter la prise de décision dans la gestion des établissements d'enseignements en RDC, il faut :

- Développer une solution ERP qui fonctionnerait avec les algorithmes à complexité réduite de sorte que si les données augmentent, le système puisse continuer à fonctionner avec une consommation normale de ressources dans un temps d'exécution raisonnable.
- fournir des solutions technologiques adaptées aux besoins sectoriels.
- Mettre en place un système d'information unifiant tous les processus métiers dans les systèmes éducatif congolais et qui aiderait les décideurs à prendre de bonnes décisions.

- Faire en sorte que le système soit multiplateforme afin d'augmenter son utilité auprès des utilisateurs. Ce qui nous pousse à mettre en place un Progiciel compatible avec plusieurs systèmes d'exploitation (Android, IOS...) et plusieurs types de terminaux (tablette, smartphone...) afin de permettre à tout utilisateur de manipuler le Progiciel, selon le moyen qu'il dispose.

Donc, pour bien résoudre les divers problèmes dans le système éducatif congolais, il serait mieux de mettre en place un système ERP Cloud multiplateforme, avec une Modélisation mathématique (**théorie de graphe**) et implémenter les algorithmes modulaires d'appui à la gestion scolaire, dans le but de faciliter l'interconnexion fonctionnelle, l'homogénéisation inter fonctionnelle, la flexibilité organisationnelle et la généricité des fonctionnalités.

1.2. Intérêt de l'étude

Notre étude combine des aspects importants de la technologie moderne tels que :

- ✓ L'ERP ;
- ✓ Les notions mathématiques de graphes pour la modélisation ;
- ✓ Le Cloud Computing ;

Appliqués à la gestion intégrée (numérique) des établissements scolaires en RDC.

Les résultats de cette étude vont contribuer à l'augmentation de la performance et à la résolution des problèmes dans la gestion au sein des établissements scolaires dans tous les processus de leurs organisations. Ils permettront aux décideurs de prendre de décision. Ils permettront à résoudre les problèmes tels que:

- ☞ Cheminement de données;
- ☞ Fragmentation des informations ;
- ☞ La divergence de données scolaires ;
- ☞ D'analyse de performances du système d'information ;
- ☞ La planification des tâches ;
- ☞ Le partage des informations incohérentes et non homogènes ;
- ☞ D'optimisation des expériences pédagogiques et administratives au sein des établissements scolaires.
- ☞ Fournir aux enseignants tous les matériels didactiques et les documents pédagogiques en numérique et aux chefs d'établissements la gestion numérique de finance, notes des élèves, administration...

Pour les autres chercheurs, Ce fascicule servira d'appui pour leurs futures recherches.

1.3. Objectifs de l'étude

L'objectif de notre recherche est de proposer une solution ERP mobile pour relever les défis technologiques et organisationnels auxquels sont confrontés les établissements scolaires en RDC en particulier et en Afrique en général, tels que :

- ☞ Optimiser la gestion des ressources scolaires grâce à une solution ERP Cloud Computing multiplateforme ;
- ☞ Améliorer la performance du système d'information scolaire;
- ☞ Optimiser les expériences pédagogiques, administratives et financières au sein des établissements scolaires. Répondre aux problèmes du processus métiers (processus opérationnels) ;
- ☞ Améliorer la gestion des notes de cours, de temps (parcours de bus scolaire et des horaires) ainsi que de matériels didactiques ;
- ☞ Limiter les fraudes scolaires chez les apprenants...

II. CADRE THEORIQUE

II.1. Définitions et Historique des ERP

a) Définition

Un ERP (Enterprise Ressource planning) PGI en français est un logiciel développé, capable d'harmoniser les données en les centralisant. Il permet de gérer et automatiser les processus métiers dans une entreprise. On

pense souvent aux ERP lorsqu'il faut résoudre les problèmes liés au rendement, à l'optimisation des performances dans leurs globalités (Aimad, 2018), selon l'entreprise ou l'organisation visée. Donc les ERP sont des solutions complexes qui dépendent de plusieurs paramètres (Jorge, 2012). C'est l'exemple d'une entreprise qui émet le vœu d'étendre ses services, d'augmenter le rendement ou carrément un besoin de changement dans l'organisation des différents services, qui amènent à la modernisation du système d'information et au découplage de la gestion, par le traitement en temps réel des données des différentes entités. Ceci a de l'impact sur l'organisation et sur les conséquences du travail. Le ERP se définit aussi comme l'ensemble des modules paramétrables qui sont reliés à une seule base de données (Benmansous, H.S., & Baba, A.D., 2017).

b) Historique des ERP

Le terme ERP est apparu en 1988 où il a été utilisé pour la première fois par le groupe Gartner. Ce terme a été utilisé dans le vrai sens de corporation des technologies de l'information dans les années 90. Il existe un grand nombre de fournisseurs mondiaux dans le domaine des ERP. Il fait référence à : SAP ; ORACLE ; PEOPLE SOFT ; BAAN ; J.D EDWARDS ; Microsoft business solution cité par muscatello, small et chen, (2003).

Selon NGY et SOMERS (s.d), le terme « ERP » provient du nom de la méthode MRP (manufacturing Ressource planning) utilisée depuis les années 70 pour la gestion et la planification de la production industrielle. Et s'est transformé quelques années plus tard (des années 90) en ERP utilisé dans des grandes entreprises, Après qu'il soit fortement développé en petite et moyenne entreprise à partir de 1996. Dans la littérature de ce chercheur, il confirme que depuis quelques années, le marché d'ERP est en constante évolution. Les entreprises adaptent ce mode de gestion des ressources informatisées. Il a ajouté d'autres fournisseurs non cités par Olivier tels que : Intenia consulting, Adonix , Generix.

II.2. Fonctionnalités et avantages des ERP

a) Fonctionnalités

Plusieurs fonctionnalités sont offertes par l'ERP. Il est en général conçu pour intégrer toutes les activités d'une organisation (dans notre cas toutes les fonctionnalités des établissements scolaires), globalisant ainsi le système qui couvre l'ensemble des opérations de planification, de gestion et de suivi (Donia, 2020).

Mini d'une base de données unique qui lui permet de représenter des données internes et externes à l'organisation, facilitant ainsi la prise de décision stratégique. Il offre à travers ses applications standards les services ci-après :

- ☞ Gestion comptable et financière ;
- ☞ Gestion de production, d'achat, de stocks et de vente ;
- ☞ Une meilleure maintenance facilitée par la programmation modulaire ;
- ☞ Gestion des ressources de l'entreprise.

Dans le cadre de notre recherche en dehors de toutes ces fonctionnalités, nous voulons appliquer le ERP à la gestion des ressources administratives et pédagogiques, ainsi que d'autres ressources des établissements scolaires, afin d'aider les gestionnaires à prendre des bonnes décisions pouvant faire accroître la performance des leurs organisations.

b) Avantage des ERP

Le système Informatique qui intègre l'ERP bénéficie de deux avantages majeurs:

- ☞ Une vision d'ensemble des activités de l'entreprise. Ce qui peut permettre à un dirigeant d'analyser et de prendre de bonnes décisions pour l'avancement de l'organisation ou de l'entreprise ;
- ☞ La standardisation du fonctionnement interne ;

En plus de ces deux principaux avantages, le ERP aide à ;

- ☞ Eviter la redondance d'information entre différents services à travers leurs systèmes d'informations ;
- ☞ La cohérence et l'homogénéité des informations dans l'organisation ;

- ☞ Empêcher les restitutions d'informations divergentes entre différents services ;
- ☞ Une meilleure coordination des services et bon suivi des processus métiers et leurs optimisation ;
- ☞ Une gestion des ressources humaines normalisée ;
- ☞ Unicité et intégrité du système d'information ;
- ☞ Facilité le partage et la communication interne et externe.

Tous ces avantages nous poussent à adapter l'intégration de ERP dans la gestion des établissements scolaires, pour les rendre plus agile, efficace, rapide et performante qu'ils ne l'étaient au paravent. Ce qui fera qu'il ait réduction des erreurs, augmentation de l'efficacité opérationnelle.

Evocation des tous ces avantages n'exclue en rien certains inconvénients qui peuvent se manifester en adoptant l'intégration d'un ERP dans l'organisation (Hoadjli, H., 2010). Mais étant réglable, l'intégration de cette solution est incontournable. Car lors que le fonctionnement d'ERP est optimal, le potentiel de l'entreprise l'est aussi.

