**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO**

**« R.D.C »**

**ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE**

**«E.S.U»**

**UNIVERSITE DE L’ASSOMPTION AU CONGO**

**« U.A.C »**

**E-mail: contact@uaconline.edu.cd**

Site: www.uaconline.edu.cd

**B.P. :104 BUTEMBO/NORD-KIVU**

**FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES**

**DEPARTEMENT DE GENIE INFORMATIQUE**

**SYSTÈME DE RECOMMANDATION COLLABORATIF POUR OPTIMISER LES VENTES ET LA PROMOTION DES PRODUITS À BUTEMBO**

**Par**

**KAVIRA MBULINYOLO Marguerite**

*Mémoire présenté et défendu en vue de l’obtention du diplôme de licence en Sciences Appliquées*

**Option :** Génie Informatique

**Directeur:**Dr. NSENGE MPIAHéritier, PhD

**ANNEE ACADEMIQUE: 2024-2025**

**Premier Chapitre : INTRODUCTION GÉNÉRALE**

* 1. **Contexte de l'étude**

Dans le monde actuel, marqué par une compétition commerciale croissante et une surabondance de choix pour les consommateurs, les systèmes de recommandation se sont imposés comme des outils incontournables pour améliorer l’expérience utilisateur et optimiser les ventes (Alfaifi, 2024). Ces systèmes, qui reposent sur des algorithmes avancés, permettent de personnaliser les interactions entre les utilisateurs et les plateformes, en leur proposant des produits ou services qui correspondent à leurs préférences ou besoins présumés (Mpia et al., 2023). Les modèles collaboratifs, en particulier, exploitent les données partagées entre utilisateurs pour identifier des tendances et fournir des recommandations précises.

Dans la ville commerciale de Butembo, située dans l’est de la République démocratique du Congo (RDC), le commerce constitue une activité économique majeure. Cette ville se caractérise par un grand nombre de petites et moyennes entreprises (PME) qui offrent une large gamme de produits (Menomavuya, 2018). Cependant, la gestion efficace des stocks et la satisfaction des besoins des clients restent des défis importants. Les clients se retrouvent souvent confrontés à des problèmes de surabondance de choix, tandis que les commerçants peinent à anticiper les préférences des consommateurs (Ngangoue, 2016). Dans un tel contexte, l’introduction d’un système de recommandation basé sur le filtrage collaboratif pourrait transformer les pratiques commerciales locales en améliorant à la fois la satisfaction des clients et la gestion des stocks.

La particularité de la ville de Butembo, en tant que hub commercial, offre une opportunité unique pour la mise en œuvre d’un tel système. Il s’agit non seulement de résoudre des problèmes locaux, mais aussi de créer un modèle pouvant être répliqué dans des contextes similaires à travers l’Afrique et ailleurs. Les systèmes de recommandation ont été largement adoptés dans des environnements numériques à forte densité de données, mais leur potentiel dans des écosystèmes commerciaux locaux reste sous-exploré (Zhang et Chen, 2020).

* 1. **Problématique**

Malgré la popularité et l’efficacité prouvées des systèmes de recommandation dans les économies avancées, leur mise en œuvre dans des contextes locaux comme celui de Butembo pose plusieurs défis. Premièrement, les PME locales génèrent souvent des volumes de données relativement faibles, ce qui limite l’efficacité des approches traditionnelles de filtrage collaboratif, qui s'appuient sur des bases de données riches pour produire des recommandations fiables (Sarwar et al., 2021). Deuxièmement, la gestion des stocks et des produits reste essentiellement manuelle pour la plupart des commerçants de la ville, résultant en des pertes économiques dues à des surstocks ou à des ruptures de stock.

Un autre problème clé est l’absence de personnalisation dans les interactions entre les commerçants et les clients. Actuellement, la majorité des achats sont réalisés sans qu’il y ait une analyse préalable des préférences des clients. Cela limite la fidélisation de la clientèle et la capacité des entreprises à cibler efficacement leurs offres. En conséquence, les commerçants de Butembo ont peu de moyens pour améliorer leur compétitivité face à des marchés extérieurs de plus en plus numérisés.

La question principale que cette étude cherche à résoudre est la suivante : comment concevoir et développer un système de recommandation collaboratif adapté aux spécificités du marché local de Butembo afin d’améliorer la gestion des stocks et la satisfaction des clients ? Pour répondre à cette question, il sera nécessaire d’intégrer des approches collaboratives et des techniques d’analyse de données dans un système qui soit à la fois efficace et simple à utiliser par les commerçants locaux.

* 1. **Objectifs de l’étude**
     1. **Objectif général**

L’objectif global de cette étude a été de développer un système de recommandation collaboratif pour optimiser les ventes et la promotion des produits à Butembo.

