

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail*

*A ma mère pour son amour éternel : Ta prière et ta  
bénédiction m'ont été d'un grand secours  
pour mener à bien mes études. Tu as fait plus qu'une mère  
puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans  
leur vie et leurs études*

*A mon père : Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as  
consentis pour mon éducation et ma formation*

*A mon frère et mes sœurs qui m'ont beaucoup encouragé  
durant mes études et qui m'ont offert tout amour et  
affectation*

*A mon Frère Radhouan Naïfer : C'est grâce a votre  
encouragement et soutient que j'ai pu continuer mes études  
avec beaucoup d'excitation et de motivation*

*A mes neveux et nièces : Méd Yacine, Farah, Youssef,  
Ghofran, Sarra et Rayane*

*A tous mes amis qui m'ont prodigué une merveilleuse  
ambiance amicale et qui m'ont beaucoup aidé et encouragé*

*Et à tous ceux que j'ai omis de citer et qui ne sont pas  
moins chers*

## Remerciements

Nombreux sont ceux et celles qui, inlassablement, pendant cette année, m'ont encouragé et aidé à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier tout spécialement mon encadrant, Mr **Riadh EL FERKIAJI** qui a accepté la direction de ce travail en me guidant avec beaucoup de gentillesse par ses conseils judicieux.

Je voudrais remercier également mon tuteur Mr. **Mongi BOURJEL** pour son aide et sa disponibilité, malgré ses obligations professionnelles.

Ma gratitude s'adresse aussi aux **membres du jury** bien vouloir accepter de juger ce travail.

Un Grand merci à **Hanan BEN SALEH** pour son aide continu, ses consignes et ses encouragements.

Je voudrais remercier infiniment tous les personnels de la **salle de change BNA** qui m'ont accueilli tout au long de stage avec beaucoup de patience et de sympathie : **Wassim, Si Hamadi, Aymen et Mariem**.

En outre, je tiens à remercier et à exprimer ma gratitude envers **l'Institut de Financement du Développement du Maghreb Arabe**.

Je voudrais bien enfin remercier de tout mon cœur tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| Introduction Générale.....   | 1  |
| CHAPITRE1 : DYNAMIQUE DES TAUX DE CHANGES & APPORT DE LA MICROSTRUCTURE .....                        | 3  |
| SECTION1 : LA STRUCTURE DES MARCHES DE CHANGE.....   | 4  |
| 1. La structure des marchés de change.....   | 4  |
| 1.2.Les caractéristiques du marché des changes .....   | 4  |
| 1.3.Les acteurs du marché des changes.....   | 5  |
| 1.4.Le Marché des changes tunisien .....   | 7  |
| SECTION 2: EMERGENCE DE L'APPROCHE DE MICROSTRUCTURE.....  | 14 |
| 1.Emergence de l'approche de microstructure.....   | 14 |
| 2.Définition et Hypothèses de la Microstructure .....  | 15 |
| SECTION 3: L'EFFET DU TEMPS SUR LA LIQUIDITE DES MARCHES DES CHANGES .....                           | 19 |
| 1. L'effet du temps sur la liquidité des marchés des changes .....                                   | 19 |
| 1.1 Fondements théoriques .....  | 19 |
| 1.2.Présentation du modèle .....   | 19 |
| 1.3.Portée de l'étude .....  | 23 |
| SECTION 4 : LITTERATURE DE LA MICROSTRUCTURE DES MARCHES DES CHANGES .....                           | 25 |
| 1. Littérature de la microstructure des marchés des changes.....                                     | 25 |
| 1.2.Le passage du modèle macroéconomique à la microstructure.....                                    | 25 |
| 1.3. Le modèle de Evans et Lyons (2003).....   | 27 |
| SECTION5 : LA THEORIE DE LA MICROSTRUCTURE : UNE REVUE DE LA LITTERATURE THEORIQUE ET EMPIRIQUE..... | 31 |
| 1.Les modèles théoriques de la microstructure.....   | 31 |
| 2.Les tests empiriques de microstructure.....  | 35 |
| Conclusion.....  | 40 |
| CHAPITRE2 : MODELISATION DE LA DYNAMIQUE DU MARCHE DES CHANGES TUNISIEN .....                        | 41 |
| SECTION 1: STATISTIQUES PRELIMINAIRES .....  | 42 |
| 1. Données et méthodologie.....  | 42 |
| 1.1. Données.....  | 42 |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.2. Méthodologie .....   | 43        |
| 1.3. Commentaires et analyses graphiques .....  | 44        |
| 2. Statistiques descriptives .....  | 46        |
| 3. Stationnarité .....  | 49        |
| <b>SECTION 2 : DETERMINATION DU PROCESSUS GENERATEUR DES<br/>RENDEMENTS DES PARITES SUR LE MARCHE DE CHANGE INTERBANCAIRE<br/>TUNISIEN.....</b> | <b>53</b> |
| 1. Modélisation de l'espérance conditionnelle des rendements.....   | 53        |
| 2. Modélisation de la variance conditionnelle .....   | 57        |
| <b>SECTION 3 : ETUDE DE LA RELATION ENTRE LES RENDEMENTS &amp; LES<br/>VARIATIONS DU VOLUME DE TRANSACTIONS .....</b>                           | <b>60</b> |
| 1. Etude de la relation Volume-Prix sur le marché de change tunisien .....  | 60        |
| 2. Etude de la relation Volume-Volatilité sur le marché tunisien .....  | 62        |
| Conclusion.....   | 67        |
| Conclusion Générale .....   | 68        |
| BIBLIOGRAPHIE .....   | 70        |
| ANNEXES .....   | 74        |

## Liste de Figures

|   |    |
|---|----|
| <i>Figure 1 : Evolution des devises par rapport à l'USD</i>   | 14 |
| <i>Figure 2 : Les étapes du processus d'information de Lyons</i>  | 20 |
| <i>Figure 3 : Dynamique temporelle du modèle de Evans-Lyons</i>   | 24 |
| <i>Figure 4 : Processus d'intégration de l'information dans les prix selon les</i>  | 43 |
| <i>Figure 5 : Evolution de la parité USD/TND et du volume de transaction (Milliers de dollar)</i>   | 49 |
| <i>Figure 6 : Evolution de la parité EUR/TND et du volume de transaction (milliers d'euro)</i>  | 50 |
| <i>Figure 7 : Evolution et histogrammes des fréquences des logarithmes des rendements intra-journaliers des parités EUR/TND &amp; USD/TND</i> | 53 |
| <i>Figure 8 : Evolution des variations de volume de transactions</i>  | 56 |
| <i>Figure 9 : Volume global de transactions sur le marché tunisien(MDT)</i>   | 70 |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| <i>Tableau 1: Evolution du volume de transactions répartis par nature d'intervenant</i>         | 15 |
| <i>Tableau 2: Evolution du volume de transactions répartis par devise (MDT)</i>                 | 16 |
| <i>Tableau 3: Taille des échantillons relatifs au cours de change et volume de transaction</i>  | 47 |
| <i>Tableau 4: Statistique descriptives des parités USD/TND &amp; EUR/TND</i>                    | 52 |
| <i>Tableau 5: Tests de stationnarité des rendements des cours de change</i>                     | 56 |
| <i>Tableau 6: Résultats des tests de stationnarité des variations de volume de transactions</i> | 58 |
| <i>Tableau 7: Résultats de détermination des retards significatifs</i>                          | 59 |
| <i>Tableau 8: Critères de comparaison des modèles estimés des rendements</i>                    | 59 |
| <i>Tableau 9: Test ARCH par l'analyse des résidus au carré</i>                                  | 62 |
| <i>Tableau 10: Résultats de détermination des retards significatifs</i>                         | 63 |
| <i>Tableau 11: Critères de comparaison des modèles estimés</i>                                  | 64 |
| <i>Tableau 12: Estimation des spécifications choisies pour les deux séries de rendements</i>    | 65 |
| <i>Tableau 13: Estimation du modèle (1)</i>   | 67 |
| <i>Tableau 14: Estimation du modèle (2)</i>   | 69 |

## Liste de Figures

|   |    |
|---|----|
| <i>Figure 1 : Evolution des devises par rapport à l'USD</i>   | 14 |
| <i>Figure 2 : Les étapes du processus d'information de Lyons</i>  | 20 |
| <i>Figure 3 : Dynamique temporelle du modèle de Evans-Lyons</i>   | 24 |
| <i>Figure 4 : Processus d'intégration de l'information dans les prix selon les</i>  | 43 |
| <i>Figure 5 : Evolution de la parité USD/TND et du volume de transaction (Milliers de dollar)</i>   | 49 |
| <i>Figure 6 : Evolution de la parité EUR/TND et du volume de transaction (milliers d'euro)</i>  | 50 |
| <i>Figure 7 : Evolution et histogrammes des fréquences des logarithmes des rendements intra-journaliers des parités EUR/TND &amp; USD/TND</i> | 53 |
| <i>Figure 8 : Evolution des variations de volume de transactions</i>  | 56 |
| <i>Figure 9 : Volume global de transactions sur le marché tunisien(MDT)</i>   | 70 |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| <i>Tableau 1: Evolution du volume de transactions répartis par nature d'intervenant</i>         | 15 |
| <i>Tableau 2: Evolution du volume de transactions répartis par devise (MDT)</i>                 | 16 |
| <i>Tableau 3: Taille des échantillons relatifs au cours de change et volume de transaction</i>  | 47 |
| <i>Tableau 4: Statistique descriptives des parités USD/TND &amp; EUR/TND</i>                    | 52 |
| <i>Tableau 5: Tests de stationnarité des rendements des cours de change</i>                     | 56 |
| <i>Tableau 6: Résultats des tests de stationnarité des variations de volume de transactions</i> | 58 |
| <i>Tableau 7: Résultats de détermination des retards significatifs</i>                          | 59 |
| <i>Tableau 8: Critères de comparaison des modèles estimés des rendements</i>                    | 59 |
| <i>Tableau 9: Test ARCH par l'analyse des résidus au carré</i>                                  | 62 |
| <i>Tableau 10: Résultats de détermination des retards significatifs</i>                         | 63 |
| <i>Tableau 11: Critères de comparaison des modèles estimés</i>                                  | 64 |
| <i>Tableau 12: Estimation des spécifications choisies pour les deux séries de rendements</i>    | 65 |
| <i>Tableau 13: Estimation du modèle (1)</i>   | 67 |
| <i>Tableau 14: Estimation du modèle (2)</i>   | 69 |

## Introduction Générale

Les validations empiriques des modèles macroéconomiques se sont avérées peu pertinentes dans la théorie de la finance internationale pour expliquer la dynamique de court terme des cours de change. Pour remédier à la faiblesse de ces modèles, les chercheurs en finance internationale se sont focalisés, sur les caractéristiques institutionnelles et organisationnelles de marché des changes afin d'expliquer la dynamique du taux de change. Cette nouvelle approche est nommée la microstructure des marchés des changes.

Dans le but de comprendre la manière avec laquelle le marché parvient à une efficience informationnelle, la microstructure s'intéresse à déchiffrer comment fonctionne le mécanisme qui intègre l'information détenue par un agent. À ce propos, le fond de la distinction entre l'approche de microstructure et l'approche macroéconomique est le rôle des traders dans la détermination du prix. En effet, de point de vue macroéconomique, les traders ne jouent aucun rôle dans la détermination du prix. De ce fait, les récentes recherches empiriques de la microstructure des marchés des changes ont élaboré des modèles qui s'intéressent à la présence des cambistes informés et non informés. En effet, l'étude de l'information, selon cette nouvelle approche, a été développée en deux étapes. En première étape, les recherches empiriques se sont concentrées au réexamen de l'effet de l'arrivée d'une information publique macroéconomique sur le taux de change. Ensuite, l'asymétrie d'information a été appréhendée en évoquant la relation du flux d'ordre et le taux de change.

Cette nouvelle approche, se focalise sur les caractéristiques institutionnelles et organisationnelles du marché des changes, à l'interaction résultante des différents participants et à l'impact qu'ils portent sur les mouvements des prix et ce, en utilisant de nouvelles variables explicatives de la dynamique du taux de change, tels que le volume de transaction, la volatilité, les flux d'ordres et les Bid-Ask spreads, au lieu des fondamentaux de l'approche macroéconomique tels que l'inflation, le taux d'intérêt, etc. En effet, le fond de la distinction entre l'approche de la microstructure et de l'approche macroéconomique c'est le rôle des traders dans la détermination du prix. Les traders qui n'avaient aucun rôle dans l'approche macroéconomique jouent désormais un rôle capital dans la détermination du prix selon l'approche microstructure des marchés des changes.

L'objectif primordial de la théorie de la microstructure s'articule autour de la formation des prix. Dans ce sens, la problématique proposée consiste à évaluer l'apport de l'approche microstructurelle à la dynamique du marché des changes. Nous essayerons alors à travers

notre travail de chercher une réponse à la question suivante : **Dans quelle mesure la théorie de la microstructure, à travers les variables volatilité et volume de transaction, peut contribuer à cerner la dynamique des taux de changes ?**

Pour appréhender au mieux notre problématique, nous opterons pour un plan à deux chapitres :

Dans le premier chapitre, nous essayerons de définir l'approche de la microstructure de marché des changes et de faire un survol des importants travaux empiriques de la microstructure à l'instar des travaux de Lyons, mais avant de le faire, nous présenterons le marché de change interbancaire tunisien qui sera un préambule pour notre investigation empirique. Cette présentation mettra en avant son historique, ses caractéristiques et l'évolution de ce marché pendant les dernières années, ainsi que sa crise actuelle (Dépréciation historique du dinar face au dollar et à l'euro).

Dans le deuxième chapitre, nous essayerons de mettre en évidence la relation entre le volume de transactions et les cours de change. Le support empirique de notre étude se compose d'une série de données sur les taux de change EUR/TND & USD/TND ainsi que des séries de volumes correspondantes. Nous avons opté dans notre étude pour des données en fréquence intra-journalières [**Intraday (5min)**] et ce choix nous permettrait éventuellement d'affiner notre étude et d'apporter un nouveau regard sur la dynamique de change sur le marché interbancaire tunisien qui a été souvent traité par le biais des données journalières.

Pour bien mener notre étude, nous adopterons la méthodologie suivante :

Nous chercherons dans la première section, à spécifier les propriétés statistiques de différentes séries des parités étudiées.

Nous essayerons dans la deuxième section de déterminer les processus générateur des séries du rendement des cours de change et de la variation du volume de transaction interbancaire, et ce dans la famille des modèles GARCH (introduit par Bollerslev en 1986) et EGARCH qui tiennent compte du phénomène d'asymétrie qui existe dans les séries temporelles à haute fréquence.

Au regard de toutes ses informations, nous analyserons dans la troisième section l'impact du volume de transaction sur les rendements et sur la volatilité des cours de changes. Nous commencerons tout d'abord, par insérer la variable variation du volume de transaction dans l'équation de la moyenne, dans le but de comprendre l'impact de cette dernière sur la rentabilité de parités étudiées. Ensuite réinsérer la dite variable dans l'équation de la variance afin de découvrir son effet sur la variabilité des deux parités sujet de notre étude.



## CHAPITRE1 : DYNAMIQUE DES TAUX DE CHANGES & APPORT DE LA MICROSTRUCTURE

Les fluctuations des marchés de change ne peuvent pas être prévisibles à court terme par les modèles théoriques fondamentaux. La déconnexion entre les cours de change et les déterminants fondamentaux constitue une des énigmes de la finance internationale. En effet, les travaux de *Meese & Rogoff (1983)*<sup>1</sup> ont montré l'incapacité des modèles macroéconomiques de change à surclasser un simple processus aléatoire essentiellement sur le court et le moyen terme. Outre leur faible pouvoir prédictif, les modèles de détermination de taux de change traditionnels se basent sur des hypothèses simplificatrices qui s'écartent de la réalité. Les premières recherches sur la dynamique de taux de change basées essentiellement sur les agrégats économiques et les informations publiques n'ont pas pris en considération l'information privée et tous les aspects de microstructure de marché financier. Ce constat a été confirmé par les études de *Frankel & Rose (1995)* qui expliquent que les déterminants les plus importants de la volatilité du taux de change ne sont pas macroéconomiques.

Ainsi face à cette déconnexion, plusieurs chercheurs se sont orientés vers d'autres variables qui constituent à intégrer les caractéristiques institutionnelles ou organisationnelles du marché de change dans l'explication des dynamiques de change donnant ainsi lieu à une nouvelle approche dite de *microstructure*.

En effet, le passage de l'approche macro-économique à l'approche de la microstructure a mis en valeur deux variables qui étaient auparavant négligées et qui constituent l'apport de l'approche et conduit à une nouvelle compréhension du comportement du taux de change. Il s'agit des flux d'ordres et des spreads (bid-ask).

---

<sup>1</sup> Meese. R. and Rogoff. K, (1983): "The Out-of-Sample Failure of Empirical Exchange Rate Models".

## **SECTION1 : LA STRUCTURE DES MARCHES DE CHANGE**

### **1. La structure des marchés de change**

L'approche de microstructure est l'approche qui a essayé d'introduire des variables, jusque là négligées par les modèles macroéconomiques, et qui sont la structure de l'information, le comportement des intervenants, les règles de décisions ainsi que le rôle de la structure institutionnelle dans la dynamique de court terme des taux de changes. Cette section essaiera de présenter ses spécificités et ses caractéristiques essentiellement pour le marché tunisien qui fera ultérieurement l'objet de notre étude.

#### **1.1.Le marché des changes**

Le marché des changes est le lieu de confrontation des offres et des demandes de devises, c'est à dire des moyens de paiement des différents pays. Ce marché comprend le change au comptant (spot) mais également le change à terme (sous différentes formes) et implique donc un accès aux opérations de « trésorerie » (prêt/emprunt) en devise ou en monnaie nationale. De plus, depuis plusieurs années un nouveau type de marché est apparu c'est le marché dit d'instruments (ou produits) dérivés.

#### **1.2.Les caractéristiques du marché des changes**

Le marché des changes est :

- Un marché en continu et non centralisé
- Un marché de gré a gré
- Un marché quasi parfait
- Un marché gouverné par les prix
- Un marché dominé par les banques

##### **1.1.1. Contenu et non centralisé**

Contrairement à d'autres marchés, le marché des changes n'est pas un lieu « physique ». Il n'a pas de structure centralisée et les opérations sont conclues d'un pays à l'autre par l'intermédiaire de moyens de communications très rapides.

### **1.2.2. De gré à gré**

Le marché des changes est essentiellement un marché de gré à gré. En effet, les échanges se font essentiellement au niveau interbancaire, de plus, il n'existe pas de cotation centralisée tel que sur la bourse. A un instant  $t$ , des divergences peuvent avoir lieu d'une place à une autre mais aussi d'une banque à une autre sur la même place.

### **1.2.3. Quasi parfait**

En effet, il est généralement admis que sur le marché des devises, chaque agent a un libre accès aux informations qui pourrait avoir une incidence sur la fluctuation des cours.

### **1.2.4. Gouverné par les prix**

Un prix est communiqué avant toute transaction. Celui qui demande le prix a la possibilité de choisir s'il traite ou pas avec sa contrepartie sur l'une des deux côtés, à savoir l'achat ou la vente.

Les intervenants qui ont l'habitude de coter des prix constituent une catégorie appelée 'market maker'. Ils s'engagent à traiter sur les prix qu'ils affichent dès qu'une contrepartie en fait la demande.

### **1.2.5. Dominé par les banques**

Les acteurs opérant sur le marché des changes représentent trois groupes différents : le premier est constitué par les entreprises, les gestionnaires de fonds et les particuliers, le deuxième réunit les autorités monétaires (banques centrales) et le troisième rassemble les banques et les courtiers qui assurent le fonctionnement quotidien du marché.

Nous essayerons dans ce qui suit de citer tout les acteurs de ce marché.

## **1.3. Les acteurs du marché des changes**

Le marché des changes est un marché décentralisé au sein duquel les différents acteurs, chacun avec ses propres besoins, intérêts et motivations, fait des échanges avec les autres.

Ces différents acteurs peuvent être répertoriés en six catégories:

### **1.3.1. Les Banques Centrales**

Les Banques Centrales Nationales (ou supranationales) jouent un rôle prépondérant sur le marché des changes. Leur impact sur ce marché découle non seulement de leur rôle en tant que partie à une transaction, mais aussi, et probablement davantage, de la politique qu'elles entendent mener. L'objectif principal des Banques Centrales est de contrôler la masse monétaire et l'inflation, tout en assurant la croissance économique et la stabilité monétaire. Les réserves de devises des Banques Centrales constituent l'un des outils leur permettant de poursuivre les objectifs précités.

### **1.3.2. Les Banques Commerciales**

Les Banques Commerciales telles que la Deutsche Bank et UBS sont les acteurs les plus importants du marché des changes. Les transactions entre les banques, constituent non seulement la majorité du chiffre d'affaires commercial, mais représentent aussi une part importante des transactions spéculatives.

### **1.3.3. Les sociétés de courtage**

Ces établissements financiers exécutent des opérations avec des portefeuilles de fonds internationaux, achetant des devises étrangères afin de garantir un profit assuré à leurs clients. Les opérations de change qu'ils effectuent concernent principalement des activités de «trading » relatives aux fonds d'investissement, entreprises internationales et fonds du marché monétaire.

### **1.3.4. Hedge Funds**

Des fonds d'investissements privés qui utilisent diverses stratégies pour spéculer sur le marché des changes. En raison de leurs grandes réserves de liquidités, de leurs stratégies de négociation et de l'important effet de levier auquel ils recourent, les hedges fonds jouent un rôle majeur sur le marché.

### **1.3.5. Les sociétés commerciales et industrielles**

Les importateurs et les exportateurs sont exposés aux risques de fluctuations monétaires, de sorte qu'ils utilisent le marché des changes pour se prémunir eux-mêmes contre de tels risques, en garantissant des flux de trésorerie futurs et en se protégeant contre les fluctuations

des devises.

Leur objectif premier n'est généralement pas de tirer profit de la spéculation sur ces variations, mais plutôt d'éviter une perte pouvant en découler.

### **1.3.6. Particuliers**

Ce sont des personnes physiques qui utilisent le marché des changes pour répondre à un besoin de devises, tel que les touristes en se rendant à l'étranger.

Ces différents acteurs de par leurs interactions assurent le fonctionnement et la pérennité du marché des changes.

## **1.4. Le Marché des changes tunisien**

Le marché des changes tunisien est un marché exclusivement interbancaire puisque seuls les banques y ont accès en plus de quelques entreprises pour des opérations bien déterminées, les institutions financières non bancaires et la clientèle privée n'y ont pas accès. . Pour appréhender le marché des changes tunisien, nous présenterons son historique, ses compartiments ainsi que son évolution.

### **1.4.1. Historique**

Dans le cadre de la libéralisation de l'économie en Tunisie, un grand nombre de réformes et de lois ont touché son système financier. En fait, suite à la libéralisation progressive du régime des changes et du commerce extérieur, deux autres étapes manquaient à l'instauration d'un marché des changes qui joueraient pleinement son rôle dans le système économique.

La première étape a été de mettre en place un marché monétaire de devises édicté par les circulaires 89.18 du 17/05/89. Ces mesures nouvelles ont été introduites afin d'apporter un certain assouplissement au système de paiement et au régime de change en Tunisie. Ce marché permet aux banques de gérer les devises de leurs clients résidents et non résidents sans autorisation préalable de la BCT.

La deuxième étape conditionnelle à l'institution du marché des changes a été désormais la convertibilité courante du dinar tunisien. Cette réforme permet d'assurer une intégration dynamique de l'économie tunisienne dans l'espace économique mondial du moment où elle autorise des opérations de règlement des transactions courantes en procédant à un achat de devises étrangères ou à la cession de celles-ci contre des dinars tunisiens sans autorisation

préalable et à un cours fixé par le marché. Cette convertibilité est de nature à encourager les exportations comme solution à l'étroitesse du marché domestique et de favoriser d'avantage les investissements étrangers comme solutions à l'insuffisance de l'épargne nationale. C'est en décembre 1992 que sera annoncée effectivement par décision présidentielle, la convertibilité courante du dinar tunisien grâce à laquelle le cours du dinar n'est plus fixée par la BCT, mais il est déterminé par les mécanismes du marché. Cette convertibilité contribue à

- L'accroissement de la concurrence étrangère grâce à la levée des restrictions touchant les opérations de change et en incitant les entreprises à améliorer leurs compétitivités.
- La libre circulation des capitaux qui permet d'attirer l'investissement étranger dans le cas où le taux de change est relativement stable.

Le risque majeur de la convertibilité et de la suppression du contrôle des changes réside dans la fuite des capitaux étrangers provoquée par l'instabilité du marché, c'est pourquoi la convertibilité du Dinar ne concerne que les opérations courantes.

