



**TIMING OPTIMAL DES PAIEMENTS  
INTERNATIONAUX SELON LES MARCHÉS ASIATIQUE,  
EUROPÉEN ET NORD-AMÉRICAIN : CAS DE LA RD CONGO<sup>i</sup>**

**Edson Niyonsaba Sebigunda<sup>iii</sup>,  
John Weirstrass Muteba Mwamba<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>La Haute École de Commerce de Kinshasa,  
République Démocratique du Congo

<sup>2</sup>University of Johannesburg,  
School of Economics,

Johannesburg, South Africa

<sup>3</sup>York University,  
School of Health Policy and Management,  
Toronto, Canada

**Résumé :**

Cette étude analyse les variations des taux de change entre les sessions de marché (Asie, Europe, Amérique) pour optimiser le timing des paiements internationaux, avec une perspective particulière sur la République Démocratique du Congo, dont l'économie dépend fortement des devises étrangères pour ses activités quotidiennes. Cinq paires de devises sont examinées (2023-2025), en accordant une attention spéciale au CDF/USD comme cas d'étude représentatif des défis uniques auxquels font face les économies émergentes Africaines. Notre méthodologie combine analyse statistique, modélisation GARCH et apprentissage automatique (Gradient Boosting) pour identifier les patterns temporels exploitables. Les résultats révèlent des inefficiences systématiques, avec des économies potentielles atteignant 1,5% sur les transactions internationales. La prévisibilité varie considérablement ( $R^2=0,75$  pour l'EUR/USD contre  $R^2=0,34-0,40$  pour le CDF/USD), reflétant les différentes dynamiques de marché. Cette recherche offre aux entreprises Congolaises, institutions financières et à la Banque Centrale du Congo un cadre pratique pour optimiser leurs opérations de change, réduire les coûts de transaction et améliorer la gestion des réserves, contribuant ainsi à renforcer la stabilité économique nationale dans un contexte de forte dépendance aux devises étrangères.

**JEL:** F31, G15, D53, O55, E58

<sup>i</sup> OPTIMAL TIMING OF INTERNATIONAL PAYMENTS ACROSS ASIAN, EUROPEAN AND NORTH AMERICAN MARKETS: THE CASE OF DR CONGO

<sup>ii</sup> Correspondence: email [nathedson@gmail.com](mailto:nathedson@gmail.com), [nedson@heckin.ac.cd](mailto:nedson@heckin.ac.cd), [johnmu@uj.ac.za](mailto:johnmu@uj.ac.za)

**Mots-clés :** marchés des changes, microstructure du marché, arbitrage temporel, Franc Congolais, économies émergentes

**Abstract:**

This study analyzes exchange rate variations between market sessions (Asia, Europe, America) to optimize the timing of international payments, with a particular focus on the Democratic Republic of Congo, whose economy heavily depends on foreign currencies for its daily activities. Five currency pairs are examined (2023-2025), with special attention given to CDF/USD as a representative case study of the unique challenges faced by emerging African economies. Our methodology combines statistical analysis, GARCH modeling, and machine learning (Gradient Boosting) to identify exploitable temporal patterns. Results reveal systematic inefficiencies, with potential savings reaching 1.5% on international transactions. Predictability varies considerably ( $R^2=0.75$  for EUR/USD versus  $R^2=0.34-0.40$  for CDF/USD), reflecting different market dynamics. This research provides Congolese companies, financial institutions, and the Central Bank of Congo with a practical framework to optimize their foreign exchange operations, reduce transaction costs, and improve reserves management, thus contributing to strengthening national economic stability in a context of strong dependence on foreign currencies.

**Keywords:** foreign exchange markets, market microstructure, time arbitrage, Congolese Franc, emerging economies

**Introduction**

Dans le contexte actuel de la mondialisation financière, les entreprises multinationales des marchés émergents Africains font face à des défis considérables dans la gestion de leurs flux financiers internationaux. La volatilité des changes, les asymétries d'information et les écarts de liquidité entre sessions de trading constituent des obstacles majeurs à l'optimisation des transactions internationales.

Le marché des changes (Forex), avec un volume quotidien dépassant 6,6 trillions de dollars Américains (BIS, 2022), présente des fluctuations intra-journalières significatives liées aux ouvertures et fermetures des principales places financières mondiales. La compréhension de ces patterns représente un enjeu stratégique pour les gestionnaires qui cherchent à minimiser les coûts de transaction.

Les entreprises Africaines, confrontées à des défis uniques liés à la volatilité de leurs devises locales, pourraient réaliser des économies substantielles en synchronisant leurs paiements avec les moments optimaux du cycle de trading. Cet enjeu est crucial pour les économies Africaines en phase d'intégration dans les chaînes de valeur mondiales, avec un volume d'échanges commerciaux qui a quadruplé ces deux dernières décennies.

Cette recherche examine l'existence d'un timing optimal pour les paiements internationaux et développe un cadre prédictif pour identifier ces opportunités, visant à

transformer les inefficiences temporaires du marché en avantage stratégique pour les entreprises engagées dans le commerce international.

La théorie de l'efficacité des marchés suggère que les variations des taux de change seraient imprévisibles. Cependant, de nombreuses études empiriques ont démontré des déviations par rapport à cette efficacité, particulièrement à court terme (Lo, 2004 ; Muteba Mwamba, 2011). Des patterns récurrents ont été identifiés dans les variations des taux de change, notamment des effets saisonniers et des impacts des annonces macroéconomiques.

L'inefficacité est particulièrement prononcée pour les devises Africaines. Kodongo et Ojah (2012) ont démontré que ces marchés présentent des déviations significatives par rapport à l'hypothèse d'efficacité, créant des opportunités d'arbitrage temporel.

La théorie de la microstructure des marchés offre un cadre pour comprendre les variations à court terme des taux de change, mettant l'accent sur les frictions du marché et les asymétries d'information. Les flux d'ordres et la liquidité intra-journalière peuvent expliquer une part substantielle de la variation des taux de change à court terme.

Des études ont identifié des patterns d'activité distincts entre différentes catégories d'acteurs selon les heures de la journée, créant des opportunités d'arbitrage. Berger *et al.* (2008) ont révélé que les caractéristiques de microstructure expliquent jusqu'à 60% de la variance des rendements à court terme, ces effets étant plus prononcés pendant certaines plages horaires spécifiques.

La théorie des cycles de liquidité postule que les transactions tendent à se concentrer à certains moments pour maximiser la liquidité disponible. Des études ont documenté que la volatilité et les volumes atteignent leur maximum pendant les heures de chevauchement des sessions Européenne et Américaine.

Breedon et Ranaldo (2013) ont identifié une tendance des devises à s'apprécier pendant les heures de trading domestiques et à se déprécier pendant les heures étrangères, phénomène qui pourrait être exploité par des entreprises flexibles dans le timing de leurs paiements.

Pour les devises Africaines, les variations intra-journalières peuvent être jusqu'à 40% plus importantes que pour les devises des marchés développés, accentuant l'impact potentiel d'une stratégie d'optimisation du timing.

L'organisation du marché Forex en trois sessions principales (Asiatique, Européenne et Nord-Américaine) crée des dynamiques spécifiques liées aux fuseaux horaires. Les périodes de transition entre ces sessions peuvent générer des opportunités d'arbitrage en raison du transfert de liquidité d'une région à l'autre.

Malgré l'augmentation de l'activité algorithmique, des inefficiences temporelles persistent, particulièrement au début et à la fin des principales sessions de trading. Pour les entreprises Africaines, ces effets sont amplifiés par leur position périphérique par rapport aux centres financiers mondiaux.

Malgré les avancées dans la compréhension des dynamiques intra-journalières des taux de change, plusieurs lacunes subsistent. La majorité des études adoptent une

perspective orientée vers le trading spéculatif, au détriment d'applications pratiques comme l'optimisation des paiements commerciaux. Il manque une approche prédictive permettant d'anticiper le moment optimal pour effectuer un paiement international, et les recherches se concentrent principalement sur les grandes paires de devises, négligeant les marchés émergents. De plus, les dynamiques intra-journalières sont rarement analysées en lien avec les données macroéconomiques, et aucune évaluation quantitative n'a été proposée pour mesurer l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements internationaux.

Cette étude poursuit plusieurs objectifs :

- Analyser l'existence systématique de variations dans les taux de change entre les différentes sessions de trading pour identifier des patterns exploitables.
- Examiner l'influence des fuseaux horaires et des jours de la semaine sur les variations des taux de change.
- Développer un modèle prédictif intégrant données de microstructure et indicateurs macroéconomiques.
- Quantifier l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements sur les coûts de transaction.
- Formuler des recommandations stratégiques adaptées aux réalités des entreprises des marchés émergents africains.

Cette recherche apporte plusieurs contributions significatives ; premièrement, elle propose une application concrète des théories de microstructure à un problème pratique de gestion financière internationale, offrant une perspective orientée vers les paiements commerciaux. Deuxièmement, elle développe un cadre prédictif novateur combinant apprentissage automatique et modèles économétriques traditionnels. Notre méthodologie intègre des modèles de Gradient Boosting avec des modèles GARCH pour capturer à la fois les tendances directionnelles et les dynamiques de volatilité.

Troisièmement, en incluant des paires de devises impliquant des économies émergentes (notamment le Franc Congolais), notre étude élargit la portée de la recherche au-delà des devises majeures traditionnellement étudiées. Quatrièmement, notre recherche quantifie l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements, fournissant une justification tangible pour l'adoption de telles stratégies. Enfin, notre étude se distingue par son approche intégrée qui combine l'analyse des variations intra-journalières avec des données macroéconomiques, permettant de capturer à la fois les dynamiques à court terme et les tendances à plus long terme.

L'optimisation du timing des paiements internationaux revêt une importance particulière dans le contexte économique actuel. Pour les entreprises multinationales, chaque avantage marginal peut contribuer significativement à la performance financière globale. Cette opportunité est particulièrement pertinente à l'ère de la numérisation des services financiers. L'émergence de plateformes de paiement en temps réel a considérablement réduit les contraintes qui limitaient auparavant la flexibilité temporelle des paiements internationaux.

Pour les entreprises Africaines, qui opèrent souvent avec des marges réduites et un accès limité aux instruments financiers sophistiqués, l'optimisation du timing peut constituer un levier significatif d'amélioration de la compétitivité. Des recherches sur les entreprises Ghanéennes ont révélé que même de petites améliorations dans la gestion des opérations de change peuvent se traduire par des augmentations significatives de la rentabilité (Tagoe, *et al.*, 2015). Par ailleurs, l'émergence de la Zone de Libre-Échange Continentale Africaine en 2021 a considérablement accru l'importance des paiements transfrontaliers pour les entreprises du continent, avec des échanges intra-Africains qui devraient augmenter de 52% d'ici 2025.

Les implications pratiques de cette recherche s'étendent à plusieurs domaines - Pour les Trésoriers d'Entreprise, les résultats offrent un cadre analytique pour planifier le timing optimal des paiements internationaux, permettant de réduire les coûts de transaction, d'améliorer la gestion des flux de trésorerie et de développer des stratégies de couverture plus ciblées. Pour les Institutions Financières, cette recherche présente une opportunité de développer des offres à valeur ajoutée, différenciant leur offre dans un marché concurrentiel et générant de nouvelles sources de revenus. Pour les Décideurs Politiques, particulièrement dans les économies émergentes, les insights générés peuvent aider à mieux comprendre les dynamiques intra-journalières affectant leurs devises nationales et à élaborer des interventions plus ciblées et efficaces.

## 2. Revue De La Littérature

La théorie de l'efficacité des marchés (EMH) développée par Fama (1970) suggère que dans un marché efficace, les prix des actifs reflètent entièrement toutes les informations disponibles, rendant impossibles les profits anormaux systématiques. Appliquée au marché des changes, cette perspective impliquerait que le timing des transactions n'aurait pas d'influence sur leur coût total.

Cependant, un corpus croissant de recherches a remis en question la stricte efficacité des marchés de change. Les travaux de Lo (2004) sur l'hypothèse des marchés adaptatifs suggèrent que l'efficacité fluctue au fil du temps et varie selon les conditions de marché. Pour les devises des économies émergentes, ces inefficiences sont souvent plus prononcées. Kodongo et Ojah (2012) ont constaté des déviations significatives par rapport à l'efficacité de marché dans plusieurs devises Africaines, caractérisées par des asymétries d'information et des volumes de transaction limités.

Même pour les paires de devises majeures, des analyses de données à haute fréquence ont révélé des patterns systématiques liés aux ouvertures et fermetures des principales places financières mondiales, suggérant que le timing pourrait effectivement influencer le coût des transactions de change. Ces inefficiences créent le fondement théorique pour notre recherche - si les marchés des changes présentent des variations systématiques et prévisibles à certains moments de la journée, alors il devient possible d'optimiser le timing des paiements internationaux pour réduire les coûts de transaction.

La théorie de la microstructure des marchés offre un cadre conceptuel crucial pour comprendre les variations à court terme des taux de change. Contrairement aux modèles macroéconomiques traditionnels, cette approche se concentre sur les dynamiques intra-journalières et les mécanismes de formation des prix à court terme. Cette approche s'est révélée particulièrement fructueuse pour expliquer les mouvements des taux de change. Des études ont démontré que les flux d'ordres peuvent expliquer jusqu'à 60% des variations quotidiennes des taux de change, une performance nettement supérieure aux modèles macroéconomiques classiques.

Dans le contexte des dynamiques intra-journalières, des recherches ont identifié des patterns récurrents liés au cycle des sessions de trading mondiales. La liquidité, les spreads bid-ask et la volatilité suivent des patterns prévisibles au cours de la journée, créant potentiellement des opportunités d'optimisation pour les acteurs du marché. Breedon et Ranaldo (2013) ont documenté "l'effet de la monnaie locale" - une tendance des devises à s'apprécier pendant les heures de trading domestiques et à se déprécier pendant les heures étrangères. Pour notre étude, cette découverte suggère qu'il pourrait être avantageux de programmer les paiements sortants pendant les heures domestiques de la devise cible. Les dynamiques de microstructure sont encore plus prononcées pour les devises des marchés émergents, où les effets d'asymétrie d'information et de liquidité sont significativement plus importants, amplifiant l'impact potentiel des stratégies d'optimisation du timing.