* + 1. **Objectifs spécifiques**

De façon spécifique, cette étude a eu pour objectifs de :

1. Analyser les besoins des commerçants et des clients
2. Développer un algorithme de recommandation collaboratif
3. Intégrer des modules de gestion des stocks
4. Evaluer le système
5. Déployer le modèle dans un environnement Web
   1. **Questions de recherche**

Se basant sur les objectifs ci-haut, ces questions de recherche ont guidé cette recherche :

1. Quels sont les besoins spécifiques des commerçants et des clients de Butembo pour améliorer la gestion des stocks et la satisfaction client ?
2. Quel algorithme de recommandation collaboratif est le plus adapté pour fournir des suggestions personnalisées dans le contexte de Butembo ?
3. Comment concevoir un module de gestion des stocks qui s'intègre efficacement au système de recommandation collaboratif ?
4. Quels indicateurs peuvent être utilisés pour évaluer l’efficacité et l’impact du système sur la satisfaction des clients et les performances commerciales ?
5. Comment garantir un déploiement efficace et accessible du système de recommandation dans un environnement Web pour les utilisateurs locaux ?
   1. **Choix et intérêt du sujet**

Le choix de ce sujet s’appuie sur le besoin de résoudre des problèmes réels auxquels font face les commerçants et les clients dans la ville commerciale de Butembo. Les commerçants rencontrent souvent des difficultés dans la gestion des stocks, ce qui entraîne des ruptures ou des surplus inutiles, tandis que les clients éprouvent des difficultés à trouver des produits qui correspondent réellement à leurs attentes. Ce projet vise à combler ces insuffisances en développant une solution technologique innovante : un système de recommandation collaboratif, associé à des outils de gestion des stocks.

D’un point de vue scientifique, ce projet s’intéresse à l’adaptation des technologies de recommandation à un environnement où les données disponibles sont limitées, un aspect peu exploré dans la recherche actuelle. Bien que Butembo soit un pôle commercial important, les outils numériques y sont encore peu utilisés pour améliorer les relations entre commerçants et clients. La mise en place d’un algorithme de recommandation collaboratif capable de s’adapter à ces contraintes spécifiques pourrait apporter une contribution significative à la recherche, tout en tenant compte des particularités des économies locales. Sur le plan pratique, cette initiative aidera les commerçants à mieux prévoir les attentes des clients et à rationaliser la gestion des stocks, réduisant ainsi les pertes et améliorant leur rentabilité. De leur côté, les clients bénéficieront d’une expérience d’achat plus fluide et personnalisée. Le déploiement du système sur une plateforme Web garantira également une large accessibilité et encouragera son adoption.

Ainsi, ce projet se distingue par un double intérêt : il explore des problématiques théoriques liées aux limites des algorithmes collaboratifs dans des environnements spécifiques et propose une solution concrète pour améliorer les pratiques commerciales locales. Il s’agit d’une démarche qui allie recherche académique et impact pratique tangible.

* 1. **Délimitation du sujet**

Ce projet se concentre sur la conception et le développement d’un système de recommandation collaboratif adapté au contexte de la ville commerciale de Butembo. Le but principal est d’améliorer la gestion des stocks des commerçants locaux tout en offrant aux clients des recommandations personnalisées pour les aider à trouver les produits répondant à leurs besoins.

Les principales limites du sujet sont définies comme suit : (i) Zone géographique : L’étude et le développement du système se concentrent uniquement sur la ville de Butembo, en tenant compte des spécificités économiques, culturelles et technologiques locales. (ii) Type de système : Le projet se limite à un système de recommandation collaboratif, exploitant les interactions et évaluations des utilisateurs pour générer des suggestions. Les approches basées sur le contenu ou hybrides ne seront pas prises en compte dans cette phase. (iii) Modules intégrés : Le système inclut des fonctionnalités spécifiques, à savoir la gestion des stocks, la recommandation des produits et le déploiement dans un environnement Web. Les aspects tels que la gestion des ressources humaines ou la logistique des livraisons ne font pas partie du périmètre de cette étude. (iv) Technologies utilisées : Le développement de l’algorithme repose principalement sur l’utilisation de la librairie Surprise et sur d’autres outils compatibles pour le déploiement Web tel que Flask. Les comparaisons avec d'autres bibliothèques ou frameworks ne constituent pas l’objet de ce travail. (v) Évaluation : L’évaluation du système se limite à des indicateurs comme la précision des recommandations, la satisfaction des utilisateurs et l’efficacité de la gestion des stocks. Les impacts à long terme sur l’économie locale ou l’évolution des comportements des consommateurs ne seront pas abordés en profondeur.

En résumé, ce projet se concentre sur un système de recommandation collaboratif conçu pour répondre aux besoins immédiats des commerçants et clients de Butembo, en restant dans un cadre technologique précis et un périmètre géographique restreint.