Deux ans après l'instauration de la convertibilité courante du dinar tunisien, les autorités financières ont créé un marché des changes interbancaire au comptant à l'intérieur duquel les cours seront établis selon l'offre et la demande des devises et ce par la loi de mars 1994. Jusqu'à ici, la BCT représente le monopole de fixation des taux de change du dinar contre devise.

Actuellement, le dinar est coté durant toute la journée compte tenu, d'une part, de la volatilité des cours sur les places financières internationales, et d'autre part, de celles des niveaux de liquidité pour chaque devise sur le marché des changes interbancaire tunisien. La Banque Centrale intervient en tant que régulateur du marché en contrôlant sa liquidité. Néanmoins, afin de maîtriser les risques inhérents à l'activité de change, la BCT détermine un cours de référence de long terme laissant la détermination des cours au comptant entre les mains du marché interbancaire des changes et n'autorise que les fluctuations des cours [de l'ordre de +/- 1% autour du cours central. (100 points de base) et +/- 300 points de base entre banque et relations (non pas des banques)]. En effet, la BCT n'intervient que lorsqu'elle constate une déviation persistante des cours de change par rapport au cours de référence. Cette intervention se manifeste par la mise à la disposition des banques la liquidité nécessaire en vue d'assurer l'adéquation entre l'offre et la demande de devises. Ensuite, et en vue de dynamiser et de développer le marché des changes, les autorités monétaires franchissent le pas de la libéralisation et décident l'institution d'un marché à terme le 9 mai 1997 où les banques négocient les cours à terme du dinar tunisien. Cette réforme permet aux opérateurs tunisiens

et étrangers installés en Tunisie de couvrir le risque de change de leurs opérations commerciales.

L'échéance à terme est ici fixée à un maximum de 12 mois pour les importations et à un maximum de 9 mois pour les exportations. Dès lors, le cours des devises tunisien est fonction du cours au comptant et des différentiels des taux d'intérêt. Le marché à terme concerne l'achat de devises, pour les importateurs et la vente de devises pour les exportateurs. En plus, la nouvelle circulaire a porté sur les conditions du marché du change au comptant, suivant lesquelles les banques peuvent réaliser des opérations croisées avec leurs correspondants étrangers sans passer par les banques offshores. Dans le cadre des mesures d'accompagnement de l'ouverture de l'économie tunisienne sur l'extérieur, les procédures administratives relatives aux opérations avec l'étranger ont été davantage libéralisées par la circulaire du 4 mai 2001.

Il a été, en effet, décidé d'étendre la possibilité d'utilisation de la couverture de change à terme aux opérations financières, d'instituer la possibilité aux intermédiaires agréés de réaliser les opérations de swaps de change Devise/Dinar pour une durée maximum de 12 mois et de permettre aux banques ainsi qu'aux entreprises de couvrir le risque de taux d'intérêt sur les devises par des accords de garantie de taux d'intérêt ou « Forward Rate Agreement- FRA. ».

#### **1.4.2. Marché des changes Tunisien en relation avec le marché international**

Le marché des changes au comptant tunisien, qui est l'objet principal de nos travaux empiriques, semble suivre la même évolution que le marché international, on constate ainsi une croissance au niveau des volumes échangés, passant de 48722,0 Mdt en **2016** à 58622,5 Mdt en mars **2017**, soit une évolution de 1.2 % durant trois mois seulement.

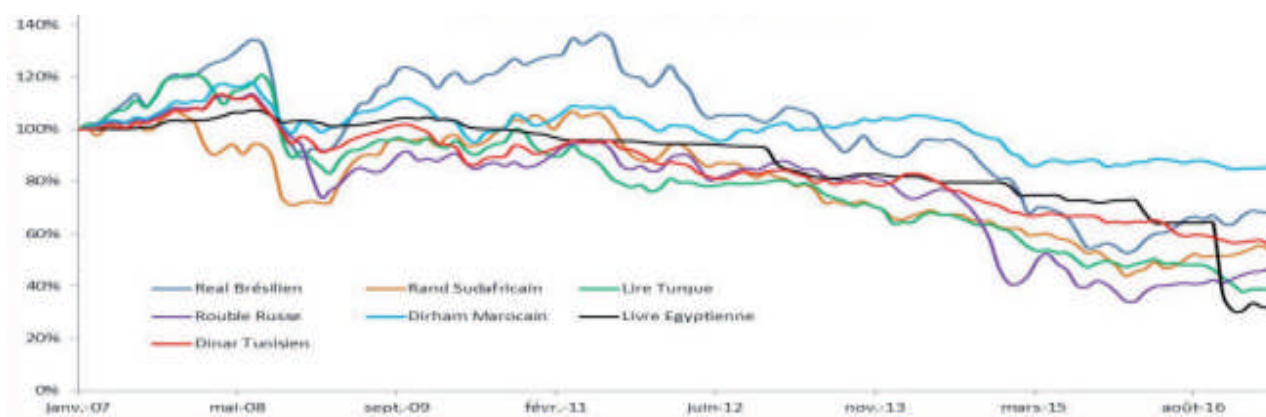
Le marché international des changes a été très volatil en 2016 du fait de la montée des risques politiques. Il a été dominé par l'évolution du dollar américain, dictée indirectement par les anticipations de la politique de la FED et la forte correction à la baisse opérée par les marchés sur la valeur de la livre sterling suite au « Brexit ».

Ainsi, le marché des changes a évolué en deux temps : au premier semestre, le dollar s'est nettement déprécié contre les principales devises sous l'effet des craintes d'un ralentissement prononcé de la croissance américaine. Ensuite, à l'issue du résultat du référendum britannique, le dollar a repris un trend haussier sur le marché. Ce trend a été soutenu par la victoire de « Donald Trump » et par l'amélioration des indicateurs économiques américains, qui ont conforté les anticipations d'un resserrement de la politique monétaire de la FED à un rythme accéléré. Au total, l'euro a accusé une troisième année consécutive de baisse face au

dollar. La devise européenne s'est repliée en 2016 de près de 3%, passant de 1,0856 à 1,0517 au 30 décembre 2016. Pour sa part, la devise nipponne (JPY) a signé ses meilleures performances en 2016, tirant profit de son statut de valeur refuge face à la montée des risques globaux sur une grande partie de l'année. La paire USD/JPY a clôturé l'année à 116,96 JPY contre 120,55 JPY au début de 2016. L'autre devise qui a accaparé l'attention des investisseurs est la livre sterling qui a subi les aléas du marché après le Brexit, les investisseurs ayant été déroutés quant à l'avenir de l'économie européenne et britannique. La livre a accusé sur l'année un plongeon de 13,6% face à l'euro et de 16,3% face au dollar passant respectivement de 0,7375 à 0,8535 et de 1,4746 à 1,2340.

Le graphe ci dessous montre l'évolution de quelques devises émergentes par rapport au dollar américain en prenant comme base 100 le 01/01/2007 pour chaque devise, soit un historique d'évolution sur 10 ans. L'échantillon regroupe à la fois de grands pays émergents comme le Brésil, la Turquie, la Russie et l'Afrique du Sud, mais aussi des pays comparables à la Tunisie, comme le Maroc et l'Egypte.

Tous les pays de l'échantillon, et quelque soit leur taille, affichent des devises en dépréciation. Seuls 2 pays voient leur devise se déprécier moins que le dinar: le Maroc (panier indexé sur l'euro et le dollar, et bientôt libéralisé), et le Brésil (dont le Real s'est fortement apprécié jusqu'à 2012 puis a chuté de plus de 40% en 4 ans, impliquant ainsi une forte volatilité).



**Figure 1 : Evolution des devises par rapport à l'USD**

\*Source : Bulletin mensuel UBCI, Mai 2017

La dépréciation de ces devises peut être ralentie par l'intervention des banques centrales qui peuvent choisir de soutenir leur monnaie en puisant sur leurs réserves de changes. Mais ce n'est pas la politique suivie par tous les pays.



En effet on trouve:

- Des pays qui ont fait le choix de laisser leur monnaie se déprécier en préservant leurs réserves de change comme la Turquie, le Brésil et l’Afrique du Sud. Ceci a permis à ces pays d’améliorer la compétitivité de leur économie locale et encourager ainsi les exportations et freiner les importations.
- D’autres pays ont essayé de ralentir la dépréciation de leur devise locale en puisant sur leurs réserves comme la Tunisie, la Russie et l’Egypte.

Cette 2ème stratégie peut être envisagée sur une courte durée lorsque les réserves de change ne sont pas très importantes. Elle permet de remédier à un déficit ponctuel de la balance des paiements, ou de stabiliser la monnaie le temps que le gouvernement mette en place les réformes structurelles améliorant la compétitivité de l’économie locale.

Lorsque ces réformes tardent à venir, le pays épuise ses réserves et n’a plus les moyens de soutenir sa monnaie, laquelle se déprécie très fortement rattrapant tout le retard qu’elle a pris pendant l’intervention de la banque centrale.

Le cas récent de l’Egypte s’est traduit par une chute de la livre égyptienne de plus de la moitié de sa valeur en 3 mois, fin 2016.

Jusqu’à cet instant, le dinar tunisien connaît une dépréciation relativement importante depuis quelques semaines et surtout suite à la fameuse déclaration du ministre de la finance en avril 2017, suscitant des inquiétudes au niveau des différents acteurs économiques.

Toutefois, lorsqu’on compare ce qui se passe sur le marché tunisien par rapport à d’autres marchés de pays émergents cité ci dessus, on s’aperçoit que cette dépréciation est relativement faible, et que la volatilité du dinar est également très limitée.

**Tableau.1.1. Evolution du volume de transactions répartis par nature d'intervenant**

| <b>Désignation</b>              | <b>10 mois<br/>2016</b> | <b>11 mois<br/>2016</b> | <b>2016</b> | <b>1 mois<br/>2017</b> | <b>2 mois<br/>2017</b> | <b>3 mois<br/>2017</b> |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Marché<br/>Interbancaire</b> | 29478,7                 | 31508,9                 | 33612       | 2855,5                 | 4246                   | 5601,9                 |
| Banques résidentes              | 27238                   | 29028,6                 | 30841,2     | 2504,7                 | 3753,8                 | 4864,4                 |
| Banques Off shore               | 2240,7                  | 2480,3                  | 2770,8      | 350,8                  | 492,2                  | 737,5                  |
| Banque Centrale                 | 11236,5                 | 13151,3                 | 15110       | 1375                   | 2973,9                 | 4298,6                 |
| <b>Total</b>                    | 40715,2                 | 44660,4                 | 48722       | 4230,5                 | 7219,9                 | 9900,5                 |

\*Source: Statistiques de la BCT

La lecture de ce tableau nous montre une domination du marché interbancaire sur le marché des changes, et une moyenne d'interventions de la Banque centrale de Tunisie de l'ordre de 22% au cours de ces quatre années. En effet, depuis les années 1990 et jusqu'en 2000, la politique de change suivie, dans le cadre d'un plan de libéralisation financière, a conduit à la stabilisation du taux de change effectif réel du dinar tunisien. L'abandon de cette politique à partir de 2001, conjugué à la montée en puissance du marché des changes interbancaire tunisien et à la, réduction de l'intervention de la banque centrale de Tunisie, a permis une plus grande flexibilité des taux de changes du dinar, aussi bien réels que nominaux.

La baisse du volume des transactions du dinar contre l'euro et le dollar en l'année 2016 et début 2017 peut être expliquée, selon des experts économiques par des causes structurelles relatives à la faible compétitivité de l'économie tunisienne ainsi que la non diversification du produit économique et aux impacts de la Révolution tunisienne (17 décembre 2010-14 janvier 2011) sur le dinar tunisien.

Concernant les devises échangés sur ce marché, il apparaît clair que les parités Euro/Dinars et Dollars/Dinars représentent a elles seules presque la globalité des transactions sur le marché des changes tunisien, en effet, ces deux parités réunies représentent par exemple 98.9% en 2015 et 98.3% en 2016.

**Tableau.1.2. Evolution du volume de transactions répartis par devise (MDT)**

| Indicateurs  | 2mois2017  |        |               | 3mois2017  |        |               |
|--------------|------------|--------|---------------|------------|--------|---------------|
|              | Marché Int | BCT    | Total         | Marché Int | BCT    | Total         |
| <b>USD</b>   | 1747,1     | 455,2  | 2202,3        | 2337,6     | 547,1  | 2884,7        |
| <b>EUR</b>   | 2492,3     | 2518,5 | 5010,8        | 3236       | 3751,2 | 6987,2        |
| YEN          | 0,3        | 0      | 0,3           | 9,7        | 0      | 9,7           |
| Autres       | 6,2        | 0,3    | 6,5           | 18,6       | 0,3    | 18,9          |
| <b>Total</b> | 4245,9     | 2974   | <b>7219,9</b> | 5601,9     | 4298,6 | <b>9900,5</b> |

\*Source : Statistiques de la BCT

➔ Ces spécificités du marché des changes tunisien, nous seront précieuses par la suite pour mieux nous guider au niveau de nos travaux empiriques. Comme le tableau ci-dessus indique, le volume de transaction occupé par l'euro et le dollar représente environ 99% durant les trois premiers mois de 2017 et donc pour cette raison, on va réduire notre étude du marché de change tunisien uniquement à l'étude des deux parités EUR/TND et USD/TND.

## SECTION 2: EMERGENCE DE L'APPROCHE DE MICROSTRUCTURE

### 1. Emergence de l'approche de microstructure

L'objectif principal de la théorie de la microstructure fut alors de comprendre et analyser les mécanismes de formations des prix pour enfin modéliser le marché de change d'une manière radicalement lointaine de la modélisation traditionnelle reposant sur l'approche macroéconomique.

#### 1.1. De l'approche macroéconomique à l'approche de microstructure

Depuis les travaux déjà cités de *Meese et Rogof (1983)*, mais aussi de *Fankel et Rose (1995)*, les approches macroéconomiques du taux de changes ont échoué sur le plan empirique. Dans ce cadre, *Fankel et Rose (1995)* affirment qu'aucun modèle basé sur les fondamentaux ne parviendra à expliquer ou prévoir une grande partie des variations du taux de changes, au moins à moyen et court terme.

De même, *Evans et Lyons (2004)* affirment qu'aucun de ces modèles ne surpasse **une marche aléatoire**. A ce niveau, une question se pose : Si les déterminants du taux de change ne sont pas macroéconomiques tels que les fluctuations des taux d'intérêts ou d'inflation, que pourraient-ils être? Deux alternatives différentes apportent une réponse plausible à cette question :

La première appuyé par des auteurs tel que *Blanchard, Meese et Evans* stipule que les déterminants du taux de change incluent des variables qui sont typiquement modélises par des bulles spéculatives rationnelles, mais *Flood et Hodrick (1990)* ont aboutit a la conclusion que l'alternative des bulles n'est pas convaincante. La seconde appuyée quant à elle par *Hau (1998)* est l'irrationalité : cette approche étudie le fait que les taux de changes peuvent être déterminés en partie par des erreurs d'anticipation.

Enfin, *Jeffrey Frankel et Andrew Rose (1995)* admettent qu'il y'a de faibles preuves que les variables macroéconomiques aient un effet certain sur les fluctuations du taux de changes, et que ces résultats ont entraîné un certain pessimisme des professionnels vis-à-vis des recherches sur la dynamique des taux de changes. Ainsi, une nouvelle approche est apparue : celle de la Microstructure. Une telle orientation approfondit le cadre économique standard où

l'on suppose que le prix émerge d'un équilibre entre l'offre et la demande de monnaie sans se soucier de ces conditions d'émergence.

L'approche microstructure du marché de change se distingue de l'approche macroéconomique traditionnelle par ses hypothèses et ses méthodologies. En observant ses hypothèses, l'approche microstructurelle constitue une réponse à la violation des hypothèses de l'approche macroéconomique :

- ✓ **L'homogénéité des intervenants sur le marché.**
- ✓ **La disponibilité publique des informations.**
- ✓ **L'abandon de tout effet des mécanismes d'échange (Trading).**

Les modèles standards mettent en jeu des hypothèses dans la détermination du taux de change qui incluent des notions telles que tous les agents sont identiques, l'information est parfaite et les frais de transport sont nuls. Cependant, ces hypothèses ne reflètent pas la réalité et nous poussent à poser la question suivante : « Si tous les agents sont identiques, qu'est ce qu'ils les poussent à échanger ? ». De ce fait, il est nécessaire de trouver de nouveaux modèles permettent de saisir ce qui échappe aux théories macroéconomiques traditionnelles et qui permet d'éclairer cette zone d'ombre autour de la dynamique du taux de change.

L'approche de microstructure du marché de change présente ainsi une déviation par rapport aux modèles traditionnels d'analyse du comportement du taux de change, ainsi *Taylor(1996)* suggère qu'il existe des facteurs importants autres que les fondamentaux qui influencent le comportement du taux de change essentiellement à des horizons temporels courts et que dans ce contexte la nouvelle approche de microstructure apparaît justifiée.

## **1.2.Définition et Hypothèses de la Microstructure**

La microstructure des marchés de change essaie de mieux appréhender l'information incorporée dans les flux d'ordres qui influence directement les processus dynamiques des évolutions de prix. Cette approche a su surpasser les modèles macroéconomiques d'autant plus que les marchés sont inefficients, plus précisément, tous les agents et les intervenants sur le marché de change n'ont pas accès à la même information encore moins les mêmes motivations et objectifs.

*Maureen O'Hara (1995)* définit la microstructure comme le processus et le résultat des échanges d'actifs sous les règles explicites de transaction.

*''The process and outcomes of exchanging assets under explicit trading rules ''*

*Lyons (2000)* dans son ouvrage « The microstructure of foreign Exchange Market » admet l'absence d'une définition unanime de la microstructure. La réponse de l'approche de la microstructure à l'approche dominante macroéconomique a été essentiellement sur la base

d'hypothèses réalistes permettant un tant soit peu d'appréhender la complexité de la dynamique de taux de change :

**H1** : L'existence d'une information pertinente à la détermination du taux de change qui n'est pas disponible publiquement et donc l'existence d'une information privée le plus souvent traduite à travers les flux d'ordres.

**H2** : L'hétérogénéité des participants a une influence sur le prix et la formation du prix.

**H3** : Le mécanisme d'échange peut affecter le processus de formation des prix.

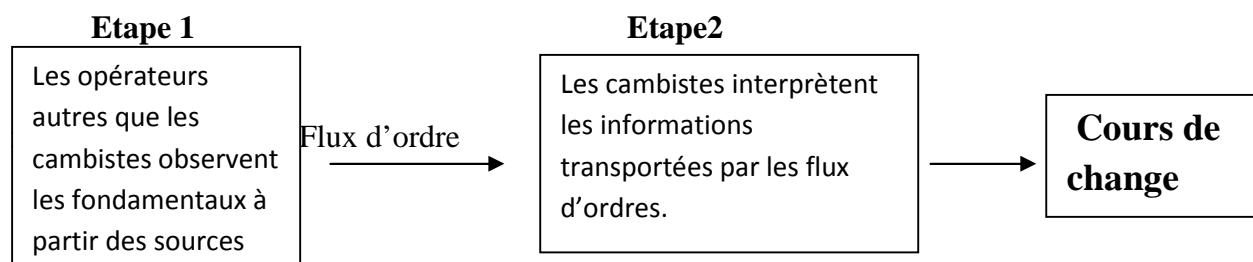
En passant de l'approche macroéconomique à l'approche microéconomique, trois variables qui ne jouaient aucun rôle dans l'approche macroéconomique deviennent importantes : ces variables sont **le flux d'ordre, la fourchette de prix et le volume de transaction**.

### **1.1.1. Le flux d'ordre (Order Flow)**

La compréhension du flux d'ordre est essentielle pour pouvoir apprécier la différence apportée de l'approche de la microstructure par rapport à l'approche macroéconomique. Il est important de signaler que le volume de transaction diffère du flux d'ordre. Le flux d'ordre est le volume de transaction qu'on attribue un signe. Le flux d'ordre peut être mesuré comme la somme des opérations d'achat de signes positifs et des opérations de ventes de signes négatifs. Un résultat négatif signifie une pression de vente nette alors qu'un résultat positif reflète une pression d'achat nette.

Les modèles traditionnels admettent comme postulat que tous les intervenants sur le marché possèdent la même information alors que le modèle de la microstructure reconnaît que les participants au marché utilisent des informations différentes pour former leurs pensées. Ainsi les dealers informés et rationnels exploitent cet avantage informationnel en publiant leurs ordres aux teneurs de marché (Market Makers). Ces derniers en observant les flux, marquent des inférences sur les informations privées pour après ajuster leurs cotations, autrement dit, au cas où il y'a un ordre d'achat, le teneur doit élever la probabilité que le client a reçu une bonne information. Alors, s'il existe un ordre de vente, dans ce cas il va rabaisser cette probabilité. Ainsi, l'information privée est incorporée dans les prix et dans ce sens nous disons que les flux d'ordres sont informatifs.

Le pouvoir explicatif du flux d'ordre dans la compréhension du comportement du taux de change a été traité par *Lyons(2000)* et présenté sous forme de diagramme comme suit :



**figure 2 : les étapes du processus d'information de Lyons**

Le flux d'ordre véhicule l'information concernant les fondamentaux, dans ce sens il représente un mécanisme de transmission. Lorsque l'information est disponible, les cambistes n'ont pas intérêt à analyser les flux d'ordre. Mais dans la pratique, les informations concernant le marché de change ne sont pas toutes connues par le public donc s'informer du flux d'ordre s'avère très important.

### **1.1.2. La fourchette de prix (Spreads)**

La fourchette des prix se définit comme un indicateur de liquidité puisqu'elle traduit l'écart entre le cours acheteur *Ask* et le cours vendeur *Bid*, elle est considérée comme une mesure explicite des coûts de transaction. La théorie de la microstructure a connu un développement continu depuis *Demestz (1968)* qui identifie la fourchette comme le coût d'assurance de l'immédiateté, en d'autres termes c'est la rémunération des teneurs de marché pour leur service de liquidité.

La fourchette des prix reflète l'existence de quatre types de coûts : les coûts de traitement des ordres (Order processing costs), les coûts de détention de l'inventaire (Inventory holding costs), les coûts de la sélection adverse (Information costs) et enfin le coût de recherche de contrepartie (Search costs).

**1.1.2.1. Coûts de traitement des ordres :** Ces coûts sont supportés par les teneurs de marché et générés par l'obligation de suivi permanent du marché, on peut citer : les frais de personnel, les frais de locaux, les coûts d'acquisition d'information...

**1.1.2.2. Coût d'inventaire (Inventory Holding Costs) :** Ce coût provient de la détention d'une position en devise qui implique un manque à gagner. En effet, l'obligation d'assurer une contrepartie immédiate contraint le teneur à stocker des quantités d'actifs non souhaités et donc, détenir un portefeuille dont les caractéristiques de risque et le degré de diversification ne correspondent pas à une composition optimale. Ce

coût sera incorporé dans la fourchette en l'élargissant. Le coût de détention d'inventaire est dû également au risque de volatilité des prix comme il est sensible à l'activité de transaction (effet week-end et vacances).

**1.1.2.3. Coût de sélection adverse (Information Costs) :** c'est le coût dû à l'asymétrie d'information, en effet vu que la différenciation entre les agents informés et les agents non informés sur le marché, le teneur élargit sa fourchette pour compenser les pertes subies en négociant avec les informés.

**1.1.2.4. Coût de recherche de contrepartie (Search Costs) :** le marché de change, contrairement au marché d'actions est un marché décentralisé, les opérateurs doivent donc chercher la meilleure contrepartie sur le marché ce qui induit des coûts qui prennent la forme des variations des prix dues à la révélation des transactions à plus d'un opérateur.

### **1.1.3. Le volume de transactions**

Le volume de transactions dans le marché des changes a un impact prépondérant sur les cours (Lyons 2006) puisqu'il renforce l'existence de l'hétérogénéité des anticipations.

En effet, deux théories compétitives essayent d'expliquer la sensibilité du volume de transactions. La première théorie est celui de l'incertitude qui stipule qu'un volume élevé de transactions indique une transmission rapide de l'information. Le deuxième concept est celui de « Hot Potato » qui trouve au contraire qu'un volume de transactions élevé implique la circulation d'une partie minime de l'information.

En fait, cette théorie suggère que suite à l'ordre d'un client, le partage des risques entre teneurs de marché les conduit à se passer une 'Patate chaude' jusqu'à ce qu'elle atteigne un teneur de marché acceptant le risque encouru.

Dans cette perspective, lorsqu'un teneur de marché accumule une position trop importante, il encoure le risque que l'évolution du sous-jacent rende sa position peu profitable, ce qui les pousse à chercher à se débarrasser d'une partie de sa position auprès d'un autre teneur de marché.



## SECTION 3: L'EFFET DU TEMPS SUR LA LIQUIDITE DES MARCHES DES CHANGES

### 1. L'effet du temps sur la liquidité des marchés des changes

Un marché est dit liquide lorsqu'il est possible d'échanger rapidement un grand nombre d'actif sans qu'il y ait des fortes différences au niveau des prix, c'est-à-dire que l'offre et la demande peuvent être égalisées à faible coût.