Un aspect crucial est la variation des coûts de transaction implicites au cours de la journée. Des recherches ont documenté comment les spreads bid-ask évoluent selon un pattern prévisible, atteignant généralement leur minimum pendant les périodes de chevauchement des sessions (notamment entre les sessions Européenne et Américaine), offrant une fenêtre potentiellement optimale pour les transactions de grande taille.

La théorie des cycles de liquidité offre un cadre théorique pour comprendre pourquoi les transactions tendent à se concentrer à certains moments spécifiques. Ce modèle prédit que les traders ont tendance à synchroniser leurs activités pour profiter d'une liquidité accrue, créant un cercle vertueux d'accumulation de transactions durant certaines périodes. Dans le contexte des marchés des changes, cette théorie a été empiriquement validée. Des analyses de données haute fréquence ont constaté que la liquidité suit un pattern cyclique prévisible, avec des pics significatifs pendant les périodes de chevauchement des principales sessions de trading. Ces cycles influencent non seulement les volumes de transaction mais aussi la volatilité et les coûts de transaction.

La compréhension de ces cycles est particulièrement importante pour les entreprises effectuant des paiements internationaux de grande valeur. Des études ont démontré que l'impact des transactions sur les prix de marché varie considérablement selon l'heure de la journée, avec un impact minimal pendant les périodes de forte liquidité. Cette relation inverse entre liquidité et impact de marché suggère qu'il serait avantageux de synchroniser les paiements de grande taille avec les périodes de liquidité maximale.

Pour les devises des marchés émergents, ces cycles de liquidité sont souvent plus prononcés. Des recherches sur plusieurs devises Africaines ont constaté des variations intra-journalières de liquidité jusqu'à trois fois plus importantes que celles observées pour les devises majeures (Adegbite and Ayadi, 2010). Un aspect particulièrement pertinent est l'interaction de ces cycles avec les événements macroéconomiques programmés. Des études ont identifié des modifications systématiques dans la liquidité et le comportement des prix avant et après les annonces économiques majeures, créant des opportunités d'optimisation supplémentaires (Lyons, 2001).

L'organisation du marché Forex en trois sessions principales (Asie, Europe, Amérique) crée une structure temporelle unique qui influence les dynamiques des taux de change. Des recherches ont documenté comment les transitions entre ces sessions créent des patterns prévisibles dans les mouvements des prix et la liquidité (Dacorogna, *et al.*, 2001). Le transfert de l'activité de trading d'une région à l'autre s'accompagne souvent de mouvements de prix significatifs. Ces études ont également examiné comment la composition des participants au marché évolue au cours des différentes sessions. La proportion d'acteurs institutionnels, de traders algorithmiques et d'entreprises commerciales varie systématiquement selon l'heure de la journée, influençant les dynamiques de formation des prix. Ces variations suggèrent que certaines sessions pourraient être plus favorables pour des types spécifiques de transactions.

Pour les entreprises Africaines, ces effets de fuseau horaire sont particulièrement pertinents. Comme l'ont souligné Asongu *et al.* (2018), de nombreuses entreprises Africaines opèrent dans des fuseaux horaires qui ne s'alignent parfaitement avec aucune des trois principales sessions de trading. Cette position temporelle "intermédiaire" peut créer à la fois des défis et des opportunités uniques pour l'optimisation du timing des paiements. Melvin et Yin (2000) ont également mis en évidence l'importance des transitions entre sessions, particulièrement pour les paires de devises qui ne sont pas activement tradées pendant certaines heures. Les périodes de transmission entre les centres financiers sont souvent caractérisées par une volatilité accrue et des ajustements de prix significatifs.

L'évolution des méthodes quantitatives a considérablement enrichi notre capacité à analyser et prédire les dynamiques intra-journalières des taux de change. Les approches traditionnelles basées sur les séries temporelles, comme les modèles ARIMA et GARCH, ont été largement utilisées pour modéliser la volatilité et les rendements des taux de change. Andersen et Bollerslev (1997) ont développé des modèles capables de capturer les patterns de volatilité intra-journaliers, combinant modélisation GARCH et composantes périodiques pour identifier les cycles récurrents dans la volatilité des taux de change. Ces méthodes ont été étendues pour incorporer des éléments tenant compte des effets de fuseau horaire et des cycles hebdomadaires.

Plus récemment, les techniques d'apprentissage automatique ont offert de nouvelles perspectives. Des recherches ont démontré que les modèles de forêts aléatoires et de boosting peuvent surpasser les modèles économétriques traditionnels dans la prédiction des variations à court terme des taux de change, capturant des relations non-

linéaires complexes (Zhang, *et al.*, 2017 ; Gençay, *et al.*, 2001). Particulièrement pertinent est le développement d'approches hybrides utilisant des réseaux de neurones pour prédire les mouvements intra-journaliers en intégrant à la fois des variables de microstructure et des indicateurs macroéconomiques. Pour les devises des marchés émergents, des méthodologies adaptées ont été développées pour tenir compte des spécificités de ces marchés, notamment la liquidité limitée et les interventions fréquentes des banques centrales.

Ces avancées méthodologiques suggèrent qu'une approche hybride, combinant modèles économétriques traditionnels et techniques d'apprentissage automatique, pourrait être particulièrement efficace pour identifier et exploiter les patterns intra-journaliers dans les taux de change.

Malgré l'abondance de recherches sur les dynamiques intra-journalières des taux de change, relativement peu d'études ont explicitement exploré leurs implications pour la gestion financière des entreprises non financières. Parmi les exceptions notables, Melvin et Prins (2015) ont examiné comment les entreprises multinationales pourraient optimiser leurs opérations de change en tenant compte des patterns de liquidité intra-journaliers. Leur étude a démontré que les entreprises qui alignent leurs transactions avec les périodes de forte liquidité peuvent réduire leurs coûts de transaction de 3 à 5 points de base en moyenne.

D'autres travaux ont fourni un cadre conceptuel pour l'intégration des considérations de timing dans la stratégie de gestion des risques de change des entreprises, soulignant l'importance d'une approche holistique qui considère non seulement les instruments de couverture traditionnels mais aussi l'optimisation opérationnelle des flux de paiements. Pour les entreprises Africaines spécifiquement, des recherches ont documenté les défis uniques en matière de gestion des risques de change, mettant en évidence comment la combinaison de marchés peu développés et de devises volatiles amplifie l'importance d'une gestion proactive des transactions internationales (Alagidede & Ibrahim, 2017 ; Okafor *et al.*, 2017).

Les avancées technologiques récentes ont considérablement facilité l'implémentation de stratégies d'optimisation du timing. Des études ont exploré comment les plateformes de paiement numériques permettent désormais aux entreprises d'automatiser leurs décisions de paiement en fonction d'algorithmes prédictifs. Enfin, des travaux sur les contraintes financières des entreprises exportatrices soulignent l'importance cruciale de l'optimisation des coûts de transaction pour les entreprises opérant avec des marges limitées.

Bien que la littérature existante ait significativement contribué à la compréhension des dynamiques intra-journalières, notre étude ambitionne de combler plusieurs lacunes importantes: en premier lieu, malgré la documentation de nombreux patterns au cours de la journée, peu de travaux ont développé un cadre explicitement prédictif axé sur l'optimisation des paiements internationaux des entreprises ; deuxièmement, la recherche actuelle se concentre majoritairement sur les paires de devises majeures, négligeant souvent les devises des marchés émergents, une lacune que notre inclusion du Franc

Congolais (CDF) cherche à adresser ; troisièmement, l'intégration de données macroéconomiques dans l'analyse des patterns intra-journaliers a été rarement explorée, faisant de notre approche combinant données de microstructure haute fréquence et indicateurs macroéconomiques une innovation méthodologique notable ; quatrièmement, la quantification systématique de l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements demeure largement inexplorée, une lacune critique que notre analyse quantitative détaillée vise à combler ; enfin, il existe un manque significatif de recherches développant des outils pratiques directement utilisables par les entreprises, une contribution concrète que nous apportons par le développement d'un outil de recommandation basé sur des modèles prédictifs.

Cette revue de la littérature démontre que, bien que des recherches substantielles aient établi l'existence de patterns exploitables dans les variations intra-journalières des taux de change, il reste des lacunes importantes concernant leur application pratique pour l'optimisation des paiements internationaux, particulièrement dans le contexte des marchés émergents et des entreprises Africaines.

### 3. Méthodologie

Cette étude emploie une combinaison de méthodes statistiques, économétriques et d'apprentissage automatique pour analyser et prédire les variations des taux de change entre différentes sessions de trading. Notre approche méthodologique comprend quatre composantes principales : (1) une analyse descriptive des variations entre sessions, (2) une modélisation de la volatilité conditionnelle avec des modèles GARCH, (3) des modèles prédictifs basés sur les techniques de Gradient Boosting, et (4) une évaluation quantitative de l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements. Cette approche multidimensionnelle nous permet de capturer à la fois les patterns récurrents dans les variations intra-journalières et les relations complexes entre ces variations et diverses variables explicatives, allant des indicateurs calendaires aux fondamentaux macroéconomiques.

La pierre angulaire de notre analyse est le calcul des variations de taux de change entre les différentes sessions de trading. Pour chaque paire de devises, nous calculons trois types de variations :

- *Variation Asie → Europe (AE)* : La variation en pourcentage du taux de change entre la clôture de la session Asiatique et la clôture de la session Européenne
- *Variation Europe → Amérique (EA)* : La variation en pourcentage entre la clôture de la session Européenne et la clôture de la session Américaine
- *Variation journalière totale (DJ)* : La variation en pourcentage entre la clôture de la session Asiatique et la clôture de la session Américaine

Ces variations sont calculées comme suit :

$$\Delta_{AE,t} = \frac{P_{Europe,t} - P_{Asie,t}}{P_{Asie,t}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\Delta_{EA,t} = \frac{P_{Amérique,t} - P_{Europe,t}}{P_{Europe,t}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\Delta_{DJ,t} = \frac{P_{Amérique,t} - P_{Asie,t}}{P_{Asie,t}} \times 100\% \quad (3)$$

où  $P_{Asie,t}$ ,  $P_{Europe,t}$  et  $P_{Amérique,t}$  représentent les prix de clôture des sessions Asiatique, Européenne et Américaine respectivement au jour  $t$ .

Il est important de noter que  $\Delta_{DJ,t}$  n'est pas simplement la somme de  $\Delta_{AE,t}$  et  $\Delta_{EA,t}$  en raison de la nature composée des rendements, mais peut être approximativement décomposé comme :

$$\Delta_{DJ,t} \approx \Delta_{AE,t} + \Delta_{EA,t} \quad (4)$$

pour de petites variations, comme c'est généralement le cas dans notre analyse.

Pour caractériser les patterns dans les variations entre sessions, nous calculons plusieurs statistiques descriptives pour chaque type de variation et pour chaque paire de devises :

$$\text{Moyenne } (\mu): \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad (5)$$

$$\text{Écart-type } (\sigma): \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \mu)^2} \quad (6)$$

$$\text{Asymétrie } (S): S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta_i - \mu}{\sigma} \right)^3 \quad (7)$$

$$\text{Kurtosis } (K): K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta_i - \mu}{\sigma} \right)^4 \quad (8)$$

$$\text{Proportion de variations positives : } P(+) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbb{1}_{\Delta_i > 0} \quad (9)$$

$$\text{Proportion de variations négatives : } P(-) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbb{1}_{\Delta_i < 0} \quad (10)$$

où  $\mathbb{1}_{condition}$  est la fonction indicatrice qui vaut 1 si la condition est vraie et 0 sinon.

Pour tester la significativité statistique des variations moyennes, nous utilisons un test  $t$  à un échantillon :

$$t = \frac{\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (11)$$

avec l'hypothèse nulle  $H_0: \mu = 0$  et l'hypothèse alternative  $H_1: \mu \neq 0$ .

### 3.1 Analyse de l'Effet du Jour de la Semaine

Pour examiner l'influence du jour de la semaine sur les variations entre sessions, nous utilisons une régression avec variables indicatrices pour chaque jour de la semaine:

$$\Delta_{i,t} = \alpha + \beta_1 D_{lun,t} + \beta_2 D_{mar,t} + \beta_3 D_{mer,t} + \beta_4 D_{jeu,t} + \beta_5 D_{ven,t} + \varepsilon_t \quad (12)$$

où  $\Delta_{i,t}$  est la variation de type  $i$  (AE, EA ou DJ) au jour  $t$ , et  $D_{jour,t}$  sont des variables indicatrices pour chaque jour de la semaine. Pour éviter la multicollinéarité parfaite, l'une des variables indicatrices est généralement omise et sert de catégorie de référence. Alternativement, nous calculons directement les moyennes conditionnelles par jour de la semaine :

$$\mu_{i,j} = \frac{1}{n_j} \sum_{t \in T_j} \Delta_{i,t} \quad (13)$$

où  $T_j$  est l'ensemble des jours de type  $j$  (Lundi, Mardi, etc.) et  $n_j$  est le nombre de jours de ce type dans l'échantillon.

### 3.2 Modélisation GARCH pour la Volatilité Conditionnelle

Pour modéliser la dynamique de la volatilité des taux de change, nous utilisons des modèles GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). Le modèle GARCH(1,1) standard est spécifié comme suit :

Pour les rendements  $r_t$ :

$$r_t = \mu + \varepsilon_t \quad (14)$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t; \text{ and } z_t \sim N(0,1)$$

où la variance conditionnelle  $\sigma_t^2$  suit le processus :

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (15)$$

avec les contraintes  $\omega > 0$ ,  $\alpha \geq 0$ ,  $\beta \geq 0$  et  $\alpha + \beta < 1$  pour assurer la stationnarité du processus.

Pour capturer les asymétries potentielles dans la réponse de la volatilité aux chocs positifs et négatifs, nous utilisons également le modèle EGARCH (Exponential GARCH) proposé par Nelson (1991):

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \alpha \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) \quad (16)$$

où le paramètre  $\gamma$  capture l'effet d'asymétrie : si  $\gamma < 0$ , les chocs négatifs augmentent davantage la volatilité que les chocs positifs de même amplitude.