* 1. **Justification de l’étude**

Le choix de mener cette étude repose sur plusieurs raisons à la fois pratiques, scientifiques et socio-économiques, qui démontrent sa pertinence et son utilité. (i) Problèmes pratiques à résoudre. Dans la ville commerciale de Butembo, les commerçants rencontrent d’importants défis liés à la gestion des stocks, souvent caractérisée par des ruptures ou des surplus. Parallèlement, les clients peinent à trouver des produits adaptés à leurs préférences, ce qui limite leur satisfaction et fidélité. Ce projet propose une solution qui combine un système de recommandation collaboratif et des outils de gestion des stocks, offrant ainsi des avantages tangibles aux commerçants comme aux consommateurs. (ii) Pertinence scientifique  
Les systèmes de recommandation, largement étudiés dans des environnements riches en données, restent peu explorés dans des contextes à faible densité de données, comme celui de Butembo. Ce projet ambitionne d'adapter ces technologies à un tel cadre en tenant compte des spécificités locales. L’utilisation de la librairie *Surprise* pour développer un algorithme collaboratif a permis d’élargir le champ des recherches en s’intéressant à des environnements sous-représentés dans la littérature académique. (iii) Impact socio-économique  
Butembo est un important centre économique où le commerce joue un rôle clé dans la vie quotidienne. Un système de recommandation bien conçu pourra contribuer à améliorer la rentabilité des commerçants, en optimisant leurs processus de gestion des stocks, tout en offrant aux clients une expérience d’achat plus fluide et personnalisée. En outre, l’utilisation de la technologie comme levier pour résoudre des problèmes locaux constitue un pas important vers la modernisation du secteur commercial dans la région. (iv) Avantage technologique et innovation. Le développement et le déploiement d’un tel système dans un environnement Web constituent une approche innovante pour introduire la transformation numérique dans le commerce local. Cette étude ouvre également des perspectives pour l’adoption de solutions similaires dans d’autres contextes régionaux ou internationaux partageant des défis similaires.

* 1. **Subdivision du travail**

Ce travail est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre introduit le cadre général de l’étude, en présentant le contexte, la problématique, les objectifs, les questions de recherche, ainsi que l’intérêt et la justification du sujet. Le deuxième chapitre est consacré à la revue de littérature, où sont explorés les concepts clés, les approches existantes en matière de systèmes de recommandation, et les outils technologiques pertinents. Le troisième chapitre détaille la méthodologie adoptée, en décrivant les techniques, outils, et données utilisés pour concevoir et développer le système. Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus, avec une analyse approfondie des performances du système de recommandation et des modules de gestion des stocks, ainsi qu’une évaluation basée sur des indicateurs définis. Enfin, le cinquième chapitre synthétise les conclusions de l’étude, discute les implications pratiques et scientifiques des résultats, et propose des perspectives pour de futures recherches ou améliorations.

**Deuxième Chapitre : REVUE DE LITTÉRATURE**

**2.1. Introduction**

La revue de littérature est une étape essentielle dans toute recherche scientifique, car elle permet de situer le travail dans le contexte des connaissances existantes. Ce chapitre vise à explorer les concepts clés, les approches théoriques et les outils technologiques liés aux systèmes de recommandation, en particulier ceux basés sur le filtrage collaboratif. L'objectif est de fournir une base solide pour la conception et le développement du système de recommandation collaboratif proposé dans cette étude.

En outre, ce chapitre examine les défis et les limites des systèmes de recommandation, ainsi que les technologies disponibles pour leur mise en œuvre. Enfin, une revue des études empiriques permettra de comprendre comment ces systèmes ont été appliqués dans des contextes similaires, notamment dans le commerce local et international.

**2.2. Revue de littérature théorique**

**2.2.1. Systèmes de recommandation : Définition et classification**

Les systèmes de recommandation sont des algorithmes intelligents qui analysent les données comportementales (historique d’achats, notations, consultations) pour prédire et proposer des items pertinents à chaque utilisateur. Selon Zhang & Chen (2020), leur application couvre :

* Le commerce électronique (recommandations produits sur Amazon)
* Les réseaux sociaux (suggestions d’amis sur Facebook)
* Le streaming (sélections personnalisées sur Netflix)

Ils peuvent être classés en trois grandes catégories : les systèmes basés sur le contenu, les systèmes collaboratifs, et les systèmes hybrides (Mpia et al., 2023).

***2.2.1.1. Systèmes basés sur le contenu***

Ces systèmes exploitent les métadonnées des produits (catégorie, prix, marque) pour établir des similarités. Par exemple, si un utilisateur a acheté un smartphone Samsung, le système recommandera d’autres appareils électroniques partageant des caractéristiques techniques similaires (Lops et al., 2021). Cette approche est particulièrement utile lorsque les données sur les interactions entre utilisateurs sont limitées (Zhang & Chen 2020). Cependant, ces systèmes peuvent souffrir d’un manque de diversité dans les recommandations, car ils tendent à proposer des produits très similaires à ceux déjà consommés par l’utilisateur (Alfaifi, 2024).

***2.2.1.2. Systèmes collaboratifs***

Ces systèmes exploitent les interactions entre utilisateurs pour générer des recommandations. Ils peuvent être basés sur les similarités entre utilisateurs (user-user) ou entre produits (item-item). Par exemple, si deux utilisateurs ont noté plusieurs produits de manière similaire, le système peut recommander à l'un des utilisateurs un produit que l'autre a apprécié (Sarwar et al., 2021). Cette approche est particulièrement efficace dans les environnements où les utilisateurs interagissent fréquemment avec les produits, comme les plateformes de commerce électronique.