II.3. Le Serveur ERP

a) Importance du serveur mis en place

Un serveur ERP est un serveur informatique dans lequel on loge le logiciel ERP. Son rôle est de centraliser les données provenant des différents services des établissements scolaires dans lesquelles il sera implémenté. Dans le but d'assurer une meilleure coordination, une visibilité accrue et une prise de décision plus responsable. Il a comme fonctionnalités clés :

- ☞ **La gestion Intégrée** : c'est l'objectif même principal d'ERP, qui offre la gestion de tous les aspects de l'organisation sur laquelle il est implémenté. C'est le niveau où intervient la mutualisation des ressources des établissements scolaires selon le contexte de notre recherche.
- ☞ **Centralisation des données** : c'est l'un de caractéristiques d'un ERP. Quel que soit le nombre de modules, toutes les données sont stockées dans une base de données centralisée (unique), pour faciliter l'accès et la mise à jour des informations.
- ☞ **Automatisation** : il aide à automatiser toutes les tâches répétitives se trouvant dans notre ERP. Y compris les processus métiers afin d'améliorer l'efficacité du système.
- ☞ **Analytique et reporting** : le serveur ERP offre des outils d'analyse et de reporting pour surveiller les performances et prendre des décisions basées sur les données.

b) Composition

Il est composé de quatre éléments principaux qui sont:

- ☞ **La base de données** : c'est elle qui stocke les données de toutes les entités de l'établissement scolaire qui opte pour la solution. Dans le contexte de notre recherche, c'est elle qui assure la centralisation de données. C'est en quelque sorte le *back end* de notre ERP.
- ☞ **Modules ERP** : Les modules font la force d'un ERP. Celui-ci est composé des différents modules spécifiques selon l'organisation dans laquelle il est implémenté. Par rapport à notre démarche, il s'agit des modules suivant : *La gestion des ressources humaines, des ressources pédagogiques, des notes, des cours, des horaires, des salles de classes, des inscriptions, des finances, des parents d'élèves; La gestion administrative, le téléchargement des bulletins par les parents, des ressources communes aux écoles...*

Architecture modulaire de la solution ERP de la gestion Scolaire

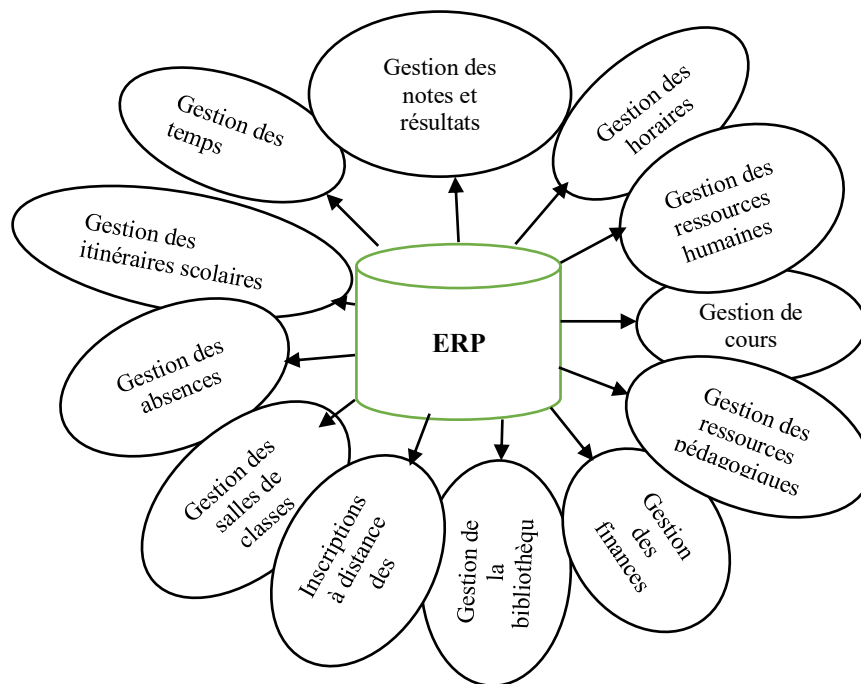


Figure N°1: les modules de la solution ERP

- ☞ **Interface utilisateur:** En abrégé **UI**, autrement appelé IHM (interface homme machine) du logiciel, qui permet aux utilisateurs d'interagir avec le système ERP à travers les écrans et des formulaires. Il s'agit bel et bien du **Front end**.

Interface homme machine (IHM)

Figure N°2 : interface utilisateur le front end)

- ☞ **Moteur de Workflow:** qui va permettre de gérer les processus métiers et les flux de tout ce qui est automatisé.

c) Avantages de serveur ERP

Le serveur ERP présente les avantages suivants :

- ⇒ **Amélioration de l'efficacité** : la base de données étant unique, Il y a réduction de redondance et amélioration de la coordination entre les entités scolaires.
- ⇒ **Prise de bonnes décisions** : Il offre la possibilité de faire les analyses. Son **accès en temps réel aux données pour faciliter la prise de décision**. Un avantage qui cadre déjà avec l'un de nos objectifs poursuivis.
- ⇒ **Réduction des coûts** : L'effet d'automatiser les tâches et optimiser les processus métiers joue sur la réduction des coûts.

II.4. Analyse des critères de performance du système scolaire

a) Aperçu sur la performance

La performance s'inscrit dans un contexte de progrès croissant en commençant par le moment où la stratégie a été prise jusqu'à sa réalisation. Elle suit un schéma pouvant permettre à atteindre le résultat.

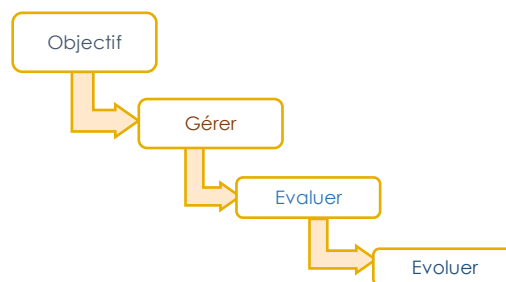


Figure N°3 : schéma des étapes de la performance dans une organisation

Par objectif on voit une vision de l'entreprise qui, généralement doit être à long terme et en lien avec sa stratégie. Par entreprise nous voyons les établissements scolaires dans la philosophie de notre recherche.

Le terme Gérer, fait référence aux actions à mener dans un établissement scolaire (entreprise) pour atteindre les objectifs déjà assignés.

Evaluer ramène aux faits de mesurer les actions mises en œuvre. Il s'agit en fait de mesurer la gestion (la deuxième étape) pour voir ou évaluer la performance.

Evoluer signifie maintenir les résultats obtenus et continuer dans le sens du progrès.

Critère de performance

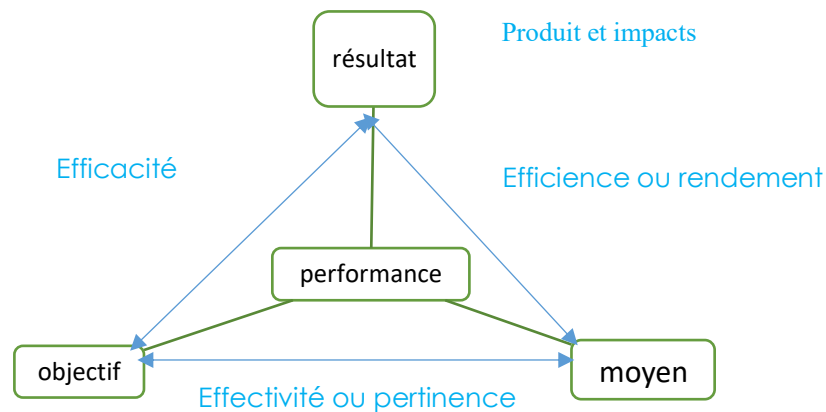


Figure N°4 : les Trois critères de la performance schématisés.

Efficacité : c'est lorsque le produit et l'impact sont conformes aux objectifs. C'est la capacité à atteindre les objectifs fixés.

Effectivité : Est-ce que les allocations de ressources sont en cohérence avec les objectifs ? C'est la pertinence qui consiste à choisir des outils par rapport aux objectifs.

Efficience (rendement) : la consommation de moyens est-elle optimale ? C'est l'optimisation des moyens et outils pour parvenir à un résultat. De ce qui précède, il se dégage une stratégie pouvant permettre de mesurer la performance d'un système d'information dans les établissements scolaires dont les étapes sont les suivantes :

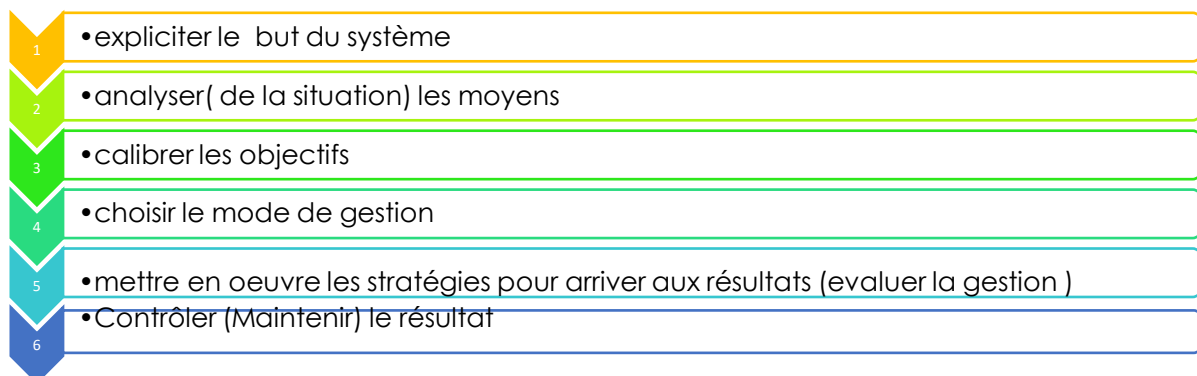


Figure N°5 : schéma de mesure de la performance.