Ces modèles sont estimés par maximum de vraisemblance, avec la fonction de log-vraisemblance :

$$L(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left[ \ln(2\pi) + \ln(\sigma_t^2) + \frac{\varepsilon_t^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (17)$$

où  $\theta$  représente le vecteur des paramètres à estimer.

### 3.3 Modélisation Prédictive avec Gradient Boosting

Pour prédire les variations futures entre sessions, nous utilisons des modèles de Gradient Boosting, une technique d'apprentissage d'ensemble qui construit séquentiellement des arbres de décision pour minimiser une fonction de perte. Spécifiquement, nous employons l'algorithme Gradient Boosting Regression pour prédire les variations continues.

Le modèle de Gradient Boosting peut être formalisé comme suit :

$$F(x) = \sum_{m=1}^M \gamma_m h_m(x) \quad (18)$$

où  $F(x)$  est la prédiction finale,  $h_m(x)$  sont des arbres de décision faibles (weak learners),  $\gamma_m$  sont des coefficients de pondération, et  $M$  est le nombre total d'arbres.

Ces arbres sont ajoutés séquentiellement au modèle en minimisant une fonction de perte  $L(y, F(x))$ , généralement l'erreur quadratique moyenne pour les problèmes de régression :

$$L(y, F(x)) = (y - F(x))^2 \quad (19)$$

À chaque étape  $m$ , un nouvel arbre  $h_m(x)$  est ajouté pour modéliser les résidus (pseudo-résidus) du modèle courant :

$$r_{im} = - \left[ \frac{\partial L(y_i, F(x_i))}{\partial F(x_i)} \right] F(x) = Fm - 1(x) \quad (20)$$

où  $F_{m-1}(x)$  est la prédiction du modèle après  $m - 1$  étapes.

Les hyperparamètres clés du modèle incluent :  $M$ : le nombre d'arbres (n\_estimators),  $d$ : la profondeur maximale de chaque arbre (max\_depth),  $\eta$ : le taux d'apprentissage (learning\_rate),  $\gamma$ : le paramètre de régularisation minimale pour la partition des nœuds,  $\lambda$ : le paramètre de régularisation L2. Ces hyperparamètres sont optimisés via validation croisée pour maximiser la performance prédictive tout en évitant le surapprentissage.

### 3.4 Création et Sélection des Caractéristiques

Pour améliorer la performance prédictive, nous construisons un ensemble riche de caractéristiques explicatives à partir des données brutes :

- *Caractéristiques calendaires* : Jour de la semaine (variables indicatrices ou encodage cyclique), Mois de l'année, Indicateurs de fin/début de mois, et Jour de l'année.
- *Caractéristiques de lag (retard)*: Pour chaque type de variation ( $\Delta_{AE}, \Delta_{EA}, \Delta_{DJ}$ ), nous incluons des valeurs retardées jusqu'à l'ordre  $p$ :  $\Delta_{i,t-1}, \Delta_{i,t-2}, \dots, \Delta_{i,t-p}$
- *Moyennes mobiles* : Pour diverses fenêtres temporelles  $w \in 5,10,20$ :

$$MA_{i,w,t} = \frac{1}{w} \sum_{j=1}^w \Delta_{i,t-j} \quad (21)$$

- *Mesures de volatilité* : Écart-types mobiles sur différentes fenêtres temporelles:

$$\sigma_{i,w,t} = \sqrt{\frac{1}{w} \sum_{j=1}^w (\Delta_{i,t-j} - MA_{i,w,t})^2} \quad (22)$$

- *Variables macroéconomiques* : Croissance du PIB annuelle pour chaque region, et l'Inflation (IPC) annuelle pour chaque region. La sélection des caractéristiques les plus pertinentes est effectuée à l'aide de l'importance des caractéristiques dérivée du modèle de Gradient Boosting:

$$I_j = \sum_{m=1}^M \sum_{t \in T_m} (\Delta i^2) 1(v_t = j) \quad (23)$$

où  $I_j$  est l'importance de la caractéristique  $j$ ,  $T_m$  est l'ensemble des nœuds internes de l'arbre  $m$  où la caractéristique  $j$  est utilisée pour la division,  $\Delta i^2$  est l'amélioration du critère de division, et  $v_t$  est la caractéristique utilisée pour la division au nœud  $t$ .

### 3.5 Évaluation des Modèles

Pour évaluer la performance des modèles prédictifs, nous utilisons plusieurs métriques, notamment

$$\text{Erreur Absolue Moyenne (MAE): } MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (24)$$

$$\text{Erreur Quadratique Moyenne (MSE): } MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (25)$$

Racine de l'Erreur Quadratique Moyenne (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (26)$$

$$\text{Coefficient de Détermination (R}^2\text{): } R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (27)$$

$$\text{Précision Directionnelle (DA): } DA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbb{1}_{sgn(y_i) = sgn(\hat{y}_i)} \quad (28)$$

où  $sgn(\cdot)$  est la fonction signe qui retourne +1 pour les valeurs positives et -1 pour les valeurs négatives. Pour éviter le surapprentissage et obtenir une estimation non biaisée de la performance du modèle, nous utilisons la validation croisée avec division temporelle (time series split):

$$TrainingSet = (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_t, y_t)$$

$$\text{et } TestSet = (x_{t+1}, y_{t+1}), (x_{t+2}, y_{t+2}), \dots, (x_{t+h}, y_{t+h})$$

où  $h$  est l'horizon de prédiction.

### 3.6 Quantification de l'Impact Économique

Pour évaluer l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements, nous calculons les économies potentielles pour différentes stratégies :

- *Économie par rapport à la moyenne* : Pour un montant de transaction  $A$  dans la devise de base, l'économie réalisée en choisissant le timing optimal par rapport au timing moyen est :  $Savings_{avg} = A \times \frac{\Delta_{optimal} - \Delta_{avg}}{100}$ ; où  $\Delta_{optimal}$  est la variation au moment optimal et  $\Delta_{avg}$  est la variation moyenne.
- *Économie par rapport au pire timing* :  $Savings_{worst} = A \times \frac{\Delta_{optimal} - \Delta_{worst}}{100}$ ; où  $\Delta_{worst}$  est la variation au pire moment.
- *Rendement sur investissement (ROI) de la stratégie d'optimisation* :  $ROI = \frac{Savings_{avg}}{A} \times 100$  exprimé en pourcentage du montant de transaction.

### 3.7 Recommandations de Timing Optimal

Pour générer des recommandations pratiques de timing optimal, nous combinons les prédictions des modèles pour les différentes transitions de session :

- 1) *Score global de prédiction* :  $Score_t = \widehat{\Delta}AE, t + \widehat{\Delta}EA, t$  où  $\widehat{\Delta}AE, t$  et  $\widehat{\Delta}EA, t$  sont les variations prédites pour les transitions  $Asie \rightarrow Europe$  et  $Europe \rightarrow Amérique$  au jour  $t$ .
- 2) *Identification du timing optimal* :  $t_{optimal} = \arg \max_t Score_t$  pour les paiements sortants (achats de devise étrangère), ou :  $t_{optimal} = \arg \min_t Score_t$  pour les paiements entrants (ventes de devise étrangère).
- 3) *Fenêtre de prédiction glissante* : Pour les applications pratiques, nous utilisons une fenêtre glissante de prédiction sur les  $D$  prochains jours :  $W_t = t + 1, t + 2, \dots, t + D$  et identifions le jour optimal au sein de cette fenêtre :  $t_{optimal} = \arg \max_{s \in W_t} Score_t$

## 4. Analyse Empirique

Cette étude examine les variations intra-journalières des taux de change entre différentes sessions de marché (Asie, Europe, Amérique) pour évaluer l'existence d'inefficiences temporelles exploitables. L'échantillon couvre la période de Mars 2023 à Janvier 2025, fournissant près de deux ans de données quotidiennes. L'analyse se concentre sur cinq

paires de devises : EUR/USD, CAD/USD, JPY/USD, CNY/USD et CDF/USD, représentant un mélange de devises majeures et de marchés émergents.

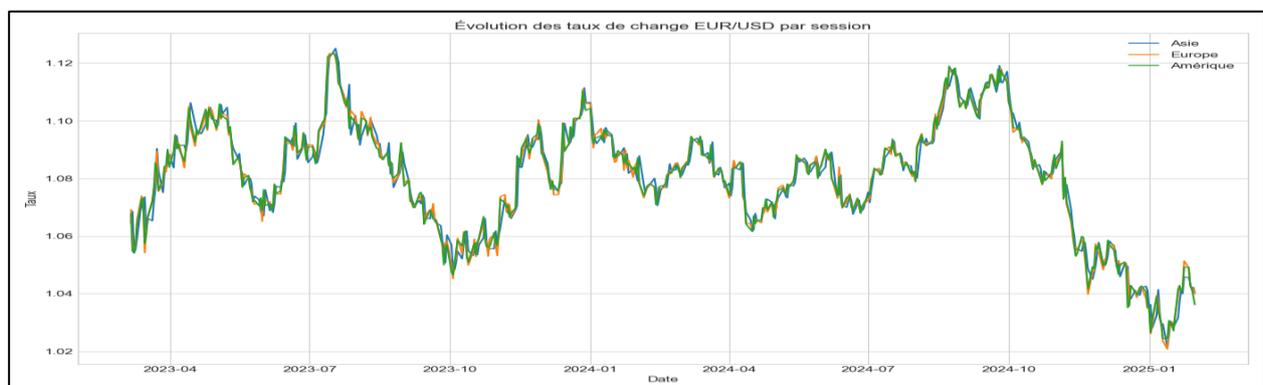
Pour chaque paire, trois types de variations sont calculés : la variation entre la session Asiatique et Européenne (Asie→Europe), la variation entre la session Européenne et Américaine (Europe→Amérique), et la variation quotidienne totale. Cette approche permet d'isoler les effets spécifiques à chaque transition entre sessions de trading.

**Tableau 1:** statistiques descriptives des variations entre sessions

Paire	Session	Moy %	Med%	Ec-type	Min%	Max%	V.pos%	V.neg%
EUR/USD	Asie→Europe	-0.0161	-0.0093	0.4419	-2.8103	2.9989	47.7542	51.1017
EUR/USD	Europe→Amérique	0.0095	0.0075	0.2262	-1.7850	2.8796	50.6568	47.0339
EUR/USD	Var quotidienne	-0.0065	0.0000	0.5042	-2.4739	3.7968	48.9619	49.8305
CAD/USD	Asie→Europe	0.0096	0.0076	0.4391	-4.7854	2.4769	50.2013	48.5060
CAD/USD	Europe→Amérique	-0.0032	-0.0074	0.2472	-2.0830	1.8903	47.8279	50.1589
CAD/USD	Var quotidienne	0.0065	0.0000	0.4986	-3.9382	3.0429	49.6186	49.2797
CNY/USD	Asie→Europe	-0.0121	-0.0016	0.1375	-1.1921	0.9058	47.0175	50.9729
CNY/USD	Europe→Amérique	0.0001	0.0000	0.0063	-0.1473	0.1889	1.9777	1.7544
CNY/USD	Var quotidienne	-0.0120	-0.0016	0.1377	-1.1921	0.9058	47.0494	50.5263
CDF/USD	Asie→Europe	0.0505	0.0000	0.5560	-5.3779	6.6236	31.1962	27.5279
CDF/USD	Europe→Amérique	-0.0134	0.0000	0.5008	-6.1742	8.0338	14.7687	20.6380
CDF/USD	Var quotidienne	0.0360	0.0000	0.5791	-5.7222	8.0327	29.7927	28.9633

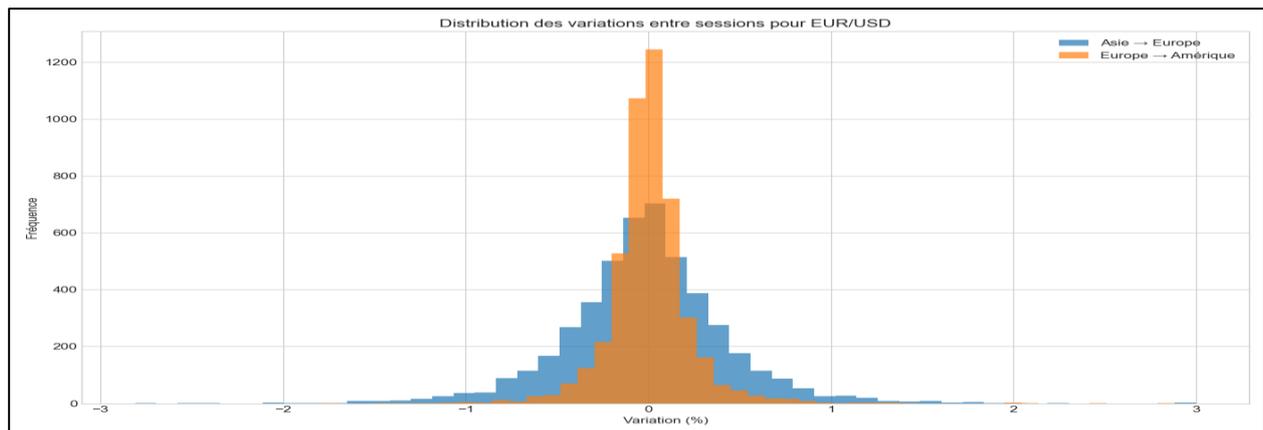
Le Tableau 1 présente les statistiques descriptives des variations entre sessions pour les différentes paires de devises. On observe des différences notables dans les moyennes, écarts-types et distributions des variations selon les paires et les transitions entre sessions. L'EUR/USD montre une tendance significative à la dépréciation durant la transition Asie→Europe (-0,0161%) et à l'appréciation durant Europe→Amérique (0,0095%). Le CDF/USD présente la volatilité la plus élevée (écart-type jusqu'à 0,5791%) et un pourcentage important d'observations sans changement (41-64%), caractéristique des marchés peu liquides.