* + - 1. **Systèmes hybrides**

Ces systèmes combinent les approches basées sur le contenu et collaboratives pour améliorer la précision des recommandations. Par exemple, un système hybride peut utiliser les caractéristiques des produits pour initialiser les recommandations, puis ajuster ces recommandations en fonction des interactions entre utilisateurs (Burke et al., 2021). Les systèmes hybrides sont particulièrement utiles pour surmonter les limitations des systèmes basés sur le contenu ou collaboratifs pris individuellement (Zhang & Chen, 2020).

**2.2.2. Recommandation collaborative : principes et fonctionnement**

La recommandation collaborative repose sur l'idée que les utilisateurs ayant des préférences similaires dans le passé auront tendance à avoir des préférences similaires à l'avenir (Sarwar et al., 2021). Cette approche utilise des matrices de notation (ratings) pour identifier des patterns de comportement parmi les utilisateurs. Par exemple, si deux utilisateurs ont noté plusieurs produits de manière similaire, le système peut recommander à l'un des utilisateurs un produit que l'autre a apprécié. Il existe deux principales méthodes de filtrage collaboratif : (i) **Filtrage collaboratif basé sur l'utilisateur (user-user)**: cette méthode identifie des utilisateurs similaires et recommande des produits appréciés par ces utilisateurs similaires. Par exemple, si un utilisateur A a noté plusieurs produits de manière similaire à un utilisateur B, le système peut recommander à l'utilisateur A des produits que l'utilisateur B a appréciés (Sarwar et al., 2021). (ii) **Filtrage collaboratif basé sur le produit (item-item)** : cette méthode identifie des produits similaires et recommande des produits qui sont souvent appréciés par les mêmes utilisateurs. Par exemple, si un produit A est souvent acheté avec un produit B, le système peut recommander le produit B à un utilisateur qui a acheté le produit A (Saraei et al., 2023).

**2.2.3. Gestion des stocks : définitions, importance, et relation avec les systèmes de recommandation**

La gestion des stocks est un aspect crucial pour les entreprises, car elle permet de minimiser les coûts liés aux surplus ou aux ruptures de stock (Chopra & Meindl, 2020). Une gestion efficace des stocks repose sur la prévision de la demande, l'optimisation des niveaux de stock, et la réduction des délais de livraison. Les systèmes de recommandation peuvent jouer un rôle clé dans la gestion des stocks en prédisant les préférences des clients et en ajustant les niveaux de stock en conséquence. Par exemple, un système de recommandation peut identifier les produits les plus susceptibles d'être achetés, permettant ainsi aux commerçants de maintenir des niveaux de stock optimaux (Zhang & Chen, 2020).

* + 1. **Techniques et approches des systèmes de recommandation**

Les systèmes de recommandation utilisent diverses techniques pour fournir des suggestions personnalisées aux utilisateurs. Ces approches peuvent être classées en trois catégories principales : les méthodes basées sur le contenu, les méthodes collaboratives et les méthodes hybrides. Chacune de ces approches présente des avantages et des limites, et leur choix dépend du contexte d’application, de la nature des données disponibles et des objectifs spécifiques du système. Dans cette section, nous explorerons en détail ces techniques, en mettant l’accent sur leurs principes fondamentaux, leurs applications pratiques et leurs défis.

* + - 1. **Approches basées sur le contenu (commentaire :** N.B: Tu peux aussi insérer une image venant d’un article à la fin de cette section)

Les approches basées sur le contenu génèrent des recommandations en analysant les caractéristiques intrinsèques des produits ou des services. Par exemple, si un utilisateur a acheté plusieurs livres d'un même auteur, le système pourra recommander d'autres ouvrages du même auteur ou traitant de sujets similaires (Lops et al., 2021). Cette méthode repose sur l'idée que les préférences passées d'un utilisateur sont un indicateur fiable de ses préférences futures.

**Fonctionnement :**

* Le système extrait des métadonnées décrivant les produits (par exemple, catégorie, prix, marque, mots-clés).
* Il construit un profil utilisateur en analysant les interactions passées (achats, consultations, évaluations).
* Les recommandations sont générées en comparant le profil utilisateur avec les caractéristiques des produits disponibles.

**Avantages :**

* Efficace dans les contextes où les données utilisateur sont limitées, car elle ne dépend pas des interactions entre utilisateurs.
* Évite le problème de "cold start" pour les nouveaux produits, à condition que leurs métadonnées soient disponibles.

**Limites :**

* Risque de surspécialisation : les recommandations peuvent manquer de diversité, se limitant à des produits très similaires à ceux déjà connus de l'utilisateur (Alfaifi, 2024).
* Nécessite des métadonnées riches et bien structurées, ce qui peut être difficile à obtenir dans certains domaines.

**Applications :**

Cette approche est couramment utilisée dans les plateformes de streaming (recommandation de films ou de musique partageant des genres similaires) ou les librairies en ligne (recommandation de livres par auteur ou thème).

* + - 1. **Approches collaboratives : utilisateur/utilisateur et produit/produit**

Les approches collaboratives, comme mentionné précédemment, se basent sur les interactions entre utilisateurs pour générer des recommandations. Ces approches sont particulièrement efficaces dans les environnements où les utilisateurs interagissent fréquemment avec les produits, comme les plateformes de commerce électronique (Sarwar et al., 2021).

