

Haute Ecole  
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

## **L'approche algorithmique des Robo-advisors est-elle pertinente en cas de krach ?**

Mémoire présenté par :  
**Baudouin DESSY**

Pour l'obtention du diplôme de :  
**Master en gestion de l'entreprise**  
Année académique 2019-2020

Promoteur :  
**Grégoire DELOUCHE**

Boulevard Brand Whitlock 6 - 1150 Bruxelles



Haute Ecole  
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

## **L'approche algorithmique des Robo-advisors est-elle pertinente en cas de krach ?**

Mémoire présenté par :  
**Baudouin DESSY**

Pour l'obtention du diplôme de :  
**Master en gestion de l'entreprise**  
Année académique 2019-2020

Promoteur :  
**Grégoire DELOUCHE**

*Je souhaite adresser mes sincères remerciements à l'ensemble des personnes qui m'ont soutenues durant tout le parcours relatif à la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie mon promoteur, Monsieur Grégoire Delouche, qui m'a permis de me positionner sur le thème et m'a prodigué de précieux conseils permettant l'approfondissement de mes recherches.*

*Un grand merci également à mes parents Isabelle Lavrauw et Marc Dessy, ainsi qu'à Victorine Dehoust, Thierry Schornak et Quentin Jacobs pour avoir relu et émis leurs critiques à l'égard de ce travail.*

« Je soussigné, Dessy, Baudouin, étudiant en deuxième année de Master, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

*Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »*

Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.

## Table des matières

<i>Introduction</i> .....	1
<i>Préface : impact des mesures de Covid-19 sur la réalisation du mémoire</i> .....	3
<i>Partie 1 : Recherche théorique</i> .....	4
<b>1 Robo-advisors</b> .....	4
<b>1.1 Historique</b> .....	4
<b>1.2 ETF</b> .....	5
1.2.1 Typologie .....	5
1.2.2 Avantages .....	7
1.2.3 Désavantages.....	8
1.2.4 ETF versus Fonds Communs de Placement .....	9
<b>1.3 Modèle d'investissement</b> .....	11
1.3.1 Passif.....	11
1.3.2 Actif .....	11
<b>1.4 Expérience client Robo-advisors</b> .....	13
1.4.1 Profilage du client.....	13
1.4.2 Construction des portefeuilles .....	14
1.4.3 Rééquilibrage.....	14
<b>1.5 Public investisseur</b> .....	15
<b>2 Robo-advisors VS Gestion traditionnelle</b> .....	17
<b>2.1 Souscription</b> .....	17
<b>2.2 Gestion de l'investissement</b> .....	18
<b>2.3 Conditions d'entrée</b> .....	19
<b>2.4 Frais</b> .....	19
<b>3 Évolution de la gestion d'actifs financiers</b> .....	20
<b>3.1 Marché des actifs sous gestion</b> .....	20
<b>3.2 Marché des actifs sous gestion par Robo-advisors</b> .....	21
<b>4 Risque lié aux ordres automatisés</b> .....	22
<b>4.1 Trading à haute fréquence</b> .....	22
4.1.1 Mise en contexte .....	22
4.1.2 Évolution des transactions .....	23
4.1.3 Flash crash .....	24
<b>4.2 Lien identifié avec le Robo-advisory</b> .....	25
<b>5 La théorie moderne du portefeuille</b> .....	26
<b>5.1 Composantes du modèle</b> .....	26
5.1.1 Volatilité d'un actif .....	27
5.1.2 Corrélation entre des actifs .....	27
5.1.3 Portefeuilles efficients .....	28
<b>5.2 Limites du modèle</b> .....	29
<b>6 Performance des Robo-advisors pendant la crise Covid-19</b> .....	30

<b>7</b>	<b><i>Conclusion de la première partie</i></b>	<b>32</b>
<i>Partie 2 : Analyse quantitative : backtesting</i>		34
<b>1</b>	<b><i>Introduction</i></b>	<b>34</b>
<b>2</b>	<b><i>Sélection des actifs</i></b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b><i>Construction des portefeuilles</i></b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b><i>Modèle de réallocation au sein des portefeuilles</i></b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b><i>Définition du risque des portefeuilles</i></b>	<b>37</b>
5.1	Variance d'un actif	38
5.2	Covariance entre plusieurs actifs	38
5.3	Variance d'un portefeuille	39
5.4	Écart-type	40
<b>6</b>	<b><i>Démarrage du test</i></b>	<b>41</b>
6.1	Données des portefeuilles au jour de la souscription	42
6.2	<b><i>Phase 1 : Réallocations sur base du poids des actifs</i></b>	<b>43</b>
6.2.1	Évolution de la performance des portefeuilles pendant la crise	44
6.2.2	Graphiques de comparaison de performance	47
6.2.3	Évolution de la volatilité des portefeuilles pendant la crise	51
6.2.4	Synthèse des résultats	54
6.3	<b><i>Phase 2 : Réallocations sur base de la volatilité</i></b>	<b>55</b>
6.3.1	Évolution des trois portefeuilles sous la méthode de maintien de la volatilité	58
6.3.2	Analyse de la performance sur base du modèle	61
6.3.3	Synthèse des résultats	66
<b>7</b>	<b><i>Limites du test</i></b>	<b>68</b>
<b>8</b>	<b><i>Conclusion de la deuxième partie</i></b>	<b>68</b>
<b><i>Conclusion générale</i></b>		<b>70</b>
<b><i>Bibliographie</i></b>		<b>73</b>

## Table des tableaux

<i>Tableau 1: Performance cumulée du Robo-advisor français Yomoni pour l'année 2020</i>	30
<i>Tableau 2: Performance cumulée du Robo-advisor américain Betterment pour l'année 2020</i>	30
<i>Tableau 3: Performance cumulée du Robo-advisor belge Easyvest pour l'année 2020</i>	30
<i>Tableau 4: Comparatif de performance des 3 Robo-advisors de décembre 2015 à décembre 2019</i>	31
<i>Tableau 5: Exemple de construction de portefeuilles</i>	35
<i>Tableau 6: Données de départ des portefeuilles</i>	42
<i>Tableau 7: Investissements initiaux</i>	42
<i>Tableau 8: Déclenchements du Robo</i>	43
<i>Tableau 9: Évolution du return avec réallocations</i>	45
<i>Tableau 10: Évolution du return sans réallocations</i>	45
<i>Tableau 11: Évolution de la volatilité avec réallocations</i>	52
<i>Tableau 12: Évolution de la volatilité sans réallocations</i>	52
<i>Tableau 13: Comparaison de la performance du portefeuille 1</i>	62
<i>Tableau 14 : Comparaison de la performance du portefeuille 5</i>	64
<i>Tableau 15: Comparaison de la performance du portefeuille 9</i>	66

## Table des figures

<i>Figure 1: Performance du modèle proposé par Titan</i>	12
<i>Figure 2: Étapes du parcours client</i>	13
<i>Figure 3: Démographie des investisseurs en Robo-advisors</i>	15
<i>Figure 4: Démographie des investisseurs en Robo-advisors (2)</i>	16
<i>Figure 5: Évolution des actifs sous gestion</i>	20
<i>Figure 6: Évolution des actifs sous gestion par Robo-advisors</i>	21
<i>Figure 7: Pourcentage des transactions par le biais de trading à haute fréquence entre 2005 et 2014</i>	23
<i>Figure 8: Frontière d'efficience</i>	28
<i>Figure 9: Construction des 11 portefeuilles</i>	36
<i>Figure 10: Évolution des portefeuilles 2 pendant la crise de 2008</i>	47
<i>Figure 11: Évolution des portefeuilles 2 après la crise de 2008</i>	47
<i>Figure 12: Évolution des portefeuilles 5 pendant la crise de 2008</i>	48
<i>Figure 13: Évolution des portefeuilles 5 après la crise de 2008</i>	49
<i>Figure 14: Évolution des portefeuilles 8 pendant la crise de 2008</i>	50
<i>Figure 15: Évolution des portefeuilles 8 après la crise de 2008</i>	50
<i>Figure 16: Évolution de la volatilité avec réallocations</i>	53
<i>Figure 17: Évolution de la volatilité sans réallocations</i>	53
<i>Figure 18: Évolution de la volatilité des 11 portefeuilles</i>	56
<i>Figure 19: Application du modèle au portefeuille 1</i>	61
<i>Figure 20: Application du modèle au portefeuille 1 (suite)</i>	62
<i>Figure 21: Application du modèle au portefeuille 5</i>	63
<i>Figure 22: Application du modèle au portefeuille 5 (suite)</i>	63
<i>Figure 23: Application du modèle au portefeuille 9</i>	65
<i>Figure 24: Application du modèle au portefeuille 9 (suite)</i>	65

## Introduction

Ce mémoire est l'aboutissement ultime d'un parcours de cinq années d'études en vue de l'obtention du grade de Master en gestion de l'entreprise à l'ICHEC Brussels Management School.

Durant les années de Bachelor, nous avons eu l'opportunité de découvrir les nombreux aspects de l'entreprise et de l'économie en général. L'économie couvrant un champ très vaste, les premières années des études m'ont permis de découvrir les matières auxquelles je porte un intérêt particulier, à savoir la fiscalité et la finance.

Désireux de me spécialiser au mieux dans ces deux domaines, lors de mon inscription en Master à l'ICHEC, j'ai choisi les options Fiscalité et Financial Markets. Au premier quadrimestre de la deuxième année, j'ai eu la chance de partir en Erasmus en Corée du Sud où j'ai suivi des cours en relation avec la technologie. C'est durant mon expérience à Séoul que mon intérêt pour le Robo-advising s'est développé.

L'option Financial Markets à l'ICHEC comprend trois cours dont celui de gestion de portefeuille enseigné par Monsieur Grégoire Delouche. Souhaitant développer le thème du Robo-advising dans le cadre de mon mémoire, j'ai saisi l'occasion pour demander à ce professeur de me suivre en tant que promoteur. Lors de notre premier entretien, nous avons décidé que j'orienterais mes recherches sur la pertinence des Robo-advisors en cas de krach.

Avant de démarrer, il est important définir ce qu'on entend par Robo-advisory. Ci-dessous, une définition qui résume ce concept de manière pertinente :

« *Les Robo-Advisors sont des logiciels qui peuvent vous aider à gérer vos investissements sans avoir besoin de consulter un conseiller financier ou de gérer vous-même votre portefeuille. Vous ouvrez généralement un compte géré par un robot et fournissez ensuite des informations de base sur vos objectifs d'investissement au moyen d'un questionnaire en ligne. Les conseillers robotisés analysent ensuite les données que vous fournissez afin de vous proposer une approche de répartition des actifs et de vous constituer un portefeuille d'investissements diversifiés qui respecte les pourcentages de répartition cibles pour ces investissements. Une fois que vos fonds sont investis, le logiciel peut automatiquement rééquilibrer votre portefeuille, c'est-à-dire apporter les modifications nécessaires aux investissements pour aligner à nouveau les actifs de votre portefeuille sur une allocation cible.*» (Anspach, 2019).

Les Robo-advisors ont fait leur apparition après la crise de 2008. Dès lors, aucune étude empirique n'a pu être menée jusqu'à présent sur leurs performances en situation de krach. Le but de ce mémoire est d'explorer la manière dont ils procèdent aux calculs de risque des portefeuilles qu'ils proposent. L'étude de leurs procédés en matière de rééquilibrage sera également effectuée dans le but de découvrir leur réaction en situation de haute volatilité. Cela nous permettra de réaliser si leur mode de fonctionnement présente une réelle innovation en terme de gestion de portefeuille.

Ce travail de fin d'études se déroulera en deux parties. La première comprend une analyse de la littérature existante qui retrace l'histoire des Robo-advisors et met en évidence leur fonctionnement de manière théorique. Ceci comprend le business model, le public cible, le choix des actifs financiers ainsi que les théories financières sur lesquelles ils se basent. Ces analyses seront comparées avec ce que proposent les gestionnaires traditionnels.

La seconde partie est une analyse quantitative. Sur base des données récoltées dans la première partie, un Robo-advisor 'maison' sera modélisé afin de réaliser un test rétroactif sur le comportement qu'auraient eu les portefeuilles suivant mon modèle, sur une période allant de l'avant-crise financière de 2008 à l'année 2020. Cette application quantitative permettra de mettre en évidence plusieurs éléments concernant la performance et la gestion du risque.

La confrontation de la littérature au test réalisé figure dans la conclusion générale. Celle-ci permettra de pointer les matières sujettes à des recherches futures.

## **Préface : impact des mesures de Covid-19 sur la réalisation du mémoire.**

*En raison de la crise du Covid-19, il nous a été demandé d'ajouter une préface décrivant comment les mesures liées à cette crise auraient eu un impact sur réalisation du mémoire.*

*Ce mémoire n'a pas été réalisé en lien avec un stage ni avec une société en particulier. De ce fait, aucun obstacle lié aux mesures n'a perturbé la recherche et l'accès aux données nécessaires.*

*Cependant, des difficultés ont dû être surmontées en terme de conditions optimales de rédaction. Depuis le début de mes études à l'ICHEC, je me rends lors de chaque blocus à la Bibliothèque royale de Belgique dans le centre de Bruxelles. Ce cadre studieux permettait de me retrouver sereinement avec des camarades de blocus afin d'affronter ensemble ces périodes d'épreuves mentales en nous soutenant mutuellement.*

*Malheureusement, cette pratique n'a pas pu être renouvelée en cette période de confinement et un bureau de fortune a dû être improvisé dans la chambre que je partage avec ma compagne. Ces conditions particulières ont rendu l'ultime étape de mes études moins confortable. Malgré cela, la volonté d'obtenir mon diplôme pour lequel j'ai passé quelques années sur les bancs de l'ICHEC m'a motivé pour terminer ce mémoire dans les temps.*

## Partie 1 : Recherche théorique

### 1 Robo-advisors

#### 1.1 Historique

Le terme ‘Robo-advisor’ a vu le jour en 2006 lorsque la FinTech<sup>1</sup> ‘Mint’ proposa au grand public un outil financier permettant aux clients le suivi de leurs comptes bancaires, de leurs cartes de crédit, de leurs prêts ainsi que de leurs différents investissements sur une même interface. L’outil permettait par la suite un accompagnement des utilisateurs afin de créer des budgets et de définir des objectifs financiers (FiscalFrontiers, 2018).

C’est seulement au cours de la crise de 2008 que les Robo-advisors tels que nous les connaissons aujourd’hui ont fait leur apparition (Scott-Brigs, 2016). Jon Stein, disposant d’un MBA de l’université de *Columbia* et Eli Broverman, diplômé en droit de la *NYU School of Law* et juriste dans le domaine des actifs financiers ont, en 2008, créé la FinTech ‘*Betterment*’. Pendant deux ans, ils se sont consacrés au développement de prototypes de modèles qui a abouti en 2010 au lancement de leur Robo-advisor au *TechCrunch Disrupt*<sup>2</sup> (Stein, 2016).

Ce lancement leur a permis de rester leader mondial sur le marché des Robo-advisors jusqu’en 2018 (Breen, 2019). Le lancement en 2010 de ce premier modèle par la société *Betterment* a ouvert les portes à un marché qui s’est fort étendu au fil du temps. Rien qu’aux USA, il existe actuellement plus de 200 Robo-advisors (Franckenfield, 2020).

Cette nouvelle offre de gestion de portefeuille a séduit un grand nombre d’investisseurs de par le côté technologique et la facilité d’accès qu’elle propose. Nous verrons tout au long du mémoire, les facteurs principaux identifiés leur ayant mis le vent en poupe.

---

<sup>1</sup> FinTech veut dire ‘Financial Technology’, dans ce contexte, cela désigne des entreprises proposant des services mélangeant la finance et la technologie.

<sup>2</sup> La TechCrunch Disrupt est un événement de trois jours organisé annuellement à San Francisco avec deux grands axes : les fondateurs et les investisseurs qui définissent l’avenir des technologies et les experts en start-up qui apportent leur éclairage aux entrepreneurs (TechCrunch, 2020).

## 1.2 ETF

Les Robo-advisors investissent principalement dans un type de produit financier nommé ETF (Franckenfield, 2020). Les portefeuilles gérés par les Robo-advisors sont composés quasi uniquement de ce type de produit financier. En effet, selon Kaya (2017), chercheur pour la *Deutsche Bank*, 96% des Robo-advisors investissent uniquement dans ce type de produit financier. La compréhension de ce produit et le pourquoi de son utilisation peuvent trouver réponse dans la définition qui suit.

ETF est l'acronyme anglais de « *Exchange Traded Fund* », également appelé « *Tracker* » ou « *Fonds Négociés en Bourse* ». Il s'agit d'ensembles d'investissements mis en commun, comme des actions, des obligations ou des matières premières répliquant des indices boursiers. Comme les fonds communs de placement, les ETF sont conçus pour permettre aux investisseurs d'accéder à un groupe de titres, offrant une plus grande diversification que celle que l'on obtiendrait en achetant, par exemple, les actions d'une société ou obligations particulières. En résumé, les créateurs d'ETF émettent des titres échangeables sur les marchés financiers qui sont composés de fractions de titres des actifs sous-jacents (Chen, Actively Managed ETF, 2018).

### 1.2.1 Typologie

Tout d'abord, il faut savoir que les ETF ne sont pas tous créés et gérés de la même manière. On distingue deux groupes : les ETF physiques et les ETF synthétiques.

#### ETF physiques :

Ceux-ci se subdivisent en deux sous-groupes relativement proches au niveau de leur fonctionnement. Tout d'abord, il y a la méthode de réplication physique directe. Dans ce modèle, les émetteurs possèdent l'entièreté des titres présents dans l'indice qu'ils souhaitent répliquer et ce, à pondération identique.

Ensuite, il y a la réplication physique échantillonnée. Ce modèle ressemble au premier mais il a la particularité de ne posséder qu'une partie des titres composant l'indice. Ce type d'ETF est proposé lorsque l'indice qu'il suit est composé d'un nombre de titres très important et qu'une réplication pertinente est possible en ne suivant qu'un échantillon. Une autre raison de l'utilisation de ce modèle apparait lorsque certains titres représentés dans un indice ne sont pas assez liquides pour faire partie de l'ETF. Cette méthode présente le risque que l'ETF ne suive pas précisément l'indice (Petit, 2018).

### ETF synthétiques :

Cette méthode consiste à répliquer synthétiquement ou indirectement un indice. Ici, l'émetteur ne possède pas les valeurs physiques pour suivre l'indice mais il tente de refléter la performance en acquérant des produits dérivés. L'avantage est que l'investissement initial, pour créer l'ETF, est réduit, mais cette méthode présente le risque que l'obligation contractuelle de la contrepartie fasse défaut (Murphy, 2019).