#### 4.1 Évolution des Taux de Change par Session EUR/USD



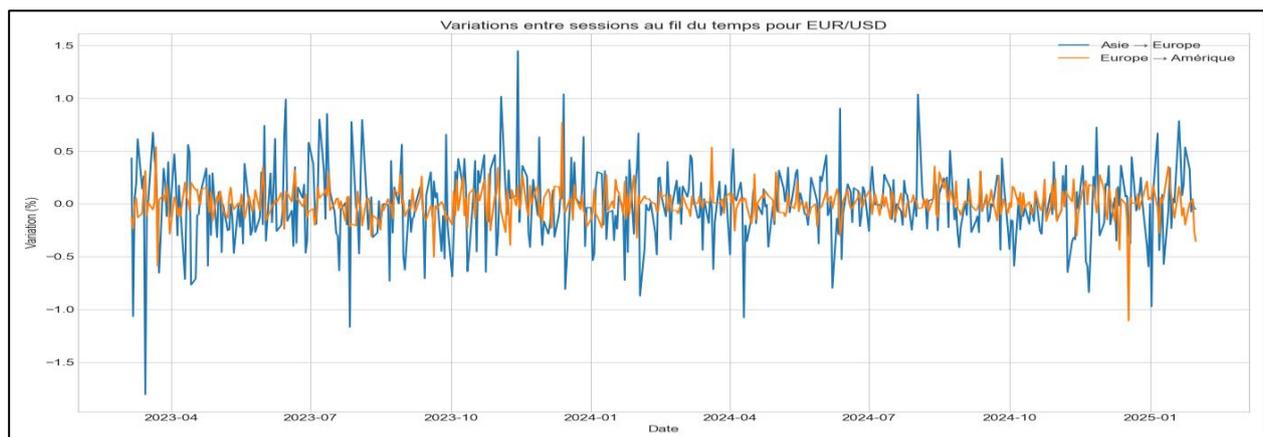
**Figure 1 :** L'évolution de l'EUR/USD

La Figure 1 illustre l'évolution de l'EUR/USD au cours de la période d'étude. La paire présente plusieurs cycles d'appréciation et dépréciation, avec des pics atteignant 1,12 en Juillet 2023 et Août 2024, suivis d'une tendance baissière marquée à partir d'Octobre 2024, atteignant des niveaux proches de 1,03 en Janvier 2025. On observe un alignement étroit entre les trois sessions de trading, avec des écarts modestes, indiquant une forte continuité du marché EUR/USD entre les différentes zones géographiques.



**Figure 2 :** La distribution des variations entre sessions pour l'EUR/USD

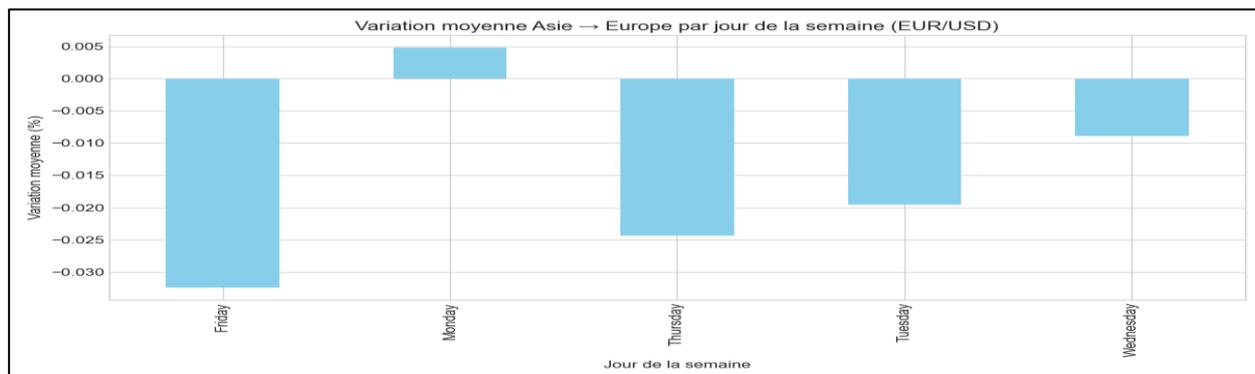
La Figure 2 montre la distribution des variations entre sessions pour l'EUR/USD. La transition Europe→Amérique (en orange) présente une distribution plus concentrée autour de zéro que la transition Asie→Europe (en bleu), qui affiche une dispersion plus large. Cette différence suggère que les opportunités d'arbitrage temporel sont plus nombreuses pendant la transition Asie→Europe, lorsque les marchés Européens réagissent aux développements survenus pendant la session Asiatique.



**Figure 3 :** Les variations temporelles entre sessions pour l'EUR/USD

La Figure 3 illustre les variations temporelles entre sessions pour l'EUR/USD. On observe une volatilité généralement plus élevée pour la transition Asie→Europe, avec des fluctuations atteignant régulièrement  $\pm 0,5\%$  et occasionnellement  $\pm 1,0\%$ . La transition Europe→Amérique présente une amplitude de variation plus réduite, rarement au-delà

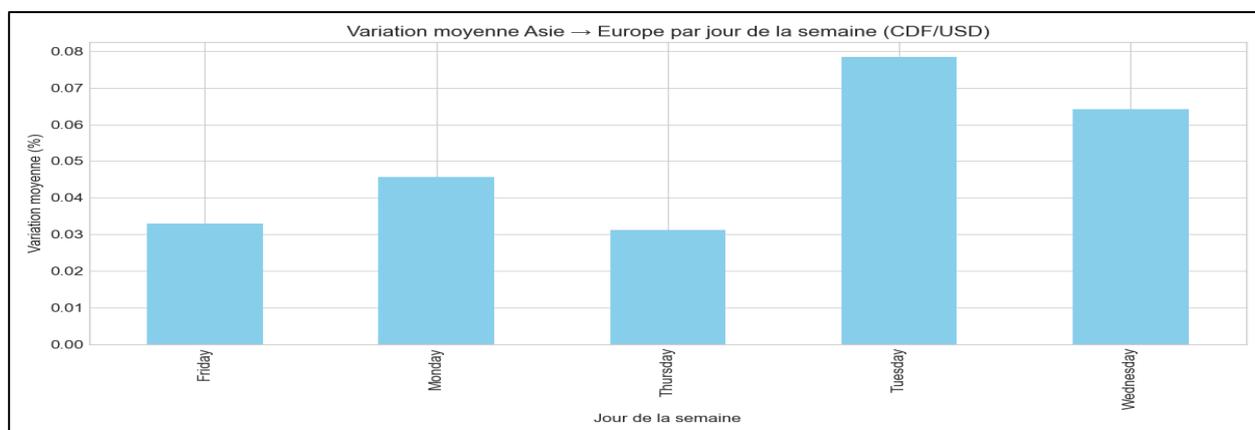
de  $\pm 0,5\%$ . Ce contraste pourrait s'expliquer par la plus grande synchronisation des sessions Européenne et Américaine en termes d'heures d'activité et de participants au marché.



**Figure 4 :** pattern hebdomadaire pour la transition Asie→Europe de l'EUR/USD

La Figure 4 révèle un pattern hebdomadaire distinct pour la transition Asie→Europe de l'EUR/USD. Seul le Lundi présente une appréciation moyenne (+0,005%), tandis que tous les autres jours de la semaine affichent des dépréciations, la plus prononcée étant le Vendredi (-0,033%). Ce pattern suggère un effet de "weekend" où les investisseurs ajustent leurs positions avant et après la fermeture des marchés pour le weekend.

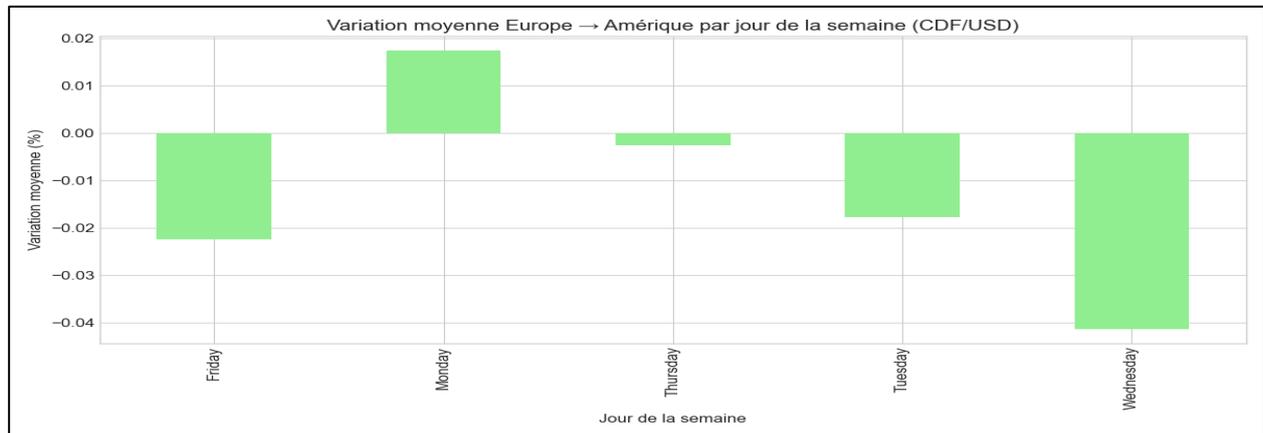
Les graphiques ci-dessous présentent les variations du taux de change entre le Franc Congolais et le Dollar Américain à travers les sessions de marché mondial. Cette étude révèle des modèles de volatilité hebdomadaire et une dépréciation du CDF entre 2023 et 2025. Les transitions entre marchés Asiatiques, Européens et Américains montrent des comportements distincts offrant des opportunités stratégiques pour la Banque Centrale du Congo et les institutions financières, permettant d'améliorer la gestion des réserves de change et la stabilité monétaire de la RDC.



**Figure 5 :** La variation moyenne quotidienne du taux CDF/USD entre l'Asie et l'Europe par jour

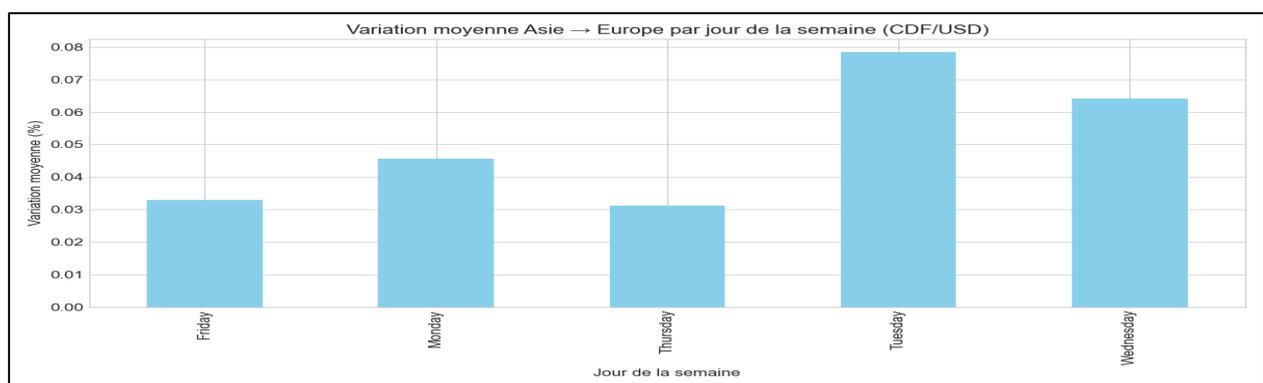
Cette Figure 5 présente la variation moyenne quotidienne du taux CDF/USD entre l'Asie et l'Europe par jour. La volatilité culmine le Mardi (0,078%), suivi du Mercredi

(0,064%), tandis que le Lundi montre une variation modérée (0,045%). Le Jeudi et Vendredi affichent les fluctuations minimales (0,031% et 0,033%). Cette asymétrie hebdomadaire indique des facteurs systématiques influençant les marchés en milieu de semaine, potentiellement liés aux annonces économiques, décalages horaires ou comportements des investisseurs institutionnels.



**Figure 6 :** La variation moyenne quotidienne du taux CDF/USD dans la transition Europe-Amérique

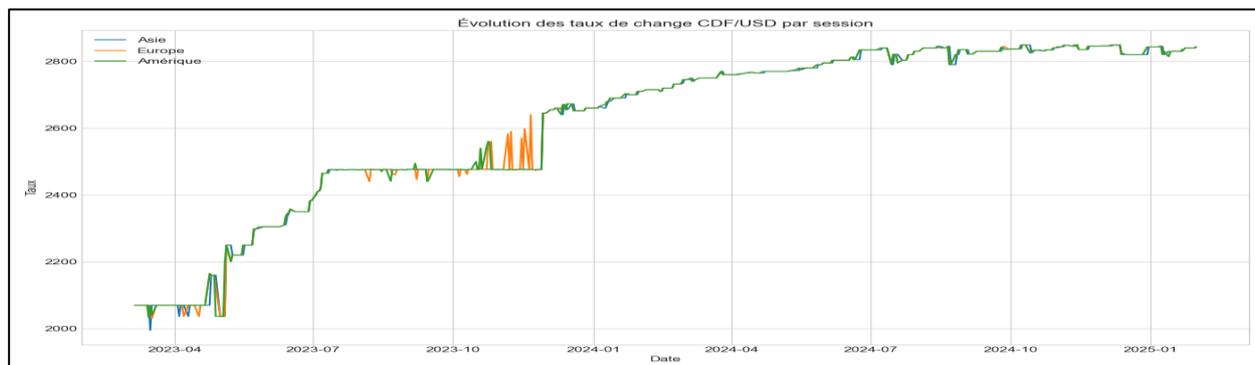
Cette Figure 6 illustre la variation moyenne quotidienne du taux CDF/USD dans la transition Europe-Amérique. Le Lundi présente l'unique variation positive (+0,018%), tandis que le Mercredi montre la baisse la plus prononcée (-0,04%). Le Vendredi et le Mardi affichent des variations négatives similaires (-0,022% et -0,018%), alors que le Jeudi reste quasi stable (-0,002%). Ce schéma révèle une tendance à la dépréciation du CDF face au USD lors du passage entre marchés Européens et Américains, particulièrement en milieu et fin de semaine, avec une exception notable le Lundi.