Tous ces critères, étapes et moyens de mesurer la performance dans le SI des établissements scolaires faisant défaut, il était nécessaire pour nous de mener une recherche qui pourra permettre de diagnostiquer le système scolaire ; En changeant le mode de gestion, après analyse du mode utilisé actuellement, dans le but d'obtenir un bon résultat.

Les établissements scolaires ont des objectifs (buts) à atteindre. Ils ont également les moyens, mais n'ont pas de résultats escomptés, par manque d'une bonne gestion. Par conséquent, un mauvais système d'information scolaire. Raison pour laquelle nous avons choisi la méthode Agile dans notre démarche qui consiste à revoir les objectifs de ces établissements. Analyser pour comprendre leurs situations actuelles, dans le but d'enrichir leurs

gestions pour obtenir les résultats relatifs aux objectifs, afin d'arriver à une bonne performance avec : Efficacité (pertinence), Efficience, Efficacité.

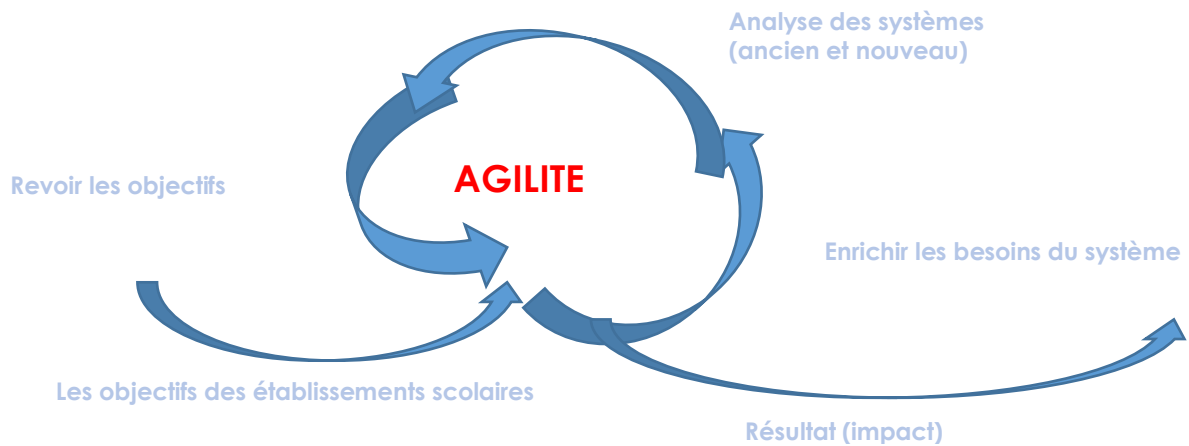


Figure N°6 : l'agilité au sein des établissements scolaires.

Ceci amènera bien sûr l'agilité au sein des établissements scolaires qui se résume en 6 principes :

Réactivité ; Satisfaction ; Visibilité ; Efficacité ; Adaptabilité ; Communication.

Ces principes apporteront les changements dans ces établissements. Il y aura :

- ✧ Un travail d'ensemble (en commun) ;
- ✧ Contribution à la gestion des valeurs ;
- ✧ Expérimentation ;
- ✧ Feedback ;
- ✧ Amélioration continue ;
- ✧ Partage de vraies données ;
- ✧ Confiance ;
- ✧ Autonomie ;
- ✧ Expertise collective ;
- ✧ une vision partagée ;
- ✧ engagement collectif ;
- ✧ Prise des bonnes décisions.

Ce changement apportera ainsi l'équilibre avec le système (ERP) que nous implémenterons, qui suivra le schéma suivant :

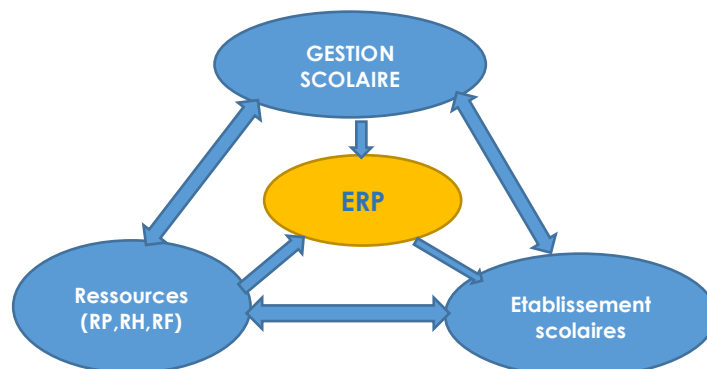


Figure N°7 : La gestion des ressources d'un établissement scolaire intégrée dans un ERP d'une manière Agile.

L'un des problèmes de notre recherche était d'optimiser la performance. *Alors nous pensons que si nous optimisons la performance du système d'information scolaire, nous optimiserons en même temps les performances des élèves, des enseignants ainsi que des établissements scolaires.*

Partant de la définition d'un système d'information, nous appuyons et confirmons notre hypothèse de l'optimiser, pour augmenter ainsi les autres performances.

Choix de technologies à utiliser

Pour ce faire, deux technologies étaient nécessaires pour y parvenir :

L'architecture du progiciel utilisera **WINDEV et NEO4J**.

Windev sert à la création des **IHM (Front end)** et au développement des procédures globales pour les modules:

Elève

Enseignant

Parents

Administration

Ressources

Communication.

Ces modules seront indépendants avec interaction possible.

NEO4J quand à lui servira de base de données (**back end**) centralisée. C'est d'ailleurs à ce niveau-là que la mutualisation pourra s'opérer, en faisant de sorte que :

L'administration accède à tous les modules ;

L'enseignement accède aux notes, à l'emploi du temps, aux ressources...

L'élève : accède à ses résultats,

Le parent accède au suivi de son enfant.

Ce qui fait que chacun en jouant son rôle, déclenche une interface appropriée sur le front end (**IHM**). Qui interagit avec **NEO4J** qui est une autre interface (**back end**) de base de données.

II.5. ENVIRONNEMENT CLOUD ET SECURITE

Le Cloud Computing est un terme qui est similaire à l'informatique dans le nuage. Ce concept signifie tout simplement l'enregistrement de données sur des serveurs (virtuel ou physique) d'un hébergeur se trouvant en dehors de votre entreprise, de manière à ce que ces données soient consultables à travers les outils Electroniques et une connexion internet. Au lieu que les applications et les bases de données puissent fonctionner sur un serveur de l'entreprise et courir tous les risques possibles, on préfère l'accès et la sécurité.

C'est une technologie qui nous permet de :

- ☞ mutualiser les ressources (qui permettent l'élasticité des ressources du Cloud) ;
- ☞ mesurer l'ensemble des ressources consommées par le client ;
- ☞ L'élasticité (capacité d'allouer les ressources en fonction de la demande) ;
- ☞ Centraliser, consolider (sauvegarder) de données ;

Il peut se définir comme une technologie qui facilite l'accès aux ressources informatiques d'une entreprise sur besoin des utilisateurs à travers un réseau. Frédéric desprez (2010) définit le Cloud Computing comme un

paradigme de calcul distribué émergeant, dans lequel les données et les services sont disponibles dans le Datacenter extensible et peuvent être accédés de manière transparente depuis des appareils (ordinateur, téléphones, ...) connectés par internet. Selon lui, le Cloud Computing est le fait de :

- ☞ Fournir des services sur des machines virtuelles allouées sur des plates-formes de grandes tailles.
- ☞ Utiliser les méthodes pour résoudre les problèmes d'extensibilité et de disponibilité pour les grandes applications (comme les ERP)
- ☞ Le calcul distribué et démocratisé.

Selon Patrice Emmanuel schmitz (2013) le Cloud Computing est défini comme étant (informatique distribuée. De même qu'on distribuerait de l'eau, le courant et le gaz. Dans le cadre de notre recherche, nous considérons le Cloud Computing comme un modèle pouvant nous permettre de consommer les ressources informatiques consolidées dans l'ERP que nous avons modélisé. Nous pensons à un serveur de traitement éloigné mais traitant les ressources des établissements scolaires au Kasai central en République Démocratique du Congo.