Vu que les ETF physiques possèdent réellement les actifs sous-jacents, une distribution de dividendes a également lieu. En fonction des caractéristiques de l'ETF, les dividendes sont soit reversés à l'investisseur, soit contenus dans l'ETF, faisant monter sa valeur chaque fois que les sociétés présentes dans l'ETF procèdent à une distribution.

La comparaison des deux types d'ETF indique que le modèle synthétique comporte un plus grand risque pour l'investisseur. Nous pourrions dès lors partir de l'hypothèse que pour réduire tout risque de défaut, les Robo-advisors poseraient leur choix d'investissement uniquement sur le modèle physique. Mes recherches ont néanmoins permis d'établir que ce n'était pas le cas. De nombreux acteurs sur le marché des Robo-advisors divulguent sur leur site les ETF dans lesquelles ils investissent. Mes observations ont révélé que la majeure partie des investissements se fait bien en ETF à réPLICATION physique, mais que des investissements dans le modèle synthétique existent également.

En ce qui concerne la gestion, ici aussi, on identifie deux formes distinctes : la gestion active et la gestion passive.

### Gestion active :

Les ETF actifs sont gérés par des gestionnaires de manière active dans le but de battre la performance d'un indice. En fonction des conditions de marché, les gestionnaires ont la liberté de prendre des positions en dehors de l'indice dans le but de battre la performance du benchmark. Ceci ressemble plus au modèle des fonds communs de placement mais garde le côté liquide de l'ETF qui permet une négociation en bourse à n'importe quel moment de la journée. Les fonds communs de placement, eux, ne sont négociés qu'une fois par jour après la fermeture des marchés (Chen, Actively Managed ETF, 2018). Ce type de gestion est loin d'être la norme car les ETF gérés activement ne représentent aujourd'hui que 2% de l'offre (Riquier, 2019).

## Gestion passive :

Ce type de gestion est la référence en terme d'ETF. Un tracker passif réplique un indice sélectionné par l'émetteur sans tenter de battre la performance du benchmark. Les divers frais liés à la gestion des ETF font que le suivi de l'indice n'est pas 100% identique. Cette erreur de suivi est connue sous le nom de *tracking error*, terme sur lequel nous reviendrons plus tard dans la partie consacrée aux désavantages des ETF (cf. infra p.8).

### 1.2.2 Avantages

Comme mentionné plus haut, les ETF ont la particularité de répliquer des indices boursiers en tout genre (cf. supra p.5). Cette réplication peut viser une industrie particulière, un secteur d'activité ou tout autre indice pouvant être tracé. La façon traditionnelle de répliquer un indice, consiste à faire l'acquisition de tous les titres figurant dans le panier d'actions de l'indice. Répliquer un indice comme le S&P500 reviendrait à acheter une action de chacune des 500 entreprises qui composent cet indice. Il faudrait donc débourser un montant avoisinant 52 000 dollars pour détenir une action individuelle de chaque société présente dans l'indice. Ceci est un montant approximatif qui fluctue en fonction de l'évolution des conditions de marché.

### Diversification

En répliquant des indices, les ETF offrent la possibilité d'avoir une grande diversification au sein du même produit financier. En voyant le montant à débourser pour répliquer l'un des indices les plus populaires au monde, on peut en conclure qu'en investissant dans plusieurs ETF, il est possible de bâtir un portefeuille extrêmement diversifié avec un capital relativement faible. Pour donner un exemple concret, l'ETF du S&P500 le plus populaire « *SPRD S&P500 ETF* » peut s'acquérir pour environ 300 dollars et offre la même diversification qu'un achat de chaque action individuelle.

### Liquidité

Malgré que le processus d'achat soit simplifié par le fait qu'on ne doit pas placer d'offre pour chaque actif sous-jacent, cela n'a pas d'impact sur la liquidité de l'investissement. Tout comme les actions individuelles, les ETF sont négociés sur les marchés financiers. Pour en revenir à l'exemple précédent sur le « *SPRD S&P500 ETF* », l'ensemble des actifs sous gestion avoisine aujourd'hui les 300 milliards de dollars pour un volume moyen d'échange journalier tournant autour de 175 millions (Bloomberg, 2020).

### Frais réduits

Les frais de gestion annuels moyens des ETF sont de l'ordre de 0,25% contre une fourchette de 1% à 2% pour les fonds de placements communs (Decaudain, 2020). Les actions individuelles échangées en bourse ne sont pas soumises à des frais de gestion. Le courtier en produits financiers appelé plus communément le « *broker* » va néanmoins facturer des frais pour chaque opération effectuée. Donc, outre le fait d'avoir accès à une grande diversification avec un capital nécessaire considérablement plus faible, l'avantage lié aux frais de courtage n'est pas à négliger. En effet, pour répliquer l'indice du S&P500 avec un ETF, un seul ordre d'achat doit être fait contre 500 pour une réPLICATION classique.

### 1.2.3 Désavantages

Comme chaque type de produits financiers a ses avantages, il comprend également des inconvénients.

#### Tracking error

Il s'agit de l'écart qui existe entre le comportement du prix d'ETF et l'indice de référence qu'il imite. Le *tracking error* est présent dans l'ensemble des ETF mais la taille de cet écart n'est pas la même partout. En effet, les émetteurs d'ETF ont la possibilité de réduire cet écart en améliorant leur système opérationnel. De manière générale, plus l'écart est petit, plus les frais de gestion sont élevés. Dans le cadre des ETF, le *tracking error* et le montant des frais de gestion sont donc inversement corrélés (Fontinelle, 2019).

#### 1.2.4 ETF versus Fonds Communs de Placement

Les fonds communs de placement et les ETF comportent généralement entre 100 et 3 000 titres individuels différents dans leur composition (Palmer, 2020). Nous voyons qu'en réponse au krach boursier de 1929, trois grandes lois régissant les valeurs mobilières ont été adoptées par la SEC<sup>3</sup>. Les ETF comme les fonds communs de placement tombent sous la gouvernance de ces trois lois présentées ci-dessous :

##### Loi sur les valeurs mobilières de 1933

Objectifs fondamentaux de cette loi :

- ⇒ Exiger que les investisseurs reçoivent des informations financières et autres informations importantes concernant les valeurs mobilières dans le but d'offrir plus de transparence.
- ⇒ Limiter la tromperie, les déclarations falsifiées et autres fraudes relatives à la vente de titres.

##### Loi sur les valeurs mobilières et les échanges de 1934

Objectif fondamental de cette loi :

- ⇒ Cette loi fut promulguée dans le but d'apporter un cadre légal autour des opérations d'échanges de titres sur le marché secondaire.

##### Loi sur les sociétés d'investissement de 1940

Objectif fondamental de cette loi :

- ⇒ Réglementation sur la formation de sociétés d'investissement et sur leurs activités dans le but de mieux protéger les intérêts des investisseurs.

Si ces deux produits d'investissement sont construits à partir d'un concept commun et sont régis par les mêmes lois fondamentales liées aux valeurs mobilières, il existe néanmoins quelques différences majeures entre eux.

Le premier fonds commun de placement fut proposé par la société d'investissement américaine *MFS Investment Management* en 1924 (O'Connel, 2020). Depuis, l'offre s'est largement étendue offrant aux investisseurs une vaste sélection de fonds de placement. Même si certains fonds sont gérés passivement, de nombreux investisseurs s'intéressent à ces produits pour la plus-value qu'ils peuvent tirer d'une gestion active. Dans ce contexte, les investisseurs se reposent sur la performance que l'expertise des gestionnaires professionnels peut offrir.

---

<sup>3</sup> SEC : Securities and Exchange Commission

Les frais de fonctionnement d'un fonds commun de placement sont exprimés à l'investisseur à travers le ratio de dépenses. Ce ratio est composé des frais de gestion, des frais opérationnels et des frais distribution de services, également connus sous le nom de frais 12b-1. Cette dénomination est historique car il s'agit de l'article 12 de la loi sur les sociétés d'investissement de 1940 (SEC, 2019). Les frais 12b-1 constituent un facteur de différenciation fondamental entre les fonds communs de placement et les ETF. Le fonds commun de placement exige ces frais pour couvrir les coûts de marketing et de promotion. Ces frais n'existent pas dans le cadre des ETF et rendent donc le ratio de dépenses du fonds commun de placement plus élevé. En décembre 2019, le total des actifs sous gestion des ETF atteignait 4 trillions de dollars (Kennedy, 2020). Nous verrons par la suite que plus d'un quart de ces ETF sont sous gestion robotisée (cf. infra p.20).

Une étude comparative entre les fonds communs de placements et les ETF menée par Jacobs (2019) a démontré qu'entre 2016 et 2019, la performance annualisée des ETF était supérieure de 2,093% par rapport aux fonds communs de placement gérés activement. L'étude a démontré que la raison principale de cette performance supérieure réside dans les différences de frais entre ces deux types d'investissement.

## 1.3 Modèle d'investissement

### 1.3.1 Passif

Maintenant que nous savons dans quel type de produits financiers les Robo-advisors investissent, passons au modèle de gestion de l'investissement qu'ils appliquent dans leur modèle. Bien que les Robo-advisors investissent en ETF, produits gérés principalement de façon passive (cf. supra p.6), nous pourrions partir de l'hypothèse que les Robo-advisors pourraient gérer des portefeuilles d'ETF de manière active.

Ceci reste une hypothèse non valide car le business model des Robo-advisors tels que nous les connaissons, repose sur la gestion passive de l'investissement (Kaya, 2017). Il s'agit donc d'une offre de portefeuilles gérés passivement et composés de produits financiers qui eux, sont également sous gestion passive par le biais des émetteurs.

On retrouve donc un double coté passif. D'une part, ils investissent en ETF gérés passivement et d'autre part, leur business model comprend une gestion passive de l'investissement. C'est-à-dire qu'ils ne vont pas chercher à battre le marché mais plutôt à le suivre. Les réallocations au sein des portefeuilles qu'ils proposent se font donc uniquement dans le but de garder la même pondération entre les actifs. En période de marchés baissiers, le poids des ETF suivant des obligations sera réduit pour augmenter celui des trackers en actions.

Le type de gestion préconisé par les Robo-advisors peut nous permettre à ce stade d'avancer l'hypothèse que les portefeuilles qu'ils gèrent ne seront pas protégés en cas de krach boursier et qu'il faudra attendre un retour à la normale des marchés pour atteindre un retour aux valeurs d'avant-crise.

### 1.3.2 Actif

L'affirmation supra, sur base des recherches de Kaya, était vraie jusqu'à ce qu'en 2018, la FinTech américaine *Titan*, propose un nouveau modèle de Robo-advisor basé sur une gestion active des investissements. Cette offre s'éloigne fortement de ce qui a été défini jusqu'à présent sur les Robo-advisors. Dans ce modèle, les portefeuilles ne sont plus composés d'ETF mais d'actions. Ils reposent sur 20 actions américaines sélectionnées sur base de leurs hautes performances historiques. Ils ont développé un algorithme qui permet de comparer l'évolution de la valeur des actions avec l'évolution du profit. Sur cette base, des opérations de long<sup>4</sup> et de short<sup>5</sup> seront réalisées dans le but de battre le marché (Hunter, 2019).

---

<sup>4</sup> Long : achat d'actions

<sup>5</sup> Short : vente d'actions à découvert

On note cependant des points communs entre les deux modèles : la proposition de gestion de portefeuille à faible coût et un accès avec un capital de départ faible. Le modèle passif tente de répliquer ce que proposent les gestionnaires de portefeuilles traditionnels. Le modèle actif proposé par *Titan*, promet, quant à lui, une gestion de portefeuille similaire à ce que proposent les *Hedge Funds* avec une accessibilité au grand public (Brison, 2020).

Le tableau ci-dessous récupéré du site de *Titan*, montre la performance du modèle par rapport à l'indice du S&P500, depuis sa création.

*Figure 1: Performance du modèle proposé par Titan*

	Titan	S&P 500
2020 YTD	-6.4%	-9.3%
2019	+33.7%	+31.5%
2018	-7.0%	-6.1%
ALL-TIME IRR	+7.2%	+5.3%

Source : Titan. (2020). *Investment Strategy*. Récupéré de <https://www.titanvest.com/strategy/>

La performance sur l'année 2020 en cours indique une supériorité par rapport à l'indice du S&P500. Il faudra cependant patienter jusqu'à l'après-crise pour conclure si leur modèle offre réellement une protection face à la crise.

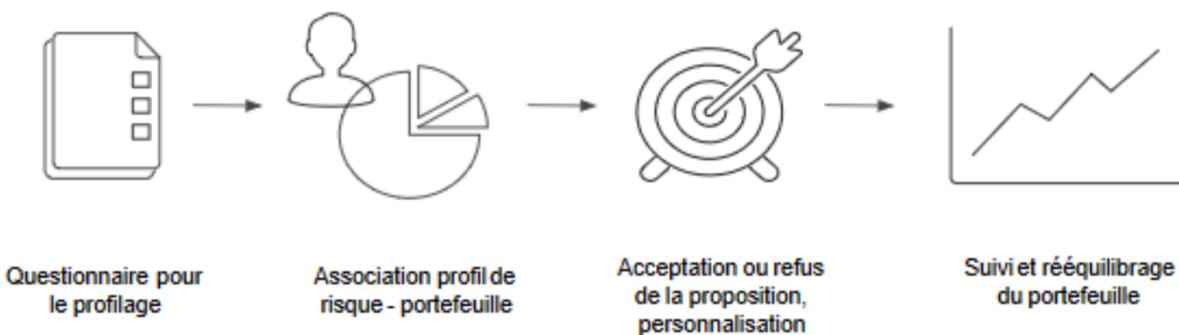
Le nombre de Robo-advisors en gestion active étant à ce jour encore marginal et les sources les concernant étant peu nombreuses, la poursuite de cette recherche s'effectue en prenant comme référence le modèle à gestion passive. Il sera cependant intéressant de suivre à l'avenir le développement de ce marché. La crise actuelle frappant pour la première fois de manière significative les Robo-advisors, il ne serait pas étonnant de voir l'émergence d'une diversification de l'offre dans un avenir proche.

## 1.4 Expérience client Robo-advisors

Maintenant que nous avons observé les actifs financiers dans lesquels les Robo-advisors investissent, ainsi que leur méthode d'investissement, nous allons nous plonger dans les démarches que les clients suivent lors de la souscription.

Chaque Robo-advisor adopte une offre particulière en fonction de l'expérience qu'il veut offrir aux investisseurs. Nous pouvons néanmoins identifier l'articulation générale présente dans chacun d'entre eux. Nous retrouvons dans la figure ci-dessous les principales démarches à suivre, présentes dans chaque Robo-advisor. Elles seront ensuite développées. Les quatre étapes décrites ci-dessous définissent l'expérience qu'un investisseur fera lors de la souscription.

Figure 2: Étapes du parcours client



Source : Montanier, F. (2019). *Robo-advisors : quelles opportunités pour l'assureur-vie ?* (Mémoire de master). Université de Paris Dauphine.

### 1.4.1 Profilage du client

La première étape de la souscription à un Robo-advisor est le profilage du client. Sur base d'un questionnaire en ligne, les besoins sont identifiés afin de proposer au client l'offre la plus adéquate. Ce formulaire est généralement composé d'une quinzaine de questions liées à l'âge, aux revenus, à l'épargne, aux investissements précédents et aux objectifs de placements (Kaya, 2017).

Sur base de ces informations, le fournisseur de Robo-advisor va, à l'aide d'algorithmes, définir l'aversion au risque du client et le placer dans le profil qui lui correspond au mieux. Les profils de risque ne sont pas personnalisés pour chaque client. Les gestionnaires d'actifs robotisés ont généralement un panel allant de 5 à 10 profils préalablement définis. Le questionnaire permet uniquement de placer les clients dans un de ces profils.

#### 1.4.2 Construction des portefeuilles

Les 5 à 10 profils définis correspondent à des portefeuilles construits sur base de *la théorie moderne du portefeuille* du prix Nobel Markowitz. Nous pouvons d'ores et déjà en conclure qu'il n'y pas d'innovation majeure à ce niveau-là en comparaison avec une gestion traditionnelle. L'étape suivante est la proposition d'offre que le client a le choix d'accepter ou non.

#### 1.4.3 Rééquilibrage

La dernière étape après acceptation de l'offre est le suivi et le rééquilibrage des portefeuilles. Celle peut se faire de deux manières en fonction du modèle choisi : le rééquilibrage en « *threshold-based* » et le rééquilibrage sur base périodique.

##### Rééquilibrage des portefeuilles en « *threshold-based* » :

Chaque portefeuille est composé d'actifs avec une pondération de ceux-ci en fonction du risque souhaité. Les portefeuilles contenant une allocation d'ETF en actions plus élevée seront, par définition, plus volatiles et donc plus risqués que les portefeuilles contenant des parts d'ETF en obligations plus conséquentes.

Lorsque le poids des actifs s'écarte trop de l'allocation cible en raison de l'évolution des marchés, le Robo-advisor va automatiquement procéder à une réallocation pour revenir à sa cible. C'est-à-dire qu'une fois le seuil de déviance maximum est atteint, le Robo se déclenche et procède automatiquement à une réallocation des actifs présents dans le portefeuille. De cette manière, le poids des actifs est ramené à celui défini lors de la souscription (Franckenfield, 2020).

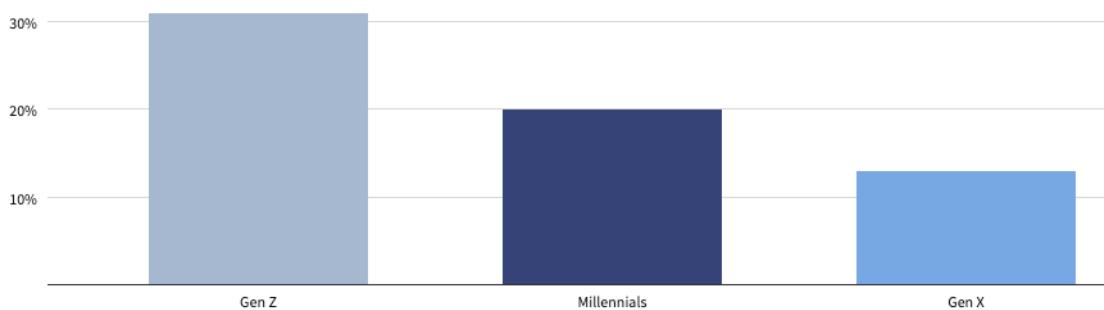
##### Rééquilibrage sur base périodique :

Contrairement au modèle précédent, le rééquilibrage ne s'effectue pas automatiquement le jour où le seuil de déviance toléré est atteint. Il se fait de manière périodique, généralement tous les mois ou tous les trimestres afin d'obtenir un retour vers l'allocation souhaitée. Les acteurs qui proposent ce type de rééquilibrage justifient la pertinence de ce modèle en mettant en avant le fait que le nombre inférieur de transactions entraîne automatiquement une diminution des frais liés à ces opérations (Kitces, 2016).