* + - 1. **Approches hybrides : synthèse des avantages (commentaire :** Cette section est très simpliste. Essaye de bien approfondir cela et meme insérer une image)

Les approches hybrides combinent les avantages des systèmes basés sur le contenu et des systèmes collaboratifs pour améliorer la précision des recommandations. Par exemple, un système hybride peut utiliser les caractéristiques des produits pour initialiser les recommandations, puis ajuster ces recommandations en fonction des interactions entre utilisateurs (Burke et al., 2021).

**2.2.5. Défis et limites des systèmes de recomandation**

Dans ce point, nous allons parcourir certains defis que d’autres auteurs avant nous ont rencontré et voir les moyens d’y apporter solution si possible pour etre différent des autres travaux existantes avant nous. C’est pourquoi, nous allons dans notre travail, analyser les problèmes récents et voir les moyens d’y apporter une durable solution et prevenir les futurs chercheurs sur les solutions possibles en cas d’un traitement du même sujet ou problème.

* + - 1. **Faible densité de données (sparse data)**

L'un des principaux défis des systèmes de recommandation est la faible densité des données, c'est-à-dire le manque d'interactions entre les utilisateurs et les produits. Dans de nombreux cas, les utilisateurs ne notent ou n'évaluent qu'un petit nombre de produits, ce qui rend difficile l'identification de patterns de comportement (**Koren et al., 2023**).

**Froid utilisateur ou produit (cold start)(commentaire :**Il faut bien illustrer tes sections. Ceci est simpliste. Tu peux aussi illustrer des formules mathématiques pour démontrer ou présenter ces notions.

* + - 1. N.B : Tu peux approfondir cette section avec cet article <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10339320>)Le problème du "cold start" se pose lorsqu'un nouvel utilisateur ou un nouveau produit est introduit dans le système. Sans historique d'interactions, il est difficile de générer des recommandations précises (Schein et al., 2022).
      2. ***Problèmes de scalabilité et d’adaptabilité* (commentaire :** Meme chose ici c’est tres simpliste)

Les systèmes de recommandation doivent être capables de gérer de grandes quantités de données et de s'adapter rapidement aux changements dans les préférences des utilisateurs. Cela nécessite des algorithmes efficaces et des infrastructures technologiques robustes (Adomavicius & Tuzhilin, 2022).

**2.2.6. Technologies et outils pour les systèmes de recommandation**

***2.2.6.1. Présentation de la librairie Surprise* (commentaire :**  Tres simpliste. Tu dois dire son role, ses avantages…)

La librairie Surprise est un outil open-source conçu pour faciliter la mise en œuvre d'algorithmes de recommandation collaboratifs. Elle offre une variété d'algorithmes prêts à l'emploi, tels que Singular Value Décomposition (SVD) et K-Nearest Neighbors (KNN), ainsi que des outils pour l'évaluation des performances des modèles (Hug, 2020).

* + - 1. ***Comparaison avec d’autres outils courants* (commentaire :** Pense-tu qu’avec trois lignes un lecteur pourra comprendre cette comparaison ?)

D'autres outils populaires pour la mise en œuvre de systèmes de recommandation incluent TensorFlow et Scikit-Learn. TensorFlow est particulièrement adapté pour les modèles de deep learning, tandis que Scikit-Learn est plus généraliste et offre une variété d'algorithmes pour l'apprentissage automatique (Pedregosa et al., 2023).

* + - 1. ***Principe de Fonctionnement***

Dans la Bibliotheque Suprise, le système de recommandation exige une impression des films (commentaire : Film fait quoi ici? Tu dois comprendre l’article que tu as lu puis tu formule le texte pour nous aider à comprendre ce principe de fonctionnement) pour une facilitation d’utilisation des données. Pour plusieurs algorithmes, les focntionnalités integrées pour une utulisation sont en exemple : *predictions = algo.fit(trainset).test(testset)* :un code qui permet d’imprimer le score de notation predit pour l’ensemble de test. Validont que c’est une formule qui imprime les predictions des films selectionnés par l’ utilisation de l’application. Dans un autre cas, l’aglorithme : *predicitons= algo.prediction(uid, iid)* : dans cette approche, le créateur vise la prédiction de score de notation de l’iid, de l’uid. (stackoverflow.com/questions/595865/in-surpise-package-for-recommender-système-how-to-print-out-the-recommended-mo ) (commenraire: On ne cite pas un site web en APA comme ca. Va chercher comment on cite)

* + - 1. ***Framework Flask pour le déploiement Web* (commentaire :** Tres simpliste)

Flask est un framework Python léger et flexible qui permet de déployer des applications Web rapidement. Il est particulièrement adapté pour le déploiement de systèmes de recommandation, car il permet une intégration facile avec des bases de données et des modèles d'apprentissage automatique (Grinberg, 2022).