#### 1.1 Fondements théoriques

Cette étude essaie d'analyser l'effet du temps sur la liquidité du marché des changes. En fait, la liquidité se définit comme l'impact du prix sur les transactions. L'intérêt de cette analyse est d'examiner si l'effet du prix sur l'activité de transaction est plus important lorsque l'information publique est rapidement incorporée. Pour cela, nous allons expliquer dans cette section un modèle de transaction dont la structure nous renseigne sur l'effet du flux d'ordre sur la formulation du prix.

Ce modèle est caractérisé par deux traits essentiels :

La première est l'inclusion des annonces macroéconomiques partiellement glané du flux d'ordre et leurs implications sur les fondamentaux du taux de change. Ceci nous permet de comprendre l'effet négatif des annonces macroéconomiques sur la liquidité.

Le second trait, est que le modèle produit des transactions dit « Hot Potato », c'est-à-dire le passage des positions d'un cambiste à un autre pour des objectifs de gestion du risque. La transaction en « Hot Potato » sert à tester les restrictions des comportements du flux d'ordre et des rendements des prix examinés à partir des données.

En effet, la connaissance parfaite des caractéristiques de l'activité de transaction telle que la période, méthode d'exécution... permet à la banque centrale d'estimer l'influence de ces paramètres sur le prix. Grâce aux types de données disponibles, les banques centrales peuvent comprendre exactement l'incidence du flux d'ordre sur le processus d'ajustement des prix.

#### 1.2. Présentation du modèle

Ce modèle, se distingue par rapport aux autres modèles d'*Evans et Lyons* qu'ils le précèdent essentiellement par deux traits :

Premièrement, le modèle inclut des annonces macroéconomiques où le taux de change ne se déduit que de ces annonces. Rappelons que *Evans et Lyons* supposent que les flux d'ordre ne

transmettent que les informations parvenues par le public, ce qui induit un retard d'ajustement des prix mais qui ne violent pas l'efficience du marché. Alors que dans cette analyse, ce modèle permet aux flux d'ordre de transmettre plus d'informations sur le changement des prévisions des agents.

Deuxièmement, le modèle se caractérise par une activité de transaction de « Hot Potato » nécessaire pour étudier le comportement des flux d'ordre et du rendement du prix.

Avant d'introduire des spécificités, nous allons fournir un aperçu sur le modèle. Au début de chaque journée, le public lance des ordres sur le marché de change. A la fin de chaque transaction, les cambistes déchargent des positions intra journalières au public pour leur plus grande capacité à supporter le risque, ce qui leur donne l'avantage de maintenir des positions 'overnight'.

**Modèle d'Evans & Lyons (2002) :**

Considérons une économie de pur échange de deux actifs dont l'un est risqué et l'autre sans risque. Chaque journée, le marché réalise une rentabilité  $R_t$  observée par le public.

Deux types de participants sont présents sur le marché : les clients et les cambistes. Chaque client essaie de maximiser son utilité tout en gardant une *aversion au risque absolu constante* (ARAC). Chaque journée  $t$  est composée de quatre séries de transactions :

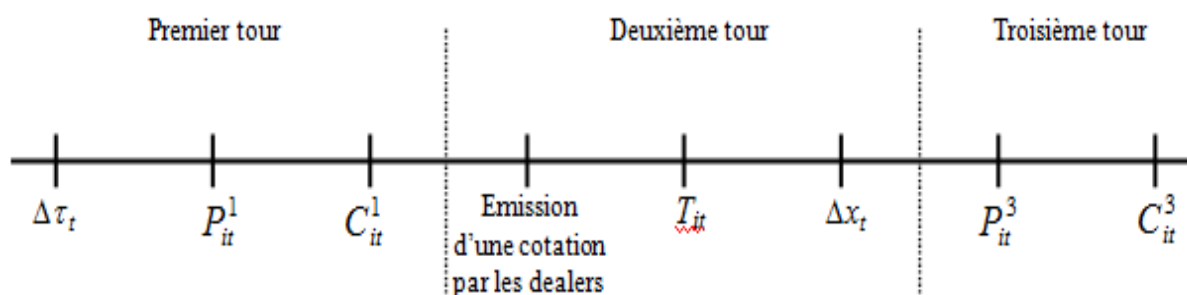
**Série1** : Les dealers échangent avec les clients (le public).

**Série2** : Les cambistes échangent entre eux (pour partager le risque d'inventaire).

**Série3** : La rentabilité  $R_t$  est réalisée et les cambistes échangent entre eux pour la 2<sup>ème</sup> fois.

**Série4** : Les cambistes échangent une autres fois avec le public (pour partager le risque).

Les séries de transactions chaque journée sont donc représentés comme suit :



**Figure 3 : Dynamique temporelle du modèle de Evans-Lyons**

Source : Evans et Lyons (2002a), *op. cit.*, p. 173

NB : Le deuxième tour englobe les deux séries de transaction 2 et 3.

Chaque journée d'échange se déroule en trois tours selon la dynamique temporelle présentée dans la Figure3.

### Explication du déroulement des différentes séries de transaction selon le modèle d'Evans & Lyons :

#### 1.2.1. Série 1

Au début de chaque jour, un choix se fait suite à une annonce macroéconomique notée  $A_t$

$$A_t \begin{cases} 1 \text{ s'il ya une annonce macroéconomique.} \\ 0 \text{ sinon.} \end{cases}$$

Pour certains clients, les annonces macroéconomiques transmettent des informations concernant l'accroissement de la rentabilité  $\Delta R_t$ . Ceci est important pour le modèle et implique que le flux d'ordre induit par l'observation de ces annonces sera informatif sur les rentabilités futures. L'événement suivant est la cotation des dealers. Chaque dealer cote simultanément et indépendamment un prix au public.

Ce prix de la première série du dealer  $i$  est noté  $P_{1i}$  et conditionné par l'information disponible au dealer  $i$ . L'événement final de la première série est l'échange des clients (public). Chacun des  $N$  dealer reçoit un ordre d'un client qui n'est pas observable pour le reste du marché noté  $C_{1i}$ . Les auteurs ont décomposé la demande des clients en deux composantes tel que :

$$C_{1i} = \overline{C}_{1i} + \overline{\overline{C}}_{1i} \quad \text{si } A_t = 0$$

$C_{1i}$  : Reflète les anticipations des clients intervenants sur le marché. Ces anticipations prennent en compte les informations macroéconomiques publiées récemment et les rentabilités antérieures de la parité de change.

$\overline{C}_{1i}$  : Cette première composante est non corrélée avec l'accroissement de la rentabilité  $\Delta R_t$  et reflète le changement du portefeuille du public. Les déterminants de ce changement peuvent être un changement de la demande, modification des préférences des risques.

$\overline{\overline{C}}_{1i}$  : Cette deuxième composante est corrélée avec l'accroissement de la rentabilité mais non corrélée avec la première composante du flux d'ordre des clients.

On distingue deux composantes  $C_{1i}$  de mais le dealer observe l'ordre du client en total, non les composantes séparément. Chacun de ces composantes sont exécutées au prix coté  $P_{1i}$ .

$C_{1i} < 0$  signifie une vente du client, achat du dealer  $i$ . L'ordre du client est différent de 0 seulement si des annonces macroéconomiques ont eu lieu ( $A_t = 1$ ).

### 1.2.2. Série 2

C'est la série de transaction entre les dealers. Chaque cambiste cote simultanément et indépendamment un prix pour les autres cambistes qui acceptent d'acheter et de vendre à n'importe quel montant. Ce prix est noté  $P_{2i}$  comme il est observable et disponible pour tous les dealers. L'activité de transaction nette entre les cambistes initiée par un cambiste  $i$  est notée ( $T_{2i} < 0$  signifie vente du dealer  $i$ ). A la fin de cette série, tous les agents observent un flux d'ordre  $\Delta x_2$  issu des cambistes tel que :

$$\Delta x_2 = \sum_{i=1}^N T_{2i}$$

Les transactions client-cambiste de la série 1 dans la plupart des marchés de change étranger ne sont pas généralement observables alors que l'échange entre les cambistes génère des flux d'ordre observables par le public ce qui correspond plus à la réalité.

### 1.2.3. Série 3

Comme la série précédente, les cambistes n'échangent qu'entre eux. Au début de cette série, l'accroissement de la rentabilité  $\Delta R_t$  est réalisé et la rentabilité journalière est payée. Ensuite, chaque cambiste cote simultanément et indépendamment un prix aux autres dealers qui acceptent d'acheter et de vendre à n'importe quel montant à un prix noté  $P_{3i}$ .

Cette cotation est observable et disponible à tous les dealers sur le marché. L'activité de transaction nette entre les cambistes effectuées par le  $i$ ème cambiste dans la série 3 est notée  $T_{3i}$  ( $T_{3i} < 0$  signifie vente du dealer  $i$ ). A la fin de cette période, tous les agents observent un flux d'ordre issu des cambistes:

$$\Delta x_3 = \sum_{i=1}^N T_{3i}$$

### 1.2.4. Série 4

Au cours de cette série, les dealers partagent le risque « overnight » avec le public.

Contrairement à la série 1, l'échange effectué par le public est non stochastique. Initialement,

chaque dealer cote simultanément et indépendamment un prix  $P_{4i}$  avec lequel, il accepte d'acheter et de vendre à n'importe quel montant. Ces cotations sont observables et disponible au public. La capacité du dealer à supporter ce risque est moindre relativement à la capacité du public. Avec cette supposition, les dealers fixent un prix optimum de telle façon que le public absorbe volontiers les positions des dealers et chaque cambiste finit sa journée sans position. Les prix de cette série 4 sont conditionnés par le flux d'ordre entre les dealers  $\Delta x_3$ . Ce flux d'ordre informe les cambistes sur la taille de la position totale que le public peut absorber. Donc, pour déterminer ce prix, les cambistes ont besoin de connaître la capacité du public à supporter le risque (la marge du risque du public). La demande totale de devise du public au cours de la série 4 du jour t est notée  $C_4$ .  $C_4$  proportionnelle au rendement attendu conditionné par l'information publique.

$$C_4 = \gamma (E (P_{4,t+1} + R_{t+1} / \Omega_{4,t}) - P_{4,t})$$

$\gamma$  : Marge du risque du public.

$\Omega_{4,t}$  : Inclut toute l'information publique disponible au cours de la série 4 du jour t.

Le problème du cambiste est le choix des six variables des prix  $P_{1i}$ ,  $P_{2i}$ ,  $P_{3i}$ ,  $P_{4i}$  et les transactions entre les cambistes  $T_{2i}$  &  $T_{3i}$ . Pour prévenir les opportunités d'arbitrage tous les dealers cotent un prix commun, ce prix doit être conditionné seulement par l'information commune. L'information commune s'accroît à la fin de la deuxième série (flux d'ordre entre les dealers), au début de la troisième série (accroissement de la rentabilité) et à la fin de la troisième série (flux d'ordre entre les cambistes  $\Delta x_3$ ). Le prix au cours des transactions  $P_{4i}$  de la série 4, reflète l'information de ces trois sources.

### 1.3. Portée de l'étude

Dans cette étude, Evans et Lyons sont les premiers à pouvoir comprendre comment mesurer la liquidité du marché de change et pourquoi elle varie au cours du temps. Les résultats montrent que la liquidité sur le marché des devises dépend du flux de l'information public alors qu'elle est indépendante du volume de transaction ou de la volatilité du prix. Ces résultats mettent en valeur l'efficacité de l'intervention au moment opportun de leur activité de transaction.

La baisse dramatique de la liquidité qui s'est passée au marché Dollar Yen en Octobre 1998 est un exemple qui, illustre cette politique. Or, pendant une journée, le cours JPY/USD décroît de 132 à 117 et la fourchette de prix (spread) s'élève à 1 yen. Cet événement était dû à la persistance du niveau bas du taux de change.

La majorité des teneurs de marché dans les pays développés soulignent qu'une liquidité additionnelle permet de déstabiliser le marché. Théoriquement, moins est la liquidité, plus le marché est déstabilisé, plus est la largeur de l'impact des prix et donc une variabilité plus importante des prix (toutes choses égales par ailleurs).

## SECTION 4 : LITTERATURE DE LA MICROSTRUCTURE DES MARCHES DES CHANGES

### 1. Littérature de la microstructure des marchés des changes

Dans ce qui suit on survolera la littérature empirique des modèles microstructurels adoptés par des auteurs tels que *Lyons (2000)*, *Madhavan et Smidt (1991)*, *Engel et West (2004)*, *Rime (2000)* et beaucoup d'autres. Ces derniers se sont intéressés à ces nouvelles variables explicatives de la dynamique du taux de change. Parmi eux, il y en a ceux qui ont choisi d'étudier la fourchette des prix, d'autres se sont concentrés sur le volume de transactions et enfin un troisième groupe s'est focalisé sur les flux d'ordre comme par exemple *Lyons (2001)* dont nous présenterons son approche en premier. Le facteur informationnel constitue en lui seul une dimension importante dans l'explication de la dynamique du taux de change. Son influence sur les outils de la microstructure est considérable, c'est pour cette raison que la majorité des auteurs l'ont intégré dans leurs démarches.

#### 1.2. Le passage du modèle macroéconomique à la microstructure

Selon *Lyons (2001)*, les équations de détermination du taux de change dans les modèles macroéconomiques, revêtent la forme suivante :

$$\Delta P_t = f(i, m, z) + \varepsilon_t$$

Où ( $\Delta P_t$ ) représente le changement dans le taux de change nominal sur la période, généralement un mois. Les variables impérieuses dans la fonction  $f(i, m, z)$  incluent des valeurs passées et les taux d'intérêt nominaux étrangers ( $i$ ), ( $m$ ) représentant le stock monétaire, et beaucoup d'autres déterminants macroéconomiques dénotés ici par ( $z$ ).

**Dans l'approche de la microstructure**, les équations de détermination du taux de change sont dérivées du problème de l'optimisation initié par les fixateurs des prix réels. Ces modèles sont des variations sur la spécification suivante :

$$\Delta P_t = g(F, I, Z) + \varepsilon_t$$

Où ( $\Delta P_t$ ) représente le changement dans le taux de change nominal entre deux transactions, contre la fréquence mensuelle du modèle macroéconomique. Les variables impérieuses dans la fonction  $g(F, I, Z)$  incluent le flux d'ordre noté ( $F$ ), ( $I$ ) représentant une mesure de la position nette du teneur de marché, et d'autres déterminants archivés dans l'approche microstructurelle dénotés par ( $Z$ ).

Lyons (2001) suggère que la jonction entre les deux approches est le rôle du flux d'ordre. Les modèles microstructurels prédisent une relation positive entre prix et flux d'ordre. Et ceci parce que le flux d'ordre transmet de l'information qui n'est pas disponible publiquement, et donc ce dernier peut avoir une répercussion sur les prix. Les évaluations empiriques de cette relation entre  $\Delta P_t$  et  $F$  sont uniformément positives et considérables pour plusieurs marchés (y compris ceux des titres, de la bourse et du change).

### **La liaison de l'approche macro et microéconomique**

Un modèle hybride a été proposé par *Lyon (2001)* combinant les deux théories précédentes. Ainsi l'équation devient :

$$\Delta P_t = f(i, m, z) + g(F, I, Z) + \varepsilon_t$$

Les évaluations de cette équation montrent que le flux d'ordre temps agrégé a un pouvoir plus explicatif que les variables macroéconomiques. Le flux d'ordre cumulatif et les taux de change nominaux sont fortement et positivement corrélés (les prix augmentent avec la pression d'achat). Le flux d'ordre intervient dans la détermination du taux de change, et l'effet paraît être persistant (le niveau du taux de change refléterait seulement le flux d'ordre concourant ou très récent et pas les flux d'ordres cumulatifs).

Ce nouveau modèle possède deux axes principaux :

(i) Le changement du portefeuille détenu par le trader est une information non disponible pour tous les intervenants sur le marché. Cette asymétrie d'information justifie le rôle important des flux d'ordres.



(ii) Le deuxième, une fois observée par le public à la fin de la journée, le modèle du portefeuille initial est largement suffisant pour échanger le prix.

### **1.3. Le modèle de Evans et Lyons (2003)**

*Evans et Lyons (2003)*, distinguent trois sources de variations du taux de change.

(i) La première source est les modèles traditionnels macroéconomiques qui imputent directement le taux de change (en ignorant le rôle des flux d'ordre).

(ii) La deuxième source de variations est l'effet indirect induit par le flux d'ordre.

(iii) La troisième est le flux d'ordre non lié aux informations publiques macroéconomiques.

(Tel que le changement de demande de liquidité individuel)

Ils ont repéré que le flux d'ordre entre teneurs de marché varie considérablement avec celui des informations macroéconomique de telle façon qu'au moins la moitié de l'effet des informations macroéconomique sur le taux de change est transmis par le flux d'ordre selon *Evans & Lyons*.

De même, ils ont remarqué qu'à l'arrivée de l'information, il y a une hausse de l'importance des flux d'ordres dans la détermination du taux de change, en dépit des intuitions des modèles macroéconomiques. Ainsi la question qu'ils se sont posés est :

Pourquoi les informations macroéconomiques affectent le taux de change via le flux d'ordre ?  
L'interprétation d'*Evans et Lyons (2003)* est que les participants dans le marché tirent différentes explications à partir d'une donnée macroéconomique commune.

Dans ce qui suit on va présenter la méthodologie d'Evans et Lyons (2003). En effet, leur stratégie de recherche se base sur deux bases de données et deux approches complémentaires traitées chacune à part pour appréhender l'impact du flux d'ordre sur le taux de change.

La première approche se basera sur des données journalières et la deuxième sur des données intra-quotidienne à une fréquence de 5 minutes.

#### **1.3.1. Le Modèle à fréquence journalière**

Le premier modèle qui est à une fréquence journalière et se compose de deux équations. Une qui s'intéresse aux informations macroéconomique et une autre qui s'intéresse aux flux d'ordre. Contrairement, au modèle d'*Evans et Lyons (2002a)* qui ont intégré les deux variables dans une même équation. Le modèle est le suivant :

$$\Delta P_t = \alpha x_t + k_t + \varepsilon_t$$

$$x_t = e_t + \eta_t$$

$\Delta P_t$  : Variation du taux de change à la fin de la journée(t -1) jusqu'à la fin de la journée.

$x_t$  : Flux d'ordre entre teneurs de marché réalisé dans la même période.

$\alpha$  : Paramètre qui intègre l'effet de flux d'ordre sur le prix. Il reflète l'information contenue dans le flux d'ordre.

Ainsi d'après le modèle d'Evans *et Lyons* (2003) le taux de change et le flux d'ordre sont sujet de quatre chocs représentant différents sources d'informations qui heurtent le marché.

$\varepsilon_t$  &  $k_t$  sont les chocs qui représentent l'information qui est imputée de connaissance commune des informations macroéconomiques sur le taux de change.

$k_t$  : représente d'autres informations imputées dans le cours directement. Des informations qui ne sont pas reliées aux flux d'ordres. Les flux d'ordre ont été menés par le choc  $e_t$  et  $\eta_t$ .

$e_t$  : représente l'effet de flux d'ordre de l'arrivée des informations macroéconomiques.

$\eta_t$  : représente les chocs non reliés aux informations macroéconomiques.

➔ Le résultat de l'étude de cette approche est que le flux d'ordre aide à transmettre les informations macroéconomiques aux taux de change, à travers la voie directe traditionnelle, ces dernières contribuent pour 10% du mouvement du prix journalier. Tant dis que les flux d'ordre explique 20% des mouvements journaliers du taux de change. Ce résultat s'aligne avec leur article (2002a) en montrant que 60% des variations des cours journaliers de la parité DEM/USD sont dues aux flux d'ordres et 40% dues à d'autres facteurs. Ils stipulent que les 60% des flux d'ordres sont divisés en 20% induites par les informations macroéconomiques et 40% qui sont généré différemment. Les 40% des autres facteurs de ce travail sont divisées 10% de l'effet direct de macro news et 30% qui reste non expliqué.

### 1.3.2. Le Modèle à fréquence intra-quotidienne (Intraday Frequency)

La deuxième approche complémentaire à l'analyse journalière est l'analyse intra-quotidienne et plus spécifiquement des données à une fréquence de 5 minutes.

Cette très haute fréquence a donné la possibilité suffisante pour estimer le rendement et le flux d'ordre en tant que processus dépendant. Leur modèle intra-quotidien utilisé à une fréquence de 5mn est une extension de *Evans* (2002) :

$$\Delta P_t = \mathbf{B}(\mathbf{L})v_i + \varepsilon_t$$

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{C}(\mathbf{L})v_i$$

$\mathbf{X}_i$  : Flux d'ordre.

$v_i$  : Choc d'informations dispersées à une fréquence (i)=.5mn ces informations qui se manifestent en flux d'ordre et s'imputent dans le prix.

$\mathbf{B}(\mathbf{L})$  et  $\mathbf{C}(\mathbf{L})$  détermine la dynamique de la réaction des prix et des flux d'ordre à ce choc d'informations dispersées.

$\varepsilon_t$  et  $v_i$  correspondent à des chocs mutuellement, indépendamment non corrélés.

Dans leur modèle, ils supposent l'orthogonalité entre les informations communes  $\varepsilon_t$  et les informations dispersées  $v_i$ . De même ils supposent que tous les flux d'ordres  $\mathbf{X}_i$  sont représentés par des informations dispersées.

Pour développer ce modèle, ils ont procédé en deux étapes. La première étape suppose que  $\mathbf{C}(\mathbf{L})^{-1}$  existe et qu'elle suit un processus autorégressif. La deuxième est que  $m$  est le nombre de périodes de 5 minutes entre le premier effet sur le prix d'un client typique et son effet sur le flux d'ordre entre teneurs de marché. Sous ces hypothèses le modèle s'écrit comme suit :

$$\Delta P_t = \mathbf{D}(\mathbf{L})x_i + \varepsilon_t$$

$$\mathbf{D}(\mathbf{L}) = \mathbf{B}(\mathbf{L}) \mathbf{L}^{-m} \mathbf{C}(\mathbf{L})^{-1}$$

$\mathbf{D}(\mathbf{L})$  : Polynôme peut prendre plusieurs formes qui dépendent de la réaction du prix et du flux d'ordre du choc des informations dispersées.

Les résultats sont une augmentation de 100 à 200% de l'importance des flux d'ordre dans la détermination des prix, ce qui contredit l'approche traditionnelle qui accorde une importance aux annonces publiques. En fait, l'utilisation des données de haute fréquence a permis de mieux examiner les caractéristiques des processus de rendements des actifs financiers (auto-corrélation, persistance de la volatilité, saisonnalité, forme de la distribution... etc.). Certaines de ces caractéristiques ne sont pas mises en évidence, ou ne sont pas perceptibles, avec les données quotidiennes (la saisonnalité intra journalière).

Avec cette nouvelle approche *Evans et Lyons (2003)* distinguent trois sources qui contribuent dans la variation des prix. De même, pour l'analyse journalière, les deux tiers de l'effet des informations macroéconomique sont transmis via le flux d'ordre et que seulement le tiers des variations est généré par l'effet direct. Cette étude a démontré l'importance des flux d'ordre et leur capacité à mieux appréhender toute l'information disponible qui permettent d'influencer la dynamique des taux de changes ainsi que le faible pouvoir prédictif des modèles traditionnels macroéconomique.

### **1.3.3. Le Modèle d'équilibre de portefeuille**

La source de la variation du taux de change dans le modèle est la modification du portefeuille du public. Ces changements de portefeuille possèdent deux caractéristiques importantes. La première est que le changement du portefeuille détenu par le trader est une information non disponible pour tous les intervenants sur le marché. Cette asymétrie d'information justifie le rôle important du flux d'ordre. Au début de chaque journée, les ordres ne sont pas observables publiquement.

De l'autre côté, les dealers prennent ces ordres, échangent entre eux et partagent le risque d'inventaire. A la fin de la journée, le risque d'inventaire des dealers est partagé avec le public. La deuxième importante caractéristique est que le changement du portefeuille une fois observée par le public à la fin de la journée est largement suffisant pour changer le prix.

Le modèle de portefeuille identifie deux composantes distinctes La première est dirigée par les innovations de l'information publique (les fondamentaux macroéconomiques standards). La deuxième est dirigée par l'information non publique (approche de la microstructure). Cette information non publique prend la forme de changement de portefeuille.

## **SECTION 5 : LA THEORIE DE LA MICROSTRUCTURE : UNE REVUE DE LA LITTERATURE THEORIQUE ET EMPIRIQUE**

Il est à signaler que les premières contributions à la théorie de la microstructure reviennent à *Garman (1976)*. L'auteur développe la notion de la microstructure temporelle « the temporal microstructure » des marchés des actifs financiers et dérive deux modèles qui consistent à l'analyse des implications sur les prix des actifs financiers et les stratégies des teneurs de marché « market makers » ou dealers de deux structures de marchés différentes à savoir : les marchés qui sont entièrement donnés par des teneurs de marchés centralisés, appelés aussi marchés de contrepartie (leadership markets) et les marchés où il y a absence de teneurs de marchés ou marchés de fixing.