## 1.5 Public investisseur

L'offre des Robo-advisors qui repose sur une digitalisation complète du conseil et de l'investissement, peut donner à penser que ce phénomène a tendance à séduire les plus jeunes générations. Pour répondre à cette question, Schweitzer (2019) a mené une enquête auprès de 1 405 individus ayant souscrit à un Robo-advisor.

*Figure 3: Démographie des investisseurs en Robo-advisors*



Source : Schweitzer, F. (2019). *Only 20% of Affluent Millennials are Using Robo-Advisors*. Récupéré de <https://www.investopedia.com/study-affluent-millennials-are-warming-up-to-robo-advisors-4770577>

L'enquête révèle que 9% des investisseurs interrogés se trouvent dans la tranche d'âge 47-54 ans, 13% dans la tranche d'âge 40-55 ans et 20% dans la tranche 23-39 ans. La génération Z, population entre 18 et 22 ans, représente plus de 30% de l'échantillon. Cette étude suggère donc que l'attraction pour ce type d'investissement augmente avec chaque génération.

Notons également que cette étude met en évidence qu'il y a un plus grand nombre d'hommes que de femmes qui optent pour ce type d'investissements. Comme nous le voyons dans le tableau ci-dessous, cette observation a tendance à se réduire entre les « *millennials* », population entre 23 et 39 ans, et la génération Z, population entre 18 et 22 ans.

*Figure 4: Démographie des investisseurs en Robo-advisors (2)*



Source : Schweitzer, F. (2019). *Only 20% of Affluent Millennials are Using Robo-Advisors*. Récupéré de <https://www.investopedia.com/study-affluent-millennials-are-warming-up-to-robo-advisors-4770577>

Comme nous le voyons, l'écart entre hommes et femmes dans la génération des « *millennials* » et de la génération Z a tendance à se réduire.

## 2 Robo-advisors VS Gestion traditionnelle

Maintenant que nous avons une vue claire sur le fonctionnement des Robo-advisors et sur les actifs dans lesquels ils investissent, nous allons procéder à une comparaison de ceux-ci par rapport à l'expérience que propose la gestion traditionnelle.

### 2.1 Souscription

Nous allons commencer par comparer l'expérience vécue par les clients lors de la souscription à ces deux types d'investissement. Premièrement, les investisseurs qui optent pour un portefeuille en gestion robotisée ont la possibilité d'y souscrire dans un laps de temps réduit. En effet, sur base d'un questionnaire en ligne disponible sur l'ensemble des sites des Robo-advisors, les clients potentiels ont la possibilité d'obtenir une proposition d'offre par rapport à leur aversion au risque. Ce processus ne prend en moyenne pas plus de 15 minutes.

Ce processus constitue la première différence majeure par rapport à la gestion traditionnelle. Les investisseurs optant pour une offre sous gestion traditionnelle prennent contact avec une banque ou un autre acteur proposant de la gestion d'actifs et fixent ensuite un rendez-vous afin de discuter des objectifs financiers du client. Lors du rendez-vous, le gestionnaire va poser une série des questions au client, similaires aux questions que l'on retrouve dans les formulaires en ligne des Robo-advisors. Cette approche est ressentie par l'investisseur comme plus personnalisée et confère un sentiment de confiance au client. Une fois que le gestionnaire a identifié avec le client un portefeuille d'investissement correspondant à son profil d'investisseur, la souscription peut se faire.

En termes de souscription, nous voyons donc que la différence la plus marquante se trouve dans la vitesse à laquelle le contrat peut être conclu. D'une part, il est possible en moins d'une heure de démarrer un investissement dans un portefeuille géré par un Robo-advisor, et d'autre part, la gestion traditionnelle nécessite une prise de rendez-vous avec un agent bancaire avant de démarrer. Notons néanmoins qu'en Belgique, tous les opérateurs en contact avec des investisseurs potentiels doivent être assermentés à cette fin. Cette condition crée certainement un sentiment de confiance accru dans le chef des clients par rapport au système en ligne.

Ce que propose les Robo-advisors est certes intéressant en termes de gain de temps mais nous amène à la réflexion suivante : le choix d'investir son argent dans le but de le faire fructifier est une décision qui demande mûre réflexion. Le fait d'accélérer et de faciliter cette étape pourrait peut-être pousser des investisseurs à placer leur argent sans avoir pris le temps nécessaire de réfléchir à la pertinence de leur choix.

## 2.2 Gestion de l'investissement

Pour ce qui est de la gestion de l'investissement, nous observons à nouveau des différences. Comme nous l'avons vu plus haut (cf. supra p.13), les Robo-advisors procèdent automatiquement à des réallocations des actifs au sein des portefeuilles lorsque le poids de ceux-ci s'écarte de l'allocation cible en raison des évolutions de marché. En fonction du modèle suivi par le Robo, ces réallocations peuvent se faire périodiquement ou à chaque fois que le seuil est franchi. L'algorithme qui gère ces réallocations va donc procéder à l'achat d'actifs en baisse au niveau de leur valeur en temps de crise. Nous verrons dans la deuxième partie du mémoire comment performe une telle application en temps de crise (cf. infra p.33).

Les gestionnaires classiques, en revanche, n'utilisent pas ces outils technologiques permettant d'ajuster automatiquement les portefeuilles de leurs clients. Les réallocations ne se feront donc pas sur base d'algorithmes laissant l'expérience et le côté humain des gestionnaires juger de la pertinence des opérations.

La grande particularité de la gestion par Robo-advisors est la rationalisation des réallocations. Les déclenchements se feront uniquement lorsque l'algorithme aura détecté ce besoin. L'on pourrait donc penser que cette application est pertinente car les ajustements se font uniquement sur base mathématiques supprimant les erreurs de décisions humaines. Elle l'a en effet été depuis la création des Robo-advisors jusqu'à janvier 2020 en raison des marchés haussiers sur cette période. L'inconvénient que nous pouvons identifier est le fait que les Robo-advisors se basent sur les mêmes théories financières que les gestionnaires dans la construction et dans la gestion des portefeuilles. Malgré les outils d'analyse financière qui se sont développés depuis l'histoire des marchés financiers analysant des indicateurs économiques, aucun d'entre eux n'est parvenu à anticiper un krach. Dans ce contexte, une gestion traditionnelle prenant en compte l'expérience humaine des gestionnaires par rapport aux conditions financières paraît plus intéressante pour faire face à une crise.

## 2.3 Conditions d'entrée

Un avantage que l'on retrouve dans l'offre des Robo-advisors, est le capital de départ minimum nécessaire pour avoir accès à ce type de gestion. Les informations récoltées sur les sites de Robo-advisors que j'ai visités, ont montré que, généralement, il ne fallait pas plus de 500 euros pour y souscrire. Il est également possible d'investir dans des fonds proposés par les banques avec de petits capitaux, toutefois pour bénéficier d'un suivi personnalisé, le capital d'entrée tourne plus souvent autour des 10 000 euros.

## 2.4 Frais

C'est dans les frais annuels facturés aux investisseurs que réside la réelle plus-value que proposent les Robo-advisors par rapport au modèle traditionnel. Comme nous l'avons vu dans la section relative aux ETF (cf. supra p.7), le fait d'utiliser ce type de produit financier permet la construction de portefeuilles diversifiés à frais de courtage réduits par rapport aux achats individuels de tous les titres présents dans l'ETF.

De plus, les frais de gestion liés aux Robo-advisors sont également sensiblement plus faibles. Le fait de gérer les ajustements de manière automatique réduit fortement des actions manuelles. Moins d'opérateurs sont nécessaires à la gestion, ce qui leur donne l'avantage de pouvoir facturer des frais annuels inférieurs à ceux facturés dans le cadre d'une gestion traditionnelle.

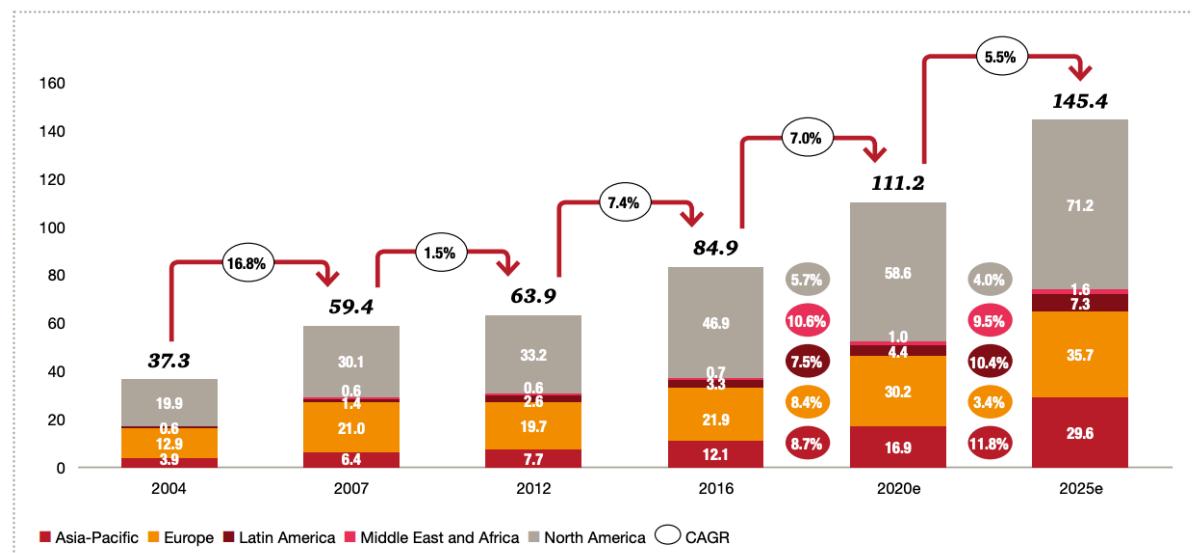
Nous pouvons néanmoins partir du principe qu'une offre sous gestion traditionnelle avec des investissements en ETF uniquement pourrait être proposée. Une telle offre réduirait la charge des frais annuels en diminuant ceux liés au courtage, mais elle ne parviendrait pas à battre ceux des Robo-advisors qui passent les ordres de manière automatisée.

### 3 Évolution de la gestion d'actifs financiers

#### 3.1 Marché des actifs sous gestion

Afin d'évaluer l'ampleur et l'impact qu'ont les Robo-advisors sur la gestion de portefeuille, nous avons jugé intéressant d'analyser les parts de marché que représentent les Robo-Advisors dans cette industrie, ainsi que les tendances futures qui se dessinent autour d'eux.

Figure 5: Évolution des actifs sous gestion



Source: PwC. (2017). *Asset & Wealth Management Revolution: Embracing Exponential Change*

Le tableau ci-dessus résume une étude menée par PwC (2017). Celle-ci démontre qu'en 2020, le marché mondial de gestion de patrimoine comprendra la gestion d'actifs financiers pour une valeur estimée à 111,2 trillions de dollars. L'étude estime que ce montant devrait augmenter de 5,9% à l'horizon 2025 pour atteindre un total de 145,4 billions de dollars.

### 3.2 Marché des actifs sous gestion par Robo-advisors

Figure 6: Évolution des actifs sous gestion par Robo-advisors



Source : Statista. (2019). *Robo-advisors*. Récupéré de <https://www.statista.com/outlook/337/100/robo-advisors/worldwide#market-revenue>

Dans le tableau issu du site de Statista (2019) ci-dessus, nous pouvons observer l'évolution des actifs financiers gérés par les Robo-advisors. Le montant estimé pour l'année 2020 s'élève à 1,44 trillions de dollars et devrait atteindre 2,23 trillions en 2022, soit une augmentation d'environ 35% sur 2 ans.

Cette analyse nous indique que les Robo-advisors ne gèrent aujourd'hui que 1,3% de l'ensemble des actifs sous gestion, ce qui ne représente pas à ce jour une part de marché très significative. Nous constatons néanmoins au regard des chiffres disponibles que les actifs gérés par les Robo-advisors augmentent de 15% annuellement alors que pour la gestion globale, l'augmentation n'est que de 4%. Nous pouvons conclure que les Robo-advisors ne sont pour le moment pas perturbateurs dans l'industrie de la gestion de portefeuille, mais que cette tendance haussière pourrait faire en sorte qu'ils le deviennent à l'avenir. Par contre, comme mentionné dans la partie relative aux ETF (cf. supra p.9), la valeur totale des ETF atteignait un montant avoisinant les 4 trillions de dollars en décembre 2019. Le Robo-advising gère donc à l'heure actuelle plus qu'un quart de l'ensemble des ETF.

Les prévisions, en terme d'augmentation à l'horizon 2022 et 2023, effectuées par Statista, ont cependant été réalisées en septembre 2019. La crise que nous vivons actuellement n'ayant pas été prise en compte, ces estimations devront probablement être revues.

## 4 Risque lié aux ordres automatisés

Le produit ‘Robo-advisor’ tel que nous le connaissons aujourd’hui, constitue une offre grand public accessible aux particuliers avec de petits capitaux. Il existe néanmoins d’autres types de robots financiers bien plus complexes réservés aux grands acteurs de la finance. Dans le passé, certains outils plaçant automatiquement des ordres sur les marchés financiers ont créé des turbulences engendrant des pertes. Dans cette partie, le trading à haute fréquence sera ciblé car des risques communs liés à l’automatisation des ordres peuvent être identifiés.

### 4.1 Trading à haute fréquence

#### 4.1.1 Mise en contexte

Dans les années 70, les opérations boursières ont commencé à s’informatiser. Ceci a eu pour conséquence de diminuer considérablement le temps nécessaire à l’exécution des ordres sur les marchés financiers. Cela marqua le début d’une nouvelle ère dans le monde des échanges de produits financiers. Au début des années 80, les traders ont eu accès à un niveau d’informations financières jamais connu auparavant, ceci grâce à l’avènement de l’informatique (Cross, 2015). Cette révolution au niveau de l’accès à l’information a permis aux traders d’identifier rapidement des opportunités d’arbitrage. Une opération d’arbitrage consiste à identifier une différence de prix pour un même produit sur deux marchés différents, pour ensuite lancer des ordres d’achat et de vente simultanément afin de bénéficier de cet écart de prix « *spread* » sans prendre le moindre risque.

L’essence même du trading à haute fréquence repose sur le fait de gagner de l’argent sur des opérations d’arbitrage. En 2001, la SEC qui n’est autre que le régulateur des bourses américaines, passa une nouvelle loi sur la décimalisation des cours boursiers. Lors de la mise en application de cette loi, les pas de cotation, également connus sous l’appellation *tick*, sont passés de \$0,0625 à \$0,01. Concrètement, cela veut dire que la plus petite unité de variation entre deux cours d’un actif financier passait à \$0,01 contre \$0,0625 avant 2001 (Dupray, 2018). Le but de cette loi était de réduire le *spread* minimum qu’empochaient les intermédiaires sur les marchés financiers. Cette réduction de *spread* a, de ce fait, réduit sensiblement le coût des transactions boursières, ce qui a considérablement fait augmenter le nombre d’ordres passés quotidiennement sur les marchés financiers.

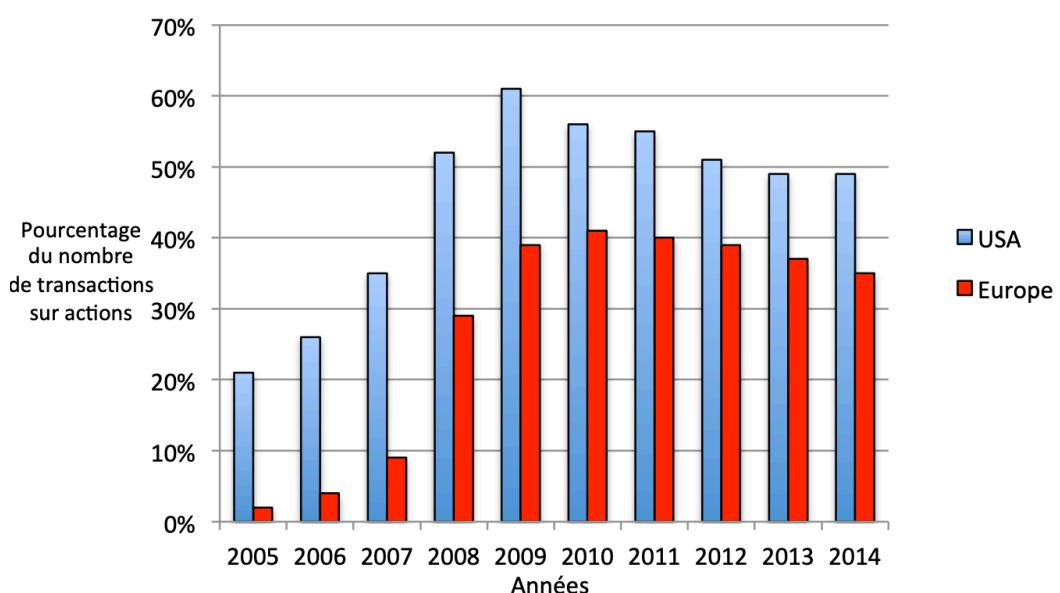
La mise en application de cette nouvelle loi s’est traduite par un développement conséquent du trading à haute fréquence. La réduction des frais de transaction et l’opportunité de trader sur de plus faibles variations de cours, ont poussé les banques d’investissement à développer des algorithmes financiers permettant de saisir des opportunités d’arbitrage que l’humain ne pourrait atteindre seul.

#### 4.1.2 Évolution des transactions

Depuis les années 2000, le trading à haute fréquence a fortement évolué. Selon Kaya (2016), chercheur pour la Deutsche Bank, cette évolution s'est faite en deux phases. La première concorde avec la période d'avant la crise des *Subprimes* et la deuxième, la période après cette crise. Durant cette première phase d'expansion, l'Europe était encore très résiliente et ne comptait en 2007 que 9% des transactions sur actions par voie de trading à haute fréquence. En revanche, comme nous pouvons le voir dans le graphique ci-dessous, le trading à haute fréquence aux États-Unis atteignait déjà 35% de l'ensemble des transactions sur actions effectuées à cette même période.

En Europe, la crise de 2008 a été l'élément déclencheur pour ce type de trading car de 2007 à 2009, le pourcentage du nombre de transactions sur actions est passé de 9% à près de 40%.