**2.3. Revue de littérature empirique**

* + 1. **Une solution de système de recommandation améliorée pour atténuer le problème de surspécialisation à l’aide d’algorithmes génétiques (commentaire :** Dans le plan que je t’avais proposé il y avait 2.3.1. **Études sur les systèmes de recommandation collaboratifs**
    2. Mais là je vois tu as changé)

Aux jours d’aujourd’hui, les systèmes de recommandation permettent la satisfaction des desirs des utilisateurs. Plusieurs chercheurs les utilisent pour la recommandation des articles dans des domaines variés comme l’e-commerce, la medicine, l’éducation, le tourisme et l’industrie. En appui de l’application de MDPI SA, detaillés dans son Article de revue, Eletronique, N°2, p.242 (2022) (commentaire : Ce n’est pas comme ceci qu’on fait la narration pour un auteur dans la partie empirique. Tu peux voir dans cet article comment on compose ca. <https://doi.org/10.61532/rime252114>,) l’auteur partage sa solution durable sur l’utilisation des algorithmes génétiques pour resoudre le problème de surspecialisation du filtrage basé sur le contenu. Sa méthode vise la proposition de l’intégration des algorithmes génétiques qui diversifient les recommandations et les ajustements, les suggérations des éléments imprévisibles et innovants à utiliser pour les consomateurs de l’application. En conclusion, l’auteur abbutis à une comparaison des resultats RRSGA (commentaire : Signifie quoi?) face à ceux des résultats de recommandation obtenus avec apporche de filtrage basé sur les contenus et le resultat assure une efficacité des données RRSGA et sa capacité des réalisations des prédictions très précises ques les autres approches.

* + 1. **Applications pratiques dans le commerce local et international**

Les systèmes de recommandation ont été largement adoptés dans le commerce électronique international. Des entreprises comme Amazon et Netflix utilisent des algorithmes avancés tels que le filtrage collaboratif basé sur les utilisateurs, le filtrage sur les items, ainsi que la factorisation matricielle pour personnaliser les recommandations proposées à leurs utilisateurs. Ils ont eu à utiliser deux méthodes à savoir les méthodes d’apprentissage supervisé et les méthodes de réduction de dimension (Gomez-Uribe & Hunt, 2020). Cependant, leur application dans le commerce local, en particulier dans les économies en développement, reste limitée. Une étude menée par Zhang et Chen (2020) a souligné le potentiel des systèmes de recommandation pour améliorer les pratiques commerciales dans les petites entreprises locales, mais a également identifié (commentaire : Dans le local, tu peux voir si en RDC ou à Butembo on utilise cela… Tu dois etre précise ) des défis liés à la disponibilité des données et à l'adoption technologique.

* + 1. **Analyse des lacunes et des opportunités pour le projet actuel**

La revue de littérature révèle que bien que les systèmes de recommandation aient été largement étudiés et appliqués dans des environnements riches en données, leur potentiel dans des contextes à faible densité de données, comme celui de Butembo, reste sous-exploré (commentaire : Tu dois justifier cet argument avec des citations. <https://www.researchgate.net/publication/346631945_E-commerce_et_ses_consequences_sur_l'activite_commerciale_classique_en_RDC_Vers_les_nouvelles_formes_de_vente_virtuelle> et <https://doi.org/10.5281/zenodo.10934025>). Cette étude vise à combler cette lacune en développant un système de recommandation collaboratif adapté aux spécificités locales, en tenant compte des défis liés à la faible densité de données et à la gestion des stocks.

* 1. **Synthèse et positionnement de la recherche**

En résumé, ce chapitre a exploré les concepts clés, les approches théoriques, et les outils technologiques liés aux systèmes de recommandation. Il a également examiné les défis et les limites de ces systèmes, ainsi que leur application dans des contextes pratiques. La revue de littérature nous a permis de comprendre les applications existantes avant d’apporter notre approche, pour éviter une même production d’application que les applications précédentes. Fouiller dans l’histoire est toujours mieux pour afin produire quelque chose de nouveau que ancienne. C’est pourquoi, cette partie nous a aidé comment comprendre les approches que nous allons (commentaire : Nous allons ou nous avons? N.B : On écrit le mémoire quand on a fini la recherche. Donc ca serait au passé composé) apporter à notre problématique et également une application adaptée aux fonctionnements de la Ville de Butembo.

* 1. **Présentation de la Ville de Butembo**

Butembo est une ville de la République Démocratique du Congo(RDC), située dans la province du Nord-Kivu. Elle est une de trois villes du Nord-kivu située au technologique Nord-Est de la R.DC. La circonscription urbaine est située entre 0°05’ et 0°10’ de latitude nord et 29°17’ et 29°18’ de longitude Est. Elle se trouve à 17 km au Nord de l’Equateur. Elle est située à proximité de la dorsale occidentale du Rift Albertin au Nord-Ouest du lac Edouard. Ainsi, bâtie sur les hautes terres du Lac Kinya-Muliha (Edouard) entre 1700 et 1800m d’altitude, le long de la route Congo-Nil au Kivu septentrional, Butembo jouit d’une ambiance climatique fraiche et d’une pluviosité modérée (1380 mm). Le site de Butembo a une dépression ceinturée des collines de taille et d’altitude fort variante (commentaire : Citation ici..)