L'ERP pourra fonctionner dans l'environnement Cloud dans lequel l'un de ses trois services nous sera utile pour permettre le bon fonctionnement du système implémenté. Le Cloud étant un modèle de distribution permettant la croissance des entreprises, il possède plusieurs services et plusieurs types.

a) Modèle de déploiement Cloud

Nous distinguons trois Modèles de déploiement :

- ☞ Le Cloud Publique (dont l'accès est ouvert à tout le monde).
- ☞ Le Cloud privé qui se catégorise aussi en deux :
 - ✓ Cloud privé interne : l'ensemble des ressources sont réservées à l'usage exclusif d'une seule entreprise.
 - ✓ Cloud privé externe : dans lequel on trouve des ressources dédiées de l'hébergeur Cloud pour l'entreprise.

Ce dernier offre l'avantage aux principes de sécurité et à des contraintes légales (l'entreprise a la possibilité de garder la main sur ses ressources (Houssem, 2015). D'où la motivation à l'utiliser dans le cadre de notre recherche.

- ☞ Cloud hybride : qui est un mélange de deux modèles précédents.
- ☞ A ces trois Principaux modèles de déploiement, s'associe le modèle communautaire.

b) Services du Cloud

Il existe trois services ou possibilités d'utilisation du Cloud et chacun de ces services joue un rôle particulier. Nous avons :

- ☞ ISAAS
- ☞ PAAS
- ☞ SAAS

1. IAAS

Infrastructure As service est un modèle dont la couche technique est prise en charge par le fournisseur Cloud. Il fournit des instances de système d'exploitation et l'infrastructure sous-jacente comme le serveur, Réseaux et stockage. Alors que les Applications et les Middlewares sont à la charge des clients du Cloud Computing.

2. PAAS

Plate form As service est aussi un modèle technique que le fournisseur a pris en charge. Il fournit tous les services fournis par le IAAS. Mais en plus de services, il ajoute les instances de Middlewares et de contexte d'exécution que le IAAS n'offre pas. Donc en dehors d'OS, serveur, réseaux, stockage, ce service fournit aussi :

- ☞ La fourniture de base de données ;
- ☞ La fourniture de serveurs d'application.

Ces services fournis favorisent le choix de PAAS comme plate-forme qui pourra nous aider au déploiement de notre ERP par le simple fait qu'il offre le contexte d'exécution et le middleware (intergiciel qui se trouve entre

un système d'exploitation et l'ERP qui s'exécute sur celui-ci. Il servira de couche de traduction masquée et permettra la communication et la gestion des données du ERP distribuées.

3. SAAS

Software As Service est un modèle qui englobe les deux premiers. Sa couche technique fournit les services de IAAS et de PAAS englobés. Il fournit les applications prêtes à l'emploi que les deux précédents ne fournissent pas, qui s'exécutent sur l'infrastructure du fournisseur Cloud et accessible à travers le navigateur de l'utilisateur. Donc le client Cloud ou l'utilisateur ajoutera seulement les applications.

Plusieurs fournisseurs existent pour nous offrir les services Cloud. Parmi lesquels nous citons Microsoft avec one drive. Mais dans le cadre de notre démarche, nous utilisons le **HFSQDrive** compatible avec notre environnement de développement(IDE) et le modèle de service approprié qui est le **PAAS**, Vu qu'il nous offre un intergiciel (**middleware**) qui servira d'une couche de communication et d'un serveur d'application.

c) Intégration d'ERP dans le Cloud

La plupart des organisations utilisent actuellement le service Cloud. La gestion des établissements scolaires peuvent en bénéficier aussi. La majorité des environnements Cloud performants sont basés sur une virtualisation afin de consolider les serveurs (Houssem, 2015). L'ERP engorge des ressources informatiques compatibles avec les différents services que le Cloud Computing offre.

L'objectif de notre recherche étant de mettre en place un ERP pour la gestion performante des établissements scolaires, nous trouvons que pour atteindre cet objectif principal, il faut recourir aux services Cloud privé à travers la plate-forme PAAS afin de loger le serveur ERP qui sera utilisable par les établissements scolaires, pour des raisons qu'offre le Cloud privé.

1. Le Cloud privé

Il nous offre plusieurs avantages exploitables pour l'implémentation de notre serveur ERP tels que :

- ☞ Offrir un service à la demande : accorder aux utilisateurs un service à accès libre. Ceci permet de déployer leurs propres ressources informatiques en fonction des besoins.
- ☞ Mesurabilité de service : il y a possibilité de surveiller et de contrôler les ressources consommées. Donc l'utilisation est mesurée.
- ☞ Elasticité rapide : il y a possibilité de réduire ou d'augmenter les ressources en fonctions des besoins. Dans notre cas par exemple, les ressources pédagogiques numérisées peuvent être augmenté ou réduites à travers la plateforme Cloud choisi.
- ☞ La mutualisation des ressources : il offre la possibilité de mutualiser plusieurs ressources de manière à servir plusieurs utilisateurs.
- ☞ Utilisation de la plate-forme PAAS en tant que service : cette plate-forme nous offre la possibilité de loger notre serveur ERP, comme serveur d'application et permettra ainsi tous les acteurs pédagogiques concernés dans la gestion des établissements scolaires qui intègre le système d'adapter les applications existantes à un environnement Cloud.

2. Sécurité des données dans le ERP Cloud Computing

Elle consiste à protéger les données et les informations contre les attaques. Dans la plupart des cas, elle se réalise en activant le pare feu (logique ou physique) et mettant à jour le logiciel ainsi qu'en sensibilisant des utilisateurs (enseignants et chef d'établissement...) à l'usage des bonnes pratiques de sécurité. Ce qui va permettre de corriger les vulnérabilités et renforcer la sécurité. C'est le cas par exemple de la sensibilisation sur la gestion de mot de passe, qui peut réduire le risque. Plusieurs mesures de sécurité peuvent être appliquées :

- **Mesure de sauvegarde** : consiste à **dupliquer** les données sur plusieurs supports de stockages (serveurs), pour faciliter la récupération de données et la poursuite des activités.
- **L'Authentification** : Elle a consisté à contrôler l'identité des utilisateurs et donc de leur donner l'accès aux applications, aux données et aux services. C'est une mesure de protection qui se fait souvent par le mot de passe, le face id, clique id...

- **Prouver (preuve) :** c'est le non répudiation qui permet de garantir qu'une transaction ou action soit niée. C'est un mécanisme qui fait que le système puisse fournir des preuves en donnant le nom et l'adresse de celui qui a mené l'action dans un journal ou certificat électronique.
- **L'utilisation d'un antivirus :** Pour éviter l'intrusion de programmes malveillants dans le système. C'est une solution antivirale qui intègre plusieurs modules.
- **L'isolation (limite) :** il s'agit d'une mesure de sécurité qui permet d'isoler un réseau LAN (un SI d'entreprise) de l'extérieur (Davy, N., & Alex, S. 2005). Elle consiste à combiner les applications et les matériels comme le **pare feu** et **serveur proxy**.

Serveur Proxy : Il se positionne entre deux équipements informatiques.

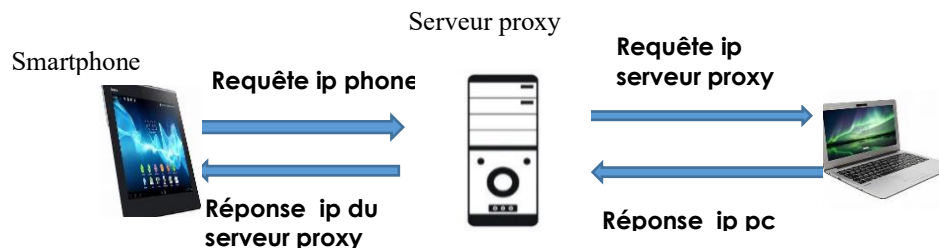


Figure N°8 : protection avec serveur proxy

Le serveur proxy récupère les requêtes de l'internet et les envoie en son nom, pour cacher les identités des équipements internes. Il fait l'intermédiaire entre deux équipements. Il bloque certaines requêtes qui sont en dehors des règles de gestion établies par l'administrateur du système.

- a) **Pare feu (firewall) :** Il contrôle les paquets de données entrantes et sortantes au sein d'un réseau. Il est souvent situé entre deux réseaux. Alors on peut combiner les deux équipements pour créer un petit réseau intermédiaire temporel dans lequel peuvent être installés des ordinateurs et applications devant pouvoir être accessibles à partir de l'internet.