D'après la littérature sur la microstructure des marchés, deux principales motivations sont généralement avancées pour l'échange interbancaire :

Les asymétries d'informations : les teneurs des marchés qui ont reçu un ordre extérieur possèdent une information privilégiée sur les variations des taux de change et échangent pour exploiter cette rente informationnelle.

Le partage des risques : lorsqu'ils accumulent une position trop importante, les teneurs de marché encourent le risque que l'évolution du sous-jacent rende leur position peu profitable. En outre, sur le marché des changes, les teneurs de marché, pour des raisons prudentielles, doivent déclarer leurs positions en fin de journée.

Dans cette perspective, le teneur de marché cherche à se débarrasser d'une partie de sa position auprès d'un autre teneur de marché.

### **1. Les modèles théoriques de la microstructure**

Cette section représente un point crucial dans ce rapport de recherche. En effet, il est primordial de découvrir quelle modélisation théorique s'applique au mieux au marché des changes et ce tout en gardant à l'esprit l'importance des études empiriques. Il faut garder également à l'esprit, que cette partie se limite uniquement à fournir un modèle microstructurel valable pour l'analyse de la dynamique des taux de change.

En examinant la littérature théorique, on constate que les modèles analytiques mettent en évidence les trois formes de base du marché à savoir : le marché au fixing, le marché de contrepartie singulier et le marché de contrepartie multiple.

Dans ce contexte, il faut signaler que sur le marché de contrepartie, le meilleur prix disponible est défini par les cotations des teneurs de marché, alors que sur le marché de fixing est défini par les ordres.

Dans le cadre de notre travail, nous avons choisi de présenter trois modèles de base de la théorie de la microstructure qui utilisent une structure au fixing. Ces modèles sont connus sous les noms suivants :

- Le modèle d'anticipations rationnelles.
- Le modèle de Kyle.
- Le modèle a transactions simultanées.

Ici, la méthodologie consiste a introduire par un simple survol, un modèle qui partage à la fois les caractéristiques macroéconomiques traditionnelles et certaines caractéristiques de la modélisation microstructure, à savoir, le modèle d'anticipations rationnelles.

#### **Le modèle d'anticipations rationnelles :**

La théorie traditionnelle est basée sur l'homogénéité des anticipations, de la disponibilité et la gratuité des informations. Or, en réalité les opérateurs ont des anticipations hétérogènes puisqu'ils diffèrent par leur niveau de richesse, leur aversion au risque ainsi par l'interprétation de l'information qu'ils détiennent.

La prise en compte de l'hétérogénéité des anticipations rationnelles, il est essentiel de distinguer entre deux types d'équilibre.

L'équilibre parfaitement révélateur ou les prix reflètent toute l'information des initiés y compris l'information privée et par conséquent aucun n'a intérêt à payer un cout pour s'informer.

L'équilibre partiellement révélateur ou on est en présence des opérateurs informés et donc les prix d'équilibre ne sont pas partiellement révélateurs, il y a donc initiation à investir dans l'acquisition de l'information coûteuse.

La résolution de l'équilibre dans ce type de modèle repose sur les deux étapes suivantes :

- Proposition d'une règle de formation du prix.
- Vérification que cette règle de fixation correspond aux deux conditions suivantes :
  - ✓ Les anticipations doivent être compatibles avec la règle de fixation du prix d'équilibre.
  - ✓ Les demandes en excès s'accumulent pour toutes les réalisations des variables aléatoires.

L'hypothèse relative à la fonction d'utilité et à sa distribution selon la loi normale, nous permet de proposer la règle de fixation de prix linéaire suivante :

$$P = \alpha S + \beta X$$

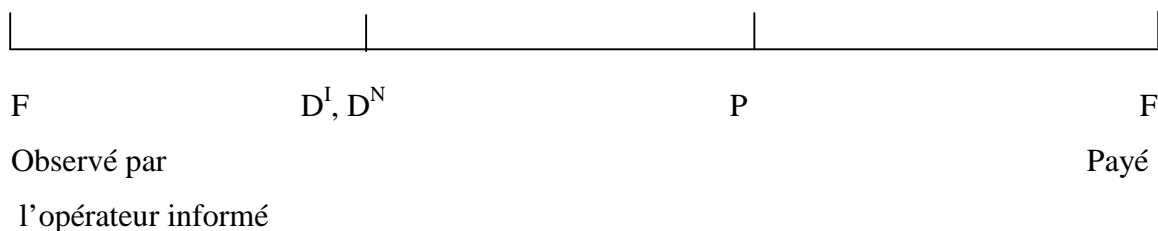
Les composantes clés sont le signal réalisé (S) et l'offre réalisée de l'actif risqué (X).

Le prix d'équilibre (P), fournit un signal sur l'information privée des opérateurs informés. La relation entre le signal privé et le prix est partiellement bruité par l'offre de l'actif risqué. Il s'agit donc d'un équilibre partiellement révélateur.

→ Les limites de la méthode se résument par le fait que l'équilibre d'anticipations peut ne pas exister sous certaines valeurs de  $\alpha$  et  $\beta$  grâce à la dépendance de certaines caractéristiques particulières telles que le nombre des signaux détenus par chaque individu par rapport au nombre d'actifs dans le modèle. Par ailleurs, on remarque que les opérateurs informés considèrent le prix courant comme étant donné. Ils ne peuvent pas exploiter l'impact de leurs transactions sur les prix.

### **Le modèle de Kyle :**

Le modèle de Kyle (1985) est un modèle de base dans la littérature de la microstructure. Il présente trois types d'opérateurs : un opérateur informé vis-à-vis du risque, un teneur de marché vis-à-vis du risque et plusieurs opérateurs non informés. Les opérateurs non informés sont non stratégiques et effectuent des transactions pour des motifs autres que l'information (telle que la couverture). Il n'y a qu'un seul actif risqué et une seule période de transaction. A l'intérieur de cette période de transaction, on trouve quatre éléments :



Le rendement de fin de période de l'actif risqué est F, qui est une variable aléatoire normalement distribuée avec une moyenne nulle et une variance  $\Omega_F$ .

L'opérateur informé, contrairement au teneur de marché, observe la réalisation de ce rendement aléatoire F avant de traiter. Après l'observation de F par l'opérateur informé, les ordres du marché sont soumis au teneur du marché, afin d'être exécutés au prix d'équilibre unique au marché P. Ces ordres soumis sont de deux sortes : l'ordre de l'opérateur informé

( $D^I$ ) et les ordres des opérateurs non informés dont la somme est  $D^N$  (si  $D^N$  est négatif alors les opérateurs non informés sont vendeurs).

Sachant que  $D^N$  est une variable aléatoire normalement distribuée et indépendante de  $F$ , avec une moyenne nulle et une variance  $\sigma F$ .

L'opérateur informé n'observe pas  $D^N$  avant la souscription de son ordre  $D^I$ . Pour déterminer le prix  $P$ , le teneur de marché observe seulement le flux d'ordres ( $D^I + D^N$ ).

La règle de fixation des prix du teneur de marché est gouvernée par l'hypothèse que l'espérance de profit est nulle. D'ailleurs, cette hypothèse est compatible avec la libre entrée et la concurrence entre les différents teneurs de marché : cette libre entrée permet d'éviter qu'un seul teneur de marché exerce un pouvoir monopolistique.

L'espérance de profit est nulle implique que le teneur de marché fixe le prix  $P$  comme une fonction de la somme ( $D^I + D^N$ ) telle que :

$$P = E [F / (D^I + D^N)]$$

*Kyle (1985)* montre que le prix  $P$  est égal à l'espérance de la valeur de l'actif  $F$  conditionnellement aux flux d'ordres agrégés ( $D^I + D^N$ ). Le prix dépend de la somme agrégée des ordres émanant de l'informé et des non informés ( $D^I + D^N$ ) car le teneur de marché n'observe pas  $D^I$  et  $D^N$  individuellement.

Une caractéristique importante du modèle de *Kyle* est que l'opérateur informé effectue des transactions suivant un comportement stratégique.

L'équilibre analysé par *Kyle* est un équilibre linéaire unique ayant comme règle de fixation des prix du teneur de marché :

$$P = \lambda (D^I + D^N)$$

La règle de transaction pour l'opérateur informé s'écrit :

$$D^I = \beta \times F$$

Où  $\lambda$  et  $\beta$  sont des paramètres positifs d'expressions respectives :

$$\lambda = \frac{1}{2} \times \left( \frac{\sigma F}{\sigma N} \right)^{1/2}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \times \left( \frac{\sigma N}{\sigma F} \right)^{1/2}$$

Notons que la règle de formation des prix et la règle de transaction dépendent des mêmes paramètres à savoir, la variance des ordres des opérateurs non informés  $\sigma_N$  et la variance des



fondamentaux  $\sigma_F$ .

Une valeur élevée de  $\lambda$  implique que les ordres ont un impact important sur le prix.

Une valeur élevée de  $\beta$  signifie que l'opérateur informé effectue des transactions de façon moins agressive afin d'éviter l'impact de ces propres transactions.

Le modèle de Kyle permet de modéliser la stratégie optimale d'un opérateur informé qui tire profit de son monopole d'information, Kyle considère également la stratégie optimale du teneur de marché qui fixe le prix  $P$  à partir du flux d'ordres agrégé qu'il reçoit ( $D^I + D^N$ ).

## 2. Les tests empiriques de microstructure

**L'impact du volume de transactions sur la fourchette des prix :**

- **Galati(2000)**

Galati a mené une étude empirique sur le cas de quelques marchés interbancaires des pays émergents à savoir le Brésil, la Colombie, le Mexique, le Japon, l'Inde, l'Indonésie, Israël, l'Afrique de sud couvrant (1998/01-1999/06).

A travers cette étude, Galati analyse la nature de l'interaction entre volume de transactions, la volatilité et la fourchette des prix sur le marché des changes. L'article fournit également un test de l'hypothèse de distribution mixte (mixture of distribution hypothesis) formulé à partir d'une base de données comportant un volume de transactions journalier au comptant pour les pays émergents mentionnés auparavant.

L'hypothèse de distribution mixte stipule que le volume et la volatilité qui sont simultanément guidés par une variable commune : les flux d'arrivée d'informations devraient être positivement corrélés. Afin de valider empiriquement cette hypothèse durant la période choisie, l'auteur décompose la volatilité et le volume en une composante anticipée et une composante non anticipé. Il utilise une spécification GARCH (1,1) afin de décrire la volatilité anticipée.

L'équation du rendement s'écrit :

$$R_t = \mu + \tau_t$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \tau_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

Où  $h_t$  : variance conditionnelle à  $t$  suivant un processus GARCH.

Afin de mesurer le volume de transactions anticipées, Galati (2000) utilise l'analyse de Box et Jenkins pour choisir la représentation adéquate des séries temporelles pour les données sur les

volumes écrits en logarithme. Il trouve que les modèles autorégressifs de régression à estimer s'écrit :

$$R^2_{t+1} = \alpha + \beta_1 h_{t+1} + \beta_2 E(v_t) + \beta_3 [v_{t+1} - E(v_t)] + \beta_4 + \beta_5 w + \varepsilon_{t+1}$$

Avec ;  $R^2_{t+1}$  : volatilité totale définie comme le carré des rendements.

$h_{t+1}$  volatilité anticipée qui suit un processus GARCH (1,1).

Les séries du volume exprimées en logarithme sont décomposées en une composante anticipée  $E(v_t)$  et une composante non anticipée  $[v_{t+1} - E(v_t)]$

$t$  : tendance temporelle.

$w$  : variable muette reflétant l'effet week-end.

Les résultats de Galati (2000) montrent qu'il existe une corrélation positive entre le volume de transactions et la volatilité pour toutes les monnaies étudiées sauf pour le real brésilien et le peso mexicain. En effet, à l'exception de ces deux monnaies, on trouve que les coefficients du volume non anticipé sont positifs et statistiquement significatifs à un niveau de 1% et 5%. Toutefois, la non vérification des hypothèses de distribution mixte pour la monnaie brésilienne et mexicaine pourrait être à la période choisie de l'échantillon.

- **Hartmann (1999)**

Il utilise les séries temporelles du volume de transaction de la parité YEN/USD relative à la période (1986/12 – 1995/01). Son objectif est d'estimer la relation entre le volume de transaction au comptant et la fourchette de prix sur le marché des changes. L'étude d'une telle relation est intéressante dans la mesure où chaque cout de la fourchette de prix est influencé différemment par le volume.

*Hartmann* exprime le modèle de la fourchette de prix d'un dealer en fonction de la volatilité anticipée du taux de change ( $\sigma^p$ ), de la composante anticipée du volume de transaction ( $X^a$ ) et du flux d'arrivée informationnel ( $I$ ) (flow of new information) :

$$S = f(\sigma^p, X^a, I)$$

*Hartmann (1999)*, suppose que la majorité de volume arrive par surprise. Par conséquent, il exprime le volume non anticipé  $X^n$  comme une fonction  $g$  du taux d'arrivée d'information.

D'où  $X^n = g(I...)$

Les deux équations précédentes nous permettent d'aboutir à la nouvelle équation de la fourchette de prix qui contient uniquement les variables observables.

*Hartmann* teste la régression suivante :

$$S_t = \beta_1 h_t + \beta_2 \Delta E_{t-1} + \beta_3 (\chi_t - E_{t-1} \chi_t) + \beta_4 dw_t + \varepsilon_t$$

$S_t$  : désigne la fourchette des prix.

$\Delta E_{t-1}$  et  $\chi_t - E_{t-1} \chi_t$  représentent respectivement la composante anticipée et non anticipée en t-1 pour la période t.

$h_t$  est issue d'une spécification GARCH (1,1) (Generalised Autoregressive conditional Heteroscedasticity).

$dw_t$  : variable muette relative aux week-end.

*Hartmann* constate l'existence d'un effet volatilité positif et significatif ( $\beta_1 > 0$ ) et ( $\beta_2 < 0$ ).

Selon l'auteur, l'impact positif du volume anticipé sur la fourchette de prix suggère la présence sur les marchés des changes, d'importants effets des coûts de traitement des ordres. De plus, les importants effets (positifs) de la volatilité anticipée et celui du volume anticipé soulignent la présence de coût d'inventaire et d'asymétrie d'information, suggèrent ainsi la pertinence de ces paradigmes de formation de prix dans le cadre du marché des changes.

- **H. Bessembinder (1994)**

*Bessembinder* est parmi les auteurs qui se sont intéressés au marché des changes pour comprendre sa microstructure étant donnée les avantages et la flexibilité que présente ce marché. En effet, la décentralisation de ce marché et son activité continue (24h/24h) sont les principales caractéristiques qui lui distinguent du marché des titres.

*Bessembinder* essaye d'estimer la fourchette des prix et de déterminer ses composantes. D'ailleurs, cette étude contribue à la compréhension de la microstructure de marché des changes de trois manières :

- ✓ Elle met en évidence le phénomène de convergence de la fourchette des prix de l'actif considéré vers des valeurs déterminées.
- ✓ Elle établit une procédure simple pour expliquer la transaction de « spread ».

Dans cette étude, l'auteur régresse la variable fourchette des prix de quelques devises sur un ensemble de variables explicatives telles que le volume de transaction, la prime de risque,... afin d'identifier les variables déterminantes de « bid-ask spread » sur le marché des changes.

Bessembinder (1994) montre que la fourchette de prix s'élargit avec la prévision du risque d'inventaire. Sa méthodologie consiste à déterminer comment et à quel point les « proxy » du coût d'inventaire peuvent expliquer les variations des séries temporelles du spread sur le marché des changes. L'auteur utilise trois « proxy » pour le coût de détention d'inventaire : la

prévision du risque, les taux d'intérêt comme mesure de coût de liquidité et un indicateur de non échange.

Il est à noter que si la volatilité anticipée est incluse comme une variable supplémentaire, le volume non anticipé pourrait être comme une mesure du taux d'arrivée des nouvelles informations et aura par conséquent un effet positif sur la fourchette de prix. Ce résultat a été confirmé par conséquent par *Bessembinder (1994)* qui trouve que le volume anticipé est négativement lié au spread alors que le volume non anticipé lui est positivement corrélé.

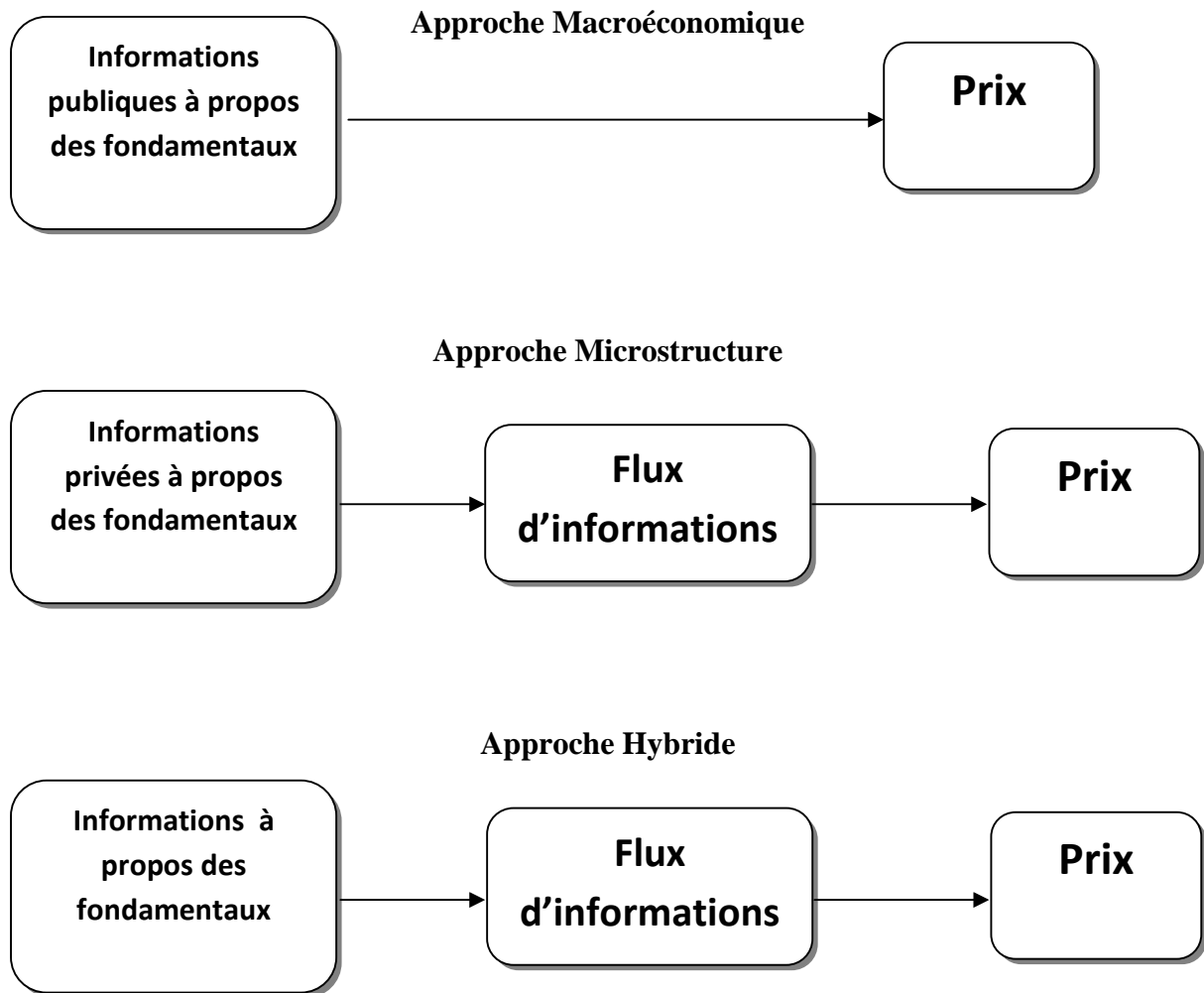
### **Le contenu informationnel des flux d'ordres et processus de fixation des prix :**

Dans leur article « Order Flow and Exchange rate Dynamics », *Evans et Lyons (2002a)* ont présenté une validation du modèle à transactions simultanées décrit précédemment et ils ont aussi avancé un modèle de détermination du taux de change de nouvelle forme puisqu'au lieu de relier les cours de change aux déterminants macroéconomiques exclusivement, le modèle introduit une variable du champ de la microstructure : les flux d'ordres.

La différence majeure entre les modèles utilisant la microstructure pour expliquer la dynamique du taux de change et les modèles macroéconomiques, réside dans le poids attribué à l'échange pour la détermination des prix. Selon l'approche traditionnelle, l'échange n'affecte pas les prix de change. En revanche, les modèles de la microstructure le considèrent comme la principale cause de l'évolution des prix.

La figure 4 illustre graphiquement le processus d'intégration de l'information dans les prix selon les différentes approches développées dans la théorie relative au marché des changes. Au niveau de l'approche microstructure, il y'a introduction d'informations privées essentielles lors de la détermination des prix, celles-ci sont agrégées par les flux d'ordres.

Une troisième approche trouve son origine dans le cadre de ce qui a été relevé, c'est l'approche hybride. Cette appellation est due à une réconciliation entre les deux approches susmentionnées en précisant que les dealers tirent leur information des flux d'ordres et des annonces publiques.



**Figure 4 : Processus d'intégration de l'information dans les prix selon les différentes approches développées**

\*Source : Lyons (2001), op.cit, p. 175

## Conclusion

Pour conclure, nous assistons à un effondrement des enseignements de la théorie macroéconomique et le fondement d'une nouvelle approche que nous venons de dévoiler sa supériorité par rapport à l'ancienne approche. De même, les nouvelles recherches ont pu mettre en valeur des variables (*Flux d'ordre*, *Fourchette de prix* et *Volume de transaction*), mais en plus, ils ont exhibé la manière avec laquelle elles influencent la dynamique de taux de change. En effet, ces analyses en termes de microstructure des marchés des changes tentent d'intégrer les caractéristiques institutionnelles ou organisationnelles du marché dans l'explication de la dynamique des changes.

L'approche de la microstructure relâche les hypothèses des modèles macroéconomiques et se focalise sur la structure de l'information, le comportement des intervenants, les règles de décisions ainsi que le rôle de la structure institutionnelle dans la dynamique de court terme des taux de changes. Cet axe de recherche fait ressortir l'importance du rôle informationnel des flux d'ordre sur le marché des changes, et la prise en compte de l'asymétrie de l'information dans la nouvelle approche dite de microstructure.

Dans ce premier chapitre, on a commencé la première section, par introduire le marché des changes, puis rapidement, nous avons vu qu'il est convenable de passer au marché des changes tunisien en présentant son historique, ses compartiments, étudier son évolution ainsi que sa position par rapport aux autres marchés similaires et aussi un bref balayage sur l'actualité des marchés de changes dans le monde.

Pour appréhender correctement cette théorie moderne, il s'est avéré important de décrire l'organisation du marché des changes, déceler le rôle des intervenants (les cambistes, les courtiers et les clients), étudier les typologies de transactions, mettre en valeur quelques nouveaux concepts à savoir : l'hétérogénéité des participants et le rôle des mécanismes de transaction, transparence du flux d'ordre dans le mécanisme de transaction et association entre les institutions et la microstructure.

Le premier chapitre est achevé, juste après avoir énoncé la littérature théorique et empirique de la théorie de microstructure des marchés, tout en abordant les travaux et les recherches qui ont fondés cette nouvelle théorie.

## **CHAPITRE2 : MODELISATION DE LA DYNAMIQUE DU MARCHE DES CHANGES TUNISIEN**

Après avoir évoqué les principaux travaux empiriques sur la dynamique du taux de change, nous essayerons dans cette deuxième partie de mener une étude empirique permettant de détecter une éventuelle corrélation entre la variable variation volume de transactions et celle de la volatilité. En effet, ces variables caractérisent l'activité de transaction à savoir le volume et le prix, sont des variables parfaitement informationnelles.

Nous commencerons tout d'abord par une analyse descriptive des données propres aux deux séries retenues afin de déterminer la normalité et la stationnarité de ces dernières. Nous essayerons par la suite, de déterminer le processus générateur des séries de notre étude en utilisant les modèles de la famille ARCH/GARCH. Dans cette partie, nous progressons comme suit : la première section sera consacrée à l'étude des propriétés statistiques des cours de changes, des rendements, des volumes de transactions et des variations du volume de transaction (normalité, stationnarité, asymétrie).

Dans la deuxième section, nous essayerons de déterminer le processus générateur des rendements et des variations du volume de transaction interbancaire à partir des modèles GARCH.