Figure 7: Pourcentage des transactions par le biais de trading à haute fréquence entre 2005 et 2014



Source : Hoste, O. (2015). *L'Impact du trading à haute fréquence sur la stabilité et l'intégrité des marchés financiers*.

Selon Breckenfelder (2019), chercheur économique pour la Banque centrale européenne, le trading à haute fréquence aux États-Unis a, en 2009, atteint un pic de 60% de l'ensemble des transactions réalisées sur actions. Toujours selon Breckenfelder (2019), ce pourcentage s'est stabilisé autour de 50% entre 2012 et 2019.

#### 4.1.3 Flash crash

L'avènement du trading à haute fréquence n'est pas arrivé sans risque. En effet, le 6 mai 2010 l'indice boursier *Dow Jones Industrial Average* subissait un krach éclair. Concrètement, ce jour-là, l'indice a subi une baisse brutale de 1 000 points en l'espace de 10 minutes, pour remonter de 600 points 20 minutes plus tard. A la clôture des marchés, le *Dow Jones Industrial Average* enregistrait une baisse de 300 points.

Les marchés se trouvaient à ce moment en haute volatilité en raison de la crise de la dette grecque. À 14h42 précisément, un ordre de vente d'actifs pour une valeur 4 trillions de dollars a été exécuté par le biais de trading algorithmique. Normalement, la vente d'une telle ampleur se ferait sur plus de 5 heures. Dans ce cas-ci, l'ordre est passé en 20 minutes par un algorithme qui était programmé à cette exécution sans prise en considération des prix ou du temps. Lorsque les prix ont commencé à chuter drastiquement, l'algorithme a continué à vendre des actifs, ce qui n'a fait qu'accentuer la chute (Bowley, 2010).

Le krach éclair est intéressant à mettre avant dans le contexte du Robo-advising car ces Robos exécutent eux aussi des ordres automatiquement.

## 4.2 Lien identifié avec le Robo-advisory

Lorsque l'on prend du recul sur les pourcentages de transactions effectuées par le trading à haute fréquence, on pourrait se dire que l'impact de ce type de trading est colossal par rapport à celui que pourraient avoir les Robo-advisors sur les marchés financiers.

En définissant le trading à haute fréquence, j'ai voulu mettre en évidence les similitudes que présentent ces deux types d'outils financiers. Tous les deux fonctionnent avec le passage d'ordres automatisés qui ne nécessitent plus d'action humaine. Les transactions effectuées en trading à haute fréquence sont sur une courbe en légère baisse alors que l'augmentation des actifs gérés par les Robo-advisors est exponentielle. Le nombre de transactions effectuées en haute fréquence et le nombre d'actifs sous gestion automatisée sont deux choses différentes mais elles ont pour moi un point commun, le risque d'accentuer ou de créer un krach.

Comme nous l'avons vu, les Robo-advisors procèdent à des réallocations lorsque le poids des actifs dévie de leur allocation cible (cf. supra p.13). Dans ce contexte, en tendance baissière des marchés, des ordres d'achat seront placés sur des actifs en baisse de valeur, ce qui n'accentuerait pas la tendance baissière.

Il n'est cependant pas à exclure qu'à l'avenir, les Robo-advisors, à l'aide d'algorithmes basés sur de l'intelligence artificielle, parviennent à anticiper cette chute en plaçant des ordres de vente sur ces actifs en baisse. Si cela se produit, leur déclenchement provoquera une vente quasi simultanée des ETF composés d'actions et pourrait donc provoquer une accentuation de la crise.

## 5 La théorie moderne du portefeuille

L'étude menée par Beketov, Lehmann et Wittke (2018) a démontré que sur les 219 Robo-advisors qu'ils ont analysés, 49,7% d'entre eux basaient leur méthodologie sur *la théorie moderne du portefeuille*.

Étant donné que les Robo-advisors se basent en grande partie sur la *théorie moderne du portefeuille* pour la construction de leurs portefeuilles, il paraît pertinent de la développer afin de nous rendre compte de ce que l'application de cette théorie apporte en terme de gestion. De plus, cela permettra de mettre en lumière la manière dont le risque des portefeuilles du Robo-advisor 'maison' sera calculé dans la deuxième partie du mémoire (cf. infra p.33).

En 1952, Harry Markowitz défendait sa thèse sur la *théorie moderne du portefeuille* en vue d'obtenir le grade de Docteur en économie. Pour l'anecdote, plusieurs sources stipulent que l'économiste Milton Friedman, membre du jury de son doctorat, aurait fait la déclaration suivante : « *Harry, ceci n'est pas une thèse d'économie, et nous ne pouvons pas donner un doctorat en économie pour quelque chose qui n'est pas de l'économie* » (Klein, Daza, & Mead, 2013). Le jour même, il obtint néanmoins son doctorat. En 1990, sa théorie lui a valu le prix Nobel d'économie.

Cette théorie, qui a révolutionné le monde la gestion d'actifs financiers il y a près de sept décennies, est toujours d'actualité dans le monde de la gestion de portefeuille. Comme les Robo-advisors se reposent majoritairement sur cette théorie, celle-ci sera étudiée dans cette partie afin de comprendre sur quoi ils se basent pour définir le risque et la construction des portefeuilles qu'ils proposent.

### 5.1 Composantes du modèle

Les composantes principales du modèle sont les notions de risque, de rendement et de diversification. Markowitz est parti de l'hypothèse qu'il existait une relation entre tous les actifs financiers qui est, elle-même, définie par les corrélations existantes entre eux. Ces corrélations sont devenues un outil permettant la construction de portefeuilles diversifiés à risque réduit (Chen, 2020).

La théorie met en avant qu'il est possible, à l'aide de méthodes quantitatives, de construire des portefeuilles efficents qui maximalisent le rendement par rapport à un niveau de risque quantifiable.

### 5.1.1 Volatilité d'un actif

Le risque quantifiable selon cette théorie est la volatilité des actifs financiers qui est définie par l'écart-type. Pour calculer la volatilité d'un actif financier, la variance des rendements historiques est calculée. Une fois que l'on obtient cette variance, on peut obtenir l'écart-type de l'actif en calculant la racine de la variance.

### 5.1.2 Corrélation entre des actifs

Afin d'obtenir le risque d'un portefeuille composé de plusieurs actifs, nous recherchons la covariance entre ces actifs. Cette covariance mesure le lien directionnel qui existe entre les actifs et définit la volatilité du portefeuille après avoir calculé la racine de celle-ci.

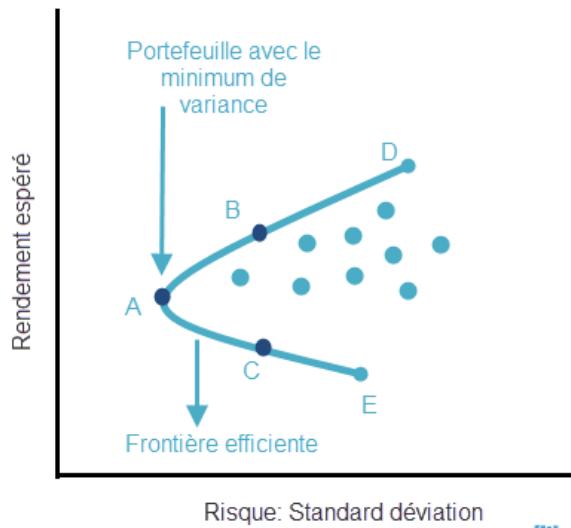
La covariance s'obtient en multipliant le coefficient de corrélation entre deux actifs par l'écart-type de chacun d'entre eux. Un coefficient de corrélation se trouve toujours entre -1 et 1. Plus on s'approche de -1, plus les rendements des actifs que l'on calcule auront un comportement inversé. Un coefficient qui s'approche de 1 signifie que l'évolution du rendement des actifs est similaire. Lorsque l'on obtient une corrélation de 0, aucune relation entre les actifs n'est observable (Chen, 2020).

La théorie met en avant que pour obtenir une diversification dans un portefeuille composé de deux actifs, le coefficient de corrélation doit être inférieur à 0.

### 5.1.3 Portefeuilles efficients

A l'aide de l'écart-type entre plusieurs actifs et le rendement espéré, Markowitz a mis au point un graphique où l'on retrouve la frontière d'efficience. Le rendement espéré s'obtient en calculant la moyenne pondérée des rendements de chaque actif.

Figure 8: Frontière d'efficience



Source : Andil. (2015). *Le portefeuille efficient selon Markowitz*. Récupéré de <https://www.andil.com/le-portefeuille-efficient-selon-markowitz-144615.html>

La construction ci-dessus nous permet d'obtenir la frontière d'efficience en vue de construire un portefeuille efficient. Tous les points sur le graphique représentent des potentiels portefeuilles composés de X actifs. Tous ceux situés entre les points A et D sont considérés comme étant efficients car ils maximisent le rendement espéré par rapport à un certain niveau de risque. Pour donner un exemple, les portefeuilles B et C sur le graphique ci-dessus comportent le même niveau de risque mais pour un rendement espéré différent (Rousseau, 2015).

L'ensemble des portefeuilles présents dans le graphique sont composés des mêmes actifs, la différence entre eux se trouve dans la pondération de ces actifs dans les portefeuilles. Le choix que les investisseurs feront entre les points A et D dépendra de leur aversion au risque.

## 5.2 Limites du modèle

Cette théorie a permis pour la première fois l'application de méthodes quantitatives dans la gestion de portefeuille. Cette révolution comporte cependant certaines limites.

Premièrement, cette théorie est uniquement basée sur des rendements passés. Malgré le fait que ces rendements soient un indicateur pour le futur, cela ne reflète pas avec certitude ce que le futur offrira. Les rendements espérés sur base de cette théorie ne sont donc pas toujours ceux qui reflètent la réalité.

Une deuxième limite est observée dans les situations extrêmes. Il a été prouvé que l'application de ce modèle en période de marchés haussiers fonctionne et que les portefeuilles efficients offrent des rendements pertinents. En revanche, nous constatons qu'en période de crise, l'application de ces techniques quantitatives donne de mauvais résultats et qu'il est préférable de faire confiance aux intuitions de gestionnaires professionnels (Rice, 2017).

## 6 Performance des Robo-advisors pendant la crise Covid-19

Afin de faire le point sur la performance actuelle des Robo-advisors pendant la crise Covid-19, une comparaison de performance entre un grand acteur du marché américain, du marché français et du marché belge est présentée ci-après sur base des rapports disponibles. Cette analyse passe en revue les résultats de janvier à mars 2020. Cette sélection de Robo-advisors a été faite d'une part, parce que ceux-ci présentent une part de marché importante sur leur territoire et d'autre part, car ils investissent dans les mêmes classes d'actifs, actions et obligations. Certains acteurs investissent également dans d'autres classes d'actifs telles que l'immobilier et les matières premières mais les inclure dans la comparaison ne permettrait pas une analyse d'éléments comparables.

Dans cette recherche, les rapports de performance des portefeuilles proposés par *Yomoni*, *Betterment* et *Easyvest* seront analysés et interprétés.

Tableau 1: Performance cumulée du Robo-advisor français *Yomoni* pour l'année 2020

Return Yomoni	50% / 50%*	60% / 40%*	70% / 30%*	80% / 20%*	100%*
Janvier	0,52%	0,36%	0,20%	0,03%	-0,31%
Février	-3,66%	-4,48%	-5,30%	-6,13%	-7,82%
Mars	-6,93%	-7,89%	-8,94%	-9,83%	-11,81%
Année en cours	-9,87%	-11,70	-13,60%	-15,34%	-18,96%

Source : Yomini (2020).

Tableau 2: Performance cumulée du Robo-advisor américain *Betterment* pour l'année 2020

Return Betterment	50% / 50%*	60% / 40%*	70% / 30%*	80% / 20%*	100%*
Janvier	2,1%	2,4%	2,7%	3%	3,6%
Février	-0,4%	-0,8%	-1,1%	-1,5%	-2,3%
Mars	-9,9%	-11%	-12,2%	-13,5%	-16,1%
Année en cours	-8,2%	-9,4%	-10,6%	-12%	-14,8%

Source : Betterment (2020).

Tableau 3: Performance cumulée du Robo-advisor belge *Easyvest* pour l'année 2020

Return Easyvest	50% / 50%*	60% / 40%*	70% / 30%*	80% / 20%*	100%*
Janvier	1,4%	1,1%	0,9%	0,7%	0,3%
Février	-4,0%	-4,9%	-5,8%	-6,7%	-8,4%
Mars	-7,3%	-8,2%	-9,2%	-10,2%	-11,9%
Année en cours	-9,9%	-12%	-14,1%	-16,2%	-20%

Source : Easyvest (2020).

\*représentation du poids des classes d'actifs présents dans les portefeuilles : %ETF actions / %ETF obligations

Nous pouvons observer dans les tableaux ci-dessus que pour l'année en cours à poids de classe d'actifs identiques, c'est le Robo-advisor belge, *Eeasyvest* qui performe le moins bien, suivi du fournisseur français, *Yomoni*, pour terminer avec l'acteur américain *Betterment*. Les frais de gestion du Robo-advisor sont inclus dans les pourcentages de rendements.

Nous pouvons en conclure que ces différences de performances ne sont pas propres à une gestion particulière de réallocation des actifs, mais plutôt au choix des actifs qui composent les portefeuilles. En effet, même si cette comparaison est faite sur base de poids identiques des classes d'actifs, le choix des ETF présents dans les portefeuilles est propre à chaque Robo-advisor.

Cette comparaison depuis janvier est à prendre avec précaution, car nous ne pourrons juger de manière pertinente des performances face à la crise qu'une fois sortis de cette période.

*Tableau 4: Comparatif de performance des 3 Robo-advisors de décembre 2015 à décembre 2019*

Return 2015-2019	50% / 50%*	60% / 40%*	70% / 30%*	80% / 20%*	100%*
Yomoni	14,94%	18,87%	22,74%	24,54%	30%
Betterment	35,1%	38,4%	41,9%	45,5%	52,7%
Easyvest	22,8%	26,4%	30%	33,6%	40,1%

Source : Yomoni. (2020)., Betterment. (2020)., Easyvest. (2020).

Ce comparatif est réalisé sur une période de 4 ans car les données disponibles ne permettent pas une analyse sur un intervalle de temps plus long.

C'est *Betterment* qui détient incontestablement la meilleure performance historique mais ici aussi, il faut rester prudent dans l'interprétation des données. Leur première position en termes de performance ne pourra être confirmée ou abrogée qu'après la crise Corona.

## 7 Conclusion de la première partie

La première partie de ce mémoire nous a permis de découvrir en quoi consiste le Robo-advising ainsi que la manière dont les Robo-advisors opèrent. La récolte et l'interprétation de ces données mettent en évidence que depuis leur apparition, les montants sous gestion n'ont cessé de grimper et que ce mode d'investissement attire principalement les jeunes générations.

Nous pouvons néanmoins penser que cette séduction pourrait n'être que temporaire. En effet, le côté technologique, la facilité d'accès et les résultats historiques positifs qu'ils exposent sont certainement les raisons pour lesquelles les jeunes font confiance à ce système. Toute personne sans connaissances particulières en finance se laisserait séduire par une telle offre. Étant donné que les Robo-advisors ont fait leur apparition après la dernière crise financière, leurs données de performances historiques ne sont que positives. Certains Robo-advisors ayant vu le jour entre 2010 et aujourd'hui, ont réalisé des analyses rétroactives de la performance des portefeuilles qu'ils proposent pour démontrer la pertinence des rendements à long terme. Ce qui est amusant, c'est qu'aucun d'entre eux n'affiche des graphiques de performance démarrant avant la crise de 2008. L'un des acteurs belges propose même une analyse de performance de son modèle sur une période allant de décembre 2008 à aujourd'hui. Décembre 2008 étant le pic de la crise des *Subprimes*, un meilleur choix n'aurait pu être effectué pour démontrer de bonnes performances historiques. Ce marketing a sûrement séduit un grand nombre de personnes mais pourrait être qualifié de trompeur.

Nous pouvons dès lors en conclure que la crise actuelle est un bon moyen d'observer si les investisseurs vont continuer à faire confiance aux Robo-advisors et si leur expansion future pourrait se confirmer.

Le Robo-advising sous la forme que nous connaissons aujourd'hui n'apporte aucune innovation majeure en termes de gestion de portefeuille. L'avantage incontestable et la nouveauté qu'ils ont apportés figurent dans la réduction des frais de gestion par l'automatisation des ordres. Les algorithmes offrant la possibilité d'automatisation sont en revanche créés sur base de théories financières bien connues. Il s'agit donc d'un produit combinant technologie et pratiques de gestion traditionnelle.

L'analyse de performance des trois Robo-advisors pendant la crise Covid-19 affichent de grosses pertes pour l'année 2020 en cours. Partant de ces informations, il semble évident que les Robo-advisors ne peuvent pas offrir protection face à une crise financière.

La deuxième partie de ce mémoire porte sur l'application pratique des données récoltées par rapport au fonctionnement des Robo-advisors. Sur base des données récoltées, un modèle de Robo-advisor a été créé et appliqué à la crise de 2008. Nous observerons de

manière chiffrée comment ce type d'investissement performe pendant un krach et si les suppositions avancées dans la première partie se confirment.

## Partie 2 : Analyse quantitative : backtesting

### 1 Introduction

L'objectif de la deuxième partie du mémoire consiste à démontrer comment les Robo-advisors performent face à une crise financière et ce, de manière chiffrée. La situation de crise actuelle et à venir, liée au Covid-19, nous empêche de présenter une analyse totalement pertinente de la performance. Celle-ci ne pourra s'observer qu'une fois cette crise terminée.

Cette étude a pour but de créer un Robo-advisor 'maison' sur base des informations récoltées sur le mode de réallocation des actifs, ce qui consiste à réallouer les actifs lorsque leur poids dévie de l'allocation cible (Kaya, 2017).

Afin de mener à bien cette étude, une analyse rétroactive de la performance de mon Robo-advisor 'maison' a été réalisée sur la période allant de l'avant-crise 2008 jusqu'à janvier 2020. Les résultats ont été ensuite synthétisés et interprétés. L'analyse du graphique du S&P500 a démontré que le début du déclin se situe autour du 10 octobre 2007. La date du 10 septembre 2007 a donc été retenue comme date de démarrage du test.

### 2 Sélection des actifs

Nous le savons, les Robo-advisors investissent en ETF, mais le choix des classes d'actifs sélectionnés pour la composition des portefeuilles reste propre à chacun. Mes recherches ont permis de mettre en avant qu'environ 50% d'entre eux se tournent vers deux classes d'actifs : ETF sur actions et ETF sur obligations. Afin de répliquer un modèle reflétant ce qui est majoritairement proposé sur le marché, les portefeuilles de mon test seront également composés de ces deux classes d'actifs.