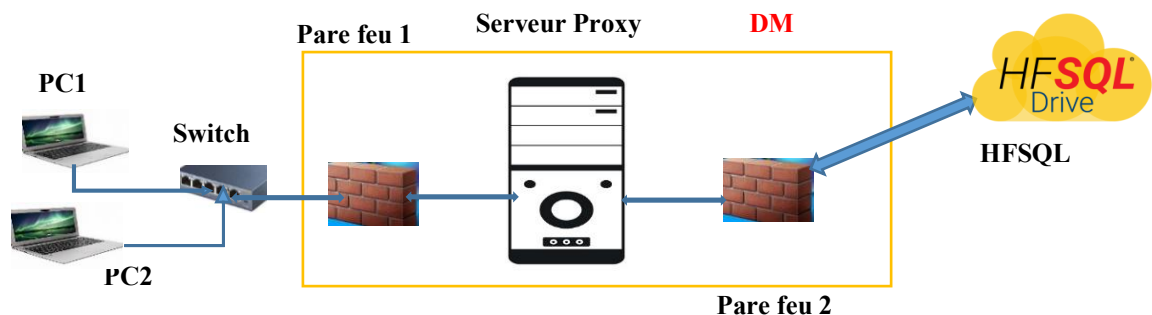


Figure N°9 : protection mixe pare feu et serveur proxy.

Plusieurs protections alignées (DMZ zone démilitarisée) et permettent de ralentir l'attaque pour qu'elle soit enfin détectée.

Tout comme on peut utiliser le VPN qui permettra d'ouvrir un canal de communication entre réseaux locaux et envoyer les données (l'information cryptée)

1. Formation :

Cette mesure de sécurité consiste à former et sensibiliser les utilisateurs du système à l'utilisation des matériels et logiciels afin de limiter les risques. Elle finira par l'élaboration d'une règle de gestion fixant les devoirs et les droits des utilisateurs. Car le plus souvent, les pires menaces proviennent des utilisateurs (salarier) qui veulent quitter le SI qui partage le mot de passe et divulgue le secret.

Toutes ces mesures de sécurité sont nécessaires pour un SI. C'est pour arriver à avoir les données (informations) qui sont : **Confidentielles ; Disponibles ; Traçables ; Intègres.**

Dans le cadre de notre démarche dans les établissements scolaires, nous utiliserons 5 mesures de sécurité : La duplication ; L'authentification ; Les Antivirus ; Le pare feu (Logique) ; Formation des utilisateurs.

Architecture de la solution mise en place

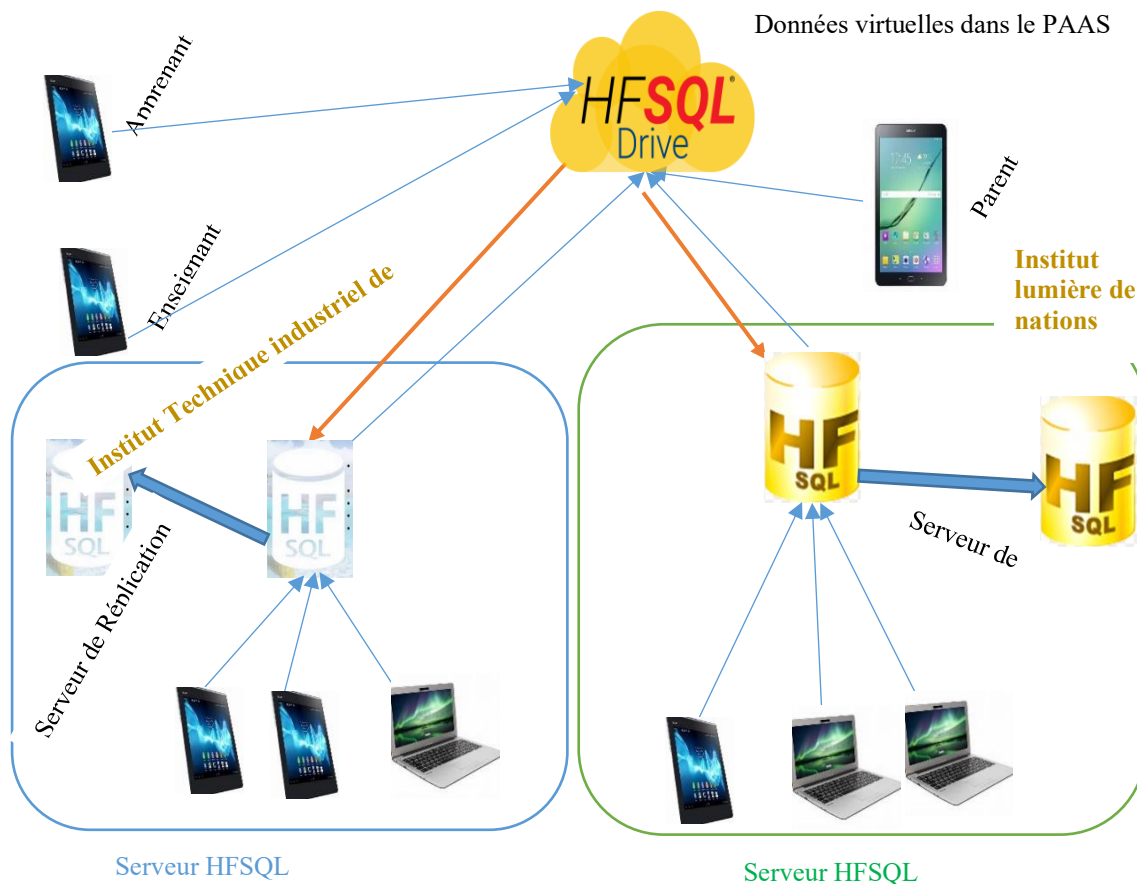


Figure N°10 : L'ERP multi plate-forme pour la gestion scolaire

Notre choix a porté sur le service PAAS vu qu'en dehors de l'hébergement des applications et du serveur ERP, il nous offre un Middleware permettant l'interopérabilité des différents systèmes dans les smart phones des utilisateurs. Dans cette architecture, un établissement peut être autonome et utiliser un serveur local avec une ouverture d'accès au monde extérieur comme le parent, les inspecteurs et autres écoles.

III.METHODOLOGIE RETENUE

Pour parvenir à la réalisation de notre travail, nous avons fait recours aux méthodes suivantes:

Méthode Agile : une méthode innovante de génie logiciel

Méthodes qualitative et quantitative

Méthode RAD une méthode de développement en génie logiciel.

Chaque partie de notre recherche fait appelle à une méthode ou à une technique quelconque que nous avons utilisée de la manière suivante :

1. **Méthode Agile :** Cette méthode de développement de génie logiciel (Kurzawa, G., & Forges, G., 2018) nous a aidé à résoudre des problèmes concrets de gestion scolaire. *Nous l'avons utilisé dans le*

développement de logiciels pour impliquer les parties prenantes dans le processus de recherche et de développement.

2. **Méthode RAD** (rapid application development) : *elle était d'une grande utilité dans le développement de prototype, de modèles afin de créer notre mini Framework. Elle est utilisée pour générer des structures de notre projet, des composants réutilisables et des procédures standardisées. c'est une méthode qui repose sur des cycles courts de développement (cycle de vie). Elle est une méthode de génie logiciel et complète la méthode Agile dans notre recherche.*
3. **Méthode qualitative** : C'est une méthodologie qui vise à explorer les perceptions, les opinions et les expériences des individus ou des groupes dans un contexte donné. *Dans le contexte de notre recherche, elle a aidé aux entretiens, aux études de terrain et aux analyses de contenu pour comprendre les besoins des utilisateurs ou les défis du développement logiciel.* Car les discussions entre nous et des groupes d'experts nous ont aidé à découvrir certaines difficultés qui causent de problèmes de gestion (il est question ici de focus groupe, des observations directes et d'un questionnaire d'enquête soumis aux enseignants et chefs d'établissements scolaires).

Concrètement, l'utilisation de ces méthodes et techniques nous conduit aux étapes suivantes :

- a) **Collecte de données** : être à l'écoute des acteurs pédagogiques avec qui nous avons dialogué et communiqué. Nous avons inclut les acteurs qui sont bénéficiaires de la solution que nous avons implémentés. Pour déterminer les valeurs attendues du nouveau système et de la nouvelle organisation :

- ↳ arriver à un accord acteurs / développeurs ;
- ↳ Recenser les besoins potentiels dans les milieux scolaires à travers un questionnaire,
- ↳ Acquérir les caractéristiques potentielles, prioritaires, risques...
- ↳ Comprendre le contexte du système
- ↳ association d'analystes et d'experts métiers pour construire un vocabulaire commun.

Il s'agit ici de la méthode qualitative : qui vise à explorer les perceptions, les opinions et les expériences des individus ou des groupes dans un contexte donné. *Dans le contexte de notre recherche, elle nous a aidé aux entretiens, aux études de terrain et aux analyses de contenu pour comprendre les besoins des utilisateurs ou les défis du développement logiciel.* Car les discussions entre nous et des groupes d'experts nous aident à découvrir certaines difficultés qui causent de problèmes de gestion. Ensuite observation et expérimentation nous ont accompagné, ce qui nous a amené à la spécification des besoins réels de chaque entité dans le système éducatif, en se basant sur les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles, répondant ainsi à :

- ♣ à quoi servira le système ?
- ♣ ce qu'il devra faire ?
- ♣ quelle sera sa performance, sa sûreté, sa portabilité...
- ♣ Et arriver ainsi aux critères mesurables.