La troisième section présentera une étude de la relation volume-prix ainsi que la relation volume-volatilité et ce en incorporant la variable de variation de volume de transaction en premier lieu dans l'équation de la moyenne puis par la suite dans l'équation de la variance. Nous opterons pour affiner notre étude de cette relation, pour l'approche des corrélations dynamiques qui nous permettraient éventuellement d'appréhender la transmission d'information du volume de transactions aux cours de change d'une façon dynamique en moyenne et en variance.

Ces études vont porter sur une période, qui connaît la chute historique de la monnaie locale face aux principales monnaies internationales, et donc une situation très critique caractérise le marché de change tunisien. Ensuite on va essayer de déclencher les importants résultats trouvés.

Enfin à la lumière de ses résultats, nous incorporerons toutes ces informations pour formuler un outil d'appréciation de risque inhérent aux parités de change.

## SECTION 1: STATISTIQUES PRELIMINAIRES

### 1. Données et méthodologie

#### 1.1. Données

Jusqu'à une période récente, toutes les études empiriques en finance étaient basées sur des données quotidiennes, hebdomadaires et même mensuelle, bien que les transactions sur les marchés financiers se fassent souvent en continu. L'une des principales raisons de cette faible fréquence des données était le coût associé à leur collecte. Il était techniquement très coûteux de collecter et de stocker des données « Intraday ». Depuis une dizaine d'années, les techniques utilisées par les établissements financiers se sont nettement complexifiées et ne se résument plus à de simples règles de calcul. En effet, les gestionnaires de fonds des principales institutions financières se sont orientés vers des techniques nécessitant des données de haute fréquence de l'ordre de l'heure, de la demi-heure ou de la minute, et pour certains des données en temps réel. Dans le même temps, le développement des techniques informatiques a permis, d'une part un énorme gain dans les coûts de collecte et de transmission simultanée d'informations, et d'autre part une très grande abondance des données.

Cette abondance des données qualifiées de données de très haute fréquence, est un véritable défi pour les économètres. L'utilisation des données de haute fréquence permet de mieux examiner les caractéristiques des processus de rendements des actifs financiers (auto corrélation), persistance de la volatilité, saisonnalité, forme de la distribution...). Certaines de ces caractéristiques ne sont pas mises en évidence, ou ne sont pas perceptibles, avec des données quotidiennes (la saisonnalité intra journalière, par exemple). Les rendements de données de haute fréquence présentent également des queues de distribution beaucoup plus épaisses que celles des rendements quotidiens, et dans la plupart des séries nous trouvons également une asymétrie Skewness dans la distribution.

Dans la suite de ce chapitre, nous nous intéresserons à des séries de taux de change du Dinar tunisien (TND) par rapport au Dollar américain (USD) et par rapport à la monnaie européenne (EUR) et le volume respectifs à ces dernières. Ce choix a été essentiellement influencé par la dominance des transactions sur le marché de change interbancaire tunisien dans ces deux



monnaies (USD & EUR). Ces données ont été collectées du système *Reuter* où le weekend (samedi et dimanche) n'a pas été pris en considération. L'étude empirique portera essentiellement sur deux échantillons de **données intra-journalières de fréquence de 5 min**. Ceci nous permettrait éventuellement d'affiner notre étude et d'apporter un nouveau regard sur la dynamique de change sur le marché interbancaire tunisien qui a été souvent traité par le biais des données journalières.

La taille des échantillons se présente comme suit :

**Tableau 3: Taille des échantillons relatifs au cours de change et volume de transaction**

| Devises               | Abréviation | Nombre d'observations | Période d'étude        |
|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|
| Euro (€)              | EUR         | 1324                  | Du 11/09 au 20/09/2017 |
| Dollar Américain (\$) | USD         | 1323                  | Du 11/09 au 20/09/2017 |

## 1.2. Méthodologie

Méthodologiquement, nous allons progresser comme suit: au préalable des statistiques des données (USD/TND & EUR/TND), nous essayerons, dans une première étape d'étudier les statistiques descriptives des différents parités et des volumes respectifs à partir des graphiques et des histogrammes y afférents.

Nous procéderons dans une deuxième étape à l'étude de la stationnarité de ces séries par le biais des tests de racine unitaire. Dans une troisième partie nous allons déterminer le processus générateur des séries étudiées.

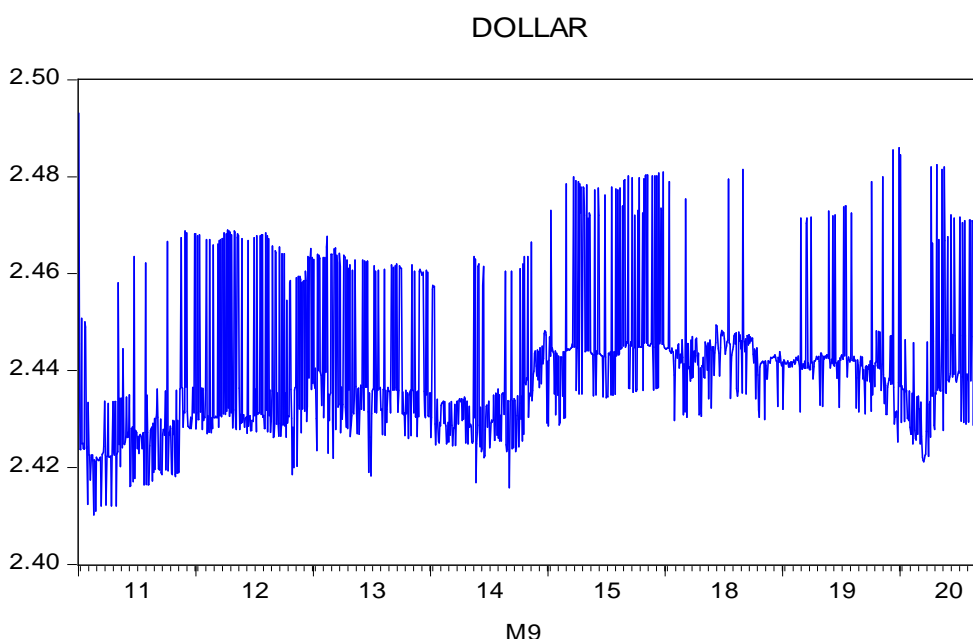
Finalement nous testerons l'impact du Volume des transactions sur le cours de change et nous essaierons d'utiliser cette relation de corrélation pour construire une stratégie de placement d'ordre sur le marché interbancaire de change tunisien.

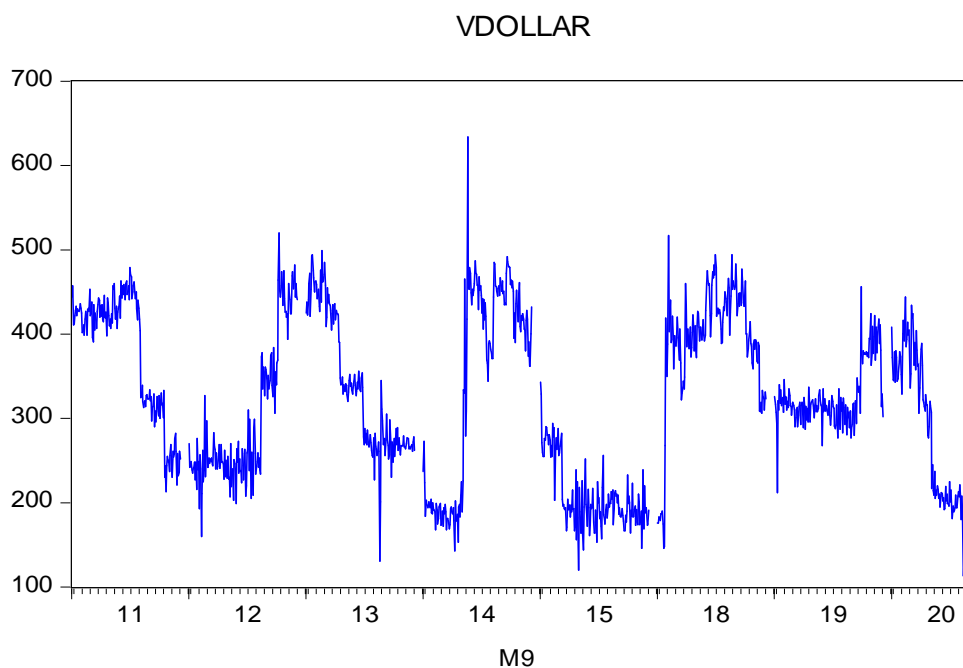
### 1.3. Commentaires et analyses graphiques

Nous allons dans ce qui suit étudier les tendances des différents cours de change à partir de l'analyse graphique de l'évolution de ces cours tout au long de la période d'étude.

La figure ci après (3.1) retrace le comportement intra-quotidien de la parité USD/TND et les volumes au cours de la période retenue. L'examen de l'évolution de notre parité montre une appréciation croissante durant la période d'observation. En effet, le dollar américain(USD) est passé de **2.4455** au début de période à **2.4697** en fin de période soit une évolution de **+1.01%** en touchant son niveau le plus élevé **2.4931** et le niveau le plus faible **2.4102**. Le cours moyen étant de **2.4406** et l'écart type de **0.014655**. En effet, la figure retraçant l'évolution du dollar pendant cette période, relève présence de deux périodes. La première période s'étale du début au 14 septembre **2017** qui a été caractérisé par une évolution croissante mais lente, puisque le dollar est passé d'un niveau minimum **2.4110** pour toucher la barre **2.461** comme un niveau maximum au cours de cette période. La tendance générale pour la deuxième période est encore haussière et se stabilise dans un niveau de **2.4730** pour rester stationnaire jusqu'à la fin de la période. Le graphique tout juste en bas de celui de la parité USD/TND, on retrouve une représentation du volume de transaction relative à la période étudiée. Nous remarquons que le volume des transactions oscille autour d'une moyenne de 320.8188 milliers de dollars mais nous constatons aussi que le volume des transactions est très volatile avec un écart type égale à 97.01%.

**Figure 5 : Evolution de la parité USD/TND et du volume de transaction (Milliers de dollar)**





Cette partie portera aussi sur l'étude de la parité EUR/TND puisque ces deux parités englobent 99.12% des transactions sur le marché interbancaire de change tunisien.

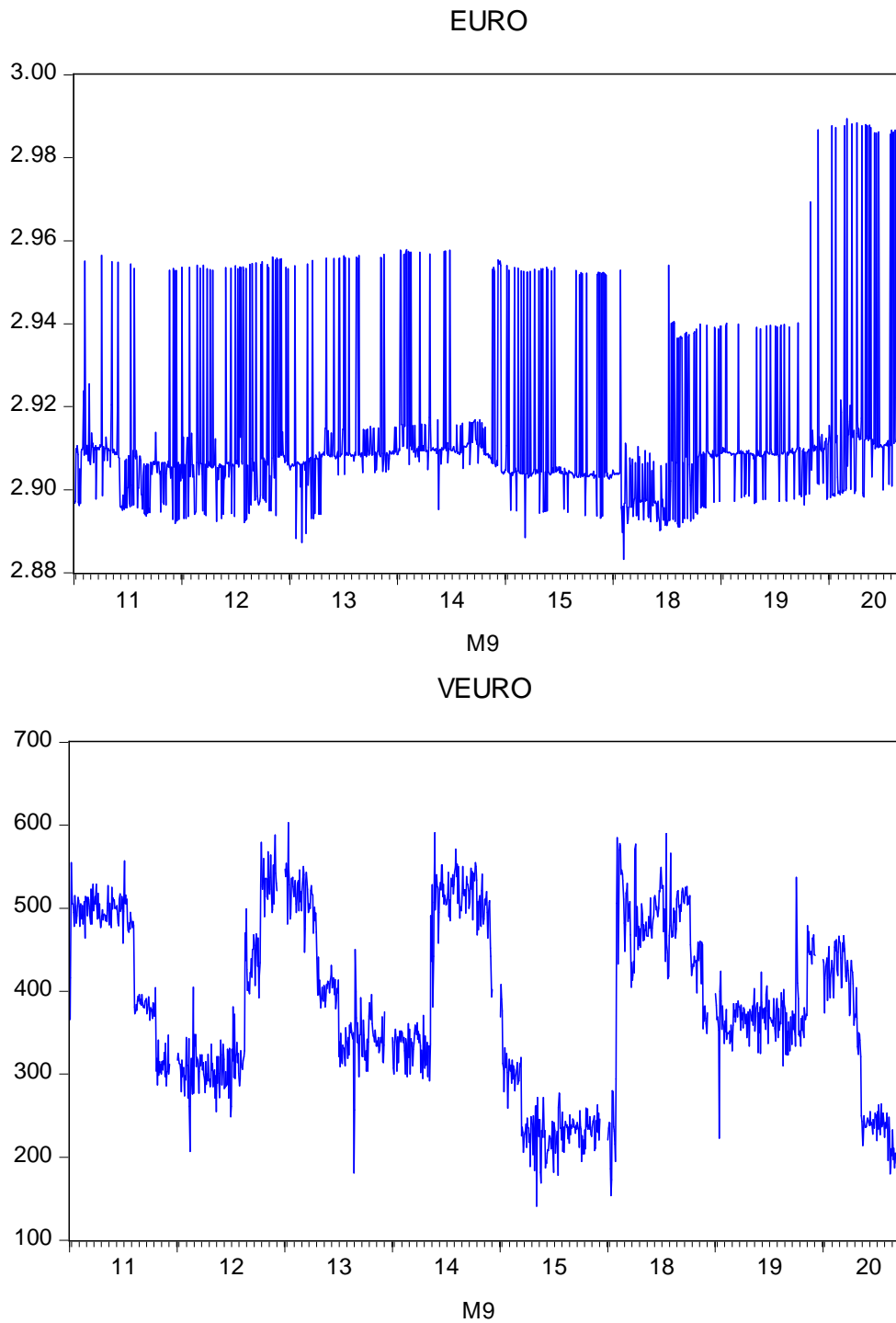
La figure (6) ci après montre le comportement intra-quotidien de la parité EUR/TND. L'étude de l'évolution de notre parité montre une augmentation continue durant la période d'observation.

En effet, l'EURO est passé de **2.8960** au début de période à **2.9145** en fin de période soit une évolution d'environ **1.01%** en touchant son niveau le plus élevé **2.9894** et le niveau le plus faible **2.8833**

Le cours moyen étant de **2.9122** et l'écart type de **0.018629**. En effet, la figure retraçant l'évolution de l'euro pendant cette période est sans tendance particulière, le marché est en situation d'incertitude quant à l'évolution de cette parité. Cette incertitude se confirme quant à la forte volatilité qui affecte le volume de transactions représenté par le graphique tout juste en dessous.

Dans ce graphique, on retrouve une représentation du volume de transaction relatif à la période étudiée. Nous remarquons que le volume des transactions oscille autour d'une moyenne de 384.5812 milliers d'euro mais nous constatons aussi que le volume des transactions est très volatile avec un écart type égale à 103%.

**Figure 6: Evolution de la parité EUR/TND et du volume de transaction (milliers d'euro)**



## 2. Statistiques descriptives

Le tableau ci après consigne l'ensemble des statistiques descriptives inhérentes à la distribution des cours intra-quotidiens de haute fréquence des parités USD/TND et EUR/TND et le volume respectifs aux transactions effectués dans ces deux parités.

## 2.1. Normalité

Dans ce qui suit, on va essayer d'analyser la normalité de séries étudiées en nous limitant à l'étude des paramètres (Skewness, Kurtosis & Jarque-Bera) qui nous permettront de vérifier la normalité d'une distribution statistique.

Il faut rappeler que l'espérance et la variance (ou écart type) sont les deux caractéristiques de la distribution d'un processus aléatoire. Ces deux indicateurs de tendance centrale résument respectivement la tendance et le risque de n'importe quel actif financier. Un Skewness est une mesure de l'asymétrie de la distribution d'une série autour de sa moyenne. Ainsi un Skewness supérieur à 0 indique que la distribution présente une asymétrie vers la droite. Alors qu'un Skewness inférieur à 0 suppose une asymétrie vers la gauche.

**Tableau 4 : Statistique descriptives des parités USD/TND & EUR/TND**

|             | Cours    |          | Volume    |           |
|-------------|----------|----------|-----------|-----------|
|             | USD/TND  | EUR/TND  | USD/TND   | EUR/TND   |
| Moyenne     | 2.440609 | 2.912190 | 320.8188  | 384.5812  |
| Médiane     | 2.435700 | 2.908200 | 319.0000  | 377.5000  |
| Maximum     | 2.493100 | 2.989400 | 634.0000  | 603.0000  |
| Minimum     | 2.410200 | 2.883300 | 113.0000  | 141.0000  |
| Ecart Type  | 0.014650 | 0.018619 | 97.0966   | 103.0329  |
| Skewness    | 1.007442 | 2.099869 | -0.030578 | -0.065541 |
| Kurtosis    | 3.582599 | 7.209339 | 1.870893  | 1.936369  |
| Jarque-Bera | 242.6879 | 1950.491 | 66.16873  | 59.53029  |

On constate que les valeurs de la statistique de Skewness s'écartent significativement du zéro et ce, quelque soit la parité retenue, d'où le caractère asymétrique de ces séries.

Nous pouvons aussi constater que la distribution du processus de taux de change des deux parités est marquée par la présence de queues moyennement épaisses. La distribution est jugée normale lorsque  $k = 3$ . S'il excède ce chiffre, la série est dite leptokurtique. Ceci a été présenté à plusieurs reprises dans les travaux de Andersen et Bollerslev (1998) ou aussi Poon et Granger (2002) qui présentent cette caractéristique comme l'une des caractéristiques majeurs spécifique à la distribution des séries de hautes fréquences. Toutes les valeurs calculés du Kurtosis sont supérieurs ou inférieurs à 3 ce qui confirme que le processus qui génère le cours de change n'est pas gaussien. Le test de Jarque-Bera appui notre conclusion puisque tous les résultats sont supérieurs à  $(\chi^2_{0.05}(2) = 5.99)$ .

## 2.2. Analyse statistique des rendements

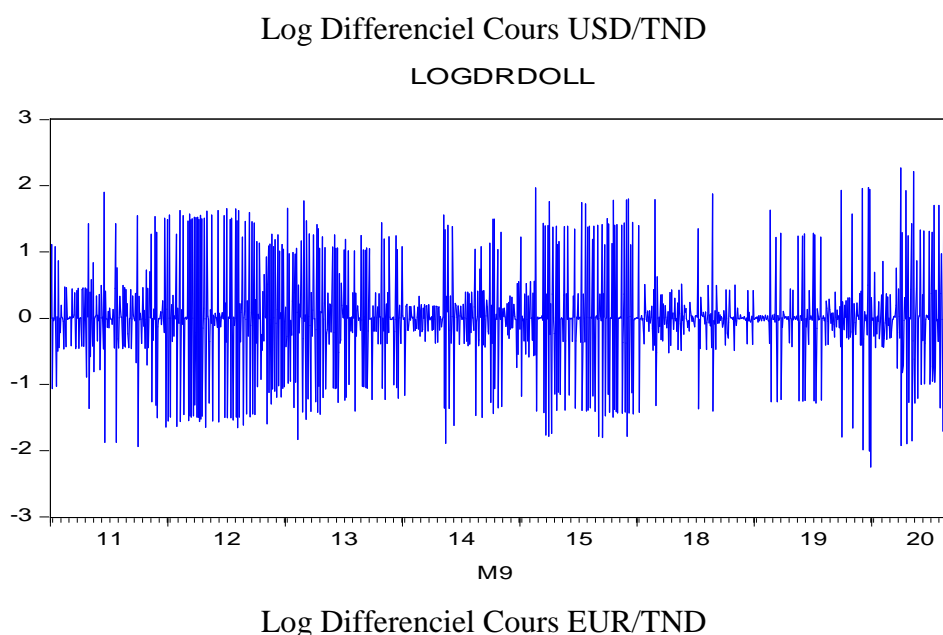
Comme nous l'avons déjà mentionné, cette étude portera sur une analyse de la dynamique de change sur le marché interbancaire tunisien et sur l'impact du volume de transaction sur cette dynamique. Pour cet effet, nous avons opté dans notre étude pour des données intra-journalières où l'intervalle entre deux observations est fixé à 5 minutes. Il est clair que ce choix affectera l'analyse et les résultats obtenus par conséquence. Un choix d'un intervalle trop court introduira dans la série des rendements des zéros et biaiserait éventuellement les résultats alors qu'un intervalle trop long éliminerait une partie de l'information disponible dans les données. L'analyse statistique sur les séries de haute fréquence est généralement délicate car les séries de cours (prix) sont non stationnaires et fortement corrélées d'où un recours à l'analyse des séries de rendements.

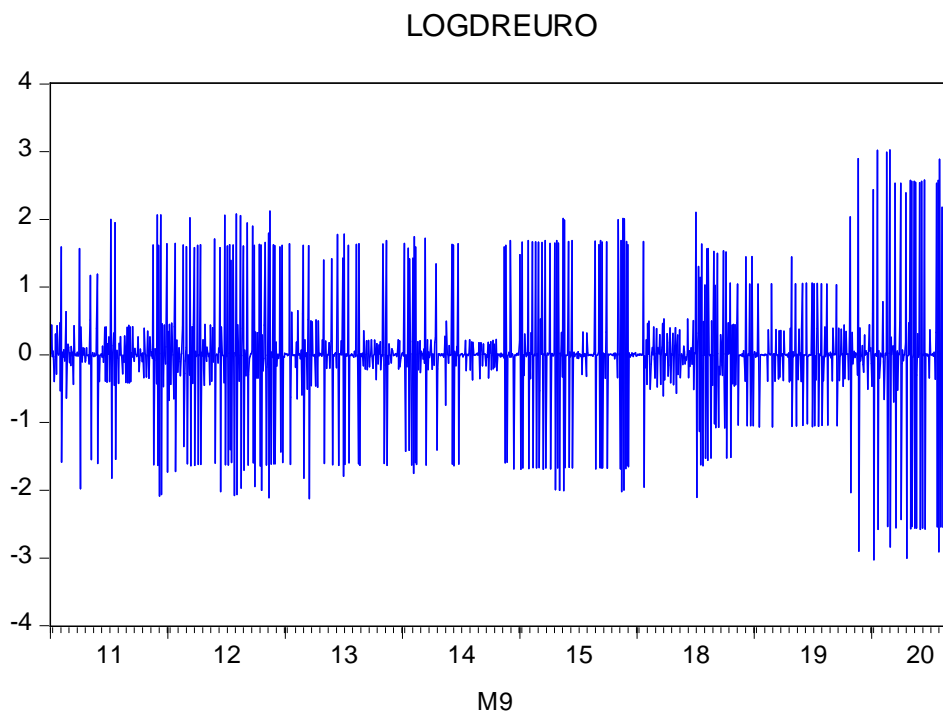
Dans ce qui suit nous définissons le rendement ( $R_t$ ) d'un cours de change de haute fréquence comme suit :

$$R_t = 100 * \log \left( \frac{S_t}{S_{t-1}} \right)$$

La visualisation de la figure (7) ci dessous des évolutions des logarithmes rendements des deux parités étudiées permettront éventuellement de vérifier la normalité des séries des rendements.

**Figure 7: Evolution et histogrammes des fréquences des logarithmes des rendements intra-journaliers des parités EUR/TND & USD/TND**





Ces graphiques ainsi que les valeurs estimées des statistiques montrent que les distributions empiriques des rendements s'écartent de celle de la loi normale. Le coefficient d'asymétrie est différent du zéro et ce pour toutes les séries étudiées. Cette asymétrie laisse prédire la présence de non-linéarité dans le processus d'évolution des rendements intra-quotidiens.

Cette éventuelle non-linéarité peut témoigner de la présence d'un effet ARCH, rencontré dans les séries de rendement des actifs financiers. Ces premiers résultats confirment la littérature empirique relative à l'étude des propriétés statistiques des rendements des cours de change. Nous concluons cette section en admettant que les distributions étudiées sont asymétriques et leptokurtiques et que l'hypothèse de normalité semble non appropriée pour modéliser la loi des rendements.

### 3. Stationnarité

Après avoir étudié la normalité des séries, on procèdera dans ce qui suit, à l'étude de la stationnarité de ces dernières.

#### 3.1. La stationnarité des processus

Un processus est dit stationnaire si le mécanisme générateur de la série ne comporte ni tendance ni saisonnalité et le moment d'ordre 1 et 2 n'évoluent pas avec le temps. Plus explicitement, le processus est stationnaire si les caractéristiques aléatoires restent invariantes c'est-à-dire son espérance mathématique et sa variance sont finies et indépendantes du temps.

Une des caractéristiques majeures d'une série stationnaire est qu'elle est toujours attiré par sa moyenne(ou espérance).