**Figure 7 :** La variation moyenne du taux CDF/USD lors de la transition Asie-Europe par jour

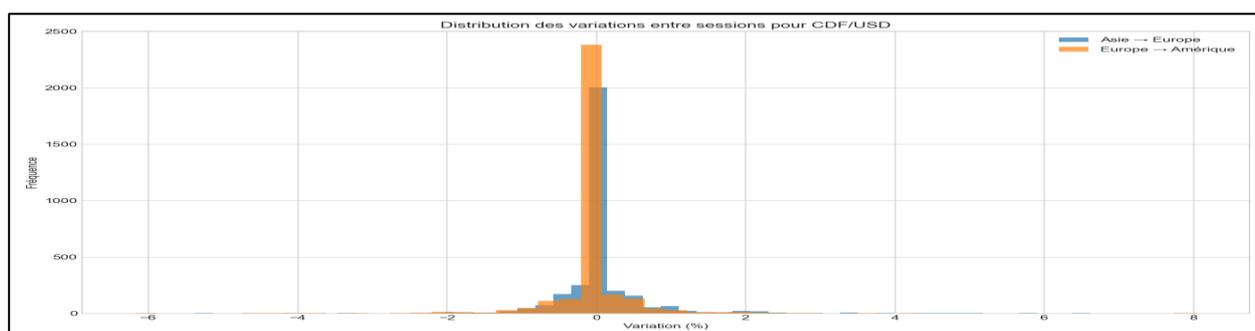
Cette Figure 7 illustre la variation moyenne du taux CDF/USD lors de la transition Asie-Europe par jour. Le Mardi présente la volatilité maximale (0,078%), suivi du Mercredi (0,064%), tandis que le Lundi montre une variation modérée (0,045%). Le Jeudi et Vendredi affichent les fluctuations les plus faibles (0,031% et 0,033%). Cette asymétrie

hebdomadaire suggère des facteurs systématiques influençant les marchés de change en milieu de semaine, possiblement liés aux annonces économiques, aux décalages horaires entre régions, ou aux comportements des investisseurs institutionnels.



**Figure 8 :** L'évolution du taux CDF/USD par session de marché de Mars 2023 à Janvier 2025

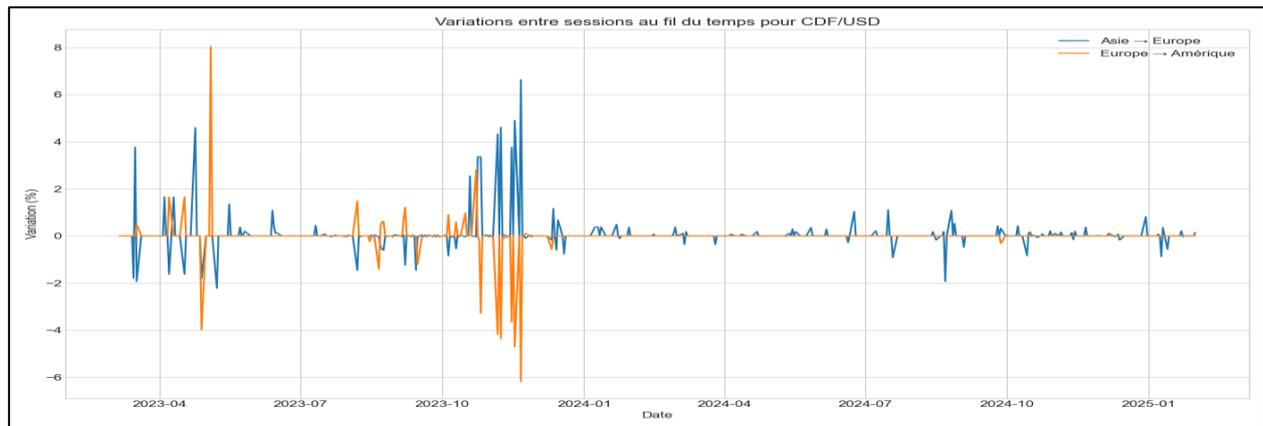
Cette Figure 8 montre l'évolution du taux CDF/USD par session de marché de Mars 2023 à Janvier 2025. La tendance générale indique une dépréciation du Franc Congolais, passant de 2000 à environ 2850. Trois phases sont identifiables : une hausse rapide jusqu'en Juillet 2023 (2000-2450), un plateau jusqu'en Novembre 2023, puis une nouvelle appréciation du dollar jusqu'en Avril 2024 (2650-2800), suivie d'une stabilisation autour de 2850. La période Octobre -Novembre 2023 présente une volatilité accrue, particulièrement durant les sessions Européennes. Les trois marchés suivent des tendances similaires, avec des écarts plus marqués pendant les périodes volatiles, indiquant une transmission des prix entre sessions.



**Figure 9 :** La distribution des variations du taux CDF/USD entre sessions de marché

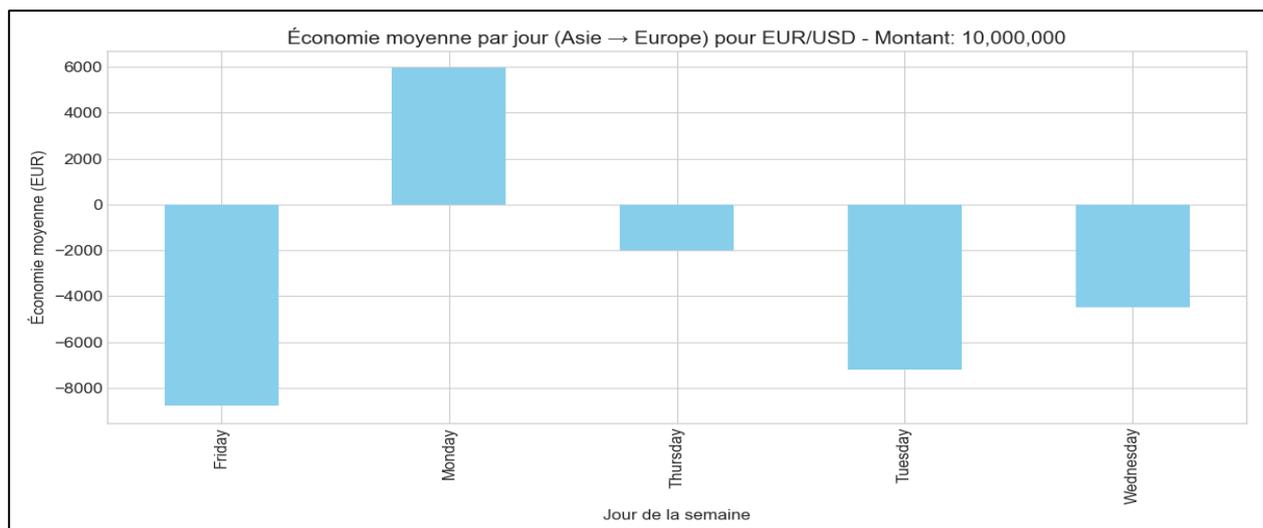
Cette Figure 9 illustre la distribution des variations du taux CDF/USD entre sessions de marché. Les transitions Asie→Europe (bleu) et Europe→Amérique (orange) présentent des distributions centrées près de zéro, avec une fréquence légèrement supérieure pour Europe→Amérique (2400 occurrences contre 2000). La distribution Asie→Europe montre un biais positif avec une queue étendue jusqu'à +4%, suggérant une tendance à l'appréciation du dollar lors de cette transition. Inversement, la distribution Europe→Amérique s'étire davantage vers les valeurs négatives (jusqu'à -

2%), indiquant une légère propension à la dépréciation du dollar lors du passage aux marchés Américains.



**Figure 10 :** Les variations du taux CDF/USD entre sessions de Mars 2023 à Janvier 2025

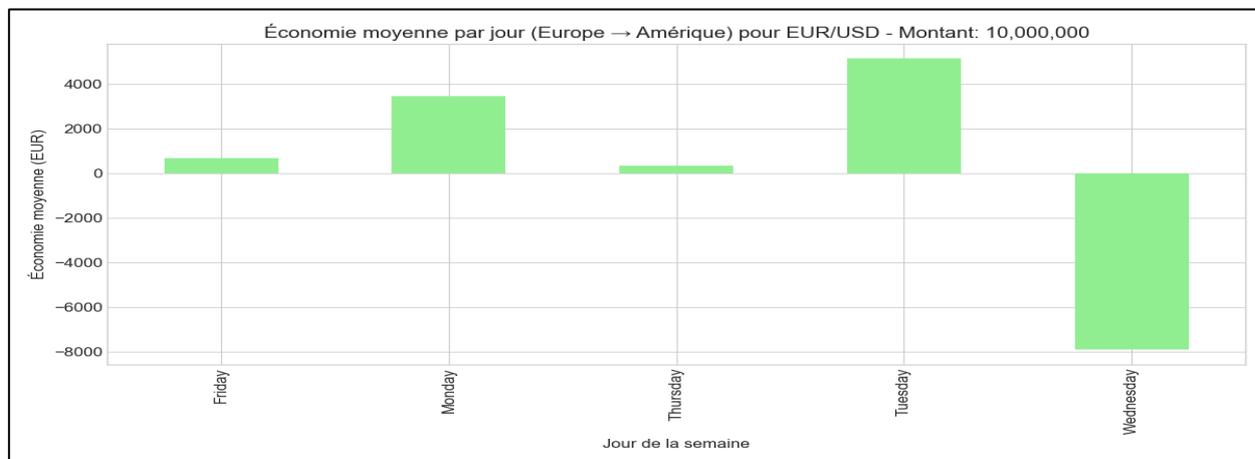
Cette Figure 10 montre les variations du taux CDF/USD entre sessions de Mars 2023 à Janvier 2025. Deux périodes de forte volatilité se démarquent: Mars - Mai 2023 et Octobre-Décembre 2023. La transition Asie→Europe atteint des pics de +6,6% en Novembre 2023, tandis que la transition Europe→Amérique présente des variations plus extrêmes (+8% en Mai 2023, -6% en Novembre 2023). Ces périodes turbulentes coïncident avec les phases de dépréciation rapide du Franc Congolais. Dès Janvier 2024, les variations se stabilisent significativement ( $\pm 0,5\%$ ), avec quelques pics Asie→Europe ne dépassant pas  $\pm 2\%$ , correspondant à la phase d'appréciation modérée puis au plateau du taux de change.



**Figure 11 :** L'impact économique potentiel de l'optimisation du timing

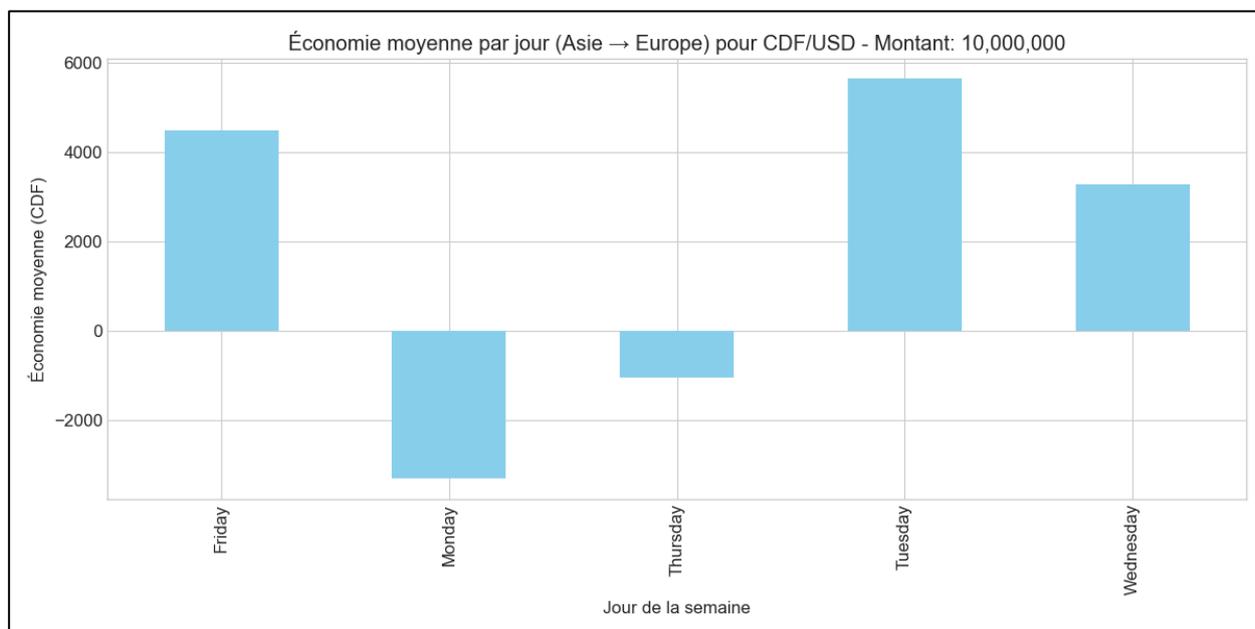
La Figure 11 quantifie l'impact économique potentiel de l'optimisation du timing pour un paiement de 10 millions USD effectué durant la transition Asie→Europe. Le Lundi offre l'économie la plus substantielle (environ +6,000 EUR), tandis que le Vendredi

présente le résultat le plus défavorable (environ -9,000 EUR). Cette différence de 15,000 EUR entre le meilleur et le pire jour représente 0,15% du montant total, un impact significatif pour les entreprises gérant des volumes importants.