De par la nécessité de disposer des données historiques de performance des actifs permettant la mise en pratique du backtesting, deux ETF américains ont été retenus. Le premier est le *iShares S&P500 Core ETF* pour la classe d'actifs risqués et le *iShares 1-3 Years Treasury Bond ETF* pour la classe d'actifs défensifs. Le choix de rester sur des actifs de la même zone géographique repose aussi sur une contrainte de calcul. Afin de procéder aux calculs de variance-covariance ainsi qu'au suivi de l'évolution journalière des actifs, il est préférable de rester sur des jours d'ouverture boursiers identiques. Les calculs se font sur base de données quotidiennes à l'aide du programme MS Excel. Près de 4 000 lignes sont prises en compte pour les calculs. Dans ce contexte, avoir des jours d'ouverture différents entre les actifs aurait constitué une contrainte de taille dans la faisabilité du modèle.

### 3 Construction des portefeuilles

Les actifs ayant été sélectionnés, la prochaine étape consiste en la construction des portefeuilles : 11 portefeuilles avec 11 niveaux de risques différents sont constitués. Pour ce faire, il aurait été judicieux de construire une frontière d'efficience afin de répartir les poids de ces deux actifs de manière à obtenir le ratio risque/rendement le plus efficient pour les 11 portefeuilles. La construction de portefeuilles sur base de la frontière d'efficience de Markowitz nous aurait permis de créer des portefeuilles efficents à un moment précis. L'inconvénient est que l'on construit alors des portefeuilles qui vont subir des réallocations dans le but de maintenir l'équilibre des poids des actifs. Déclencher le Robo-advisor pour revenir à l'allocation cible ajoutant un déclenchement sur base de l'évolution de la courbe d'efficience qui modifie l'allocation cible, aurait nécessité des connaissances en programmation dépassant mes compétences. Dans la pratique, j'ai constaté que certains agissaient de cette manière pour construire leurs portefeuilles. Cependant, la majorité d'entre eux, dont le célèbre Robo-advisor américain *Betterment*, proposent des portefeuilles construits de la manière suivante :

Tableau 5: Exemple de construction de portefeuilles

Profil de risque	% allocation en obligations	% allocation en actions
0	100%	0%
1	90%	10%
2	80%	20%
3	70%	30%
4	60%	40%
5	50%	50%
6	40%	60%
7	30%	70%
8	20%	80%
9	10%	90%
10	0%	100%

Source : Auteur du mémoire

La répartition des actifs dans chaque portefeuille, comme nous le voyons dans le tableau ci-dessus, se traduit par un ratio de risque/rendement qui monte au fur et à mesure des profils de risque. Ceci est logique étant donné que la classe d'actifs actions est par définition plus risquée et plus rentable que la classe d'actifs obligations. Des données chiffrées relatives au risque et au rendement seront exposées par la suite dans la phase de test.

Mon modèle applique ce même principe pour la construction des 11 portefeuilles correspondant à 11 niveaux de risques différents que l'on retrouve ci-dessous :

*Figure 9: Construction des 11 portefeuilles*



Source : Auteur du mémoire

## 4 Modèle de réallocation au sein des portefeuilles

Les Robo-advisors se déclenchent lorsque le poids des actifs présents dans les portefeuilles s'éloigne trop de l'allocation de base. Voici un exemple concret : partons d'un portefeuille constitué de 30% d'obligations et de 70% d'actions. En raison de l'évolution des marchés, on constate que cette pondération est passée à 35% d'obligations et à 65% d'actions. Le Robo-advisor vendra 5% des obligations et achètera 5% d'actions afin de revenir à l'allocation cible. De cette manière, il veillera à ce que le portefeuille continue à refléter les répartitions de poids voulues.

Comme nous l'avons vu dans la partie théorique de ce mémoire, la réallocation peut se faire périodiquement ou sur base d'un seuil atteint (cf. supra p.13). Selon Kaya (2017), le déclenchement des Robo-advisors se fait lorsque qu'un seuil de variation allant de 3% à 5% est atteint. Dans ce modèle, on va procéder aux réallocations sur base d'une variation de 3% et ce, à chaque fois que le seuil des 3% est atteint.

La crise va inévitablement faire grimper la volatilité des portefeuilles. La question qui se pose ici est la manière dont le Robo va gérer cette volatilité. Va-t-il automatiquement faire passer ses clients dans un portefeuille contenant plus d'obligations, va-t-il donner le choix aux clients de procéder à cette réallocation ou va-t-il simplement les maintenir dans le portefeuille de départ ? Un modèle semblable à cela sera testé par la suite.

## 5 Définition du risque des portefeuilles

Comme défini précédemment dans la partie théorique du mémoire, les Robo-advisors se basent sur la *Théorie Moderne des Portefeuilles* de Harry Markowitz pour définir le risque des portefeuilles (cf. supra p.25). Cette méthode sera donc appliquée à ce cas pratique. Afin de déterminer l'exposition au risque de chaque portefeuille, des matrices de variance-covariance seront construites. Elles nous permettront de calculer l'écart-type annualisé des portefeuilles. En finance, l'écart-type d'un actif ou d'un portefeuille d'actifs est appelé la volatilité. Volatilité qui elle, définit le risque.

Les formules qui suivent seront utilisées dans ce test afin de définir la volatilité des portefeuilles construits.

## 5.1 Variance d'un actif

Tout d'abord, nous avons besoin de la variance de chaque actif sur une période déterminée. Dans ce modèle, cela se fera sur une période de 3 ans à intervalles journaliers. 'N', que nous voyons dans la formule ci-dessous correspondra à 756.

Voici une définition de la variance du site ABC Bourse (2020). : « *La variance est, selon la définition classique, la moyenne des carrés des écarts par rapport à la moyenne. En termes plus mathématiques, elle peut être considérée comme une mesure servant à caractériser la dispersion d'une distribution ou d'un échantillon.* »

Formule pour calculer la variance d'un actif :

$$V(X) = \mathbb{E}((X - \mathbb{E}(X))^2) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}$$

*X<sub>i</sub> : cours de l'actif X à l'instant i*

*bar{X} : moyenne du cours de l'actif X*

*N : nombre de périodes*

Source : ABC Bourse. (2020). *Variance et covariance – partie 1.* Récupéré de [https://www.abcbourse.com/apprendre/19\\_variance\\_covariance.html](https://www.abcbourse.com/apprendre/19_variance_covariance.html)

## 5.2 Covariance entre plusieurs actifs

Une fois que nous avons obtenu la variance des actifs, il nous faut calculer la covariance des actifs présents dans le portefeuille. Dans ce cas, la covariance de l'iShares S&P500 et de l'iShares 1-3 years treasury bond sera calculée.

À nouveau, le site ABC Bourse (2020) définit la covariance en finance de la manière suivante : « *La covariance va permettre d'étudier les variations simultanées de deux variables par rapport à leur moyenne respective. En finance, cette notion permet de mesurer le degré de liaison des fluctuations de deux titres entre eux, ou encore d'un titre avec un indice.* »

Formule pour calculer la covariance entre deux actifs :

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

$X_i$  : cours de l'actif  $X$  à l'instant  $i$

$Y_i$  : cours de l'actif  $Y$  à l'instant  $i$

$\bar{X}$  : moyenne du cours de l'actif  $X$

$\bar{Y}$  : moyenne du cours de l'actif  $Y$

$N$  : nombre de périodes

Source : ABC Bourse. (2020). *Variance et covariance – partie 1*. Récupéré de [https://www.abcbourse.com/apprendre/19\\_variance\\_covariance.html](https://www.abcbourse.com/apprendre/19_variance_covariance.html)

### 5.3 Variance d'un portefeuille

L'étape suivante avant d'arriver à la volatilité du portefeuille consiste à calculer la variance du portefeuille. Cela se fait sur base de la covariance entre les actifs qui le constituent.

Formule pour calculer la variance d'un portefeuille :

$$V_p = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N X_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N X_i Y_j Cov(i, j)$$

$X_i$  : proportion de l'actif  $i$  dans le portefeuille

$Y_j$  : proportion de l'actif  $j$  dans le portefeuille

$Cov(i, j)$  : covariance entre les actifs  $i$  et  $j$

$\sigma_i^2$  : écart type des variations de l'actif  $i$

Source : ABC Bourse. (2020). *Variance et covariance – partie 2*. Récupéré de [https://www.abcbourse.com/apprendre/19\\_variance\\_covariance2.html](https://www.abcbourse.com/apprendre/19_variance_covariance2.html)

L'application de cette formule nous donnera la variance des portefeuilles comprenant les deux actifs sélectionnés. Il s'agit donc de la somme des covariances pondérées en fonction du poids de chaque actif dans le portefeuille.

## 5.4 Écart-type

L'enchainement des trois formules précédentes va nous permettre de calculer ce que l'on recherche : l'écart-type.

Voici la définition de l'écart-type selon Rousseau (2013). « *L'Écart type est un outil statistique qui permet de calculer la dispersion d'un ensemble de valeurs par rapport à la moyenne de ces valeurs. L'écart type se calcule par la racine carrée de la variance. Il permet de mesurer la volatilité d'une valeur.* »

Formule pour calculer l'écart-type d'une portefeuille :

$$\sigma(x) = \sqrt{V(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

où  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  est la moyenne des variations

avec :

$V$  : est la variance

$x_i$  : variation du cours à l'instant  $i$

$n$  : le nombre total de périodes

Source : ABC Bourse. (2020). *La volatilité dans la mesure du risque*. Récupéré de [https://www.abcbourse.com/apprendre/19\\_volatilite.html](https://www.abcbourse.com/apprendre/19_volatilite.html)

Comme les calculs se feront sur base journalière, le nombre total de périodes 'n' sera défini par le nombre de jours présents dans les trois années prises en compte. L'application de cette formule donnera la volatilité journalière du portefeuille. Afin de calculer la volatilité du portefeuille sur un an, il faudra multiplier l'écart-type par la racine du nombre de jours d'ouverture boursiers dans une année. Entre le 10 septembre 2004 et le 10 septembre 2007, les bourses américaines ont été ouvertes 756 jours. Prenant cette variable de départ en compte, la racine de 252 sera utilisée dans ce mémoire pour calculer les volatilités annuelles.

## 6 Démarrage du test

Avant de démarrer le test, il est important de définir brièvement la méthodologie appliquée à l'élaboration de cette étude. Le test comportera deux phases, la première qui consiste à procéder à des réallocations sur base de l'évolution du poids des actifs décrite ci-dessous et la seconde, qui consiste à procéder à des réallocations en fonction de l'évolution de la volatilité. Nous reviendrons par la suite aux modalités concernant la deuxième phase (cf. infra p.54).

La première phase du test se fera de manière comparative. D'une part, on suivra l'évolution du risque et du rendement des 11 portefeuilles réalloués au fil du temps, et d'autre part, la même analyse sera faite sur les 11 portefeuilles partant du même point sans effectuer de réallocation. Cependant, vu que les portefeuilles 0 et 10 ne contiennent qu'une classe d'actifs, les données les concernant seront identiques qu'ils soient avec ou sans réallocations. Chaque calcul sera donc réalisé sur un ensemble de 20 portefeuilles.

Cette comparaison permettra de découvrir comment mon modèle de Robo-advisor aurait réagi face à la crise de 2008 et de comparer la performance du modèle par rapport à des portefeuilles non-réalloués et ce, sur 11 niveaux de risques différents. Des graphiques comparatifs entre portefeuilles réalloués, non-relous et l'indice du S&P500 seront également construits afin de proposer un aperçu visuel des performances de mon modèle.

Les réallocations des 11 portefeuilles se feront à l'aide d'Excel. Pour ce faire, une formule a été établie, permettant d'afficher une alerte lorsque le seuil de déviance est franchi. De cette manière, il a été possible par la suite de réajuster le poids des actifs dès que nécessaire. Les tableaux étant dynamiques, à chaque réajustement, les cellules suivantes se mettent à jour. Le seuil de déviance du poids des actifs toléré est de 3% et les réallocations se feront chaque jour où ce seuil est franchi. Les tableaux et formules utilisés pour atteindre cet objectif se trouvent dans l'annexe 1 du mémoire.

Les portefeuilles étant construits et le mode de réallocation des actifs défini, la phase de test peut débuter. Tout d'abord, des matrices de variance-covariance des 11 portefeuilles sont construites afin d'établir le risque défini par la volatilité de chaque portefeuille au moment de la souscription. Ces calculs sont réalisés sur base de données journalières sur une période de 3 ans. Comme nous démarrons le test le 10 septembre 2007, la période prise en compte pour le calcul de la volatilité et du rendement s'effectue sur la période allant du 10 septembre 2004 jusqu'au jour de la souscription.

## 6.1 Données des portefeuilles au jour de la souscription

Tableau 6: Données de départ des portefeuilles

Portefeuille	Écart-Type	Rendement 3 ans	Rendement annuel moyen
0	1,67%	-0,94%	-0,31%
1	1,77%	1,95%	0,65%
2	2,45%	4,84%	1,61%
3	3,64%	7,73%	2,58%
4	4,48%	10,62%	3,54%
5	5,58%	13,51%	4,50%
6	6,72%	16,40%	5,47%
7	7,88%	19,29%	6,43%
8	9%	22,17%	7,39%
9	10,16%	25,06%	8,35%
10	11,33%	27,95%	9,32%

Source : Auteur du mémoire

Partant de ces données, nous démarrons le test au 10 septembre 2007 avec un investissement initial de \$10.000,00 dans chacun des 11 portefeuilles. La comparaison de l'évolution des données sera proposée et interprétée dans la section suivante. Cela nous permettra par la suite de recalculer la volatilité et le rendement des portefeuilles pendant et après la crise.

Tableau 7: Investissements initiaux

Tableau des investissements initiaux en date du 10 septembre 2007		
Portefeuille	<i>iShares S&amp;P500 core ETF</i>	<i>iShares 1-3 years treasury bond ETF</i>
0	\$0	\$10000
1	\$1000	\$9000
2	\$2000	\$8000
3	\$3000	\$7000
4	\$4000	\$6000
5	\$5000	\$5000
6	\$6000	\$4000
7	\$7000	\$3000
8	\$8000	\$2000
9	\$9000	\$1000
10	\$10000	\$0

Source : Auteur du mémoire

## 6.2 Phase 1 : Réallocations sur base du poids des actifs

Cette section portera sur le nombre de réallocations réalisées sur 9 portefeuilles. Aucune réallocation ne s'effectue sur les portefeuilles 0 et 10 car ils ne sont constitués que d'une classe d'actifs. Les dates affichées par portefeuille dans le tableau ci-dessous correspondent aux jours où le seuil des 3% a été franchi et où une réallocation a eu lieu.

Tableau 8: Déclenchements du Robo

Tableau des déclenchements du Robo									
Portefeuille 1	Portefeuille 2	Portefeuille 3	Portefeuille 4	Portefeuille 5	Portefeuille 6	Portefeuille 7	Portefeuille 8	Portefeuille 9	Portefeuille 10
7/10/08	22/01/08	7/03/08	10/03/08	10/03/08	7/03/08	18/01/08	17/09/08	19/11/08	
16/02/11	6/10/08	3/10/08	16/05/08	15/05/08	29/09/08	17/09/08	8/10/08	5/04/10	
18/12/13	27/10/08	9/10/08	7/07/08	3/07/08	8/10/08	7/10/08	20/11/08	13/11/13	
13/06/17	5/03/09	20/11/08	3/10/08	29/09/08	27/10/08	27/10/08	2/01/09	28/11/17	
16/01/20	23/03/09	26/11/08	9/10/08	8/10/08	31/10/08	4/11/08	20/02/09		
23/03/20	30/07/09	23/02/09	19/11/08	27/10/08	12/11/08	4/11/08	1/06/09		
	23/03/10	9/04/09	2/01/09	31/10/08	20/11/08	12/11/08	11/03/10		
	6/09/12	27/07/09	20/01/09	12/11/08	25/11/08	9/04/09	6/09/12		
	18/09/13	24/12/09	3/03/09	25/11/08	23/02/09	3/08/09	25/10/13		
	24/11/14	1/02/11	18/03/09	23/02/09	9/04/09	16/03/10	20/07/16		
	25/07/17	8/08/11	4/05/09	3/04/09	23/07/09	28/04/11	28/11/17		
	29/08/18	10/01/12	21/08/09	2/06/09	2/12/09	8/08/11	2/01/20		
	24/12/18	18/01/13	16/03/10	16/09/09	3/01/11	18/01/12	9/03/20		
	13/03/19	1/08/13	30/06/10	14/04/10	8/08/11	1/02/13			
	20/03/20	18/06/14	13/10/10	25/05/10	27/10/11	25/10/13			
		9/12/16	8/02/11	4/11/10	13/09/12	11/11/14			
		8/11/17	8/08/11	2/01/11	17/05/13	27/02/17			
		12/07/19	27/10/11	5/05/11	12/05/14	4/01/18			
		12/03/20	13/09/12	27/10/11	20/07/16	24/12/18			
			15/05/13	1/03/12	13/06/17	5/02/19			
			6/03/14	8/03/13	11/01/18	20/12/19			
			12/07/16	25/10/13	21/12/18	9/03/20			
			25/05/17	23/07/14	13/02/19				
			4/01/18	7/12/16	12/12/19				
			24/12/18	3/10/17	9/03/20				
			18/01/19	22/01/18					
			1/11/19	20/12/18					
			9/03/20	22/02/19					
				19/12/19					
				9/03/20					

Source : Auteur du mémoire

Le modèle propose un déclenchement lorsque le seuil de 3% de déviation de l'allocation cible est franchi et ce, quel que soit le sens de la déviation. Les déclenchements qui ont eu lieu entre le 6 et le 9 octobre 2008 sur 8 portefeuilles et le 9 mars 2020 sur 5 portefeuilles ont consisté en la vente d'obligations pour l'achat d'actions. Nous pourrions en conclure que ce serait une mauvaise réaction car cela mène à une perte accentuée de la valeur du portefeuille. Nous verrons dans la partie de l'évolution des performances que cette perte n'est que temporaire.

La supposition émise dans la partie théorique (cf. supra p.24) selon laquelle le déclenchement des Robo-advisors pourrait accentuer la chute des cours boursiers ne se confirme pas en prenant ce modèle en considération. Partant du principe que le Robo achète des actions tout au long de la chute du cours, on pourrait plutôt poser l'hypothèse que si les Robo opérant sous ce modèle avaient une quantité significative d'actifs sous gestion, leur déclenchement aplatisrait les graphiques de cours des actions et amortirait donc la crise financière. La vérification de cette hypothèse ne sera pas présentée dans ce mémoire mais pourrait constituer le sujet d'une recherche ultérieure.