Ce qui justifiera la présence de méthodes *AGILE* et *RAD* dans notre démarche, qui nous ont conduit au modèle de cas d'utilisation C.U. et à l'analyse des besoins et l'interprétation des résultats pour lesquels nous avons utilisé le logiciel *PHINX Plus² v.5.0* qui a permis à l'élaboration d'un questionnaire d'enquête, la collecte de données, l'analyse et interprétation de données. C'est après cette étape que nous sommes passés à la conception.

- b) **La conception** : ici nous avons choisi le type de modélisation à faire (modélisation liée à la théorie de graphe). Considérant que nous aurons à faire à beaucoup de données issues des milieux scolaires, nous avons opté pour une modélisation graphique utilisée pour les données très connectées et complexes (Muscatello, & al. 2003). Dans le but de décrire qui fait quoi, à quel moment et de quelle façon afin d'atteindre les objectifs de la recherche. Une étape qui a conduit ensuite au choix des langages et à un Atelier de génie logiciel à utiliser comme :

- **NEO4J** Pour le **back end**: utilisé comme SGBD couplé à la base de données classique HFSQL de la technologie PC SOFT pour implémenter un serveur ERP logé dans HFSQL DRIVE qui est le Cloud de PC SOFT et le langage Cypher a servi de manipuler les données.

- Pour le **front end** nous nous sommes servi de l'environnement de développement **Windev mobile et le WLanguage**.

Ce qui nous a permis de mettre en place l'architecture de notre système.

c) **Développement des algorithmes** : Après les deux premières étapes, nous avons Analysé certains algorithmes écrits sur les ERP et les graphes, afin de développer ceux à complexité réduite pouvant supporter la consommation des ressources (espace mémoire) en un temps d'exécution raisonnable lorsque les données vont augmenter. Les algorithmes adaptés au type d'outils utilisés par la majorité des africains et aux mobiles. Ce qui nous conduit à **expérimentation, et nous a aidé à évaluer les performances des algorithmes, des systèmes informatiques ou des logiciels**.

d) Réalisation ou implémentation de la solution

Pour arriver au résultat final, nous avons concrétisé notre recherche en convertissant les langages algorithmique en langage machine en utilisant les langages cités ci-haut. Et terminer par le test de la solution.

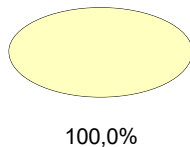
Donc la méthodologie ou démarche de notre recherche nous amènera à la transition de quatre phases :

- ☞ Etudes préliminaires liées à la vision ou capture des besoins ;
- ☞ Elaboration lié à l'architecture de base (Analyse de besoins) ;
- ☞ Construction liée à la version d'essai (la conception) avec la méthode RAD (rapid application development);
- ☞ Transition liée à la réalisation et test de la solution livrable.

e) Analyse et interprétation de données

Tableau N°1 : Existence d'un ERP en RDC

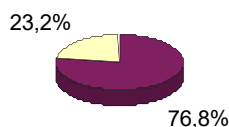
Existence-système_gestion_numerique		
	Nb	% cit.
oui	0	0,0%
non	69	100,0%
Total	69	100,0%



Ce tableau nous renseigne qu'aucun établissement au Kasai Central n'utilise un ERP 100 % des chefs d'établissements ont dit non à l'existence d'un système numérique. En d'autres termes jamais ils ont utilisé le système numérique pour gérer leurs établissements.

Tableau N°2 : La nécessité d'implémenter un ERP

nécessité_du_système		
	Nb	% cit.
oui	53	76,8%
non	16	23,2%
Total	69	100,0%



Ce tableau montre que, 76,8% des chefs d'établissements pensent qu'il faut implémenter un système pouvant intégrer la gestion scolaire, contre 23,2% qui n'ont accordé aucune importance à la numérisation. Vu qu'aucune école n'en possédait, comme le confirme le 100% du premier tableau et le 76,8% sollicitent le système, il était alors nécessaire

pour nous de continuer avec notre démarche.

Tableau N°3 : bonne circulation des informations dans l'ancien système

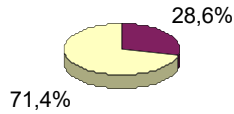
circulation_d'information		
	Nb	% cit.
oui	28	40,0%
non	42	60,0%
Total	70	100,0%



Les 40% des enquêtés conforment que dans leurs établissement, l'information circule bien malgré le manque d'un ERP. Contrairement aux autres 60% qui ont trouvé que sans un système centralisé, tout le monde n'accède pas aux informations en temps réel.

Tableau N°4 : la gestion de tems et itinéraire scolaire.

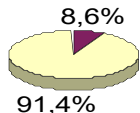
gestion-de-tems/itinéraire scolaire		
	Nb	% cit.
oui	20	28,6%
non	50	71,4%
Total	70	100,0%



Ce tableau nous renseigne que les élèves et enseignants arrivent souvent en retard dans leurs établissements (71,4%). Contre un faible pourcentage (28,6%) de ceux qui arrivent à temps. Nous pensons que l'une de raisons qui conduit à cela, c'est le choix d'un mauvais itinéraire.

Tableau N°5 : Gestion automatique de notes des élèves.

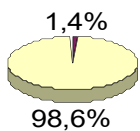
gestion-automatique_de_notes		
	Nb	% cit.
oui	6	8,6%
non	64	91,4%
Total	70	100,0%



Par manque d'un système numérique, les notes des apprenants se calculent manuellement 91,1%. Avec tous les risques que cela peut engendrer. Les 8,6% qui le font automatiquement, recourent au logiciel Excel. Cette façon de gérer cause beaucoup de problèmes dans la gestion de notes scolaires.

Tableau N°6 : Possibilité de s'inscrire en ligne (à distance)

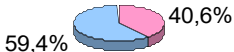
inscription en ligne		
	Nb	% cit.
oui	1	1,4%
non	69	98,6%
Total	70	100,0%



Les élèves du Kasaï central ne peuvent pas s'inscrire en ligne 98,6%. Sont obligés de le faire en étant sur place. 1,4% seulement pense pouvoir le faire. Nous estimons qu'il proviendrait du chef d'établissement qui n'avait donné ses réponses aux premières questions.

Tableau N°7 : Communication fluide entre les acteurs pédagogiques.

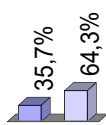
facilite-de-communication		
	Nb	% cit.
oui	28	40,6%
non	41	59,4%
Total	69	100,0%



Le tableau nous montre qu'il y a communication à faible pourcentage au sein des établissements scolaires au Kasaï central, soit 40,6%. Car 59,4 % révèlent le manque de fluidité dans la communication au sein des leurs établissements. Ce qui signifie en d'autres termes que les informations sont fragmentées et non centralisées.

Tableau N°8 : La prise des bonnes décision sans ERP

prise-de-décision		
	Nb	% cit.
oui	25	35,7%
non	45	64,3%
Total	70	100,0%



Malgré le manque d'un système de gestion intégrée, 35,7% de gestionnaires peuvent prendre de bonnes décisions. Par contre 64,3% pensent que les décisions qui se prennent là où il n'y a pas ERP ne sont pas de décisions réfléchies. Et conduisent souvent à biaiser le futur avec des estimations dans la prise de décision tronquée.

Tableau N°9: L'existence des bases de données dans les écoles dans le Kasaï central