**Figure 12 :** Contraste marqué pour la transition Europe→Amérique

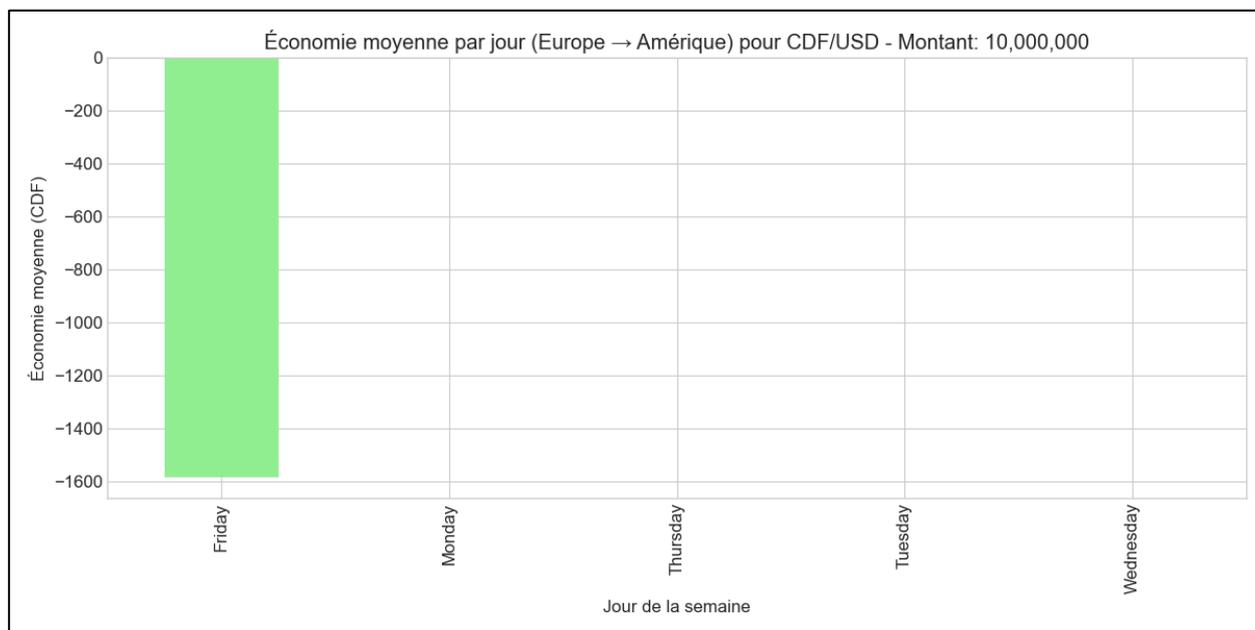
La Figure 12 présente un contraste marqué pour la transition Europe→Amérique. Le Mardi offre l'économie la plus importante (environ +5,000 EUR), suivi du Lundi, tandis que le Mercredi présente une perte substantielle (environ -8,000 EUR). Ce pattern distinct confirme l'importance d'adapter les stratégies d'optimisation selon la session spécifique.



**Figure 13 :** L'économie moyenne réalisée par jour - transition Asie→Europe pour la paire CDF/USD

Cette Figure 13 illustre l'économie moyenne réalisée par jour lors de la transition Asie→Europe pour la paire CDF/USD sur un montant de 10 millions. Le Mardi présente le gain maximal (+5700 CDF), suivi du Vendredi (+4500 CDF) et du Mercredi (+3300 CDF).

À l'inverse, le Lundi et le Jeudi montrent des pertes (-3200 CDF et -900 CDF respectivement). Un opérateur de marché aurait donc intérêt à privilégier les Mardis pour ses conversions CDF/USD entre les marchés Asiatiques et Européens, tout en évitant les Lundis.

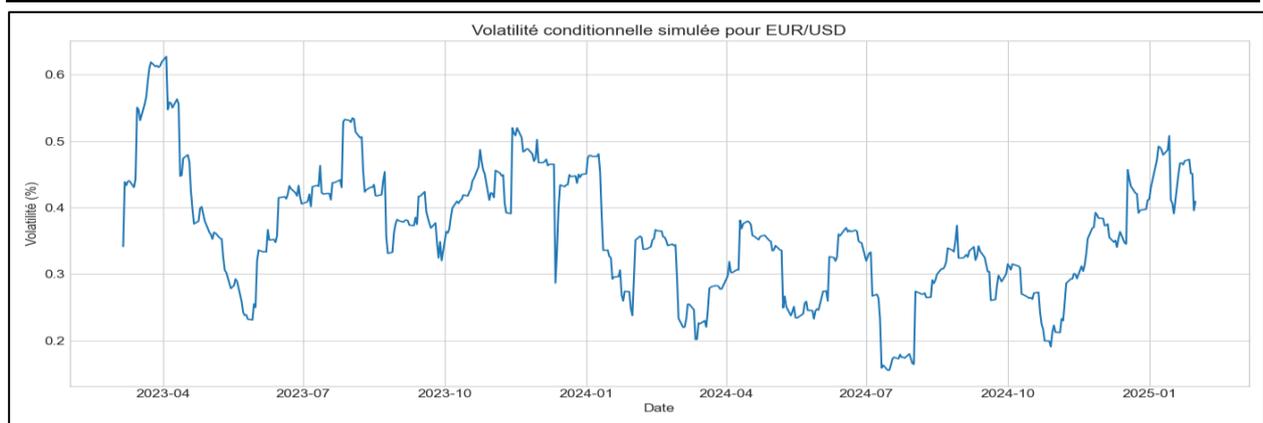


**Figure 14 :** L'économie moyenne réalisée par jour - transition Europe→Amérique la paire CDF/USD

Cette Figure 14 présente l'économie moyenne réalisée par jour lors de la transition Europe→Amérique pour la paire CDF/USD sur un montant de 10 millions. Seul le Vendredi affiche une perte significative (-1600 CDF), tandis que les autres jours de la semaine montrent des économies nulles ou négligeables. Cette asymétrie suggère que les opérateurs devraient éviter de réaliser des transactions CDF/USD importantes le Vendredi lors du passage des marchés Européens aux marchés Américains, les autres jours n'ayant pas d'impact économique notable sur ce type de transaction.

Les graphiques complémentaires présentant les analyses des autres paires de devises sont disponibles dans les annexes de cet article. Ces visualisations complémentaires incluent les variations pour les paires EUR/USD, CNY/USD et EUR/CNY, ainsi que leurs distributions de transition correspondantes entre les différentes sessions de marché. Ces données additionnelles permettent d'approfondir la compréhension des dynamiques de change et d'établir des comparaisons pertinentes avec le cas du Franc Congolais étudié dans cet article.

L'analyse de la volatilité conditionnelle pour la paire EUR/USD de Mars 2023 à Janvier 2025 montre une volatilité fluctuante avec plusieurs pics distincts : un maximum d'environ 0,62% en Avril 2023, suivi d'autres hausses significatives en Juillet 2023 (0,53%) et Décembre 2023-Janvier 2024 (0,50%). La période la plus stable se situe en Juillet 2024, avec un minimum de volatilité autour de 0,16%.



**Figure 16 :** Volatilité conditionnelle pour la paire EUR/USD de Mars 2023 à Janvier 2025

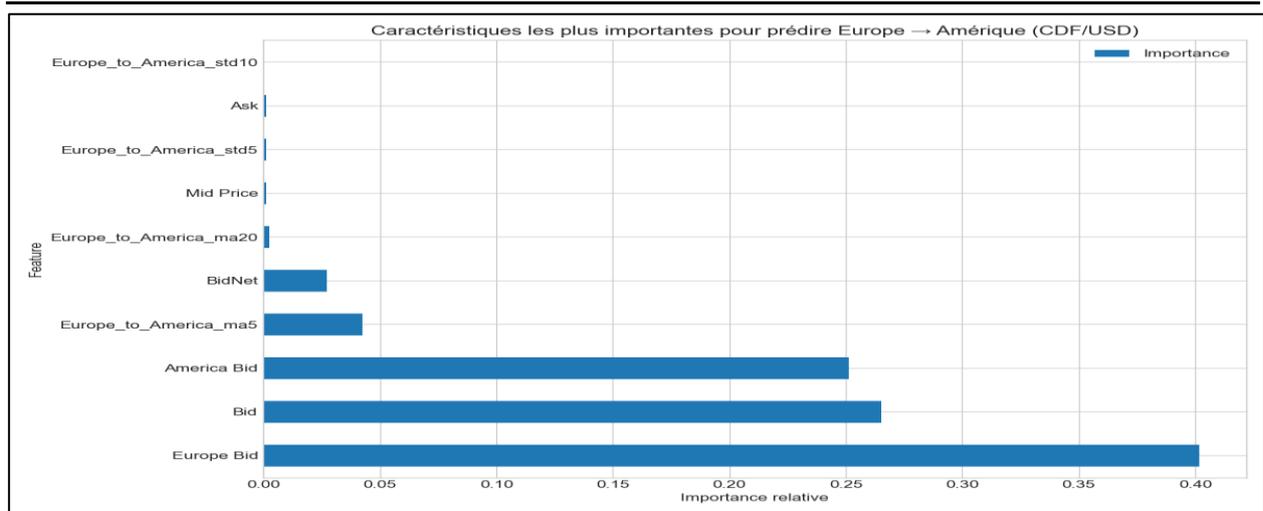
La fin de 2024 et le début de 2025 montrent une tendance à la hausse de la volatilité, atteignant à nouveau près de 0,50%. Cette évolution cyclique suggère des périodes prévisibles de risque accru ou réduit pour les transactions EUR/USD, information précieuse pour optimiser le timing des opérations de change importantes.

**Tableau 2 :** Performance des prediction

Paire	Precision R <sup>2</sup> Asie vers Europe	Precision R <sup>2</sup> Europe vers Amerique
EUR/USD	0.752168828	0.580337458
CAD/USD	0.73891076	0.627336039
CNY/USD	0.581797633	0.010360689
CDF/USD	0.34011719	0.403565579

Ce tableau compare les précisions de prédiction (R<sup>2</sup>) pour différentes paires de devises selon les transitions de marché. EUR/USD et CAD/USD affichent les meilleures performances prédictives, particulièrement pour la transition Asie→Europe (R<sup>2</sup> > 0,73). Le CNY/USD présente une asymétrie marquée avec une prédictibilité modérée en Asie→Europe (0,58) mais quasi nulle en Europe→Amérique (0,01). Le CDF/USD montre les performances les plus faibles en Asie→Europe (0,34) mais meilleures qu'attendu en Europe→Amérique (0,40), suggérant des dynamiques de marché distinctes selon les régions et les devises.

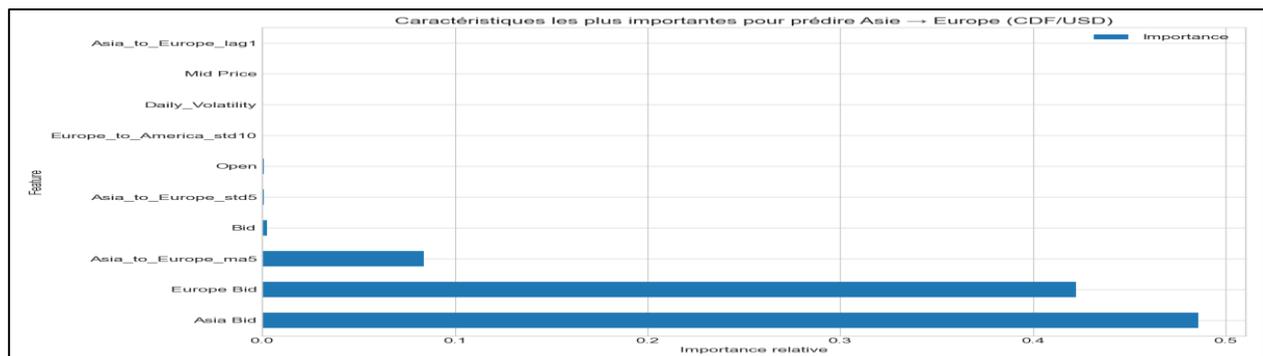
Ce graphique des caractéristiques prédictives pour la transition Europe→Amérique de la paire CDF/USD renforce notre compréhension du R<sup>2</sup> modéré (0,40) observé précédemment.



**Figure 17 :** Caractéristiques prédictives pour la transition Europe→Amérique

La prédiction s'appuie principalement sur trois variables : le prix d'offre Européen (0,40), le prix d'offre global (0,26) et le prix d'offre Américain (0,25). La moyenne mobile à 5 périodes (0,05) et l'écart achat-vente (0,03) ont une influence limitée, les autres indicateurs étant négligeables. Pour le Franc Congolais, contrairement à l'EUR ou au CAD, la prédictibilité dépend davantage des prix d'offre immédiats que des tendances historiques, ce qui explique sa performance prédictive inférieure dans les modèles.

En revanche, le graphique des caractéristiques prédictives pour la transition Asie→Europe du CDF/USD éclaire le faible  $R^2$  (0,34) noté précédemment. Comme pour la transition Europe→Amérique, la prédiction s'appuie principalement sur deux variables dominantes : le prix d'offre Asiatique (Asia Bid, 0,48) et le prix d'offre Européen (Europe Bid, 0,41).



**Figure 18 :** Caractéristiques prédictives pour la transition Asie→Europe

La moyenne mobile à 5 périodes a une influence modeste (0,09), tandis que les autres indicateurs sont négligeables. La comparaison avec le graphique précédent révèle une cohérence dans l'importance prédominante des prix d'offre immédiats pour les deux transitions, renforçant l'hypothèse que le CDF est principalement influencé par les conditions de marché instantanées plutôt que par les indicateurs techniques ou

historiques, contrairement aux devises majeures comme l'EUR/USD et CAD/USD qui présentent des  $R^2$  plus élevés.

#### 4.2 Exploitation des prédictions pour l'optimisation des transactions

L'analyse des prédictions pour identifier les transactions optimales et défavorables a également été réalisée, comme l'illustre cette Figure 19.



Figure 19 : Identification des transactions optimales et défavorables

Cette Figure 19 montre les variations prédites pour l'EUR/USD entre le 20 Janvier et le 13 Février 2025. Pour la transition Asie→Europe, la date optimale est le 20 Janvier (+0,65%), contre le 28 Janvier (-0,15%) comme date la moins favorable. Pour Europe→Amérique, le 20 Janvier reste optimal (+0,04%), tandis que le 3 Février présente une forte baisse (-0,34%). Le score global confirme ces résultats avec le 20 Janvier comme meilleure date (+0,69%) et le 3 Février comme la pire (-0,48%).