### 6.2.1 Évolution de la performance des portefeuilles pendant la crise

Sur base des investissements initiaux dans chaque portefeuille, nous allons maintenant analyser l'évolution des performances pendant et après la crise des *Subprimes*.

La valeur des 11 portefeuilles étant respectivement de \$10.000 au départ, nous allons maintenant retracer l'évolution de ces valeurs aux dates clés de la crise. Sur base du graphique de l'évolution du S&P500, le 27 février 2009 a été identifié comme étant le jour où l'indice était au plus bas pendant la crise. Le 28 septembre 2012 est le jour où l'indice a retrouvé le niveau du 10 septembre 2007. Ces deux dates clés seront utilisées dans la suite de l'analyse.

Ayant la répartition exacte des valeurs dans chaque portefeuille, nous pouvons procéder à l'analyse des données provenant de la modélisation du Robo effectuée à l'aide d'Excel.

Tableau 9: *Évolution du return avec réallocations*

Évolution du return des portefeuilles AVEC réallocations							
Portefeuille	valeur pf au 10/09/2007	valeur pf au 27/02/2009	return au 27/02/2009	valeur pf au 28/09/2012	return au 28/09/2012	valeur pf 2/01/2020	return au 2/01/2020
0	\$ 10 000,00	\$ 10 388,18	3,88%	\$ 10 433,92	4,34%	\$ 10 467,30	4,67%
1	\$ 10 000,00	\$ 9 738,91	-2,61%	\$ 10 474,03	4,74%	\$ 11 528,82	15,29%
2	\$ 10 000,00	\$ 9 075,80	-9,24%	\$ 10 568,58	5,69%	\$ 12 716,10	27,16%
3	\$ 10 000,00	\$ 8 514,60	-14,85%	\$ 10 590,80	5,91%	\$ 13 709,49	37,09%
4	\$ 10 000,00	\$ 7 950,49	-20,50%	\$ 10 657,01	6,57%	\$ 15 015,98	50,16%
5	\$ 10 000,00	\$ 7 429,82	-25,70%	\$ 10 529,52	5,30%	\$ 16 120,57	61,21%
6	\$ 10 000,00	\$ 6 891,30	-31,09%	\$ 10 453,47	4,53%	\$ 17 334,68	73,35%
7	\$ 10 000,00	\$ 6 405,75	-35,94%	\$ 10 406,65	4,07%	\$ 18 739,04	87,39%
8	\$ 10 000,00	\$ 5 969,68	-40,30%	\$ 10 271,92	2,72%	\$ 19 979,90	99,80%
9	\$ 10 000,00	\$ 5 529,17	-44,71%	\$ 10 074,89	0,75%	\$ 21 247,96	112,48%
10	\$ 10 000,00	\$ 4 743,07	-52,57%	\$ 9 229,20	-7,71%	\$ 20 856,45	108,56%

Source : Auteur du mémoire

Tableau 10: *Évolution du return sans réallocations*

Évolution du return des portefeuilles SANS réallocations							
Portefeuille	valeur pf au 10/09/2007	valeur pf au 27/02/2009	return au 27/02/2009	valeur pf au 28/09/2012	return au 28/09/2012	valeur pf 2/01/2020	return au 2/01/2020
0	\$ 10 000,00	\$ 10 388,18	3,88%	\$ 10 433,92	4,34%	\$ 10 467,30	4,67%
1	\$ 10 000,00	\$ 9 823,67	-1,76%	\$ 10 324,58	3,25%	\$ 11 506,22	15,06%
2	\$ 10 000,00	\$ 9 259,16	-7,41%	\$ 10 202,87	2,03%	\$ 12 545,13	25,45%
3	\$ 10 000,00	\$ 8 694,65	-13,05%	\$ 10 081,16	0,81%	\$ 13 584,05	35,84%
4	\$ 10 000,00	\$ 8 130,13	-18,70%	\$ 9 959,45	-0,41%	\$ 14 622,96	46,23%
5	\$ 10 000,00	\$ 7 565,62	-24,34%	\$ 9 837,74	-1,62%	\$ 15 661,87	56,62%
6	\$ 10 000,00	\$ 7 001,11	-29,99%	\$ 9 716,03	-2,84%	\$ 16 700,79	67,01%
7	\$ 10 000,00	\$ 6 436,60	-35,63%	\$ 9 594,32	-4,06%	\$ 17 739,70	77,40%
8	\$ 10 000,00	\$ 5 872,09	-41,28%	\$ 9 472,61	-5,27%	\$ 18 778,62	87,79%
9	\$ 10 000,00	\$ 5 307,58	-46,92%	\$ 9 350,90	-6,49%	\$ 19 817,53	98,18%
10	\$ 10 000,00	\$ 4 743,07	-52,57%	\$ 9 229,20	-7,71%	\$ 20 856,45	108,56%

Source : Auteur du mémoire

Les returns calculés dans les tableaux ci-dessus sont tous réalisés par rapport à l’investissement initial de \$10.000. Cela permet d’obtenir une évolution comparative de chaque portefeuille sur la période de temps définie.

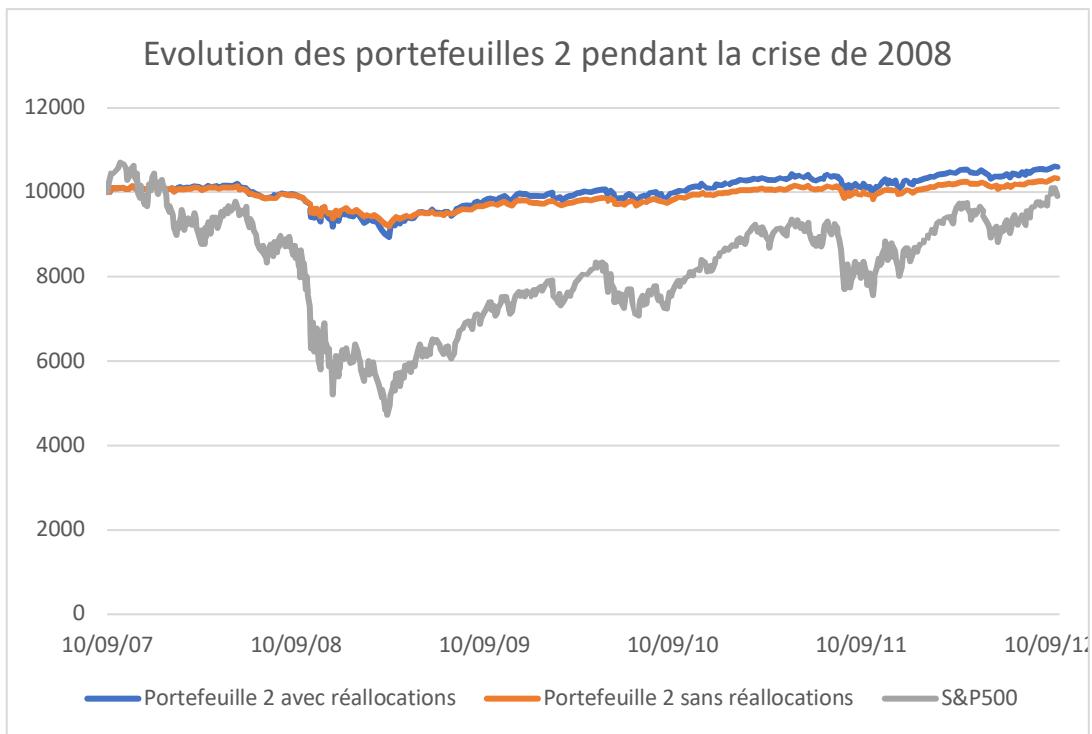
La comparaison des tableaux permet d’observer que le Robo-advisor ‘maison’ a réalisé, tous portefeuilles confondus, au 27 février 2009, une performance inférieure aux portefeuilles qui n’ont pas été réalloués. La suite des tableaux révèle néanmoins que cette sous-performance ne se confirme pas en date du 28 septembre 2012. Seuls les portefeuilles 0, 1, 2 et 3 non réalloués ont permis de revenir à l’équilibre alors que l’ensemble des portefeuilles qui ont subi des réallocations sont supérieurs au break-even du S&P500.

Les returns allant du 10 septembre 2007 au 2 janvier 2020 mettent clairement en évidence que sur des investissements long-terme, les portefeuilles de ce modèle de Robo-advisor performent mieux que les portefeuilles sans réallocation.

## 6.2.2 Graphiques de comparaison de performance

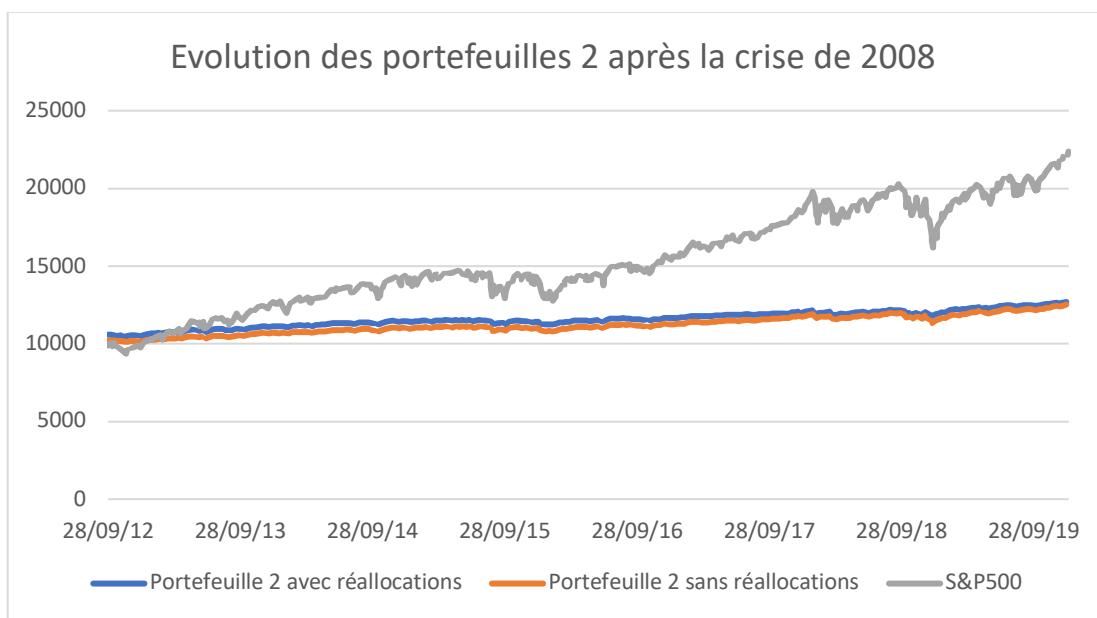
Afin d'illustrer ces résultats, des graphiques d'évolution des portefeuilles 2, 5 et 8 comparé à l'évolution de l'indice du S&P500 sont présentés ci-dessous. La période des graphiques démarre au 10 septembre 2007 jusqu'au 2 janvier 2020.

*Figure 10: Évolution des portefeuilles 2 pendant la crise de 2008*



Source : Auteur du mémoire

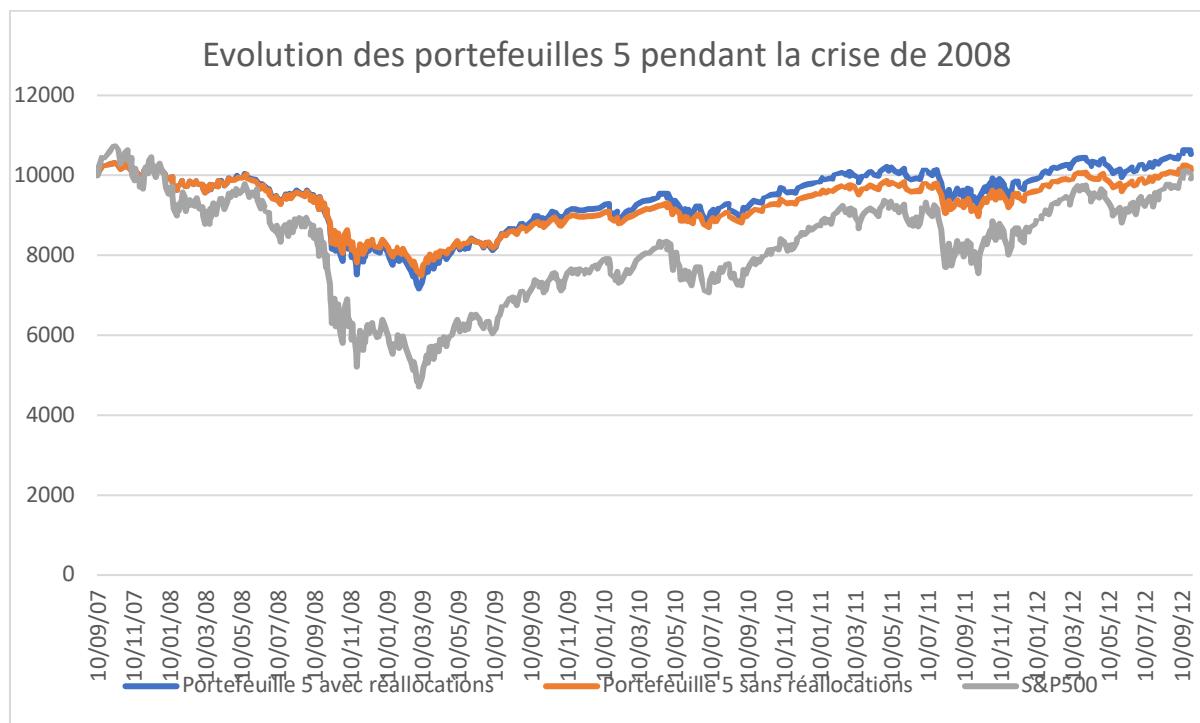
*Figure 11: Évolution des portefeuilles 2 après la crise de 2008*



Source : Auteur du mémoire

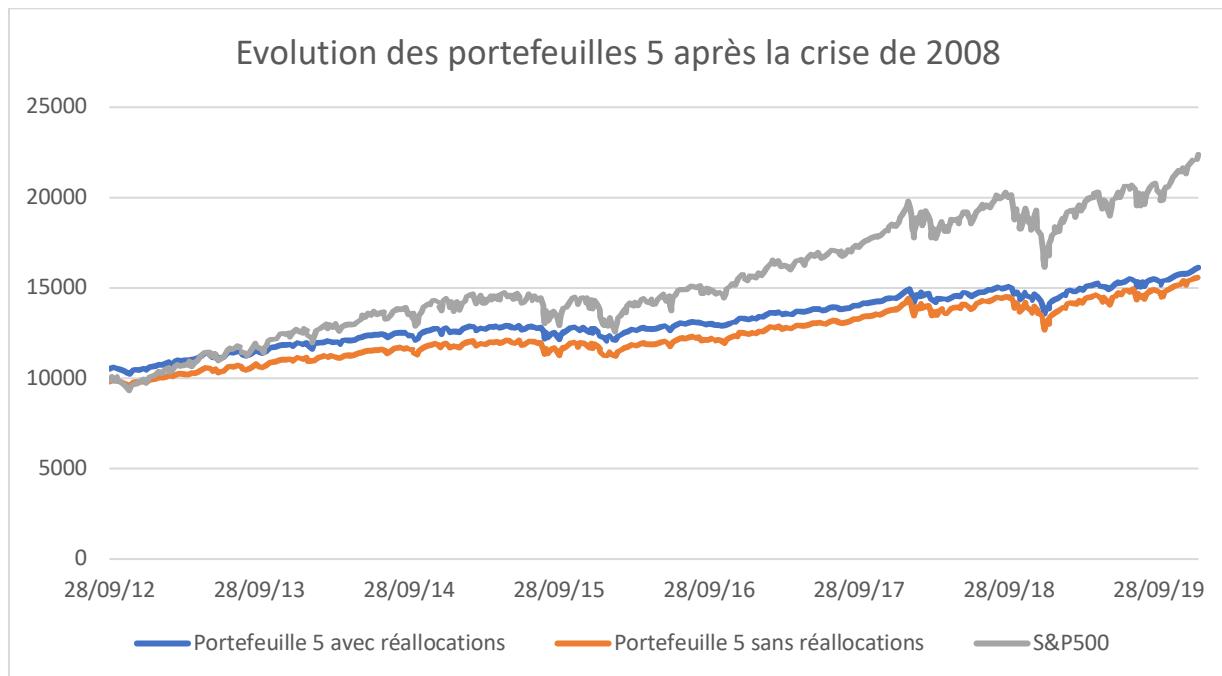
En ce qui concerne les portefeuilles 2, on remarque que la sous-performance du modèle réalloué est inférieure au pic de la crise mais qu'il parvient néanmoins à revenir plus rapidement à l'équilibre et à enregistrer une performance supérieure sur le long terme. Les corrections boursières en 2011, 2012, 2015 et 2018 que l'on peut observer à l'aide de l'indice du S&P500 n'ont à aucun moment placé la valeur du portefeuille réalloué sous la valeur du portefeuille non-réalloué. En ce qui concerne le retour à l'investissement initial, le portefeuille 2 réalloué y est parvenu le 16 mars 2010 avec une valeur de \$ 10.016,44. Ce n'est que 9 mois au plus tard, le 21 décembre 2010 que le modèle non-réalloué est parvenu à revenir à l'équilibre avec une valeur de \$10.002,96.