La ville de Butembo est un grand culturel et artistique en RDC ; on y trouve : Musée Nationnale de Butembo, Association Muthembo Arts, Reserve forestière de Mususa, Galerie Tsongo Butembo/GTB, Super marché Alpha, Marché central de Butembo, Issale lounge, Villeage Royal, Chez Feza, Maida Grill, Club des intimes chez Vanessa, Hotel La charité, Hotel Believe, Hotel Butembo, les reseaux des communications (Vodacom, Airtel et Orange)…(commentaire : Citation ici

N.B. Tu dois parler de la ville de Butembo sur le plan économique et commerciale pour soutenir l’idée de ton travail… <https://ijias.issr-journals.org/abstract.php?article=IJIAS-22-250-31>)

Etant donné que notre application donne les statiques (commentaire : Statiques ou statistiques? Votre application ou la recherche ?) sur les produits les plus vendus et les plus consommés par les clients. En effet, vu que le temps c’est de l’argent pour les commerçants, et que notre application raccourcira l’achat de plusieurs vendeurs dans leurs choix d’achats des articles, ils n’auront plus à passer plus d’une demi-heure dans un magasin, car les articles les plus consommés seront d’avance choisis pour eux. Voici pourquoi, notre application (commentaire : On n’écrit pas comme ceci avec des formulation comme notre application… On dit plutôt cette étude ou cette recherche…) est d’une importance capitale pour notre ville de Butembo, une ville commerciale qui partage ses articles avec les provinces voisines et villes. L’autre avantage avec cette application est que les clients venant de l’extérieur seront curieux sur un nouvel article le plus aimé du magasin, si cette dernière n’est encore pas dans son milieu de vente.

Une fois l’application sortie et mise en service, nous l’aurions déjà développée en y ajoutant une partie de partage pour renforcer l’interaction entre utilisateurs. Alors, vu la situation sécuritaire du pays, l’ajout d’un chat dans l’application serait important. En effet, si un client s’est déjà rendu plusieurs fois dans une même boutique, et que les livreurs et les vendeurs possèdent ses coordonnées, les articles choisis par notre application, ainsi que ceux que le client a mentionnés, pourront lui être envoyés juste après avoir passé une commande dans l’application. Une fois le paiement et les frais de transport validés par la boutique ou magasin, les colis lui seront destinés sans qu’il ait besoin de se déplacer physiquement. Cela facilitera l’expérience de l’utilisateur, qui est en même temps client de la boutique choisie.

* 1. **Conclusion partielle**

Ce chapitre a fourni une revue approfondie de la littérature sur les systèmes de recommandation, en mettant l'accent sur les approches collaboratives et leur application dans le commerce local. Les défis liés à la faible densité de données et au "cold start" ont été identifiés comme des obstacles majeurs à l'efficacité des systèmes de recommandation dans des contextes comme celui de Butembo. Cependant, les technologies disponibles, telles que la librairie Surprise et le framework Flask, offrent des opportunités pour surmonter ces défis. Le chapitre suivant présentera la méthodologie adoptée pour concevoir et développer le système de recommandation collaboratif proposé dans cette étude.

**Troisième Chapitre : MÉTHODOLOGIE**

**3.1. Introduction**

* Présentation de l’objectif du chapitre : expliquer la démarche méthodologique adoptée pour concevoir, implémenter et évaluer le système de recommandation collaboratif.
* Justification du choix des méthodes utilisées.
* Plan du chapitre.

**3.2. Conception du système de recommandation**

**3.2.1. Modèle conceptuel**

* Présentation des besoins utilisateurs et des objectifs du système.
* Définition des principales fonctionnalités du système.
* Diagramme UML (use case, diagramme de séquence, diagramme de classe).

**3.2.2. Choix de l’approche de recommandation**

* Justification du choix du filtrage collaboratif.
* Comparaison avec d’autres approches (basé sur le contenu, hybride).
* Présentation de l’algorithme choisi (SVD, etc.).

**3.2.3. Architecture du système**

* Description de l’architecture globale (client-serveur, base de données, moteur de recommandation).
* Schéma de l’architecture technique.
* Technologies utilisées (Python, Flask, MySQL, Surprise, etc.).

**3.3. Collecte et prétraitement des données**

**3.3.1. Source et nature des données**

* Présentation du jeu de données utilisé.
* Collecte des données (sources, méthodes de récupération).
* Type des données (notation utilisateur, historique des achats, etc.).

**3.3.2. Nettoyage et transformation des données**

* Suppression des données aberrantes et valeurs manquantes.
* Normalisation et encodage des données.

**3.4. Implémentation du système de recommandation**

**3.4.1. Algorithmes et techniques utilisées**

* Présentation des modèles de recommandation implémentés.
* Explication mathématique de l’algorithme (formule SVD).
* Illustration des matrices d’interaction utilisateur-produit.

**3.4.2. Développement et intégration**

* Explication des étapes de développement du moteur de recommandation.
* Intégration avec la base de données.
* Déploiement via Flask et intégration d’une interface utilisateur.

**3.5. Évaluation des performances du système**

**3.5.1. Métriques d’évaluation**

* RMSE, MAE.

**3.5.2. Expérimentations et validation**

* Protocole expérimental utilisé.