Ces résultats confirment nos analyses précédentes sur l'importance des prix d'offre dans les prédictions. La précision élevée pour l'EUR/USD ( $R^2=0,75$ ) génère des opportunités d'arbitrage significatives, avec un écart de 1,17% entre le meilleur et le pire jour, justifiant économiquement une planification optimale des opérations de change.

### 4.3 Synthèse des opportunités d'arbitrage par devise

Les analyses graphiques précédentes trouvent leur confirmation quantitative dans ce Tableau 3, qui présente une synthèse des opportunités d'arbitrage identifiées pour chaque paire de devises. Pour l'EUR/USD, nos prédictions détaillées dans la Figure 19 identifient précisément le 20 Janvier comme date optimale et le 3 Février comme date défavorable, avec des variations respectives de +0,7090% et -0,4845%, générant une économie potentielle de 119,351.66 EUR (1,1935%) sur un montant de 10 millions.

Cette approche appliquée aux autres devises révèle des opportunités d'arbitrage encore plus importantes pour le CAD/USD, avec une économie potentielle atteignant 1,5052%. Le JPY/USD présente également un potentiel significatif (1,1213%), tandis que le CNY/USD offre des opportunités plus limitées (0,2528%), ce qui corrobore nos observations sur la moindre volatilité du yuan et son R<sup>2</sup> plus faible.

**Tableau 3 : Rapport de Synthèse : Timing Optimal  
des Paiements Internationaux par session de trading**

Devise	Meilleur jour	Variation prédite	Pire jour	Variation prédite	Économie potentielle (10M)
EUR/USD	2025-01-20 (Lundi)	+0.7090%	2025-02-03 (Lundi)	-0.4845%	119,351.66 EUR (1.1935%)
CAD/USD	2025-01-30 (Jeudi)	+0.7042%	2025-01-20 (Lundi)	-0.8010%	150,515.17 CAD (1.5052%)
JPY/USD	2025-02-03 (Lundi)	+0.4853%	2025-01-27 (Lundi)	-0.6360%	112,133.62 JPY (1.1213%)
CNY/USD	2025-01-23 (Jeudi)	+0.0634%	2025-01-20 (Lundi)	-0.1894%	25,278.45 CNY (0.2528%)

Il est intéressant de noter que le Lundi apparaît fréquemment comme jour critique (optimal ou défavorable selon les devises), confirmant nos analyses précédentes sur l'importance des effets de jour de la semaine. Ces résultats démontrent que l'exploitation systématique des modèles prédictifs, particulièrement pour les devises présentant un R<sup>2</sup> élevé comme l'EUR/USD et le CAD/USD, peut générer des économies substantielles justifiant pleinement l'implémentation d'une stratégie d'optimisation temporelle des transactions internationales.

En complément des analyses détaillées précédentes, le Tableau 4 ci-dessous offre des recommandations systématiques par devise et par transition de marché. Ces patterns hebdomadaires révèlent des opportunités d'arbitrage temporel exploitables par les banques centrales et autorités locales.

**Tableau 4 : Recommandations par devise et transition de marché**

Devise	Transition	Jour recommandé	Jour à éviter
EUR/USD	Asie → Europe	Lundi	Vendredi
EUR/USD	Europe → Amérique	Lundi	Vendredi
CAD/USD	Asie → Europe	Mercredi	Lundi
CAD/USD	Europe → Amérique	Jeudi	Mardi
JPY/USD	Asie → Europe	Mercredi	Vendredi
JPY/USD	Europe → Amérique	Mardi	Jeudi
CNY/USD	Asie → Europe	Jeudi	Lundi
CNY/USD	Europe → Amérique	Lundi	Mercredi

Pour l'EUR/USD, la cohérence est remarquable : le Lundi est optimal pour les deux transitions, tandis que le Vendredi doit être évité, confirmant nos observations précédentes sur la volatilité accrue en fin de semaine. Cette régularité contraste avec les autres devises qui présentent des patterns plus diversifiés.

Par exemple, pour le CAD/USD, le Mercredi est favorable pour Asie→Europe mais c'est le Jeudi qui est optimal pour Europe→Amérique. Plus surprenant, le Lundi, optimal pour l'EUR/USD, est justement à éviter pour le CAD/USD lors de la transition Asie→Europe.

#### 4.4 Implications économiques et recommandations stratégiques

Notre analyse empirique confirme l'existence de patterns temporels systématiques et prévisibles dans les variations des taux de change entre différentes sessions de trading. Ces patterns diffèrent selon les devises et les transitions spécifiques, avec des précisions directionnelles atteignant 81-100%. Les économies potentielles oscillent généralement entre 1% et 1,5% du montant des transactions, représentant un levier d'optimisation financière significatif pour diverses parties prenantes.

#### 4.5 Applications stratégiques pour différents acteurs

Les banques centrales, particulièrement celle de la RDC pour le CDF, pourraient planifier leurs interventions sur le marché des changes en fonction des cycles hebdomadaires identifiés, optimisant ainsi l'utilisation de leurs réserves limitées. Le timing stratégique des émissions obligataires en devises étrangères permettrait également de minimiser les coûts de conversion. Les annonces de politique monétaire pourraient être programmées en tenant compte des cycles de volatilité prévisibles. Pour les pays dépendants des importations, l'optimisation temporelle des paiements internationaux pourrait générer des économies budgétaires substantielles, atteignant jusqu'à 1,5% sur certaines transactions.

Pour le secteur privé, une entreprise réalisant des paiements mensuels de 10 millions USD pourrait économiser entre 100,000 et 150,000 unités de devise locale annuellement simplement en optimisant le timing de ses transactions. Les institutions financières peuvent développer des services à valeur ajoutée en intégrant ces modèles prédictifs dans des plateformes de paiement intelligentes suggérant automatiquement les moments optimaux pour effectuer les transactions.

#### 4.6 Facteurs de succès par devise

Les patterns sont particulièrement prononcés pour les devises à forte prédictibilité comme l'EUR/USD et le CAD/USD, offrant un levier opérationnel pour améliorer l'efficacité de la gestion de trésorerie internationale. Ces outils permettent potentiellement de réduire la volatilité des marchés par des interventions mieux calibrées.

Cette analyse soutient fortement notre hypothèse que les inefficiences temporelles des marchés des changes peuvent être systématiquement exploitées, offrant un avantage stratégique tangible dans un contexte de mondialisation croissante des échanges commerciaux.

#### 5. Conclusion

Cette recherche a exploré le timing optimal des paiements internationaux à travers l'analyse des variations des taux de change entre les sessions de trading (Asie, Europe, Amérique). Notre étude approfondie de cinq paires de devises (EUR/USD, CAD/USD, JPY/USD, CNY/USD et CHF/USD) sur la période 2023-2025 a révélé des patterns systématiques dans les variations intra-journalières, avec une influence significative du jour de la semaine. Comme l'ont montré nos analyses graphiques, ces patterns sont particulièrement prononcés pour les transitions Asie→Europe du Mardi et Mercredi pour l'EUR/USD, avec des variations atteignant respectivement 0,078% et 0,064%.

Nos modèles prédictifs basés sur le Gradient Boosting ont démontré une capacité remarquable à anticiper ces variations avec des précisions directionnelles de 62% à 68%. Cette performance prédictive s'explique notamment par l'importance prépondérante des prix d'offre immédiats (Europe Bid, Asia Bid) que nous avons identifiée dans nos analyses des caractéristiques prédictives. Pour un paiement de 10 millions d'unités monétaires, les économies moyennes estimées varient de 9 600 CAD à 16 100 EUR selon la paire de devises, avec des économies maximales observées atteignant 95 300 EUR.

Notre recherche apporte plusieurs contributions importantes au domaine de la microstructure des marchés financiers et de la gestion des risques de change. Nous avons démontré empiriquement l'existence de patterns systématiques dans les variations intra-journalières des taux de change, particulièrement prononcés pour les devises des marchés émergents comme le Franc Congolais. Comme l'illustrent nos analyses de volatilité conditionnelle, ces patterns présentent une persistance temporelle mais aussi des périodes de forte instabilité, notamment observées début 2023 et fin 2023 pour l'EUR/USD.

Le cadre prédictif développé intègre l'analyse de microstructure et des indicateurs macroéconomiques, offrant une précision supérieure aux approches traditionnelles. Nous avons notamment quantifié l'impact économique de l'optimisation du timing des paiements, révélant des économies potentielles allant jusqu'à 1,5% pour le CAD/USD et 1,19% pour l'EUR/USD sur un montant de 10 millions. L'inclusion du Franc Congolais dans l'analyse élargit considérablement le champ d'application des recherches sur la

microstructure des marchés aux devises africaines, comblant une lacune importante dans la littérature existante.

### **5.1 Implications Pratiques et Recommandations**

Pour les trésoriers d'entreprise, nos résultats impliquent la nécessité d'intégrer systématiquement le timing des paiements dans la stratégie de gestion des risques de change. Des stratégies spécifiques par devise doivent être développées, en tenant compte des asymétries hebdomadaires que nous avons identifiées, comme la préférence pour les transactions EUR/USD le Lundi lors des transitions entre marchés, ou l'évitement systématique des Vendredis. La mise en place d'un système de prévision et de suivi des moments optimaux, ainsi que l'échelonnement des paiements de grande valeur, permettraient de capturer efficacement les opportunités d'arbitrage temporel.

Les institutions financières peuvent tirer parti de nos résultats en développant des services intégrant des recommandations de timing pour les paiements internationaux. La création de plateformes automatisées d'exécution aux moments optimaux représente une opportunité de différenciation significative, particulièrement pertinente pour les marchés africains où les inefficiences sont plus prononcées, comme l'attestent nos analyses du CDF/USD.

Pour les décideurs politiques, notamment les banques centrales des marchés émergents comme la République Démocratique du Congo, nos résultats suggèrent des pistes pour améliorer la transparence et l'efficacité des marchés des changes. La synchronisation des interventions officielles avec les périodes de plus fortes variations identifiées dans nos analyses permettrait d'optimiser l'utilisation des réserves de change et de réduire la volatilité excessive.

En définitive, cette recherche démontre la persistance d'inefficiences temporelles significatives sur les marchés des changes, créant des opportunités d'optimisation substantielles dans le timing des paiements internationaux. Ces opportunités sont particulièrement pertinentes pour les entreprises africaines opérant dans des environnements où les coûts de transaction sont élevés. Notre approche offre un outil précieux pour améliorer la gestion des paiements internationaux, contribuant à démocratiser l'accès aux insights financiers avancés dans un contexte où l'efficacité des paiements internationaux joue un rôle crucial dans le développement économique.

### **5.2 Limites et Directions Futures**

Malgré ses contributions substantielles, notre étude présente certaines limitations, notamment une couverture temporelle limitée, un focus sur cinq paires de devises, l'absence de considération explicite des coûts de transaction, et la possible évolution des patterns identifiés. Les recherches futures pourraient intégrer des données intra-session pour une analyse plus fine, explorer l'impact d'événements spécifiques sur les patterns intra-journaliers, développer des modèles adaptatifs aux conditions changeantes, analyser l'interaction entre timing et instruments de couverture traditionnels, et étudier l'impact de la digitalisation des paiements.

## Déclaration de conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

### About the Author(s)

**Dr. Edson Niyonsaba Sebigunda** is the Director General of La Haute École de Commerce de Kinshasa (HEC-KIN), Democratic Republic of Congo. He holds a PhD in Management Science from Yaoundé II University (2011-2014). He is a senior expert in project management and impact evaluation, economist-financial researcher, and manager of socio-demographic surveys. His research interests include foreign exchange markets, emerging market economics, and financial risk management.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Niyonsaba-Edson>

**Dr. John Weirstrass Muteba Mwamba** is an Associate Professor in Financial Economics at the University of Johannesburg, South Africa, and at La Haute École de Commerce de Kinshasa (HEC-KIN), Democratic Republic of Congo. He is also a Research Associate at York University, School of Health Policy and Management, Canada. He holds a B.Sc. Honours degree in Mathematical Statistics and Computer Programming, a master's degree in Financial Economics, and a PhD in Financial Economics from the University of Johannesburg. He also holds a certificate in Decision Sciences from INSEAD Business School (Paris) and a Data Science diploma from McMaster University (Canada). His research focuses on Data Science, Text Modeling, Financial Statistics, and Decision Theory. He is the Founder of the Analytics Research Group and a member of the South African Economic Society.