*Figure 12: Évolution des portefeuilles 5 pendant la crise de 2008*



Source : Auteur du mémoire

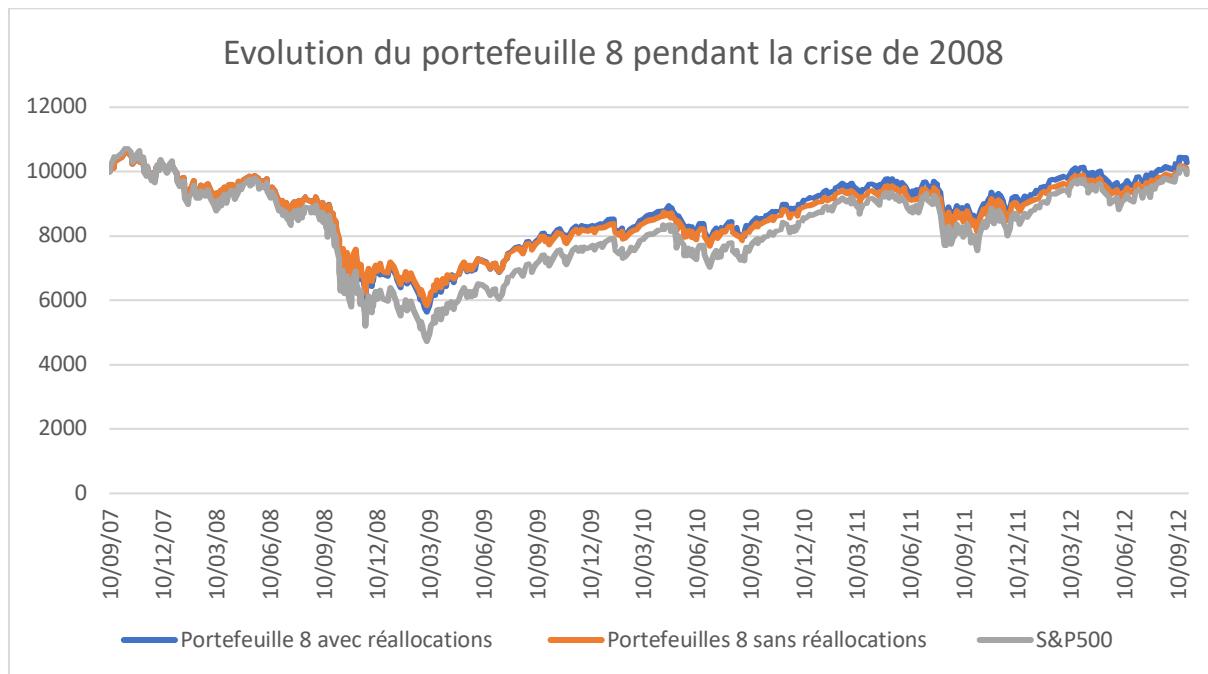
Figure 13: Évolution des portefeuilles 5 après la crise de 2008



Source : Auteur du mémoire

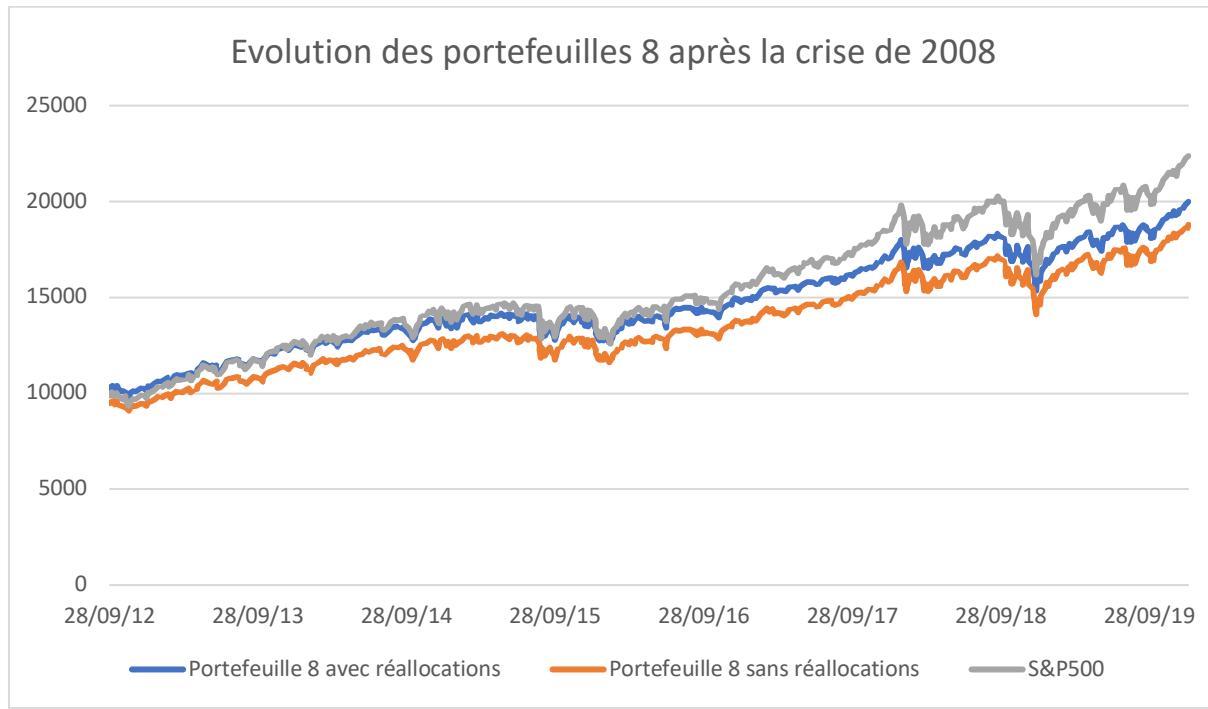
Les mêmes conclusions concernant la performance peuvent être faites sur les portefeuilles 5. Nous observons cependant que la performance relative au retour à l'investissement initial est plus intéressante dans cette comparaison-ci que dans celle faite sur les portefeuilles 2. Le portefeuille 5 réalloué a battu, de plus d'un an, le même portefeuille non-réalloué sur le retour à l'investissement initial. En date du 4 février 2011, la valeur du portefeuille 5 avec réallocations était de \$ 10.021,09. Le même portefeuille sans réallocation a dû attendre le 13 mars 2012 avant d'atteindre une valeur de \$ 10.005,96, soit un retard de 13 mois par rapport au précédent.

Figure 14: Évolution des portefeuilles 8 pendant la crise de 2008



Source : Auteur du mémoire

Figure 15: Évolution des portefeuilles 8 après la crise de 2008



Source : Auteur du mémoire

À nouveau, les mêmes tendances se dessinent sur la comparaison des portefeuilles 8 en indiquant une performance inférieure pendant la crise, un retour à l'équilibre plus rapide et une meilleure performance sur le long-terme. Le retour à la valeur initiale du portefeuille réalloué est réalisé le 13 mars 2012 avec une valeur de \$ 10.019,39. En revanche, l'équilibre du portefeuille qui n'a pas subi de réallocation est atteint le 7 septembre 2012 avec une valeur de \$ 10.030,18.

### 6.2.3 Évolution de la volatilité des portefeuilles pendant la crise

Le risque étant un élément clé dans la gestion de portefeuille, nous allons maintenant analyser l'évolution de la volatilité des portefeuilles aux quatre dates clés définies précédemment. Afin de réaliser cette comparaison, 88 matrices variance-covariance ont été construites correspondant aux 22 portefeuilles. Ces matrices se trouvent dans les annexes 2, 3, 4 et 5 du mémoire. Cette construction permet de suivre la volatilité des 11 portefeuilles gérés et de les comparer aux 11 autres non-gérés. À ce stade, on sait déjà que le modèle de réallocations permet d'obtenir de meilleures performances à moyen et long terme. Mais qu'en est-il de la gestion de la volatilité ? Cette comparaison permettra de découvrir si ce modèle permet ou non de contenir la volatilité.

Les deux tableaux ci-dessous comparent les deux types de portefeuilles de la même façon que dans la comparaison des performances.

*Tableau 11: Évolution de la volatilité avec réallocations*

Évolution de la volatilité des portefeuilles AVEC réallocations				
Portefeuille	volatilité au 10/09/2007	volatilité au 28/09/2009	volatilité au 28/09/2012	volatilité au 2/01/2020
0	1,67%	2,35%	1,12%	1,11%
1	1,77%	2,67%	1,87%	1,40%
2	2,45%	4,80%	3,57%	2,48%
3	3,64%	9,13%	6,16%	3,99%
4	4,48%	9,98%	7,24%	5,91%
5	5,58%	12,69%	9,12%	6,02%
6	6,72%	15,39%	11%	7,64%
7	7,88%	18,13%	12,85%	8,88%
8	9%	20,84%	14,81%	10,31%
9	10,16%	23,59%	16,70%	11,67%
10	11,33%	26,38%	18,56%	12,93%

Source : Auteur du mémoire

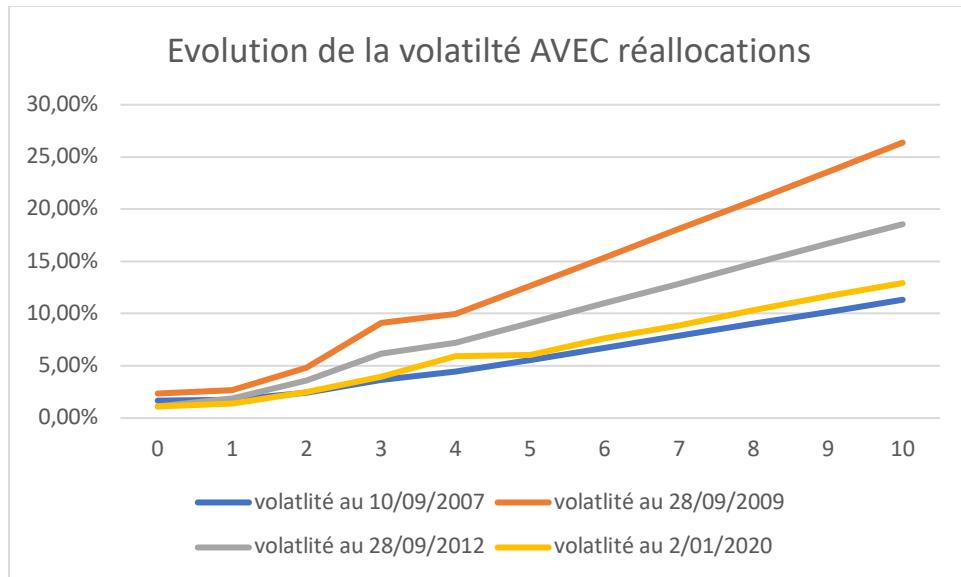
*Tableau 12: Évolution de la volatilité sans réallocations*

Évolution de la volatilité des portefeuilles SANS réallocations				
Portefeuille	volatilité au 10/09/2007	volatilité au 28/09/2009	volatilité au 28/09/2012	volatilité au 2/01/2020
0	1,67%	2,35%	1,12%	1,11%
1	1,70%	2,60%	1,81%	1,33%
2	2,40%	4,80%	3,53%	2,43%
3	3,38%	7,38%	5,37%	3,68%
4	4,45%	10,04%	7,23%	4,98%
5	5,57%	12,74%	9,11%	6,30%
6	6,70%	15,46%	11%	7,62%
7	7,85%	18,18%	12,89%	8,94%
8	9%	20,91%	14,78%	10,27%
9	10,16%	23,64%	16,67%	11,60%
10	11,33%	26,38%	18,56%	12,93%

Source : Auteur du mémoire

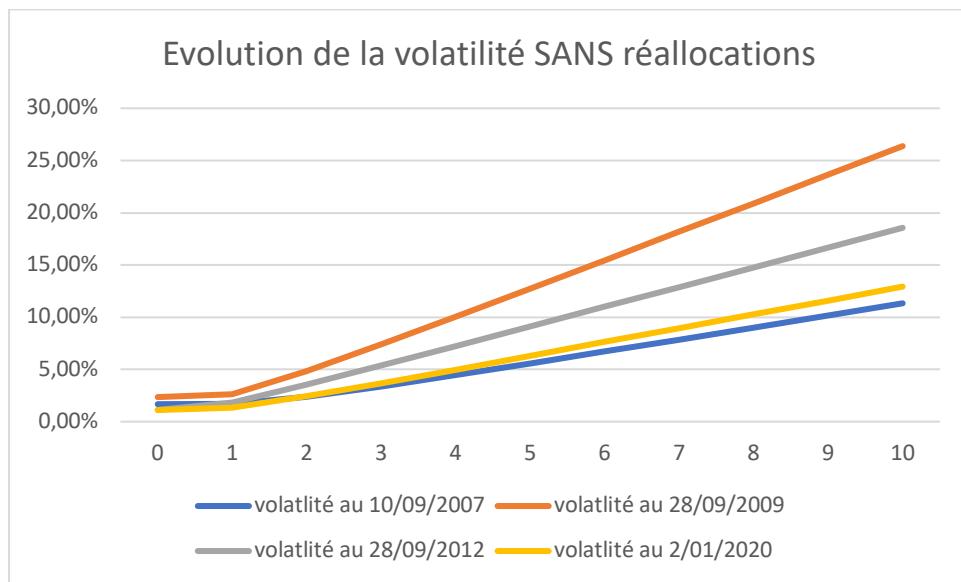
Les deux tableaux suivent la même logique : l'augmentation de la volatilité est proportionnelle à l'augmentation du poids des actions et ce, quel que soit le jour de calcul retenu. Les marchés étant très mouvementés en période de crise, cela se répercute inévitablement sur la volatilité des portefeuilles en cette période. On remarque également que les portefeuilles ont une volatilité très similaire au 10 septembre 2007 et au 2 janvier 2020, soit deux moments précédant la crise. Cette similitude se confirme dans les graphiques ci-dessous lorsqu'on observe les courbes de volatilité des deux périodes d'avant le crise.

*Figure 16: Évolution de la volatilité avec réallocations*



Source : Auteur du mémoire

*Figure 17: Évolution de la volatilité sans réallocations*



Source : Auteur du mémoire

Les tableaux de comparaison des volatilités nous mènent à la conclusion qu'il n'y a pas de différences significatives entre l'écart-type des portefeuilles réalloués et les autres. L'hypothèse par rapport à une éventuelle amélioration de la volatilité ne trouve pas confirmation. On peut néanmoins souligner que l'évolution de la volatilité dans le temps, des portefeuilles sans réallocation, se fait de manière quasi linéaire. En revanche, on constate qu'entre les portefeuilles réalloués 2 et 4 en période de turbulences boursières, cette tendance ne se confirme pas.

#### 6.2.4 Synthèse des résultats

Les trois graphiques confirment l'observation d'une sous-performance du Robo-advisor pendant la période de crise, mais avec un rebond plus rapide par la suite.

Les sous-performances pendant la crise s'expliquent par l'essence même du modèle. Ce modèle procède à des réallocations lorsque le poids des actifs s'écarte de plus de 3% de l'allocation cible. La valeur des actions baissant rapidement pendant la crise, le Robo va quant à lui, procéder à des réallocations pour s'équilibrer. Durant cette période creuse, des obligations vont être vendues pour acheter des actions malgré le fait que les actions soient toujours en baisse. Ceci explique donc pourquoi le Robo-advisor n'enregistre pas de performance supérieure au pic de la crise. Les investisseurs ne devraient par contre pas paniquer en temps de crise, car, comme le démontre les graphiques, les portefeuilles gérés par le Robo en sortent plus rapidement.

Les données extraites des trois graphiques indiquent que le portefeuille 2 géré par le Robo retrouve son investissement initial le 15 mars 2010 contre la date du 21 décembre 2010 pour son équivalent non géré. La comparaison des deux portefeuilles 5 indique que les retours se font le 7 février 2011 pour l'un et le 13 mars 2012 pour l'autre. En ce qui concerne les portefeuilles 8, les pertes du portefeuille sous gestion sont résorbées le 13 mars 2012, tandis que l'autre y parvient le 7 septembre 2012. En fonction des portefeuilles analysés, le Robo arrive à sortir de la crise de 6 mois à 1 an plus rapidement que leurs équivalents sans réallocation. Les tableaux de comparaison aux dates clés démontrent qu'en plus de sortir plus vite de la crise, les portefeuilles réalloués selon ce modèle performent davantage sur le long terme. Entre le 10 septembre 2007 et le 2 janvier 2020, les portefeuilles sous gestion 2, 5 et 8 ont respectivement atteint un rendement supérieur de 1,71%, 4,59% et 12,01% par rapport aux autres.

Même si l'application de ce modèle démontre sa pertinence sur le long terme, il n'apporte aucune innovation majeure en termes de gestion de portefeuille. Tous les portefeuilles confondus suivent l'évolution du marché et prennent donc la crise de plein fouet. Dans la section suivante, des réallocations seront effectuées sur base des variations de volatilité en vue de démontrer s'il est possible de résister à la crise d'une manière plus concluante.

### 6.3 Phase 2 : Réallocations sur base de la volatilité

Nous constatons que malgré l'observation d'une pertinence du modèle sur la performance à long terme, les réallocations effectuées ne permettent pas de maintenir le risque auquel les portefeuilles sont exposés. Partant du principe que l'aversion au risque des clients ne change pas, les gestionnaires de Robo-advisors pourraient proposer à leur clients de procéder à une réallocation importante en les plaçant dans un portefeuille de niveau inférieur qui correspondrait dans la mesure du possible au risque du portefeuille auquel ils ont souscrit au 10 septembre 2007

Nous passons donc dans la deuxième phase du test qui consiste à analyser la performance d'un tel modèle. Nous allons démarrer avec les portefeuilles réalloués 1, 5 et 9 et analyser tous les 6 mois si le risque du portefeuille a dévié d'une manière telle que la volatilité de portefeuilles de niveaux inférieurs correspondrait au niveau de risque voulu. Si c'est le cas, une réallocation sera faite afin de rester dans un portefeuille à volatilité voulue lors de la souscription. Une fois les marchés stabilisés, des opérations inverses auront lieu jusqu'à ce que le client retrouve le portefeuille de départ.

Pour réaliser cette opération, des matrices de variance-covariance ont été construites tous les 6 mois pour chaque portefeuille afin de suivre l'évolution de la volatilité et de procéder à des réallocations si nécessaire. La période prise en compte démarre le 10 septembre 2007 et s'étend jusqu'au 10 septembre 2019. En prenant un intervalle de 6 mois entre chaque matrice, cela correspond à 25 périodes. Nous arrivons donc à un total de 275 matrices de variance-covariance qui donnent l'écart-type de chaque portefeuille sur toutes les périodes voulues.

Une fois ces opérations réalisées, la performance des 3 nouveaux portefeuilles sera comparée à la performance des portefeuilles de référence 1, 5 et 9 dont nous disposons déjà des données. Notons que les portefeuilles de référence sont les portefeuilles ayant été réalloués en fonction de l'évolution des poids dans la première phase du test. Cette comparaison permettra de découvrir si l'application de cette méthode, qui consiste à maintenir le risque de départ tout au long de la période d'investissement, est pertinente dans un contexte de crise financière.

Le tableau ci-dessous créé à l'aide des 275 matrices de variance-covariance, synthétise l'évolution de la volatilité de l'ensemble des portefeuilles et nous permettra de procéder aux réallocations lorsque la volatilité dévie de la volatilité cible.