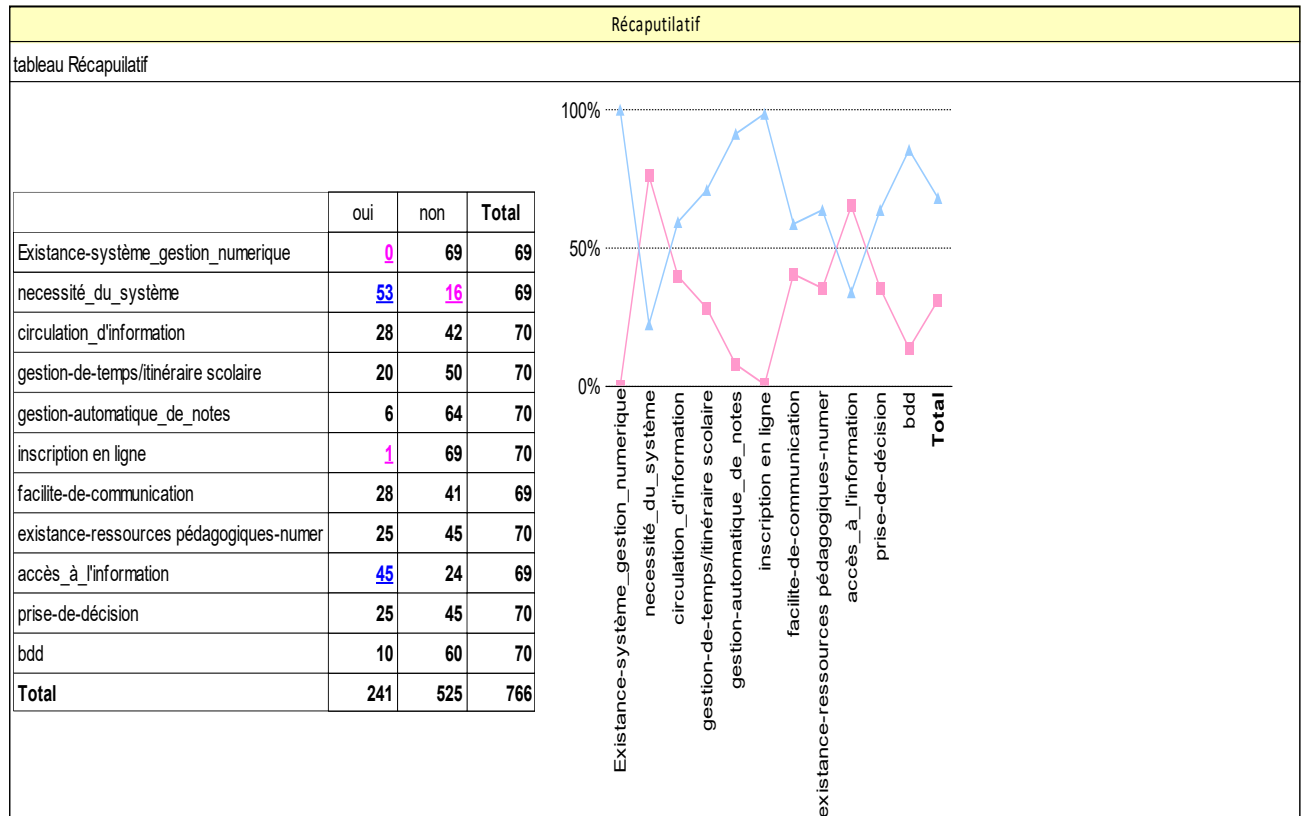
bdd		
	Nb	% cit.
oui	10	14,3%
non	60	85,7%
Total	70	100,0%



De ce tableau nous avons trouvé que les établissements scolaires au Kasaï central fonctionnent sans base de données. Ils ont un problème de maîtrise même de leurs effectifs. Tout se fait manuellement, nombreux logent les données dans les registres et cahier au 21^{ème} siècle. 14,3% disent avoir des bases de données conçues en Excel

tandis que 85,7% n'en utilisent même pas.

Tableau N°10 : Tableau Récapitulatif.



Par induction, vu l'analyse de données de l'enquête menée dans la sous Division Kananga I au Kasai central, nous confirmons que la République Démocratique du Congo, s'en passait du numérique et la gestion des établissements scolaires allait de mal en pis.

IV. RESULTAT

Grâce aux méthodes AGILE, RAD, qualitative, quantitative et focus groupe, nous sommes arrivé à regrouper les besoins fonctionnels et non fonctionnels à l'aide desquels, nous avons obtenu nos résultats en passant par un serveur ERP Cloud prenant en charge la totalité de la gestion scolaire au Kasai central en particulier et en RDC en général.

Le résultat de l'enquête à la Sous Division Kananga I (100%) révèle que le système éducatif congolais n'a jamais utilisé un système de gestion intégrée. 76,8% de ces établissements souhaitent voir ce système incorporé dans leur mode de gestion ancien. Par induction, nous généralisons ce souhait sur l'étendue de la RDC. Cette étude a radicalement transformé le fonctionnement des établissements scolaires. Nous sommes arrivés précisément à des résultats à court, moyen et long terme suivants :

a) Résultats sur le plan fonctionnel

• Résultats immédiats

- 1) **Centralisation des données** : une base de données orientée Graphe étant mise en place, les établissements scolaires peuvent désormais fonctionner avec une base de données unique qui loge toutes les informations concernant les apprenants, les enseignants, les finances, l'emploi du temps, les matériels didactiques, les livres, les ressources pédagogiques, les documents et dossiers de l'établissement scolaire, accessibles depuis une seule plateforme. Ce qui réduit la perte des documents et dossier, perte des données sensibles.
- 2) **Réduction des tâches manuelles** : plus de 80% des établissements ont révélé qu'ils faisaient tout manuellement. Le nouveau système mise en place automatise les inscriptions, la gestion de notes, téléchargement de bulletin par les parents et par les élèves, suivi de présence, le système peut fournir les documents pédagogiques numériques comme les manuels scolaires et curriculum scolaires leurs permettant ainsi à faire les préparations et élaborer les prévisions de matières, sans recours aux documents en dure.
- 3) **Formation des usagers** : plus de 90% des utilisateurs formés à l'utilisation du système ERP. Ce qui offre un avantage de sécurité et migration vers une gestion numérique.
- 4) **Réduction des erreurs** : Diminution sensible de plus de 60% des erreurs et augmentation de rendement dans le traitement des données.

• Résultat à moyen terme

- 1) **Amélioration de la performance** : il y aura performance dans la gestion scolaire au sein des établissements qui migrent vers le numérique. Car plus de 75% des tâches administratives et pédagogiques sont automatisées. Il y aura aussi performance des enseignants qui pourront enseigner autrement et des élèves qui seront évalués autrement.
- 2) **Limitation de la fraude** : la gestion de notes étant automatisée, les pièces scolaires auront un modèle unique et sécurisées par le QR code. Ce qui empêchera aux apprenants qui échouent de migrer vers d'autres écoles dans le but de monter de classe.
- 3) **Meilleure communication** : notre étude révèle (à 59,4 %) qu'il n'y a pas tellement de fluidité dans la communication et tout le monde n'accède pas équitablement aux informations de leurs établissements scolaires (34,3%). Le système de communication interne entre élèves, enseignants et chefs d'établissements facilitera la tâche.
- 4) **Suivi scolaire renforcé** : Accès en temps réel aux données scolaires modélisées en graphe, permettra un suivi en temps réel aux performances, absences et progrès des élèves. Les bus scolaires peuvent suivre un itinéraire à court chemin, grâce aux algorithmes de graphe (algorithme de Dijkstra et Bell man fort) contextualisés sur l'itinéraire scolaire pour faciliter l'arrivée à temps à l'école. Les finances peuvent aussi être suivies en temps réel.
- 5) **L'efficacité et le gain de temps** : Le traitement étant devenu automatique, le serveur ERP unique empêche le doublon, facilite la planification et offre une efficacité dans la bonne prise de décisions, d'une manière rapide.

- 6) **Satisfaction accrue** : Grâce à une gestion fluide, à la transparence et performance, les acteurs du système sont largement satisfait : parent, élèves, enseignants et personnel, chacun trouve une part de satisfaction dans le système mise en place.
- **Résultats finaux (à long terme)** : le serveur ERP scolaire basé sur le Cloud génère les résultats profonds qui transforment durablement les établissements scolaires au Kasaï central en particulier et en RDC en général. Il offre :
- 1) **La transformation en digitale complète** : de l'archaïque au moderne, la solution digitale marque une différenciation non démontrable : l'école devient un établissement numérique, avec des processus interconnectés et très fluides, jusqu'à la réduction drastique de la dépendance aux tâches manuelles, aux registres et aux papiers.
 - 2) **Prise des décisions stratégiques basées sur les données** : Grâce à l'analyse de données accumulées, les chefs d'établissements peuvent prédire l'avenir, anticiper les besoins, ajuster les contenus et programmes des cours pour ainsi améliorer les performances. Ce qui peut conduire à des prise des décisions réfléchi en se servant des indicateurs tels que : taux de réussite, d'absence ; de retard, de satisfaction...
 - 3) **Amélioration continue de la qualité pédagogique** : l'évaluation des enseignants, des méthodes pédagogiques et des moyens d'enseignement en s'appuyant sur les données réelles et le suivi longitudinal des élèves en identifiant en temps réel leurs difficultés.
 - 4) **Renforcement de la confiance de parents et de partenaires** : l'accès facile aux données d'un établissement renforce la confiance. à distance un apprenant peut télécharger son bulletin et le parent peut communiquer avec le gestionnaire soit accéder aux données financières de son enfant. La transparence accrue renforce la confiance.
 - 5) **Inclusion au système** : l'accessibilité aux services scolaires depuis n'importe quel appareil et avec n'importe quel système d'exploitation, même à n'importe quelle zone géographique, à travers des modules spécifiques aux services des parents et des élèves.
 - 6) **Sécurité** : Comme expliqué ci-haut, un serveur ERP Cloud doit sécuriser les données sensibles comme : les finances, les notes des apprenants, les données du personnel... et pour ça, nous avons utilisé la réplication de données.

b) Résultats sur le plan technologique

Notre étude a aussi les résultats sur le plan technologique et scientifique:

1) interopérabilité et API

Le système mise en place est modélisé en utilisant les notions mathématiques de graphe. Ce qui a permis à mettre en place une base de données orientée graphe. Qui nous obligea d'utiliser NEO4J comme SGBD et son langage Cypher. Ceci a produit un back end basé sur une interface graphique pas facile à connecter ou front end (IHM) qui fonctionne avec le WLangage. A la question de savoir comment les mettre ensemble, nous avons créé une interface API pour le connecter au serveur ERP à travers un Web service. Standardisant ainsi les données, pour qu'elles soient interchangeables. Pour permettre à tous d'utiliser le système mise en place en utilisant n'importe quel système d'exploitation, il fallait incorporer un Middleware offert par le service PAAS de Cloud, entre le serveur ERP orienté graphe et le front end développé en Windev.