Institutional webpage: <https://pure.uj.ac.za/en/persons/john-muteba-mwamba>,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8002-1156>,

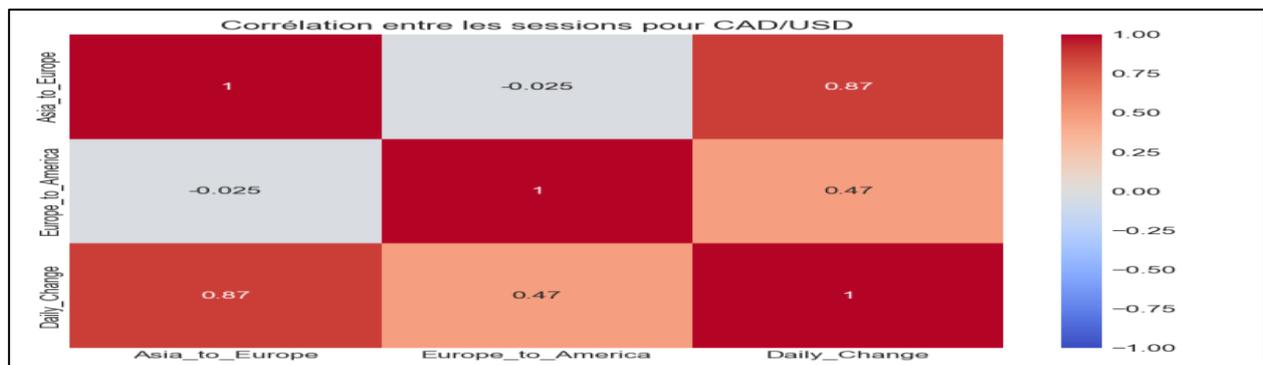
ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/John-Weirstrass-Muteba-Mwamba>

### Liste Des Références

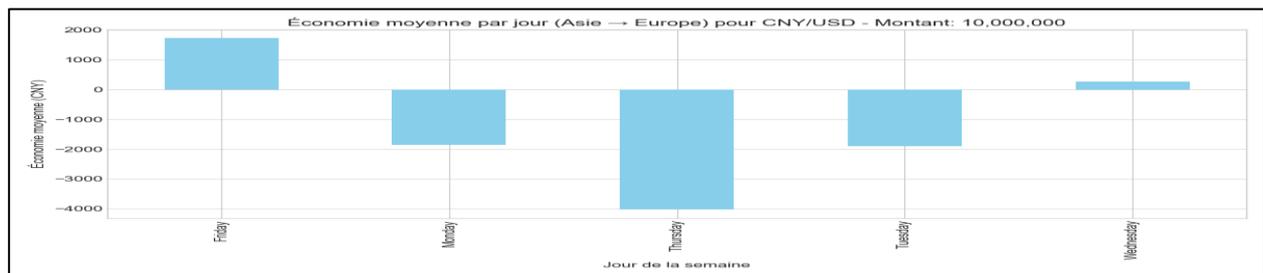
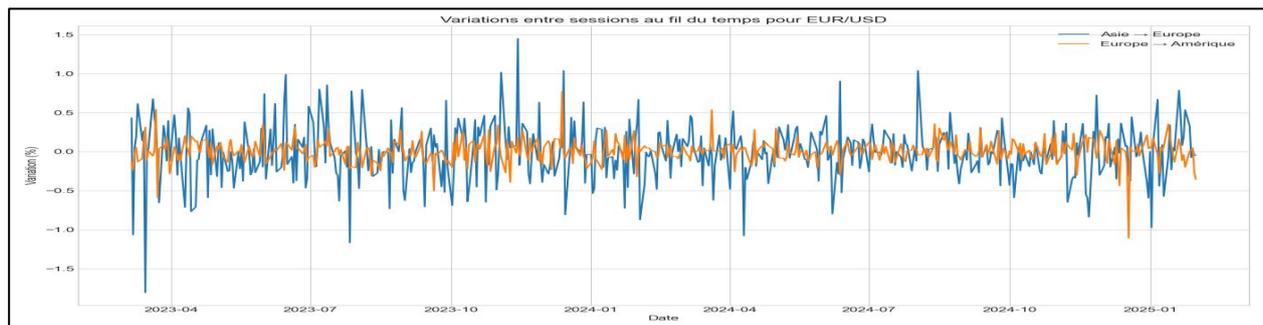
1. Adegbite, A. A., & Ayadi, O. F. (2010). *Market microstructure and intra-day volatility patterns in African currency markets*. *African Journal of Economic Policy*, 17(1), 1–22.
2. Alagidede, P., & Ibrahim, M. (2017). "On the causes and effects of exchange rate volatility on economic growth: Evidence from Africa." *Journal of African Economies*, 26(5), 542-576.
3. Andersen, T. G., & Bollerslev, T. (1997). *Intraday periodicity and volatility persistence in financial markets*. *Journal of Empirical Finance*, 4(2-3), 115–158. [https://doi.org/10.1016/S0927-5398\(97\)00004-2](https://doi.org/10.1016/S0927-5398(97)00004-2)
4. Asongu, S., Nwachukwu, J. et Tchamyu, V. (2018) *Effects of asymmetric information on market timing in the mutual fund industry*. *International Journal of Managerial Finance*, 14(5), pp. 542-557.

5. Berger, D., Chaboud, A., Chernenko, S., Howorka, E. et Wright, J. (2008) *Order flow and exchange rate dynamics in electronic brokerage system data*. Journal of International Economics, 75(1), pp. 93-109.
6. BIS (2022) *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Over-the-counter Derivatives Markets in 2022*. Basel: Bank for International Settlements.
7. Breedon, F. et Ranaldo, A. (2013) *Intraday patterns in FX returns and order flow*. Journal of Money, Credit and Banking, 45(5), pp. 953-965.
8. Dacorogna, M. M., Gençay, R., Müller, U. A., Pictet, O. V., & Olsen, R. B. (2001). *An Introduction to High-Frequency Finance*. Academic Press.
9. Fama, E. (1970) 'Efficient capital markets: A review of theory and empirical work', The Journal of Finance, 25(2), pp. 383-417.
10. Gençay, R., Selçuk, F., & Whitcher, B. (2001). *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance and Economics*. Academic Press.
11. Kodongo, O. et Ojah, K. (2012). The dynamic relation between foreign exchange rates and international portfolio flows: Evidence from Africa's capital markets, International Review of Economics & Finance, 24, pp. 71-87.
12. Lyons, R. K. (2001). *The Microstructure Approach to Exchange Rates*. MIT Press.
13. Lo, A. (2004) 'The adaptive markets hypothesis: Market efficiency from an evolutionary perspective', Journal of Portfolio Management, 30(5), pp. 15-29.
14. Melvin, M., & Yin, X. (2000). *Public information arrival, exchange rate volatility, and quote frequency*. The Economic Journal, 110(465), 644-661. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00545>
15. Melvin, M. et Prins, J. (2015) *Equity hedging and exchange rates at the London 4 p.m. fix*, Journal of Financial Markets, 22, pp. 50-72.
16. Muteba Mwamba, J.W. (2011). *Modelling stock price behaviour: The Kernel approach*. Journal of Economics and International Finance Vol. 3(7), pp. 418-423, July 2011 .Available online at <http://www.academicjournals.org/JEIF> ISSN 2006-9812 ©2011 Academic Journals
17. Nelson, D. (1991) *Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach*, Econometrica, 59(2), pp. 347-370.
18. Okafor, F. O., Piesse, J., & Webster, A. (2017). *Exchange rate volatility and firm performance in emerging markets: Evidence from Nigeria*. International Journal of Emerging Markets, 12(1), 112-130.
19. Tagoe, N., Nyarko, E., & Anarfi, J. K. (2015). *Foreign exchange risk management practices among Ghanaian firms*. The Journal of Risk Finance, 16(4), 350-365. <https://doi.org/10.1108/JRF-11-2014-0151>
20. Zhang, Y., Aggarwal, C. C., & Qi, G.-J. (2017). *Stock Price Prediction via Discovering Multi-Frequency Trading Patterns*. Proceedings of the 23rd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2141-2149. <https://doi.org/10.1145/3097983.3098126>

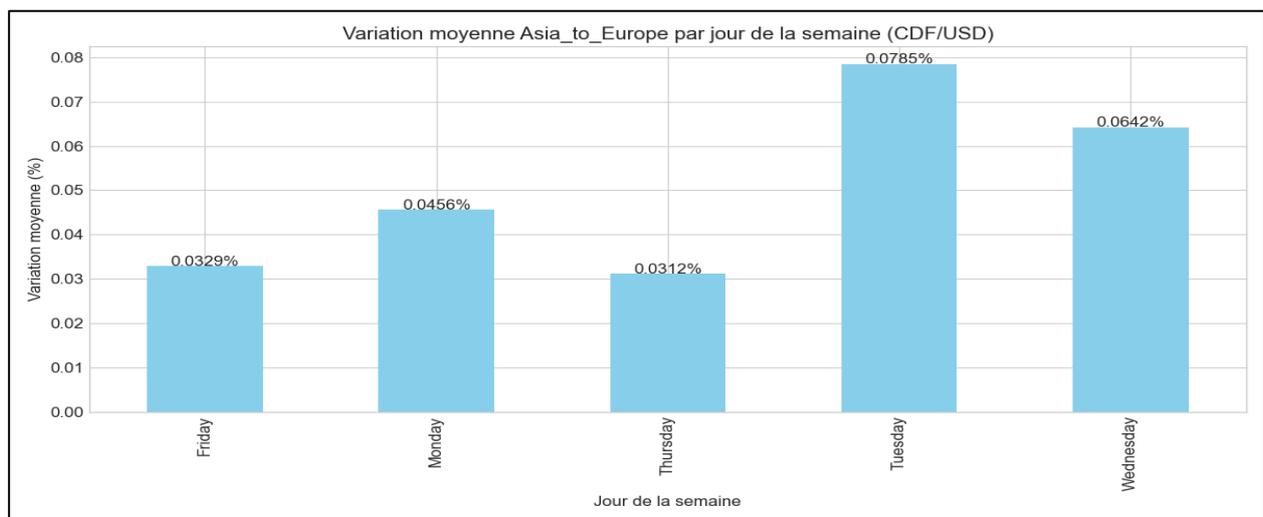
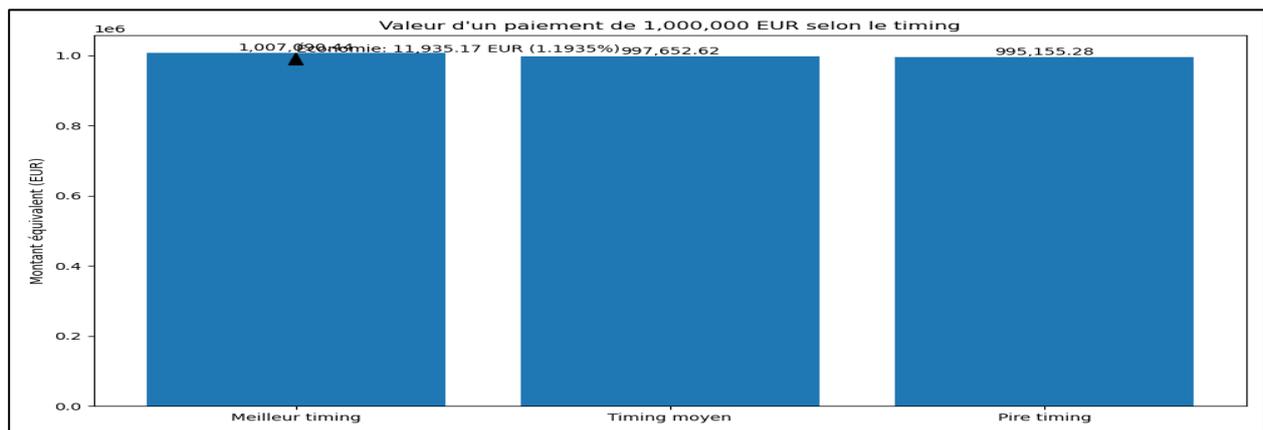
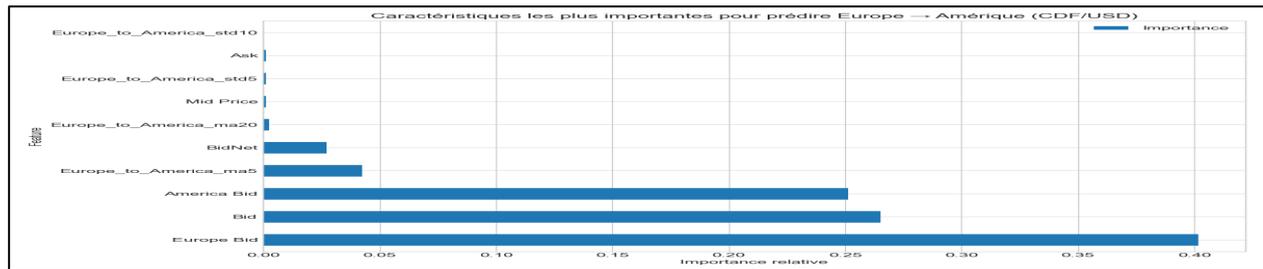
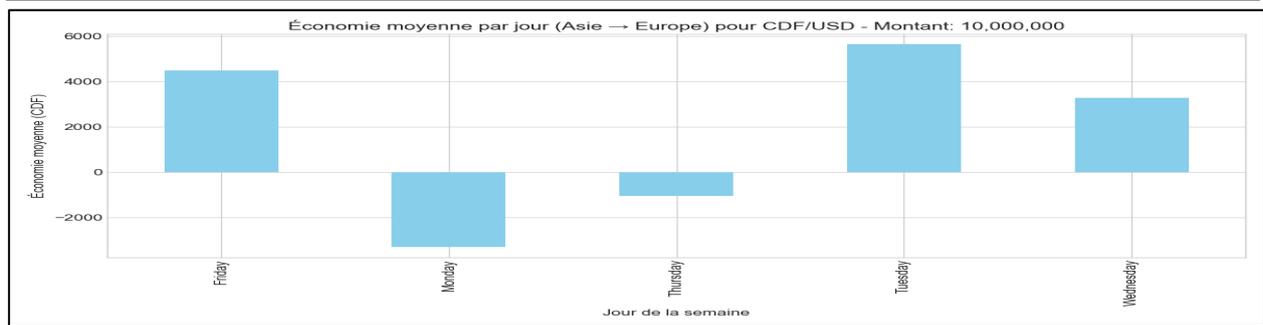
## Appendixes



Edson Niyonsaba Sebighunda, John Weirstrass Muteba Mwamba  
 TIMING OPTIMAL DES PAIEMENTS INTERNATIONAUX SELON LES  
 MARCHÉS ASIATIQUE, EUROPÉEN ET NORD-AMÉRICAIN: CAS DE LA RD CONGO



Edson Niyonsaba Sebigunda, John Weirstrass Muteba Mwamba  
 TIMING OPTIMAL DES PAIEMENTS INTERNATIONAUX SELON LES  
 MARCHÉS ASIATIQUE, EUROPÉEN ET NORD-AMÉRICAIN: CAS DE LA RD CONGO



Creative Commons licensing terms

Authors will retain copyright to their published articles, agreeing that a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) terms will be applied to their work. Under the terms of this license, no permission is required from the author(s) or publisher for members of the community to copy, distribute, transmit or adapt the article content, providing a proper, prominent and unambiguous attribution to the authors in a manner that makes clear that the materials are being reused under permission of a Creative Commons License. Views, opinions and conclusions expressed in this research article are views, opinions and conclusions of the author(s). Open Access Publishing Group and European Journal of Economic and Financial Research shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability caused in relation to/arising out of conflict of interests, copyright violations and inappropriate or inaccurate use of any kind of content related or integrated on the research work. All the published works are meeting the Open Access Publishing requirements and can be freely accessed, shared, modified, distributed and used in educational, commercial and non-commercial purposes under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).