### 3.2. Tests de stationnarité

Pour mettre en œuvre les tests de stationnarité, Il est nécessaire d'étudier les profils des corrélogrammes des fonctions d'autocorrélations et d'autocorrélations partielles afin de détecter le nombre de retard adéquat à intégrer dans les tests usuels de racines unitaires. Afin de tester cette stationnarité nous allons appliquer les tests de Dickey-Fuller augmenté et de Phillips-Perron aux parités étudiées. Les tests de Dickey-Fuller augmentés (ADF, 1981) permettent de mettre en évidence le caractère stationnaire ou non d'une chronique par la détermination d'une tendance déterministe ou stochastique. Le test ADF est le plus utilisé en raison de sa simplicité, ce test est permet de détecter l'existence d'une racine unitaire et déterminer la bonne manière de stationnariser les séries étudiés. Ce test a fait l'objet de certaines critiques qui ont mené à l'élaboration aux tests de Phillips-Perron(1988) qui constituent un prolongement de test de Dickey-Fuller.

Pour mettre en œuvre les tests de stationnarité nous avons opté pour la démarche suivante : Nous allons écarter le cas de présence d'une constante vu que toutes les observations sont inférieures à 1, de plus ces séries ces courbes ne présente pas de tendance, ni haussière, ni baissière (Voir Figure 3.3). Le choix du retard est fondamental pour la mise en œuvre des tests de racine unitaire. Ce choix a été fait par le biais de *Eviews.8 .0* et ce en adoptant le critère d'information de Schwarz (Schwarz Criterion), comme critère de choix.

Les résultats des tests de racines unitaires montrent cl tirement que les séries des rendements des deux parités ont un comportement stationnaire aux seuils de 1%, 5% et 10%.

**Tableau 5: résultat des tests de stationnarité des rendements des cours de change**

| En niveau sans constante et tendance |                 |              |             |                 |                        |             |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|------------------------|-------------|
|                                      | Ordre de retard | ADF calculé* | Probabilité | Ordre de retard | Philips-Perron calculé | Probabilité |
| USD/TND                              | 9               | -19,57       | 0           | 9               | -301,8                 | 0,0001      |
| EUR/TND                              | 7               | -23,61       | 0           | 7               | -352,44                | 0,0001      |

**\*Valeurs critiques :** 1% = -3.43

5% = -2.86

10% = -2.56



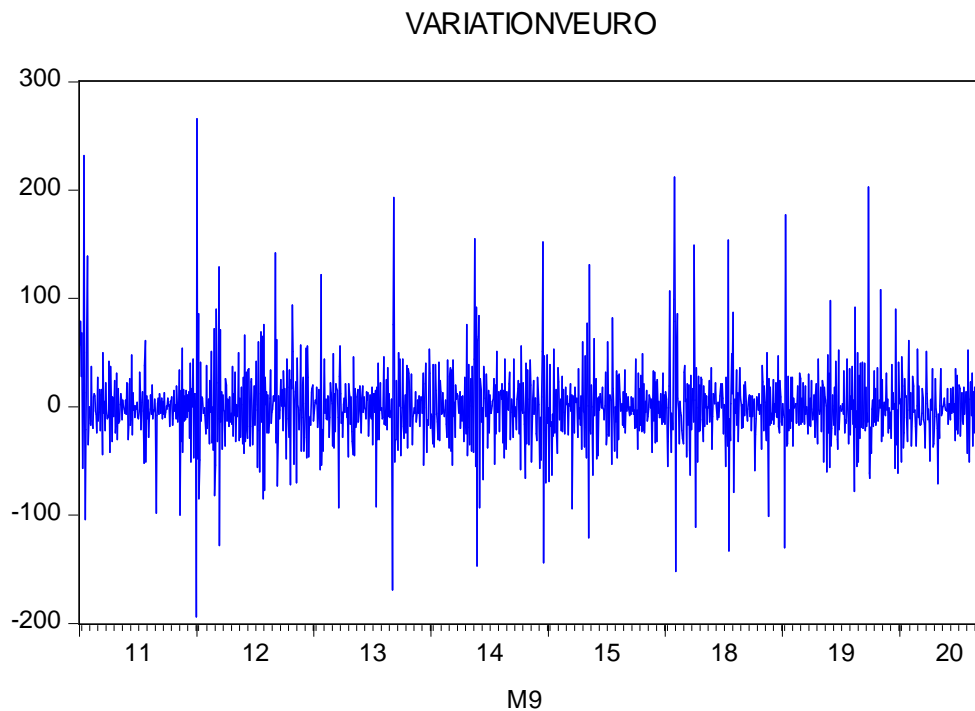
En effet, nous pouvons conclure que les séries de cours de change des deux parités sont non stationnaires et que les séries de rendements sont stationnaires. Les séries USD/TND et EUR/TND sont donc intégrées d'ordre 1 (I(1)) ce qui confirme bien les conclusions de la littérature empirique.

Après avoir traité la stationnarité des séries de cours de change, on procèdera dans ce qui suit à l'étude de la stationnarité des séries de volumes de transactions. Rappelons que notre étude est d'analyser la relation entre la volatilité du cours de change et de la variation du volume de transaction tel que :

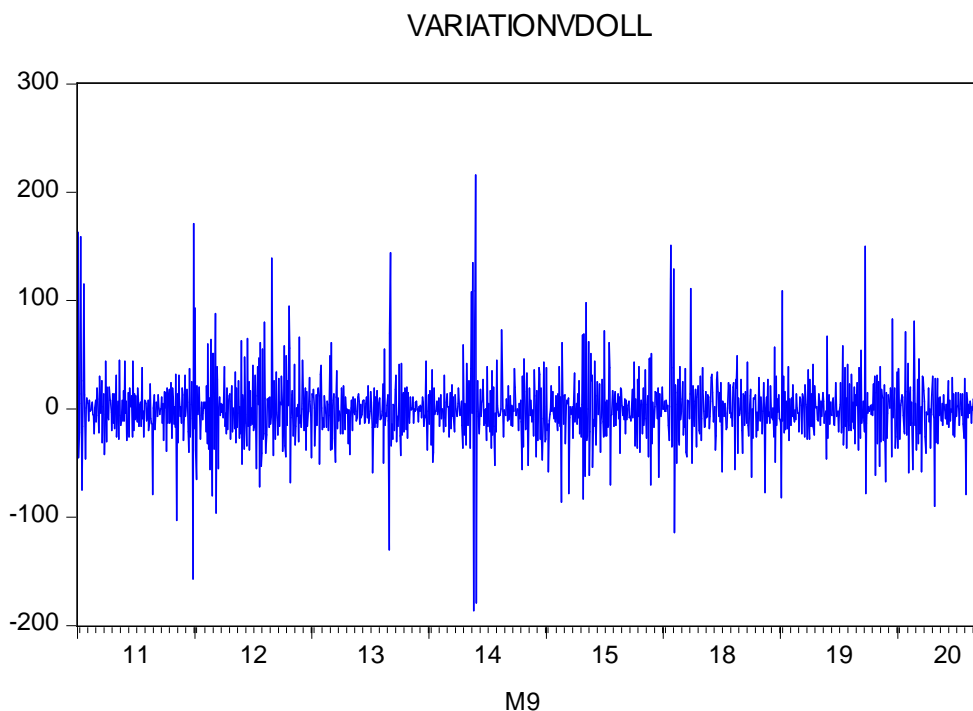
$$\Delta V = V_t - V_{t-1}$$

**Figure 8: Evolution des variations de volume de transactions**

*Variation du volume de transaction (EUR/TND) en Milliers de dinars*



*Variation du volume de transaction (USD/TND) en Milliers de dinars*



Comme le suppose ces graphiques les séries de variations de volumes sont stationnaires. Nous procéderons à la vérification de ce constat par le biais des tests de stationnarité (Augmented Dickey-Fuller et Philips-Perron) utilisés précédemment avec les séries de cours de change.

**Tableau 6: Résultats des tests de stationnarité des variations de volume de transactions**

| En niveau sans constante et tendance |                 |              |             |                 |                        |             |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|------------------------|-------------|
|                                      | Ordre de retard | ADF calculé* | Probabilité | Ordre de retard | Philips-Perron calculé | Probabilité |
| USD/TND                              | 2               | -30,32406    | 0           | 2               | -56,31687              | 0,0001      |
| EUR/TND                              | 4               | -22,14993    | 0           | 4               | -58,62813              | 0,0001      |

\*Valeurs critiques : 1% = -2.566712

5% = -1.941063

10% = -1.616538

Le tableau montre que toutes les statistiques d'ADF et de PP sont largement inférieures aux valeurs critiques indiquées directement par *Eviews 8* et ce pour un niveau de confiance de 99% indiquant ainsi le rejet de présence de racine unitaire pour les deux séries étudiées et par conséquent la stationnarité des séries des variations du volume de transactions pour les parités EUR/TND et USD/TND.

## **SECTION 2 : DETERMINATION DU PROCESSUS GENERATEUR DES RENDEMENTS DES PARITES SUR LE MARCHE DE CHANGE INTERBANCAIRE TUNISIEN**

Nous procéderons dans ce qui suit à la spécification des processus générateur propres aux séries de rendement et de variation de volume et ce en utilisant la méthodologie de Box et Jenkins qui sera complété par la suite à la modélisation de la variance conditionnelle par le biais du test ARCH univariés.

### **1. Modélisation de l'espérance conditionnelle des rendements**

La modélisation va nous permettre de définir le processus ARMA (p, q) générateur des séries de rendements des parités étudiés. La partie autorégressive (AR) est une combinaison linéaire finie des valeurs passées du processus. La partie moyenne mobile (MA) est une combinaison linéaire finie en t des valeurs passées d'un bruit blanc.

L'identification du processus ARMA (p, q) sera faite en trois étapes :

- Identification du processus et détermination des ordres p et q.
- Estimation des coefficients du modèle.
- Analyse des coefficients et des résidus.

#### **1.1.Phase d'identification**

Cette étape consiste à déterminer le modèle adéquat dans la famille des modèles ARIMA. Elle est fondée sur l'étude des fonctions d'autocorrélation simple (FAS) et Partielle (FAP). Nous avons déjà trouvé l'ordre de retard p de AR (p) lors de l'étude de la stationnarité. A partir des corrélogrammes simple on a essayé d'appréhender le paramètre q du MA (q).

**Tableau 7: Résultats de détermination des retards significatifs**

|                | <b>p</b> | <b>q</b> |
|----------------|----------|----------|
| <b>USD/TND</b> | 9        | 1        |
| <b>EUR/TND</b> | 7        | 1        |

## 1.2.Phase d'estimation des processus retenus

Nous procéderons dans cette étape à l'estimation des différents processus et ce en utilisant la méthode des moindres carré. L'estimation des différents modèles des rendements des cours de change quotidien sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 8: Critères de comparaison des modèles estimés des rendements**

- Rendement USD/TND

| Processus    | Significativité de tous les paramètres | R <sup>2</sup>  | Log Likelihood  | Schwarz Criterion | Akaike info Criterion |
|--------------|--|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| AR(1)        | Oui                                    | 0.265037        | -1264.03        | 1.917735          | 1.913812              |
| AR(2)        | Oui                                    | 0.34697         | -1184.767       | 1.804623          | 1.796771              |
| AR(3)        | Oui                                    | 0.399854        | -1128.634       | 1.726381          | 1.714596              |
| AR(4)        | Oui                                    | 0.422469        | -1101.8         | 1.692448          | 1.676725              |
| AR(5)        | Oui                                    | 0.437972        | -1082.486       | 1.669872          | 1.650206              |
| AR(6)        | Oui                                    | 0.452012        | -1065.505       | 1.650803          | 1.62719               |
| <b>MA(1)</b> | <b>Oui</b>                             | <b>0.482963</b> | <b>-1035.27</b> | <b>1.570467</b>   | <b>1.566546</b>       |
| ARMA(1,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(2,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(3,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(4,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(5,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(6,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(7,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(8,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |
| ARMA(9,1)    | Non                                    | *****           | *****           | *****             | *****                 |

\*\*\*\*\* : Modèle présentant des paramètres soit non positifs, soit non significatifs.

Le processus MA(1) présente un R<sup>2</sup> et un log likelihood les plus élevés parmi ceux des processus étudiés, ainsi il présente les plus faibles Akaike info criterion et Schwarz criterion. Nous avons donc opté pour le processus MA(1) pour le nombre réduit des paramètres qu'il fait intervenir dans cette étude.

- Rendement EUR/TND

| Processus | Significativité de tous les paramètres | R <sup>2</sup>  | Log Likelihood   | Schwarz Criterion | Akaike info Criterion |
|-----------|--|-----------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| AR(1)     | Oui                                    | 0,280782        | 1476,303         | 2.238875          | 2.234951              |
| AR(2)     | Oui                                    | 0.358008        | -1400.660        | 2.131486          | 2.123634              |
| AR(3)     | Oui                                    | 0.394417        | -1361.441        | 2.079120          | 2.067335              |
| AR(4)     | Oui                                    | 0.416802        | -1336.069        | 2.047669          | 2.031947              |
| AR(5)     | Oui                                    | 0.442994        | -1305.272        | 2.007939          | 1.988273              |
| AR(6)     | Oui                                    | 0.450374        | -1295.996        | 2.000827          | 1.977214              |
| MA(1)     | <b>Oui</b>                             | <b>0.494449</b> | <b>-1243.730</b> | <b>1.885599</b>   | <b>1.881678</b>       |
| ARMA(1,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| ARMA(2,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| ARMA(3,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| ARMA(4,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| ARMA(5,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| ARMA(6,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| ARMA(7,1) | Non                                    | *****           | *****            | *****             | *****                 |

\*\*\*\*\* : Modèle présentant des paramètres soit non positifs, soit non significatifs.

Les modèles qui seront retenus sont les modèles qui vérifient les critères suivants :

- Tester la significativité de tous les coefficients à chaque processus.
- Minimiser les critères AIC (*Akaike Information Criterion*) et SC (*Schwarz Criterion*).
- Maximiser le coefficient de détermination R<sup>2</sup> et Log-vraisemblance.

Le modèle MA(1) sera retenu pour les deux parités EUR/TND et USD/TND

### 1.3. Validité du modèle

Les paramètres étant estimés, nous examinons les résultats d'estimation :

En premier lieu les coefficients des modèles doivent être significativement différents de 0, le test t de Student s'applique de manière classique.

#### Phénomène d'autocorrélation

En second lieu, les résidus doivent être représentatifs d'un bruit blanc. Le statistique Q de Box & Pierce permet de tester cette hypothèse. Les statistiques Q de B&P des diverses parités doivent être comparées aux valeurs critiques donnés par une distribution Khi-deux dont le degré de liberté est égal (q-1). Dans ce qui suit, le retard (égal à 20) est choisi arbitrairement.

Les résultats ci-dessous ont été retenus à partir des corrélogrammes des résidus (*Eviews 8*)

Avec ( $\chi^2 (20-1=19) = 30.14$ )

$$Q_{(USD/TND)} = 14.957 < 30.14 = \chi^2(19)$$

$$Q_{(EUR/TND)} = 28.975 < 30.14 = \chi^2(19)$$

Ces résultats montrent que les résidus proviennent d'un bruit blanc, ce qui signifie que la spécification du modèle est complète. L'hypothèse d'autocorrélation des résidus est rejetée ce qui nous permet d'assurer la validité des équations de la moyenne conditionnelle de chaque série de rendement des cours de change des deux parités. Pour confirmer nos résultats, nous allons utiliser un test ARCH pour détecter la présence de l'hétéroscédasticité conditionnelle dans les séries de rendements.

#### Phénomène d'hétéroscédasticité

Les séries de rendements se caractérisent par une alternance de périodes de fortes volatilités suivies par des périodes de faible volatilité, ce qui s'apparente à un effet ARCH. Il est ainsi possible de faire une prévision dynamique de la chronique en termes de moyenne et de variance. Pour détecter cet éventuel effet ARCH, nous utiliserons le corrélogramme des résidus carré pour vérifier la présence d'autocorrélation des résidus au carré des modèles déjà estimés des moyennes conditionnelles.

Afin de tester la présence de l'effet ARCH, nous effectuons la régression des résidus sur k retards, où seuls les retards significatifs sont conservés.

**Tableau 9: Test ARCH par l'analyse des résidus au carré**

| Parité         | LM(k) | Valeurs de<br>LM(k) | Probabilité |
|----------------|-------|---------------------|-------------|
| <b>USD/TND</b> | LM(6) | 34.50748            | 0.0000      |
| <b>EUR/TND</b> | LM(5) | 38.12012            | 0.0000      |

Nous constatons que les séries étudiées des rendements des cours de change suivent un processus ARCH puisque toutes les valeurs sont significatives ce qui implique la présence d'une hétéroscédasticité dans la série des rendements des deux parités.

Cette démarche a pour but de déterminer le processus générateur des séries de rendements et voir par conséquent comment la variation du volume de transactions pourrait être un moyen d'explication de la dynamique des cours de change en premier lieu et sur la volatilité en second lieu.

## 2. Modélisation de la variance conditionnelle

Afin de finaliser cette modélisation des séries des rendements des deux parités étudiées et après les résultats satisfaisants obtenus dans la section précédente, nous allons procéder, dans ce qui suit à l'estimation de l'équation de la variance conditionnelle associée à l'équation de la moyenne.

### 2.1. Présentation de processus utilisés

D'après notre étude, le processus ARMA ne permet pas de prendre en considération d'une part, l'asymétrie des séries et d'autre part les variations d'amplitudes. Les modèles ARCH permettant de palier aux insuffisances des modèles ARMA, en introduisant une persistance dans la variance des erreurs. Ainsi, si la volatilité est élevée à la période  $t$ , on observe aussi une forte volatilité dans la période suivante.

La famille des modèles ARCH peut se décomposer en deux sous ensemble : les modèles ARCH linéaires et les modèles ARCH non linéaires. Les modèles non linéaires reposent sur une spécification asymétrique des perturbations dont nous pouvons citer EGARCH ( $p, q$ ) et TGARCH ( $p, q$ ).

Dans ce qui suit nous procéderons comme suit :

- Détermination des  $p$  et  $q$  à partir des corrélogrammes des résidus carrés.
- Estimation des paramètres des modèles candidats.
- Validation du modèle.

#### Détermination du GARCH ( $p, q$ ) associé à chaque parité étudiée

A partir des résultats des corrélogrammes des résidus carré, nous avons pu dégagés les paramètres du modèle GARCH et ainsi les modèles candidats à l'estimation de l'équation de la variance.

**Tableau 10: Résultats de détermination des retards significatifs**

|                | <b>p</b> | <b>q</b> |
|----------------|----------|----------|
| <b>USD/TND</b> | 3        | 5        |
| <b>EUR/TND</b> | 5        | 5        |

Les résultats dans les tableaux ci-dessous présentent les modèles qui ont justifié deux conditions nécessaires pour la validation du modèle : la significativité des paramètres ainsi que la positivité des coefficients pour les modèles linéaires.

**Tableau 11: Critères de comparaison des modèles estimés**

|         | Processus               | R <sup>2</sup>  | Log Likelihood   | Schwarz Criterion | Akaike info Criterion |
|---------|-------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| USD/TND | MA(1)-ARCH(1)           | 0.482902        | -1032.883        | 1.577725          | 1.565961              |
|         | MA(1)-ARCH(2)           | 0.482658        | -1015.982        | 1.557607          | 1.541923              |
|         | MA(1)-ARCH(3)           | 0.482685        | -1005.570        | 1.547300          | 1.527694              |
|         | <b>MA(1)-GARCH(1,1)</b> | <b>0.482852</b> | <b>-974.5973</b> | <b>1.495045</b>   | <b>1.479361</b>       |
|         | MA(1)-GARCH(1,2)        | *****           | *****            | *****             | *****                 |
|         | MA(1)-EGARCH(1,1)       | *****           | *****            | *****             | *****                 |
|         | MA(1)-TGARCH(1,1)       | *****           | *****            | *****             | *****                 |
| EUR/TND | MA(1)-ARCH(1)           | 0.494285        | -1242.383        | 1.894429          | 1.882666              |
|         | MA(1)-ARCH(2)           | 0.493105        | -1210.878        | 1.852235          | 1.836550              |
|         | MA(1)-ARCH(3)           | 0.493671        | -1210.225        | 1.856680          | 1.837074              |
|         | <b>MA(1)-GARCH(1,1)</b> | <b>0.494448</b> | <b>-1205.478</b> | <b>1.874305</b>   | <b>1.858621</b>       |
|         | MA(1)-GARCH(1,2)        | *****           | *****            | *****             | *****                 |
|         | MA(1)-EGARCH(1,1)       | *****           | *****            | *****             | *****                 |
|         | MA(1)-TGARCH(1,1)       | *****           | *****            | *****             | *****                 |

\*\*\*\*\* : Modèle présentant des paramètres soit non positifs, soit non significatifs.

Nous avons essayé d'explorer différents retards allant jusqu'à t-5 dans notre étude, mais cette investigation empirique n'était pas concluante vu la non significativité des paramètres ou leurs non positivité.

Malgré aussi l'asymétrie caractérisant les séries étudiées, les modèles TGARCH et EGARCH n'ont pas été retenus car ils présentaient des paramètres non significatifs.

Après la sélection du modèle le plus efficace pour décrire le comportement des séries de rendements des deux parités de cours de change, nous présenterons dans ce qui suit l'estimation des modèles choisis pour les deux séries.

Pour modéliser la série des rendements de la parité USD/TND ainsi que pour EUR/TND, nous avons opté pour le modèle **MA(1)-GARCH(1.1)** tel que :

$$R_t = \alpha \xi_{t-1} + \xi_t$$

$$\sigma_t = \beta_0 + \beta_1 \xi_{t-1} + \beta_2 \sigma_{t-1} + \varepsilon_t$$



**Tableau 12<sup>2</sup>: Estimation des spécifications choisis pour les deux séries de rendements**

|                        | USD/TND   | P-value | EUR/TND   | P-value |
|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| $\alpha$               | -0.919966 | 0.0000  | -0.960390 | 0.0000  |
| $\beta_0$              | 0.005742  | 0.0000  | 0.738133  | 0.0000  |
| $\beta_1$              | 0.047258  | 0.0000  | -0.009493 | 0.0000  |
| $\beta_2$              | 0.932680  | 0.0000  | -0.947488 | 0.0000  |
| Log-likelihood         | -974.5973 |         | -1205.478 |         |
| Q(20) **               | 13.251    |         | 14.773    |         |
| Q <sup>2</sup> (20) ** | 10.133    |         | 6,849     |         |

\*\*A comparer avec ( $\chi^2(19) = 30.14$ )

Q(20) : Statistique Ljung-Box pour un retard d'ordre (20) des séries de résidus standardisés.

Q<sup>2</sup>(20) : Statistique Ljung-Box pour un retard d'ordre (20) des séries de résidus standardisés au carré.

#### Commentaires et interprétations :

Les résultats présentés dans ce tableau relatifs aux estimations des paramètres révèlent que tous les paramètres sont statistiquement significatifs au niveau 5%. Nous avons pu ont dégagé un effet de persistance de la volatilité mesurée par les  $\beta$  dont la somme se situe dans un intervalle de [0.9 , 1].

Nous remarquons aussi que les statistiques de Ljung-Box Q(20) pour les deux séries indiquent que l'hypothèse de la non corrélation est acceptée pour les rendements des deux parités ( $Q(20) < \chi^2(19)$ ). Ce constat est confirmé par les statistiques Q<sup>2</sup>(20). Nous pouvons ainsi conclure que les spécifications choisies expliquent convenablement les séries de rendement des deux parités étudiés USD/TND & EUR/TND.

*Dans ce qui suit nous allons étudier la relation entre le volume de transaction et les séries de rendements des cours de change étudiés précédemment et tester si la variation des volumes sur le marché tunisien influence significativement les cours de change des parités étudiées.*

<sup>2</sup> Annexe 3

## SECTION 3 : ETUDE DE LA RELATION ENTRE LES RENDEMENTS & LES VARIATIONS DU VOLUME DE TRANSACTIONS

L'étude menée nous a permis de révéler et d'identifier le processus générateur des séries de rendements objets de notre investigation empirique. Nous allons, dans ce qui suit, mettre en évidence la relation entre les cours de change des deux parités USD/TND et EUR/TND et le volume de transaction qui reste une des principales composantes de l'approche de microstructure. Car comme nous l'avons déjà montré dans le premier chapitre, le volume peut être un moyen pour véhiculer l'information privée détenue par les différents intervenants sur le marché interbancaire de change. Rappelons que les séries utilisées sont de haute fréquence (intra-journalière **5min**) ce qui nous permettrait de mieux appréhender cette dynamique de change.

Pour cela nous allons procéder à la mise en valeur en premier lieu de la relation entre la variation du volume de la transaction et les rendements pour par la suite sur la volatilité des rendements des cours de change.

### 3. Etude de la relation Volume-Prix sur le marché de change tunisien

Pour étudier cette relation, on utilisera le processus générateur des séries de prix, identifié dans la section précédente en incorporant la variable de variation de volume en premier lieu dans l'équation de la moyenne, en suite dans l'équation de la variance. Et voir ainsi l'effet du volume sur la dynamique de change.