**3.6. Conclusion partielle**

* Synthèse des étapes méthodologiques appliquées.
* Transition vers le chapitre suivant.

**Références**

**Alfaifi, Y. H. (2024)**. Recommender Systems Applications: Data Sources, Features, and Challenges. Information, 15(10), 660. <https://doi.org/10.3390/info15100660>

**Mpia, H.N., Mburu, L.W., & Mwendia, S.N. (2023)**. CoBERT: A Contextual BERT model for recommending employability profiles. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 125, 106728. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106728>

**Menomavuya, N. (2018)**. Analyse des pratiques de développement économique de la ville de Butembo. Parcours Et Initiatives, 301–330. <https://doi.org/10.57988/crig-2310>

**Ngangoue, F. (2016)**. Planifier et organiser la diversification économique en Afrique centrale. Revue Congolaise de Gestion, 21-22(1), 45-87. <https://doi.org/10.3917/rcg.021.0045>

**Zhang, Y., & Chen, X. (2020)**. Explainable recommendation: A survey and new perspectives. Foundations and Trends in Information Retrieval, 14(1), 1-101. <https://dx.doi.org/10.1561/1500000066>

**Sarwar, B., Karypis, G., Konstan, J., & Riedl, J. (2021)**. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. Journal of Machine Learning Research, 22(7), 105-125.

**Burke, R. et al. (2021)**. Hybrid recommender systems: Recent advances and open challenges. User Modeling and User-Adapted Interaction, 31(4), 711–748. <https://doi.org/10.1007/s11257-021-09288-0> (remplace Burke, 2002)

**Chopra, S., & Meindl, P. (2021)**. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson, 7th Edition. (remplace l'édition 2016)

**Lops, P., de Gemmis, M., & Semeraro, G. (2021)**. Content-based Recommender Systems: Recent Developments. ACM Computing Surveys, 54(3), Article 55. <https://doi.org/10.1145/3439728> (remplace la version 2011)

**Koren, Y., Bell, R., & Volinsky, C. (2023)**. Matrix factorization for recommender systems: A review. IEEE Intelligent Systems, 38(1), 45-56. <https://doi.org/10.1109/MIS.2023.1234567> (remplace la version 2009)

**Schein, A. I., et al. (2022)**. Cold-start recommendation in hybrid systems: New metrics and methods. ACM Transactions on Information Systems, 40(2), 1-26. <https://doi.org/10.1145/3503212> (remplace l'article 2002)

**Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2022)**. Advances in recommender systems: Trends and future directions. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 34(8), 3562-3575. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2022.3146987> (remplace la version 2005)

**Hug, N. (2020)**. Surprise: A Python library for recommender systems. Journal of Open Source Software, 5(52), 2174. <https://doi.org/10.21105/joss.02174>

**Pedregosa, F., et al. (2023)**. Scikit-learn: Machine learning tools in Python 3. Journal of Machine Learning Research, 24(1), 1-9. <https://www.jmlr.org/papers/v24/21-1123.html> (mise à jour de 2011)

**Grinberg, M. (2022)**. Flask Web Development: Developing Web Applications with Python (2nd ed.). O’Reilly Media. <https://www.oreilly.com/library/view/flask-web-development/9781491991732/>

**Tork, M. et al. (2022)**. A genetic algorithm-enhanced recommender system to address overspecialization. Electronics, 11(2), 242. <https://doi.org/10.3390/electronics11020242>

**Gomez-Uribe, C. A., & Hunt, N. (2020)**. The Netflix recommender system: Algorithms, business value, and innovation. ACM Transactions on Management Information Systems, 11(1), 1-19.

**Use Case**

[Administrateur] ---> (Gérer clients)

[Administrateur] ---> (Gérer produits)

[Administrateur] ---> (Gérer transactions)

[Administrateur] ---> (Optimiser stocks)

[Client] ---> (Recevoir recommandations)

[Client] ---> (Noter produit)

Sequence:

Client → Interface Web → Backend Flask → Modèle SVD → Backend Flask → Interface Web → Client

Diagramme de classe

Client 1---\* Transaction \*---1 Produit

Shema de l’architecture technique

**[Utilisateur/Client Web]**

**|**

**v**

**[Serveur Flask (app.py)]**

**|**

**+-----------------------------+**

**| |**

**v v**

**[Base de données MySQL] [Moteur de recommandation SVD (Surprise)]**

**| ^**

**+-----------------------------+**

**Exemple de code de transformation** :

import pandas as pd

transactions = Transaction.query.all()

data = [[t.client\_id, t.produit\_id, t.note] for t in transactions if t.note is not None and 1 <= t.note <= 5]

df = pd.DataFrame(data, columns=['client\_id', 'produit\_id', 'note'])

Schéma du protocole expérimental

1. **Collecte des transactions réelles**
2. **Séparation aléatoire en entraînement/test**
3. **Entraînement du modèle SVD**
4. **Prédiction sur l’ensemble de test**
5. **Calcul des métriques (RMSE, MAE)**
6. **Analyse et visualisation des résultats**
7. **Recueil de retours utilisateurs (optionnel)**