2) Innovation locale

L'infrastructure développée est basée sur la solution adaptée au contexte africain, particulièrement en RDC. Les algorithmes de graphes (Dijkstra et Bellman fort) ont été contextualisés pour être intégrés à la technologie au contexte de la RDC. Dans le but d'implémenter une architecture Cloud évolutive, avec une infrastructure multi-tenante sécurisée, capable de gérer plusieurs établissements scolaires au Kasaï central en RDC. Répondant à la propriété ACID et offrant une haute disponibilité, une sauvegarde automatique et une scalabilité. D'où la création d'un serveur ERP structuré sur les performances scolaires.

D'une manière globale, après la formation et la présentation de la solution aux usagers, au regard des analyses et interprétations des données, les taux d'adoption est de 75,7%, celui de satisfaction est de 80% et performance est à long terme.

V. DISCUSSION

a) Implication scientifique, pédagogique et technologique

La conception d'un ERP basé sur le Cloud dans la gestion scolaire constitue une avancée technologique majeure, particulièrement adaptée aux contextes éducatifs et évolutifs. Cette discussion analyse les implications scientifiques, pédagogiques et technologiques d'un tel déploiement, en mettant en lumière ses apports, ses limites et ses perspectives.

La conception de cette solution dans le secteur scolaire Congolais a répondu à des besoins réels et croissants de centralisation de données et de services, l'optimisation de la performance, l'accès facile aux informations scolaires et défragmentées, automatisation des transactions administratives dans le SI...

Contrairement aux systèmes anciens, les ordinateurs permettent l'automatisation des processus métiers et le Cloud permet une gestion à distance, une maintenance continue et une réduction des coûts des infrastructures. Ce qui représente une opportunité stratégique pour surmonter les limites matériels et logistiques dans le contexte Africain en général et au Kasaï central en particulier.

L'ERP Cloud facilite la gestion scolaire. Car il offre une prise de décision basée sur des indicateurs fiables (données) et en temps réel, une traçabilité des données scolaires et une transparence des opérations qu'il effectue, en permettant aux gestionnaires d'optimiser les ressources, d'anticiper les besoins et de mieux planifier les activités administratives et pédagogiques, pour en fin contribuer à l'amélioration de la qualité de l'enseignement et à renforcer l'engagement des parties prenantes comme élèves, enseignants, parent... dans le processus éducatif.

Bien que bénéfique, mais un serveur ERP unique centralisant les données scolaires dans le Cloud soulève certaines questions complexes qui nécessitent une attention soutenue : - la sécurité de données peut être fragile et la dépendance vis-à-vis du fournisseur de services Cloud.

b) Limites et perspectives

Malgré les multiples bienfaits qu'offre l'ERP dans le contexte africain, il peut présenter certains inconvénients. Si nous revenons par exemple dans l'analyse de données d'enquête, nous trouvons un certain pourcentage (16%) de ceux qui pensent qu'un système ERP n'est pas nécessaire dans les établissements scolaires. Donc une solution ERP peut rencontrer des résistances au changement, liées à une faible culture numérique, aux coûts de la mise en place et de formation. Il peut aussi avoir les problèmes de connectivité liée à la technologie 4G utilisée dans la zone.

Pour relever ces défis, Notre solution a été adaptée aux réalités locales (Kasaï central en RDC), suivi d'une formation de certains usagers et la sensibilisation. Vu qu'une solution Cloud pose aussi de problèmes de fragilité de données et la dépendance aux fournisseurs de services, nous avons envisagé un fonctionnement en local et un serveur de réplication de données personnelles à un établissement scolaire.

VI. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

a) CONCLUSION

L'intégration d'un ERP basé sur le Cloud dans la gestion scolaire au Kasaï central représente bien plus qu'une innovation technologique. Elle marque une étape décisive vers la modernisation de l'éducation en République démocratique du Congo. Dans un environnement souvent confronté à des défis structurels tels que la dispersion des données, le manque de transparence et les lourdeurs administratives, cette solution numérique offre une réponse concrète et adaptée. Elle est une transformation structurelle du fonctionnement des établissements scolaires en RDC, permettant ainsi la centralisation, l'automatisation des processus métiers.

Au-delà de la simplification des tâches, L'ERP Cloud permet une meilleure coordination entre les acteurs scolaires, une traçabilité renforcée des opérations et une production performante de données exploitables pour la recherche et la planification. Ouvre des perspectives scientifiques et pédagogiques inédites, et favorise également l'inclusion numérique en rendant les services éducatifs accessibles même dans les zones reculées, à condition que l'outil soit conçu selon les réalités locales.

Toutefois, son efficacité dépend de plusieurs facteurs: la formation des utilisateurs, la disponibilité de la connectivité, la sécurité des données et l'adhésion des communautés éducatives. C'est pourquoi une approche progressive, inclusive et contextualisée est indispensable pour garantir une adoption de la solution durable et bénéfique.

b) RECOMMANDATION

1) Formation des utilisateurs selon les niveaux de compétence

Organisation des séances d'apprentissage à l'école, en incorporant au besoin les langues locales. En suite la création des tutoriels simples et illustrés pour les enseignants peu familiers avec les outils informatiques.

2) Renforcement de la sécurité des données scolaires

La sensibilisation des chefs d'établissements à la protection des données. Tout en mettant en place des accès sécurisés par les différents mots de passe.

Implication des communautés éducatives

L'association des inspecteurs de l'enseignement congolais, les comités scolaires et les autorités locales dès la phase pilote et la valorisation des expériences des autres pour adapter l'IHM ou mettre à jour d'autres fonctionnalités.

3) Adaptation de l'interface à la réalité locale

L'intégration des langues nationales (Ciluba, lingala, swahili) dans l'interface utilisateur et tenir compte des spécificités selon les zones d'utilisation de la solution.

4) Utilisation des données pour la planification éducative

L'exploitation des données générées pour anticiper les besoins en enseignement, infrastructures, matériels didactiques, moyen d'enseignement...

Le partage des rapports avec les autorités éducatives du milieu afin d'améliorer la politique éducative.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Aimad, A. (2018). *Place des ERP dans le suivi de la performance des filiales par la maison-mère*. HAL id : <https://theses.hat.science/tel-01946371>.
- [2]. Benmansous, H.S., & Baba, A.D (2017). *Développement d'une solution ERP pour la gestion de Maintenance assistée par l'ordinateur*. Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.
- [3]. Donia, B. H. (2020). *système de gestion de contenu et de documents*. Université de la Manouba.
- [4]. Eya, F. (2022). *Mise en place d'une solution décisionnelle pour la gestion des RH*. Université de Manouba. <https://Prezi.com>>
- [5]. Frédéric, D. (2010). *Cloud Computing Resource management trough a grid Middleware*. Lyon INRIA.
- [6]. Hoadjli, H. (2010). *Une approche d'intégration des agents dans l'ERP*. Université Mohamed KHIDER-BISKRA.
- [7]. Houssem, M. (2015). *Architecture et mécanismes de fédération dans les environnements Cloud Computing et Cloud Networking*. Université Pierre et Marie curie de paris.
- [8]. Jorge Flores, C. (2012). *Etude des Progiciels de gestion intégrés dans les organisations du système des Nations unies*. Genève.
- [9]. Kurzawa, G., & Forges, G. (2018). *Scrum, les clés pour démarrer avec l'agilité*. Université de Technologie de Compiègne, Editeur Indépendant, les cahiers de la qualité-volume3.
- [10]. Muscatello, & al. (2003). *Enterprise Resource planning (ERP) implementations: Theory and Practice*. International journal of enterprise information systems 4(1) 63-83.
- [11]. NDY, D., & SOMMERS, A. (s.d). *ERP OU Progiciel de Gestion intégré PGI: cours en PGF*. Cours-gestion.com. <https://cours-gestion.com/erp-enterprise-resource-planning-pgi-pdf/>
- [12]. Patrice Emmanuel, S., & al. (2013). *Le Cloud Computing: une opportunité pour l'économie en Belgique*. Bruxelles.