La stationnarité des séries a été démontré dans la deuxième section de ce chapitre ce qui nous permet éventuellement d'utiliser ce modèle (1) :

$$\mathbf{R}_t = \alpha_0 \xi_{t-1} + \alpha_1 \Delta \mathbf{Volume} + \xi_t \quad (1)$$

$$\sigma_t = \beta_0 + \beta_1 \xi_{t-1} + \beta_2 \sigma_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Equation (1) : Equation de la moyenne exprimée par un processus moyenne mobile d'ordre 1.

Equation(2) : Equation de la variance conditionnelle exprimée par un processus GARCH(1.1).

Ce modèle va nous permettre d'étudier l'impact des variations de volumes sur les rendements des séries de cours de change sur le marché tunisien. Il nous permettrait de tester la significativité d'une transmission en moyennes d'informations d'ordre privée (non révélées) et leurs impacts sur la dynamique de change des deux parités étudiées.

**Tableau 13<sup>3</sup>: Estimation du modèle (1)**

|                        | USD/TND   | P-value | EUR/TND   | P-value |
|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| $\alpha_0$             | 0.921134  | 0.0000  | -0.966934 | 0.0000  |
| $\alpha_1$             | -0.000228 | 0.3579  | -0.000575 | 0.0198  |
| $\beta_0$              | 0.005921  | 0.0000  | 0.735207  | 0.0000  |
| $\beta_1$              | 0.047933  | 0.0000  | -0.009813 | 0.0000  |
| $\beta_2$              | 0.931397  | 0.0000  | -0.947158 | 0.0000  |
| Log-likelihood         | -972.6884 |         | -1223.273 |         |
| Q(20) **               | 14.077    |         | 14.657    |         |
| Q <sup>2</sup> (20) ** | 10.426    |         | 6.943     |         |

\*\*A comparer avec ( $\chi^2(19) = 30.14$ ).

Q(20) : Statistique Ljung-Box pour un retard d'ordre (20) des séries de résidus standardisés.

Q<sup>2</sup>(20) : Statistique Ljung-Box pour un retard d'ordre (20) des séries de résidus standardisés au carré.

### Commentaires et interprétations

- ✓ Les résultats obtenus montrent que le coefficient  $\alpha_1$  est négatif, il est significatif pour la parité EUR/TND. Ceci peut montrer qu'une variation positive du volume (un accroissement de l'activité du marché) peut se traduire par une baisse des rendements du cours.
- ✓ D'après ces résultats, il s'avère que la variation du volume de transactions affecte directement le rendement de la parité EUR/TND.
- ✓ L'accroissement (décroissement) du volume de transactions, engendre une baisse (hausse) du rendement de la parité EUR/TND, en effet, l'augmentation

<sup>3</sup> Annexe 4

du volume de transactions peut se traduire par un marché de l'EURO plus liquide que celui du USD, et donc une baisse des cours de l'EURO c'est-à-dire une baisse de rentabilité pour chaque EURO négocié.

- ✓ Le fait d'avoir un coefficient  $\alpha_1$  relatif au parité USD/TND, n'est pas significatif, ce qui peut être dû à plusieurs facteurs, essentiellement au manque de transparence et de stabilité sur le marché de change tunisien qui reste tributaire à des volumes de transactions, provenant principalement d'intervenants connus, tels que les grandes entreprises (ETAP, Groupe chimique,...).
- ✓ Pour la parité USD/TND, les résultats montrent que la variation du volume de transactions n'affecte pas le rendement directement, ni indirectement à travers sa variance<sup>4</sup>, et ceci peut être dû au volume de transactions faible relative à cette parité.
- ✓ Actuellement, le marché de change tunisien manque de dynamisme, il évolue dans un seul sens celui des ventes des devises, par conséquent en cas d'une opération d'achat de devise, les teneurs du marché vont réagir tous dans le même instant, ce qui engendre une augmentation des cours de change.

#### **4. Etude de la relation Volume-Volatilité sur le marché tunisien**

La relation volume-volatilité des prix est une matière importante et intensivement recherchée dans la littérature financière. Cette relation qui fut vérifiée linéairement, fut aussi examinée non linéairement par *Gallant, Rossie & Tauchen* (2003) et *Hiemsta & Jones* (2004) qui trouvent une relation de causalité non linéaire entre le volume et la volatilité.

La littérature de la microstructure a donc trouvé une relation forte et positive entre le volume des échanges et la volatilité, *Mende* (2005), à travers ces recherches empiriques, a confirmé l'existence de cette relation en notant que cette dernière pouvait changer de sens, spécialement dans les périodes de stress, pour indiquer respectivement une liquidité élevée ou faible du marché. Cette relation peut donc donner un aperçu sur la liquidité du marché, par

---

<sup>4</sup> Etudier dans la partie relation volume-volatilité

delà l'auteur trouve que cette relation dépend non seulement de la dimension du marché et du degré de liquidité mais aussi du flux d'informations sur le marché.

Dans cette partie nous essaierons d'étudier l'impact de l'activité de transaction sur la dynamique de taux de change. Afin d'estimer correctement cette relation nous allons adopter le modèle (2)<sup>i</sup> suivant :

$$R_t = \alpha_1 \xi_{t-1} + \xi_t \quad (1)$$

$$\sigma_t = \beta_0 + \beta_1 \xi_{t-1} + \beta_2 \sigma_{t-1} + \beta_3 \Delta \text{Volume} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Equation (1) : Equation de la moyenne exprimée par un processus moyenne mobile d'ordre 1.

Equation(2) : Equation de la variance conditionnelle exprimée par un processus GARCH(1.1).

$\xi_{t-1}$  : Résidus retardés au carré (Volatilité passée).

$\sigma_{t-1}$  : Variance relative à la période t-1.

$\Delta \text{Volume}$  : Variation du volume de transactions.

Les études préliminaires faites dans les sections précédentes nous ont permis d'étudier la stationnarité des séries étudiées et d'identifier le processus générateur des séries de rendements de cours de change.

**Tableau 14<sup>5</sup>: Estimation du modèle (2)**

|                        | USD/TND   | P-value | EUR/TND   | P-value |
|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| $\alpha_1$             | -0.925533 | 0.0000  | -0.948024 | 0.0000  |
| $\beta_0$              | 0.541275  | 0.0000  | 0.010224  | 0.0000  |
| $\beta_1$              | -0.005606 | 0.3335  | 0.050691  | 0.0000  |
| $\beta_2$              | -0.929312 | 0.0000  | 0.923755  | 0.0000  |
| $\beta_3$              | -0.000124 | 0.1974  | -8.05E-05 | 0.3639  |
| Log-likelihood         | -1031.908 |         | -1158.461 |         |
| Q(20) **               | 12.566    |         | 15.545    |         |
| Q <sup>2</sup> (20) ** | 10.113    |         | 6.682     |         |

\*\*A comparer avec ( $\chi^2(19) = 30.14$ )

<sup>5</sup> Annexe5

Q(20) : Statistique Ljung-Box pour un retard d'ordre (20) des séries de résidus standardisés.

Q<sup>2</sup>(20) : Statistique Ljung-Box pour un retard d'ordre (20) des séries de résidus standardisés au carré.

### Commentaires et interprétations

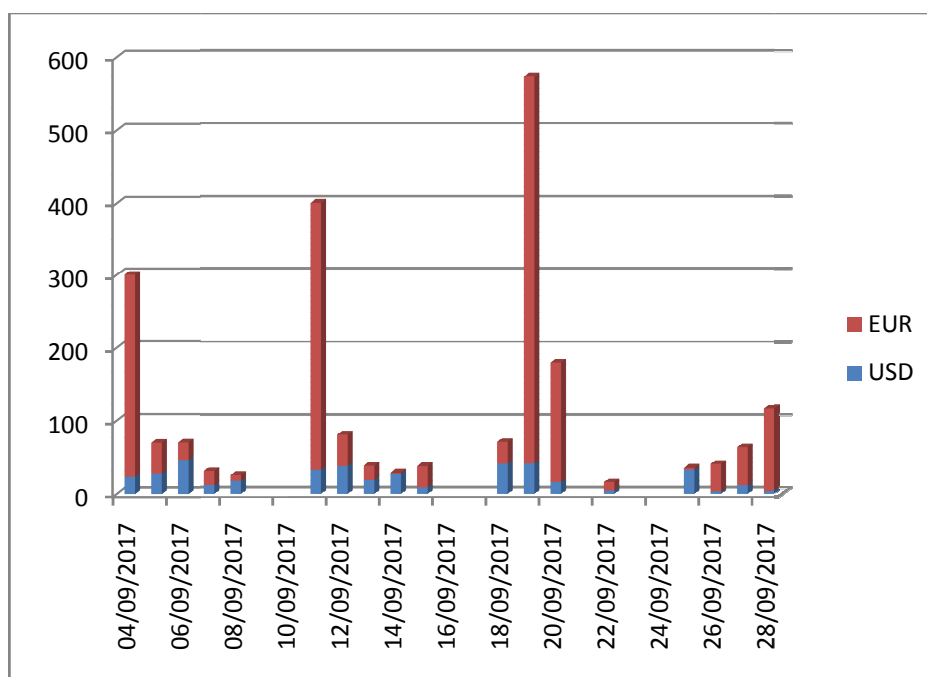
- ✓ Les paramètres estimés du modèle (2) sont significatifs au seuil de 5%. Ceci évidemment renforce notre choix pour étudier l'impact de la variation du volume de transaction sur le cours de change des deux parités (USD/TND & EUR/TND).
- ✓ Les tests relatifs aux séries résiduelles sont inférieurs à la valeur critique ( $\chi^2(19)=30.14$ ), ce qui signifie l'absence d'un effet ARCH résiduel non pris en compte par le modèle.

Le coefficient  $\beta_3$  est associé à la variable nouvellement introduite : variation du volume des transactions.

- ✓ Le coefficient  $\beta_3$  n'est pas significatif, ceci signifie que la variance des rendements des deux parités ne dépend pas de la variation du volume de transactions, ça pourrait être dû à la faible étendue de la période d'étude (7jours).
- ✓ Pour la parité EUR/TND, on constate que le coefficient  $\beta_3$  y relatif est presque négligeable, ce qui reflète une grande incertitude vis-à-vis l'évolution du prix de cette parité indépendamment de la variation du volume de transactions.
- ✓ Pour la parité USD/TND, nous avons constaté que cette dernière a un effet négatif mais très faible sur la volatilité des rendements des cours de change, ceci est évidemment confirmé par la littérature présentée dans la partie théorique. Par exemple les travaux d'Evans et Lyons (2002), ont pu montrer la significativité de la variable variation de volume de transactions, par rapport à la variation de rendements des cours de changes.

- ✓ Le coefficient  $\beta_3$  relatif à la parité USD/TND n'est pas significatif, ceci peut être expliqué par le contenu informationnel du marché qui se cache derrière la variation du volume de transactions y liée.
- ✓ La situation actuelle du marché de change tunisien, caractérisée par une forte incertitude, une asymétrie d'informations et surtout une insuffisance de liquidité, pourrait être un facteur d'empêchement de l'application la théorie de microstructure. Ce constat a été expliqué par plusieurs auteurs *Mende (2005)*, *M. Kleinbrod et Xiaoming Li (2017)* comme étant la résultante de facteurs tels qu'une période de stress sur le marché ou aussi d'une liquidité soit faible soit élevée.
- ✓ La volatilité des cours de change dans ce cas, diminue face à tout accroissement de volume des transactions, tous les intervenants, en manque de visibilité et d'information, ne vont pas intervenir sur le marché et s'engager dans une position risquée (c'est presque le cas de toutes les banques tunisiennes qui sont en position courte 'short').

**Figure 9 : Volume global de transactions sur le marché tunisien (MDT)**



→ Ce graphique vient de montrer le volume global de transactions sur le marché tunisien, en précisant la part de chaque parité étudié (EUR/TND et USD/TND).

Il est clair que sur toute la période d'étude, le volume de transactions lié à la parité USD/TND est très faible par rapport à celui de la parité EUR/TND. Ceci pourrait évidemment expliquer, le résultat trouvé dans le modèle(1) : Significativité de la parité EUR/TND et non significativité de la parité USD/TND.



## Conclusion

Nous avons essayé, dans ce deuxième chapitre d'étudier la dynamique du marché de change interbancaire tunisien. En effet, nous avons analysé le comportement des cours de changes des différentes parités à savoir EUR/TND et USD/TND puisqu'ils représentent 99.12% du volume traité sur le marché interbancaire de change tunisien. Les tests statistiques appliqués aux deux séries montrent que l'hypothèse de normalité est rejetée pour l'ensemble des séries de rendement et des variations du volume de transaction.

Nous avons aussi vérifié l'hypothèse de stationnarité à travers les tests de racine unitaire ADF de Dickey-Fuller (1981) et PP de Philips Perron (1988), qui montrent une non stationnarité des cours de change des deux parités au seuil de 1%. Cette non stationnarité des cours de change nous a amené à nous intéresser au rendement de ces cours qui s'avèrent stationnaire, la série est donc intégrée d'ordre 1 (I(1)). Dans notre étude, le volume de transaction et la variation de ce dernier des différentes parités étudiées s'avèrent stationnaire. Nous pouvons conclure que les séries du volume de transaction sont intégrées d'ordre 0 (I(0)). Les séries des rendements et des variations du volume se caractérisent par les phénomènes d'asymétrie et de persistance de la volatilité, ce qui nécessite l'application des modèles ARCH univariés plutôt que d'adopter les modèles linéaires gaussiens qui sont incapables de prendre en compte de ces deux phénomènes. L'application des modèles de type ARCH/GARCH, a montré pour la série des rendements des parités EUR/TND et USD/TND suivent toutes les deux le processus suivant : MA(1)-GARCH(1.1).

L'analyse de l'impact de la variation du volume de transaction sur les rendements et la volatilité s'avère concluante. Dans la section suivante, nous avons essayé d'appréhender cette relation par une modélisation multivariée et de voir les mécanismes de transmission du flux d'information entre les rendements des parités de change et la variation du volume de transaction. Cette partie a permis de voir de près le dynamique de la relation au cours du temps de la relation Volume-Prix par le biais des corrélations dynamique qui ont fait ressortir un accroissement de la corrélation essentiellement en fin de semaine (avant la clôture des marchés).

## Conclusion Générale

En se fondant sur un autre type de fréquence des données de change, notre étude a essayé d'appréhender la dynamique de taux de change sur le marché interbancaire tunisien sous un autre angle. Et ainsi, apporter quelques éléments de réponses supplémentaires à la problématique de la spécification des déterminants du taux de change essentiellement à court terme.

L'abandon des théories macroéconomiques pour expliquer la dynamique de change à court terme a été initié par les chercheurs Meese et Rogof en (1983) qui ont démontré l'échec des approches macroéconomique à expliquer les cours de change à court terme. Ainsi, la finance internationale a connu l'émergence d'une autre école de pensée : la Microstructure.

En fait, dans l'approche macroéconomique, la formation du prix d'équilibre était purement basée sur l'interaction de l'offre et de la demande, alors que l'approche microstructurelle fait intégrer d'autres variables qui influencent le comportement du prix à savoir, le flux d'ordre, la fourchette de prix et le volume de transaction.

La microstructure des marchés de changes essaie de mieux appréhender l'information incorporée dans les flux d'ordre qui influence directement les processus dynamiques des évolutions de prix. Cette approche a su surpasser les modèles macroéconomiques d'autant plus que les marchés sont inefficients, plus précisément, tous les agents et intervenants sur le marché de change n'ont pas accès à la même information encore moins les mêmes motivations et objectifs.

Nous étions intéressés dans le cadre de ce mémoire à présenter cette théorie et faire un survol d'importants travaux empiriques. Dans la partie empirique, nous avons essayé d'étudier la nature de la relation entre le volume de transaction et le rendement des cours de change EUR/TND et USD/TND. Les principaux résultats sont présentés comme suit. Les tests statistiques appliqués aux deux séries montrent que l'hypothèse de normalité est rejetée pour l'ensemble des séries de rendements et des variations du volume de transactions. À propos de l'hypothèse de stationnarité, les tests de racine unitaires ADF et PP montrent une non stationnarité des cours de change au seuil de 5% pour les séries des cours de change.

Dans notre étude, la variation du volume de transaction des différentes parités étudiées s'avère stationnaire. Nous pouvons ainsi conclure que les séries du volume sont intégrées d'ordre 0. Les séries des rendements et des variations du volume se caractérisent par des phénomènes

d'asymétrie et de persistance de la volatilité, ce qui nécessite l'application des modèles ARCH univariés plutôt que d'adopter les modèles linéaires gaussiens qui sont incapables de prendre en compte ces deux phénomènes. L'application des modèles de type ARCH/GARCH, a montré que les deux séries de rendements des parités EUR/TND et USD/TND suivent un processus MA(1)-GARCH(1,1).

Suite à la détermination du processus générateur des séries de rendements, nous sommes orientés vers l'étude de l'impact de la variation du volume de transactions sur la dynamique de change sur le marché des changes tunisien. L'analyse de cet impact s'avère concluante et explique environ 48% de la dynamique de change. La variation de volume des transactions est significativement négative pour la série de rendements de la parité EUR/TND. Ceci peut montrer qu'une variation positive du volume, un accroissement de l'activité, peut se traduire par une baisse des cours.

Nous avons aussi étudié la relation de la variation de volume sur la volatilité des parités de changes. En ce qui concerne les deux parités EUR/TND et USD/TND l'effet de la variation du volume est non significatif chose qui n'a pas été attendue et contredit les résultats de la théorie de microstructure. Ainsi ça pourrait être dû à la faible étendue de la période d'étude, ou entre autre la variation du volume de transactions reflète un faible contenu informatif. Ceci est conforme avec la littérature microstructurelle. En effet, lorsque le volume est informatif cela s'accompagne par une plus grande volatilité, ce qui n'a pas été le cas dans notre étude.

A travers ce présent travail, nous avons essayé d'appréhender la dynamique des taux de change en optant pour la théorie de microstructure.

Cette étude a démontré le caractère informatif de la variation du volume de transactions et son impact sur les différentes parités étudiées, mais aussi elle nous a permis de conclure que la variation du volume de transaction impact le rendement des parités lorsque la variation du volume est assez importante. Par delà la variation du volume de transactions n'affecte pas la variabilité de rendements des parités étudiés pour l'échantillon étudié.

Parmi les pistes à proposer pour affiner cette étude est de voir aussi de près l'effet de la fourchette de prix et du flux d'ordre sur les cours de change sur le marché tunisien ou aussi de différencier les volumes de transactions de la BCT, des différents intervenants. L'échec partiel de la théorie de microstructure pour étudier le marché de change tunisien, nous poussent à réfléchir à des modèles hybrides là où on fait le mixage des variables de la microstructure avec les variables macroéconomiques.

## BIBLIOGRAPHIE

Admati, A.R, et Pfleiderer.P, (1988): "*A theory of intraday patterns: Volume and price variability*" Review of financial Studies, Vol1, p 3-40.

Bacchetta. P et E. Van Wincoop (2004): "*Can information heterogeneity explain the exchange rate determination puzzle?*", Econometric Society 2004 North American winter meetings 628,Econometric Society.

Batten.J. et Bhar.R, (1993): "*Volume and Price Volatility in Yen Futures Markets: Within and Across Three Different Exchanges*" , Papers e9318, Western Sydney - School of Business And Technology.

Berg.A, et C. Mark, (2015): "*Third-Country effects on the exchange rate*" Journal of international Economics.

Bessembinder. H, (1994): "*bid-ask spreads in the interbank foreign exchange markets*". Journal of Financial Economics, Vol 28, p 316-348.

Bjonnes, H, et D. Rime, (2002): "*Volume, order flow and the FX market : Does it matter who you are?*". Working paper, Stokholm institute for Financial Research.

Bollerslev. T. et Melvin. M. (1994): "*Bid-ask Spread and Volatility in the foreign exchange market: an empitical analysis?*". Journal of International Economics, Vol 36, p 355-372.

Carpenter. A et Wang. J (2003): "*Sources of Private Information in FX Trading*".

Chen, S., Chien, C. C., & Chang, M. J. (2012). "*Order flow, bid-ask spread and trading density in foreign exchange markets*". Journal of Banking & Finance, 36(2), 597-612.

Cheung Y.-W., M.D. Chien et Garcia.P, (2002): "*Empirical Exchange Rate Models of the Nineties: Are Any Fit to Survive?*", National Bureau of Econornic Research, Inc. Working Paper Series, No.9393.

Chionis, D., & MacDonald, R. (1997). "*Some tests of market microstructure hypotheses in the foreign exchange market*". Journal of Multinational Financial Management, 7(3), 203-

229.

Chordia. T, Roll.R et Subrahmanyarn.A, (2001): "*Market Liquidil and Trading Active*". Journal of Finance 56, 501-530.

Easley. D et O'Hara. M, (1987): "*Price, trade size and information in securities markets*". Journal of financial economics, Elsevier, vol. 19(1), pages 69-90, September.  
Economy, Februarv 2002, 170-180.

Eisfeldt. A, (2004), "*Endogenous liquidity in Asset markets*" Journal of Finance, Vol 59. Nl. p1-36.

Evans, M. D., & Rime, D. (2016). "*Order flow information and spot rate dynamics*". Journal of International Money and Finance, 69, 45-68.

Evans, M. D., & Lyons, R. K. (2001). "*Why order flow explains exchange rates*". Manuscript, University of California, Berkeley.

Evans. M et Lyons. R, (2001): "*Time-Varying Liquidity in Foreign Exchange*". Journal of Monetary Economics, 2002 49(5): p 1025-1051.

Evans, M. D., & Lyons, R. K. (2002). "*Order flow and exchange rate dynamics*". Journal of political economy, 110(1), 170-180.

Evans. M et Lyons. R, (2004): "*A New Micro Model of Exchange Rate dynamics*", document de travail no 10379, National Bureau of Economic Research.

Flood, Huisman, Koedijk et Lyons (1998): "*Search Costs: The Neglected Spread Component*", Research program in finance working papers. RPF-285.

Flood. R, et Hodrick. R, (1990): "*On testing for speculative buddles*», Journal of Economic

Frankel. J et Rose. A, (1995): "*A Survey of Empirical Research on nominal exchange rates*", Center for international and development economics research (CIDER) Working Papers C95 051.

Fratzscher, M., Rime, D., Sarno, L., & Zinna, G. (2015). "*The scapegoat theory of exchange rates: the first tests*". Journal of Monetary Economics, 70, 1-21.

Glassman. D, (1987): "*Exchange rate risk and transactions costs: evidence from bid-ask spreads*" Journal of international Money and Finance, Vol 6, p 479-490.

Hartmann. P, (1999): "*trading volumes and transaction costs in the foreign exchange market*" Journal of Banking and Finance, VoL23, pp801-824. Issue 6 December 1999, pages 627 — 637.

Jorion. P (1996): "*Risk and turnover in the foreign exchange market*", National Bureau of Economic Research, Inc. Chapters in: *The Microstructure of Foreign Exchange Markets*, p 19-40.

Katusiime, L., Shamsuddin, A., & Agbola, F. W. (2015). "*Macroeconomic and market microstructure modelling of Ugandan exchange rate*". *Economic Modelling*, 45, 175-186.

King, M. R., Osler, C. L., & Rime, D. (2013). "*The market microstructure approach to foreign exchange: Looking back and looking forward*". *Journal of International Money and Finance*, 38, 95-119.

Kouki. I, (2003): "*Trading Volume, Order Flow and Spread: Evidence of Tunisian dealer*". Université Jean-Moulin Lyon 3.

Kyle. A, (1985): "*Continuous auctions and insider trading*" *Econometrica*, vol. 53(6), p1315-35, November.

Luo. J, (2001): "*Market Conditions, Order Flow and Exchange Rates Determination*". London School of Economics Mimeo.

Lyons. R, (1997): "*A Simultaneous Trade Model of the Foreign Exchange Hot Potato*", *Journal of International Economics*, 42: 275-298.

Lyons. R, (2001): "*The Microstructure Approach to Exchange Rates*", The MIT Press (ISBN : 0-262-12243-X).

Meese. R. and Rogoff. K, (1983): "*The Out-of-Sample Failure of Empirical Exchange Rate Models*". National Bureau of Economic Research Chapters in: *Exchange Rates and International Macroeconomics*, p 67-112.

Obstfeld. M., et Rogoff. K. (2000): "*The six major puzzles in international macroeconomics: Is There a Common Cause?*", National Bureau of Economic Research, *Macroeconomics Annual*, vol. 15, p 339-390.

P.S. Michelberger, J.H. Witte, (2016) : "*Foreign Exchange Market Microstructure and the WM/Reuters 4pm Fix*", *The Journal of Finance and Data Science*.

Payne. R, (1999): *"Informed trade in spot foreign exchange markets : An empirical investigation"*, Typescript, London School of Economics, January, Journal of International Economics. Perspectives, Vol 4, p 85-101.

Sager. M et Taylor. M, (2008): *"Commercially Available Order Flow Data and Exchange Rate Movements: Caveat Emptor"*, Journal of Money, Credit and Banking Blackwell Publishing, vol. 40(4), p583-625.

Savaser, T. (2011): *" Exchange rate response to macronews: Through the lens of microstructure"*. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 21(1), 107-126.

Shastri, Choi et Salandro (1988): *"On the Estimation of Bid-Ask Spreads: Theory and Evidence"*, Journal of Financial and Quantitative Analysis 23, pp. 219-230.

Skoupil, L. (2015). *"Hedger Behavior and Its Impact on Order Flow and Exchange Rate in Foreign Exchange Markets"*. Procedia Economics and Finance, 25, 511-517.

Switzer.L, Bedrossian.R et Park.T, (1999): *"The interactions between trading volume and volatility: evidence from the equity options markets"*, Applied Financial Economics, Volume 9, p 627-637.

V.M. Kleinbrod, Xiao Ming. Li, (2017): *"Order Flow and Exchange Rate Comovement"*, Journal of International Money and Finance.

ANNEXES

**Annexes 1: Tests de stationnarité ADF & Philips-Perron**

- **Séries de rendement des cours de change**

|   |           |                         |
|---|-----------|-------------------------|
| Null Hypothesis: RDOLL has a unit root              |           |                         |
| Exogenous: Constant                                 |           |                         |
| Lag Length: 9 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |           |                         |
|   |           | t-Statistic      Prob.* |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |           | -19.57191      0.0000   |
| Test critical values:                               | 1% level  | -3.435119               |
|   | 5% level  | -2.863534               |
|   | 10% level | -2.567881               |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.               |           |                         |

|   |           |                         |
|---|-----------|-------------------------|
| Null Hypothesis: REURO has a unit root              |           |                         |
| Exogenous: Constant                                 |           |                         |
| Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |           |                         |
|   |           | t-Statistic      Prob.* |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |           | -23.60519      0.0000   |
| Test critical values:                               | 1% level  | -3.435112               |
|   | 5% level  | -2.863530               |
|   | 10% level | -2.567879               |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.               |           |                         |



|   |             |           |
|---|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: RDOLL has a unit root                      |             |           |
| Exogenous: Constant   |             |           |
| Bandwidth: 155 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel |             |           |
|   | Adj. t-Stat | Prob.*    |
| Phillips-Perron test statistic                              | -301.8004   | 0.0001    |
| Test critical values:                                       | 1% level    | -3.435086 |
|   | 5% level    | -2.863519 |
|   | 10% level   | -2.567873 |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.                       |             |           |

|  |             |           |
|--|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: REURO has a unit root                     |             |           |
| Exogenous: Constant  |             |           |
| Bandwidth: 97 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel |             |           |
|  | Adj. t-Stat | Prob.*    |
| Phillips-Perron test statistic                             | -352.4375   | 0.0001    |
| Test critical values:                                      | 1% level    | -3.435086 |
|  | 5% level    | -2.863519 |
|  | 10% level   | -2.567873 |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.                      |             |           |

- **Séries des variations du volume de transactions**

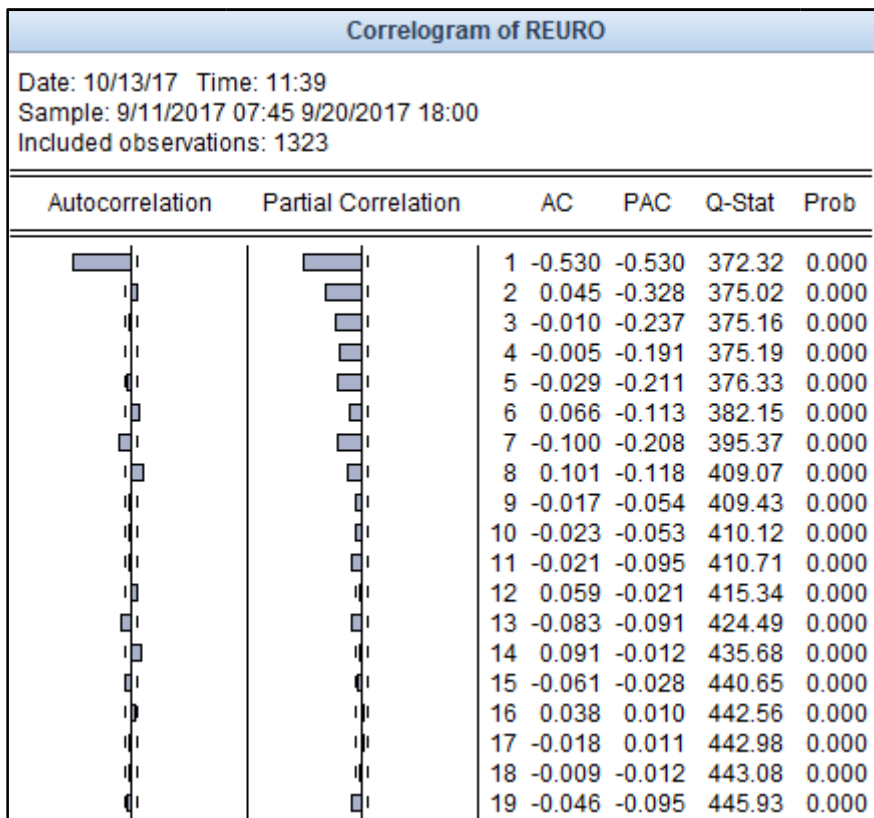
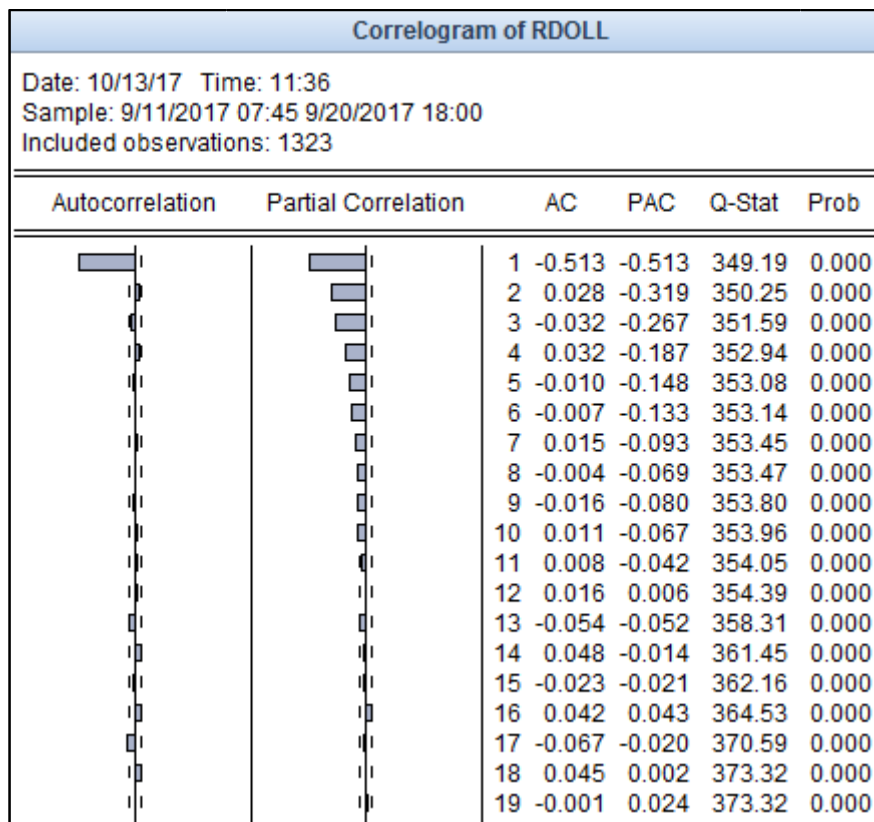
|   |             |           |
|---|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: VARIATIONVDOLL has a unit root     |             |           |
| Exogenous: None                                     |             |           |
| Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |             |           |
|   | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              | -30.32406   | 0.0000    |
| Test critical values:                               | 1% level    | -2.566718 |
|   | 5% level    | -1.941064 |
|   | 10% level   | -1.616538 |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.               |             |           |

|   |           |             |
|---|-----------|-------------|
| Null Hypothesis: VARIATIONVEURO has a unit root     |           |             |
| Exogenous: None                                     |           |             |
| Lag Length: 4 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |           |             |
|   |           | t-Statistic |
|   |           | Prob.*      |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |           | -22.14993   |
| Test critical values:                               | 1% level  | -2.566718   |
|   | 5% level  | -1.941064   |
|   | 10% level | -1.616538   |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.               |           |             |

|   |           |             |
|---|-----------|-------------|
| Null Hypothesis: VARIATIONVDOLL has a unit root           |           |             |
| Exogenous: None   |           |             |
| Bandwidth: 6 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel |           |             |
|   |           | Adj. t-Stat |
|   |           | Prob.*      |
| Phillips-Perron test statistic                            |           | -56.31687   |
| Test critical values:                                     | 1% level  | -2.566715   |
|   | 5% level  | -1.941063   |
|   | 10% level | -1.616538   |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.                     |           |             |

|   |           |             |
|---|-----------|-------------|
| Null Hypothesis: VARIATIONVEURO has a unit root           |           |             |
| Exogenous: None   |           |             |
| Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel |           |             |
|   |           | Adj. t-Stat |
|   |           | Prob.*      |
| Phillips-Perron test statistic                            |           | -58.62813   |
| Test critical values:                                     | 1% level  | -2.566712   |
|   | 5% level  | -1.941063   |
|   | 10% level | -1.616538   |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.                     |           |             |

## Annexes 2: Corrélogrammes des résidus



### **Annexes 3: Modélisation du processus générateur des séries de $R_t$**

- **Equation de la moyenne :**

| Dependent Variable: RDOLLAR                        |             |                       |             |           |
|--|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: Least Squares                              |             |                       |             |           |
| Date: 10/13/17 Time: 15:22                         |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:35 |             |                       |             |           |
| Included observations: 1323 after adjustments      |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 6 iterations            |             |                       |             |           |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00                       |             |                       |             |           |
| Variable   | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| MA(1)  | -0.925719   | 0.009885              | -93.65080   | 0.0000    |
| R-squared  | 0.482963    | Mean dependent var    |             | -0.001417 |
| Adjusted R-squared                                 | 0.482963    | S.D. dependent var    |             | 0.736222  |
| S.E. of regression                                 | 0.529383    | Akaike info criterion |             | 1.566546  |
| Sum squared resid                                  | 370.4855    | Schwarz criterion     |             | 1.570467  |
| Log likelihood                                     | -1035.270   | Hannan-Quinn criter.  |             | 1.568016  |
| Durbin-Watson stat                                 | 2.072508    |                       |             |           |
| Inverted MA Roots                                  | .93         |                       |             |           |

| Dependent Variable: REURO                          |             |                       |             |          |
|--|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Method: Least Squares                              |             |                       |             |          |
| Date: 10/13/17 Time: 15:25                         |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:35 |             |                       |             |          |
| Included observations: 1323 after adjustments      |             |                       |             |          |
| Convergence achieved after 7 iterations            |             |                       |             |          |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00                       |             |                       |             |          |
| Variable   | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| MA(1)  | -0.959879   | 0.007750              | -123.8576   | 0.0000   |
| R-squared  | 0.494449    | Mean dependent var    |             | 0.000388 |
| Adjusted R-squared                                 | 0.494449    | S.D. dependent var    |             | 0.871601 |
| S.E. of regression                                 | 0.619726    | Akaike info criterion |             | 1.881678 |
| Sum squared resid                                  | 507.7280    | Schwarz criterion     |             | 1.885599 |
| Log likelihood                                     | -1243.730   | Hannan-Quinn criter.  |             | 1.883148 |
| Durbin-Watson stat                                 | 2.059030    |                       |             |          |
| Inverted MA Roots                                  | .96         |                       |             |          |

• **Equation de la variance :**

|   |             |                       |             |        |
|---|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| Dependent Variable: RDOLLAR                         |             |                       |             |        |
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution |             |                       |             |        |
| Date: 10/16/17 Time: 11:19                          |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:35  |             |                       |             |        |
| Included observations: 1323 after adjustments       |             |                       |             |        |
| Convergence achieved after 25 iterations            |             |                       |             |        |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00                        |             |                       |             |        |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)      |             |                       |             |        |
| GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)    |             |                       |             |        |
| Variable  | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.  |
| MA(1)   | -0.919699   | 0.012312              | -74.69898   | 0.0000 |
| Variance Equation                                   |             |                       |             |        |
| C   | 0.005742    | 0.001367              | 4.201826    | 0.0000 |
| RESID(-1)^2   | 0.047258    | 0.008398              | 5.627103    | 0.0000 |
| GARCH(-1)   | 0.932680    | 0.011860              | 78.64373    | 0.0000 |
| R-squared   | 0.482852    | Mean dependent var    | -0.001417   |        |
| Adjusted R-squared                                  | 0.482852    | S.D. dependent var    | 0.736222    |        |
| S.E. of regression                                  | 0.529439    | Akaike info criterion | 1.479361    |        |
| Sum squared resid                                   | 370.5646    | Schwarz criterion     | 1.495045    |        |
| Log likelihood                                      | -974.5973   | Hannan-Quinn criter.  | 1.485241    |        |
| Durbin-Watson stat                                  | 2.084609    |                       |             |        |
| Inverted MA Roots                                   | .92         |                       |             |        |

|   |             |            |             |        |
|---|-------------|------------|-------------|--------|
| Dependent Variable: REURO                           |             |            |             |        |
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution |             |            |             |        |
| Date: 10/16/17 Time: 11:40                          |             |            |             |        |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:35  |             |            |             |        |
| Included observations: 1323 after adjustments       |             |            |             |        |
| Convergence achieved after 24 iterations            |             |            |             |        |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00                        |             |            |             |        |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)      |             |            |             |        |
| GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)    |             |            |             |        |
| Variable  | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
| MA(1)   | -0.960390   | 0.007155   | -134.2202   | 0.0000 |

| Variance Equation  |           |                       |           |          |
|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|----------|
| C                  | 0.738133  | 0.019181              | 38.48230  | 0.0000   |
| RESID(-1)^2        | -0.009493 | 0.001569              | -6.052212 | 0.0000   |
| GARCH(-1)          | -0.947488 | 0.009072              | -104.4442 | 0.0000   |
| R-squared          | 0.494448  | Mean dependent var    |           | 0.000388 |
| Adjusted R-squared | 0.494448  | S.D. dependent var    |           | 0.871601 |
| S.E. of regression | 0.619727  | Akaike info criterion |           | 1.858621 |
| Sum squared resid  | 507.7291  | Schwarz criterion     |           | 1.874305 |
| Log likelihood     | -1225.478 | Hannan-Quinn criter.  |           | 1.864500 |
| Durbin-Watson stat | 2.057971  |                       |           |          |
| Inverted MA Roots  | .96       |                       |           |          |

### **Annexes 4 : Modélisation de la relation Volume-Cours de change (Prix)**

| Dependent Variable: RDOLLAR                         |             |                       |             |           |
|---|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution |             |                       |             |           |
| Date: 10/23/17 Time: 10:25                          |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:25  |             |                       |             |           |
| Included observations: 1321 after adjustments       |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 29 iterations            |             |                       |             |           |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00                        |             |                       |             |           |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)      |             |                       |             |           |
| GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)    |             |                       |             |           |
| Variable  | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
| VARIATIONVDOLL                                      | -0.000228   | 0.000248              | -0.919460   | 0.3579    |
| MA(1)   | -0.921134   | 0.012490              | -73.74824   | 0.0000    |
| Variance Equation                                   |             |                       |             |           |
| C   | 0.005921    | 0.001441              | 4.108427    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2   | 0.047933    | 0.008615              | 5.563567    | 0.0000    |
| GARCH(-1)   | 0.931397    | 0.012388              | 75.18296    | 0.0000    |
| R-squared   | 0.483587    | Mean dependent var    |             | -0.000723 |
| Adjusted R-squared                                  | 0.483195    | S.D. dependent var    |             | 0.736334  |
| S.E. of regression                                  | 0.529344    | Akaike info criterion |             | 1.480225  |
| Sum squared resid                                   | 369.5910    | Schwarz criterion     |             | 1.499854  |
| Log likelihood                                      | -972.6884   | Hannan-Quinn criter.  |             | 1.487584  |
| Durbin-Watson stat                                  | 2.084509    |                       |             |           |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Inverted MA Roots | .92 |
|-------------------|-----|

| Dependent Variable: REURO                           |             |                       |             |          |
|---|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution |             |                       |             |          |
| Date: 10/23/17 Time: 10:31                          |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:35  |             |                       |             |          |
| Included observations: 1323 after adjustments       |             |                       |             |          |
| Convergence achieved after 57 iterations            |             |                       |             |          |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00                        |             |                       |             |          |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)      |             |                       |             |          |
| GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)    |             |                       |             |          |
| Variable  | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.    |
| VARIATIONVEURO                                      | -0.000575   | 0.000247              | -2.330534   | 0.0198   |
| MA(1)   | -0.966934   | 0.006545              | -147.7263   | 0.0000   |
| Variance Equation                                   |             |                       |             |          |
| C   | 0.735207    | 0.019273              | 38.14615    | 0.0000   |
| RESID(-1)^2   | -0.009813   | 0.001618              | -6.064095   | 0.0000   |
| GARCH(-1)   | -0.947158   | 0.009092              | -104.1707   | 0.0000   |
| R-squared   | 0.496359    | Mean dependent var    |             | 0.000388 |
| Adjusted R-squared                                  | 0.495977    | S.D. dependent var    |             | 0.871601 |
| S.E. of regression                                  | 0.618789    | Akaike info criterion |             | 1.856800 |
| Sum squared resid                                   | 505.8106    | Schwarz criterion     |             | 1.876406 |
| Log likelihood                                      | -1223.273   | Hannan-Quinn criter.  |             | 1.864150 |
| Durbin-Watson stat                                  | 2.048685    |                       |             |          |
| Inverted MA Roots                                   | .97         |                       |             |          |

## **Annexes 5 : Modélisation de la relation Volume-Cours de change (Volatilité)**

| Dependent Variable: RDOLLAR  |             |                       |             |        |
|--|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution                        |             |                       |             |        |
| Date: 10/23/17 Time: 10:37   |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:25                         |             |                       |             |        |
| Included observations: 1321 after adjustments                              |             |                       |             |        |
| Convergence achieved after 15 iterations                                   |             |                       |             |        |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00   |             |                       |             |        |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)                             |             |                       |             |        |
| GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1) + C(5)<br>*VARIATIONVDOLL |             |                       |             |        |
| Variable   | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.  |
| MA(1)  | -0.925533   | 0.009527              | -97.14590   | 0.0000 |
| Variance Equation  |             |                       |             |        |
| C  | 0.541275    | 0.026194              | 20.66373    | 0.0000 |
| RESID(-1)^2  | -0.005606   | 0.005798              | -0.967012   | 0.3335 |
| GARCH(-1)  | -0.929312   | 0.071958              | -12.91464   | 0.0000 |
| VARIATIONVDOLL   | -0.000124   | 9.64E-05              | -1.289117   | 0.1974 |
| R-squared  | 0.483111    | Mean dependent var    | -0.000723   |        |
| Adjusted R-squared   | 0.483111    | S.D. dependent var    | 0.736334    |        |
| S.E. of regression   | 0.529387    | Akaike info criterion | 1.569884    |        |
| Sum squared resid  | 369.9312    | Schwarz criterion     | 1.589513    |        |
| Log likelihood   | -1031.908   | Hannan-Quinn criter.  | 1.577243    |        |
| Durbin-Watson stat   | 2.073388    |                       |             |        |
| Inverted MA Roots  | .93         |                       |             |        |



| Dependent Variable: REURO  |             |                       |             |          |
|--|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution                        |             |                       |             |          |
| Date: 10/23/17 Time: 10:41   |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:45 9/20/2017 17:35                         |             |                       |             |          |
| Included observations: 1323 after adjustments                              |             |                       |             |          |
| Convergence achieved after 34 iterations                                   |             |                       |             |          |
| MA Backcast: 9/08/2017 22:00   |             |                       |             |          |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)                             |             |                       |             |          |
| GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1) + C(5)<br>*VARIATIONVEURO |             |                       |             |          |
| Variable   | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.    |
| MA(1)  | -0.948024   | 0.011216              | -84.52327   | 0.0000   |
| Variance Equation  |             |                       |             |          |
| C  | 0.010224    | 0.001579              | 6.476612    | 0.0000   |
| RESID(-1)^2  | 0.050691    | 0.007670              | 6.608823    | 0.0000   |
| GARCH(-1)  | 0.923755    | 0.009776              | 94.48764    | 0.0000   |
| VARIATIONVEURO   | -8.05E-05   | 8.87E-05              | -0.908031   | 0.3639   |
| R-squared  | 0.493986    | Mean dependent var    |             | 0.000388 |
| Adjusted R-squared   | 0.493986    | S.D. dependent var    |             | 0.871601 |
| S.E. of regression   | 0.620010    | Akaike info criterion |             | 1.758823 |
| Sum squared resid  | 508.1932    | Schwarz criterion     |             | 1.778429 |
| Log likelihood   | -1158.461   | Hannan-Quinn criter.  |             | 1.766173 |
| Durbin-Watson stat   | 2.081706    |                       |             |          |
| Inverted MA Roots  | .95         |                       |             |          |

## Annexes 6 : Analyse des Corrélations Dynamiques (VAR(1))

| Vector Autoregression Estimates                    |                                      |                                      |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Date: 10/27/17 Time: 15:05                         |                                      |                                      |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:50 9/20/2017 17:25 |                                      |                                      |
| Included observations: 1320 after adjustments      |                                      |                                      |
| Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]       |                                      |                                      |
|  | RDOLLAR                              | VARIATIONVDOLL                       |
| RDOLLAR(-1)  | -0.513797<br>(0.02355)<br>[-21.8169] | -0.254476<br>(1.09916)<br>[-0.23152] |
| VARIATIONVDOLL(-1)                                 | -2.83E-05<br>(0.00056)<br>[-0.05058] | -0.278423<br>(0.02616)<br>[-10.6449] |
| R-squared  | 0.265347                             | 0.079160                             |
| Adj. R-squared                                     | 0.264790                             | 0.078461                             |
| Sum sq. resids                                     | 523.0526                             | 1139384.                             |
| S.E. equation                                      | 0.629963                             | 29.40203                             |
| F-statistic  | 476.0443                             | 113.3018                             |
| Log likelihood                                     | -1262.034                            | -6335.002                            |
| Akaike AIC   | 1.915202                             | 9.601519                             |
| Schwarz SC   | 1.923059                             | 9.609375                             |
| Mean dependent                                     | 0.000737                             | -0.109848                            |
| S.D. dependent                                     | 0.734699                             | 30.62814                             |
| Determinant resid covariance (dof adj.)            |                                      | 343.0572                             |
| Determinant resid covariance                       |                                      | 342.0184                             |
| Log likelihood                                     |                                      | -7597.008                            |
| Akaike information criterion                       |                                      | 11.51668                             |
| Schwarz criterion                                  |                                      | 11.53239                             |

|  |                                      |                                      |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Date: 10/27/17 Time: 15:14                         |                                      |                                      |
| Sample (adjusted): 9/11/2017 07:50 9/20/2017 17:35 |                                      |                                      |
| Included observations: 1322 after adjustments      |                                      |                                      |
| Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]       |                                      |                                      |
|  | REURO                                | VARIATIONVEURO                       |
| REURO(-1)  | -0.528616<br>(0.02336)<br>[-22.6300] | -0.043546<br>(1.09077)<br>[-0.03992] |
| VARIATIONVEURO(-1)                                 | 0.000626<br>(0.00056)<br>[ 1.11762]  | -0.311745<br>(0.02616)<br>[-11.9181] |
| R-squared  | 0.281462                             | 0.097331                             |
| Adj. R-squared                                     | 0.280917                             | 0.096648                             |
| Sum sq. resids                                     | 721.6330                             | 1573515.                             |
| S.E. equation                                      | 0.739386                             | 34.52618                             |
| F-statistic  | 517.0627                             | 142.3309                             |
| Log likelihood                                     | -1475.678                            | -6556.987                            |
| Akaike AIC   | 2.235518                             | 9.922824                             |
| Schwarz SC   | 2.243365                             | 9.930672                             |
| Mean dependent                                     | 0.000391                             | 0.062784                             |
| S.D. dependent                                     | 0.871930                             | 36.32620                             |
| Determinant resid covariance (dof adj.)            |                                      | 650.5823                             |
| Determinant resid covariance                       |                                      | 648.6153                             |
| Log likelihood                                     |                                      | -8031.543                            |
| Akaike information criterion                       |                                      | 12.15665                             |
| Schwarz criterion                                  |                                      | 12.17234                             |