Figure 18: Évolution de la volatilité des 11 portefeuilles

Évolution de la volatilité des 11 portefeuilles sur des intervalles de 6 mois											
	PF 0	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10
10/09/07	1,67%	1,77%	2,45%	3,41%	4,48%	5,58%	6,72%	7,88%	9,03%	10,16%	11,33%
10/03/08	1,88%	1,85%	2,68%	3,80%	5,07%	6,40%	7,76%	9,14%	10,52%	11,88%	13,26%
10/09/08	2,11%	1,92%	2,85%	4,16%	5,64%	7,65%	8,75%	10,36%	11,95%	13,53%	15,13%
10/03/09	2,34%	2,68%	4,84%	7,66%	10,09%	12,83%	15,56%	18,33%	21,07%	23,84%	26,65%
10/09/09	2,40%	2,83%	5,24%	7,99%	10,89%	13,79%	16,74%	19,70%	22,62%	25,58%	28,59%
10/03/10	2,42%	2,80%	5,31%	8,10%	11,05%	14,00%	17,00%	20,01%	22,97%	25,98%	29,03%
10/09/10	2,33%	2,79%	5,41%	8,28%	11,29%	14,31%	17,37%	20,44%	23,48%	26,56%	29,65%
10/03/11	2,12%	2,77%	5,32%	8,16%	11,11%	14,05%	17,04%	20,03%	22,99%	26,00%	29,01%
10/09/11	2,08%	2,93%	5,52%	8,16%	11,35%	14,50%	17,20%	20,05%	23,26%	26,29%	29,32%
10/03/12	1,40%	2,18%	4,13%	6,20%	8,36%	10,50%	12,70%	14,83%	17,03%	19,21%	21,35%
10/09/12	1,14%	1,88%	3,57%	5,39%	7,27%	9,19%	11,09%	12,94%	14,88%	16,82%	18,68%
10/03/13	0,92%	1,79%	3,50%	5,27%	7,11%	8,96%	10,81%	12,61%	14,52%	16,38%	18,19%
10/09/13	0,79%	1,73%	3,29%	4,93%	6,61%	8,32%	10,02%	11,64%	13,40%	15,07%	16,76%
10/03/14	0,78%	1,76%	2,69%	5,22%	7,09%	8,26%	10,14%	11,40%	13,15%	14,79%	16,63%
10/09/14	0,55%	1,53%	2,90%	4,31%	5,76%	7,17%	8,65%	10,07%	11,53%	12,98%	14,38%
10/03/15	0,64%	1,32%	2,44%	3,57%	4,76%	5,95%	7,18%	8,37%	9,61%	10,82%	11,97%
10/09/15	0,73%	1,32%	2,37%	3,44%	4,57%	5,71%	6,89%	8,04%	9,23%	10,39%	11,50%
10/03/16	0,82%	1,48%	2,69%	3,99%	5,32%	6,68%	8,05%	9,40%	10,64%	12,17%	13,49%
10/09/16	0,91%	1,47%	2,65%	3,94%	5,29%	6,65%	8,02%	9,39%	10,78%	12,17%	13,50%
10/03/17	0,94%	1,36%	2,56%	3,87%	5,18%	6,52%	7,85%	9,19%	10,54%	11,87%	13,22%
10/09/17	0,91%	1,40%	1,79%	3,78%	5,08%	6,67%	7,71%	9,04%	10,56%	11,92%	12,98%
10/03/18	0,96%	1,44%	2,49%	3,73%	5,01%	6,29%	7,58%	8,86%	10,17%	11,50%	12,73%
10/09/18	0,95%	1,43%	2,54%	3,83%	5,15%	6,48%	7,81%	9,14%	10,50%	11,87%	13,15%
10/03/19	0,96%	1,37%	2,51%	3,70%	4,26%	6,00%	7,39%	8,51%	10,23%	11,57%	12,83%
10/09/19	1,04%	1,41%	2,47%	3,68%	4,92%	6,22%	7,49%	8,78%	10,09%	11,43%	12,67%

Source : Auteur du mémoire

Les cases de couleur dans le tableau ci-dessus indiquent les jours de déclenchement lorsque la volatilité a trop dévié de sa cible. Les cases bleues correspondent à l'évolution du portefeuille 1 sur base de maintien de la volatilité, les cases vertes représentent l'évolution du portefeuille 5 et les cases oranges, le portefeuille 9.

Comme l'aversion au risque des clients souscrivant au portefeuille 1 est la plus faible des 3, la tolérance de déviance positive de la volatilité cible est de 1%. Partant d'une volatilité de 1,67%, cela signifie que le déclenchement s'effectuera dès que le seuil de 2,67% sera franchi. En ce qui concerne le portefeuille 5, le même principe est appliqué mais avec une tolérance de 2%. À nouveau, en démarrant d'un écart-type de 5,58%, la première réallocation se fera lorsque le seuil de 7,58% sera franchi. Pour le portefeuille 9, ce seuil est de 4%. La volatilité au moment de la souscription étant de 10,16%, la première réallocation se fera dès que les 14,16% seront franchis.

Afin de respecter le niveau de risque voulu, les réallocations faisant passer les portefeuilles à un niveau supérieur lorsque la volatilité baissera à nouveau se feront uniquement sur une déviance tolérée de 0,5% de la volatilité-cible. La raison pour laquelle cette méthode est appliquée est de proposer aux clients un portefeuille de volatilité voulue sur le long terme. Les déclenchements en cas de hausse de la volatilité sont des mesures de protection ; les 3 portefeuilles ayant des niveaux de risque différents, les pourcentages de tolérance diffèrent en fonction de cela. En revanche, si le même principe était appliqué pour revenir à la volatilité cible, les portefeuilles ne retrouveraient jamais cette cible sur le long terme.

### 6.3.1 Évolution des trois portefeuilles sous la méthode de maintien de la volatilité

Nous allons maintenant suivre l'évolution des 3 portefeuilles cités précédemment et comparer leur performance par rapport aux portefeuilles de référence ne suivant pas cette méthode. Les portefeuilles démarrent à nouveau avec un investissement initial de \$10,000.

#### 6.3.1.1 *Journal d'évolution du portefeuille 1 :*

- 10 septembre 2007 : investissement initial de \$ 1.000 en actions et \$ 9.000,00 en obligations
- 10 septembre 2009 : volatilité de 2,83%, donc passage au niveau 0 qui présente une volatilité de 2,4%.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$10.039,55 répartis de la manière suivante :
  - \$ 10.039,55 : 100% obligations
  - \$ 0,00 : 0% actions
- 10 septembre 2012 : volatilité de 1,14%, donc passage au niveau 1 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 1,88%. Cette réallocation est la dernière effectuée jusqu'au 2 janvier 2020.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 10.101,76 répartis de la manière suivante :
  - \$ 9.091,59 : 90% obligations
  - \$ 1.010,17 : 10% actions

#### 6.3.1.2 *Journal d'évolution du portefeuille 5 :*

- 10 septembre 2007 : investissement initial de \$ 5.000,00 en actions et \$ 5.000,00 en obligations
- 10 septembre 2008 : volatilité de 7,65%, donc passage au niveau 4 qui présente une volatilité de 5,64%. La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$9.481,03 répartis de la manière suivante :
  - \$ 5.773,01 : 60% obligations
  - \$ 3.708,02 : 40% actions
- 10 mars 2009 : volatilité de 10,09%, donc passage au niveau 2 qui présente une volatilité de 4,84%. La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 7.835,73 répartis de la manière suivante :
  - \$ 6.314,74 : 80% obligations
  - \$ 1.520,99 : 20% actions

- 10 septembre 2012 : volatilité de 3,57%, donc passage au niveau 3 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 5,39%. La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 9.093,09 répartis de la manière suivante :
  - \$ 6.435,72 : 70% obligations
  - \$ 2.657,37 : 30% actions
- 10 septembre 2014 : volatilité de 4,31%, donc passage au niveau 4 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 5,76%. La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 10.032,49 répartis de la manière suivante :
  - \$ 6.121,77 : 60% obligations
  - \$ 3.910,72 : 40% actions
- 10 septembre 2015 : volatilité de 4,57%, donc passage au niveau 5 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 5,71%. Cette réallocation est la dernière effectuée jusqu'au 2 janvier 2020.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 9.970,26 répartis de la manière suivante :
  - \$ 4.985,13 : 50% obligations
  - \$ 4.985,13 : 50% actions

#### 6.3.1.3 *Journal d'évolution du portefeuille 9 :*

- 10 septembre 2007 : investissement initial de \$ 9.000,00 en actions et \$ 1.000,00 en obligations
- 10 mars 2009 : volatilité de 23,84%, donc passage au niveau 4 qui présente une volatilité de 10,09%. La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 5.475,85 répartis de la manière suivante :
  - \$ 3.285,51 : 60% obligations
  - \$ 2.190,34 : 40% actions
- 9 mars 2012 : volatilité de 8,36%, donc passage au niveau 5 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 10,50%.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 7.242,28 répartis de la manière suivante :
  - \$ 3.621,14 : 50% obligations
  - \$ 3.621,14 : 50% actions

- 10 septembre 2013 : volatilité de 8,32%, donc passage au niveau 6 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 10,02%.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 8.058,98 répartis de la manière suivante :
  - \$ 3.223,59 : 40% obligations
  - \$ 4.835,39 : 60% actions
- 10 septembre 2014 : volatilité de 8,65%, donc passage au niveau 7 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 10,07%.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 8.946,63 répartis de la manière suivante :
  - \$ 2.683,69 : 30% obligations
  - \$ 6.261,94 : 70% actions
- 10 mars 2016 : volatilité de 9,40%, donc passage au niveau 8 qui respecte la contrainte du 0,5% autour de la cible avec une volatilité de 10,64%. Cette réallocation est la dernière effectuée jusqu'au 2 janvier 2020.  
La valeur du portefeuille ce jour-là est de \$ 9.020,58 répartis de la manière suivante :
  - \$ 1.804,12 : 20% obligations
  - \$ 7.216,46 : 80% actions

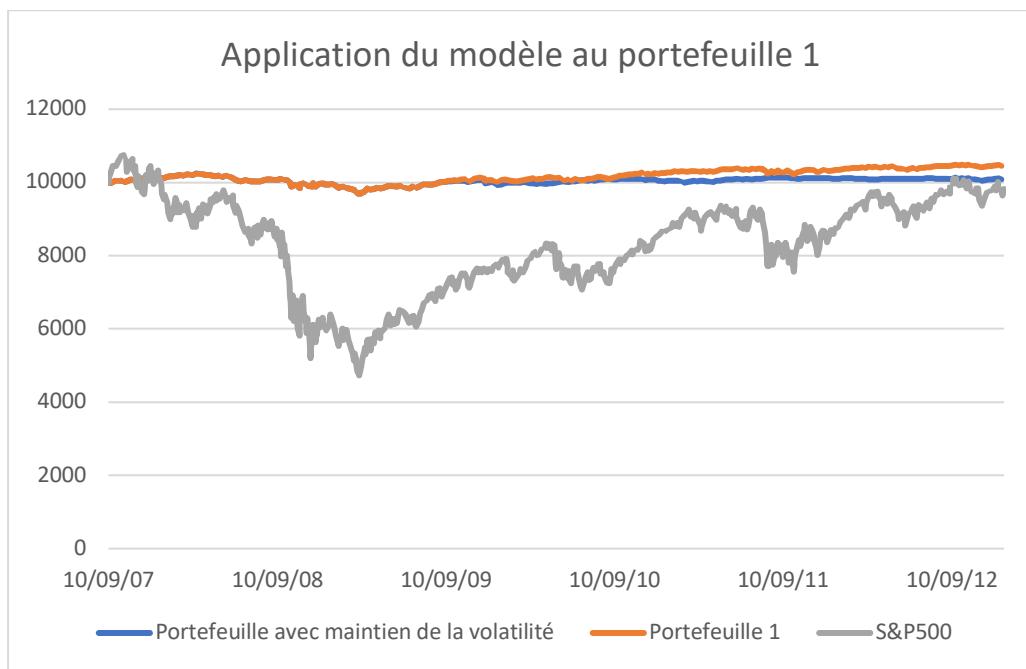
### 6.3.2 Analyse de la performance sur base du modèle

Les réallocations ayant été faites sur les 3 portefeuilles ci-dessus (1, 5 et 9) en appliquant le modèle de déclenchement en fonction de l'évolution de la volatilité, nous allons maintenant comparer la performance par rapport aux 3 mêmes portefeuilles n'ayant pas suivi ce modèle.

Pour ce faire, trois graphiques sont construits suivant l'évolution de la performance sur une période allant du 10 septembre 2007 au 2 janvier 2020.

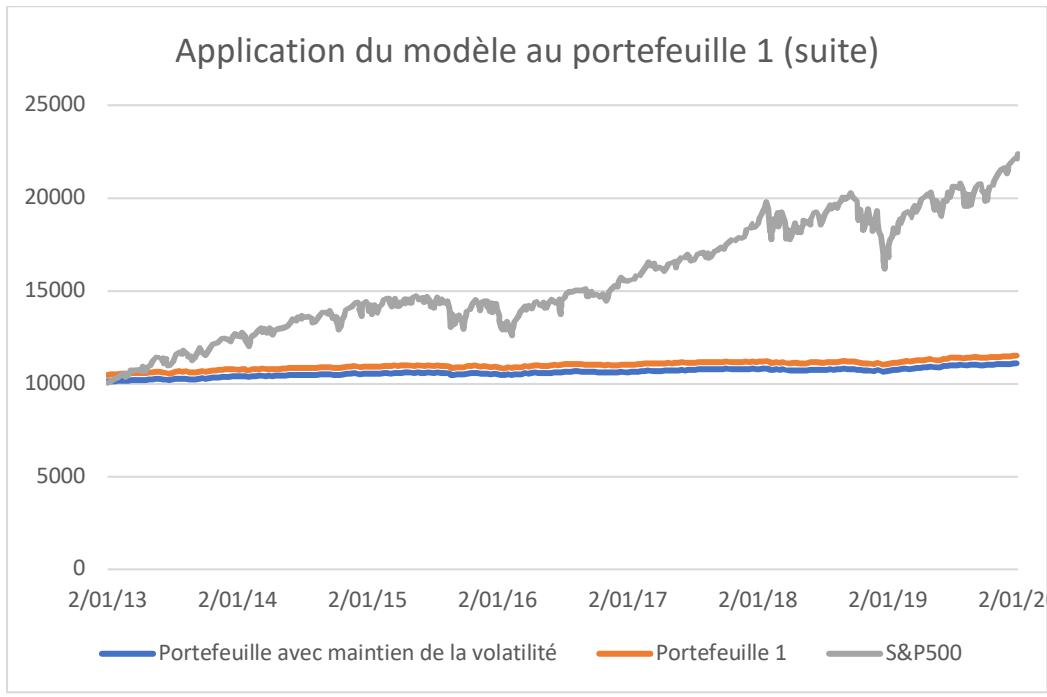
#### Comparaison du portefeuille 1 :

*Figure 19: Application du modèle au portefeuille 1*



Source : Auteur du mémoire

Figure 20: Application du modèle au portefeuille 1 (suite)



Source : Auteur du mémoire

L'analyse de ce graphique permet de conclure que le portefeuille qui a évolué en suivant la volatilité voulue a réussi à garder une évolution plus plate entre septembre 2009 et septembre 2012. Ceci s'explique par le passage en niveau 0 sur la durée de cette période. Après 2012, les deux courbes évoluent en parallèle, ce qui est logique car aucune réallocation n'a eu lieu après cette date.

Tableau 13: Comparaison de la performance du portefeuille 1

Comparaison de la performance			
Valeur au:	Portefeuille 1	Portefeuille avec maintien de la volatilité	Différence
27/02/09	\$ 9 738,91	\$ 9 738,91	0,00%
28/09/12	\$ 10 474,03	\$ 10 110,33	-3,47%
2/01/20	\$ 11 528,82	\$ 11 109,8	-3,63%

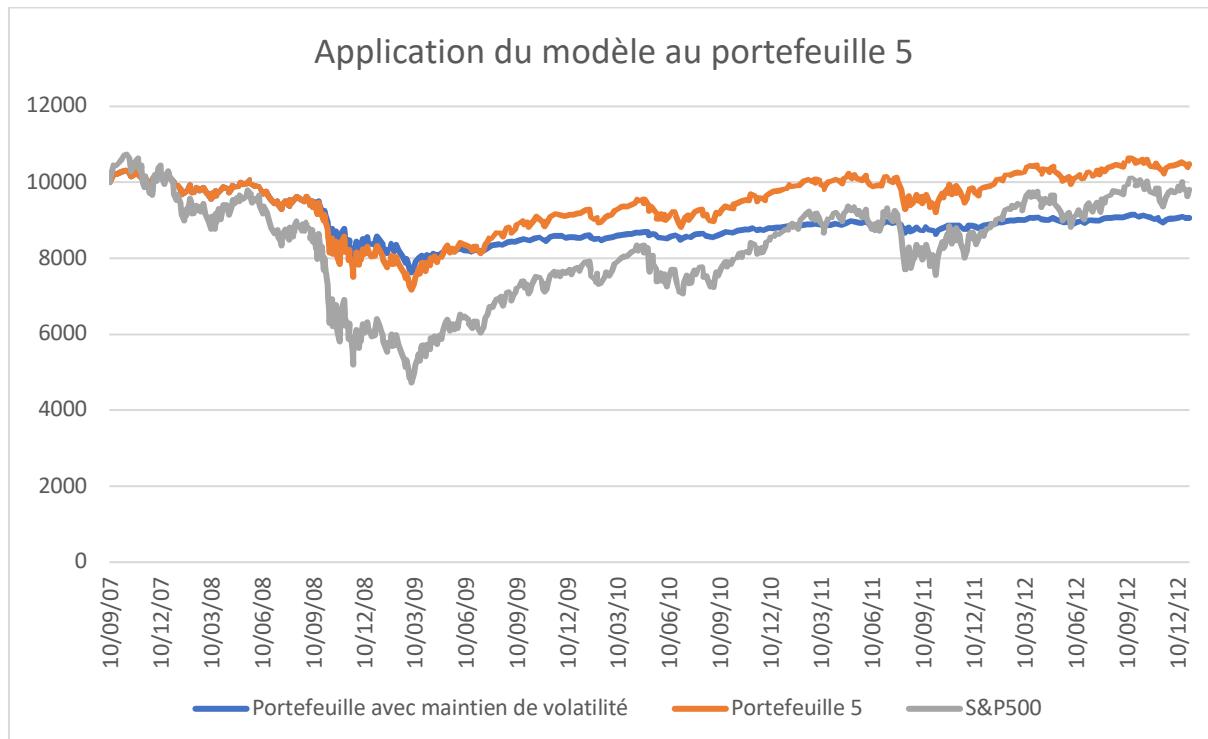
Source : Auteur du mémoire

Le tableau ci-dessus comparant les valeurs des deux portefeuilles aux dates clés, indique une sous-performance après la crise ainsi que sur le long terme. En date du 27 février 2009, les portefeuilles sont identiques car aucune réallocation n'a été effectuée ce jour-là.

Nous pouvons en conclure que pour ce portefeuille, cette méthode n'a, à aucun moment, permis d'enregistrer une performance supérieure par rapport au portefeuille 1.

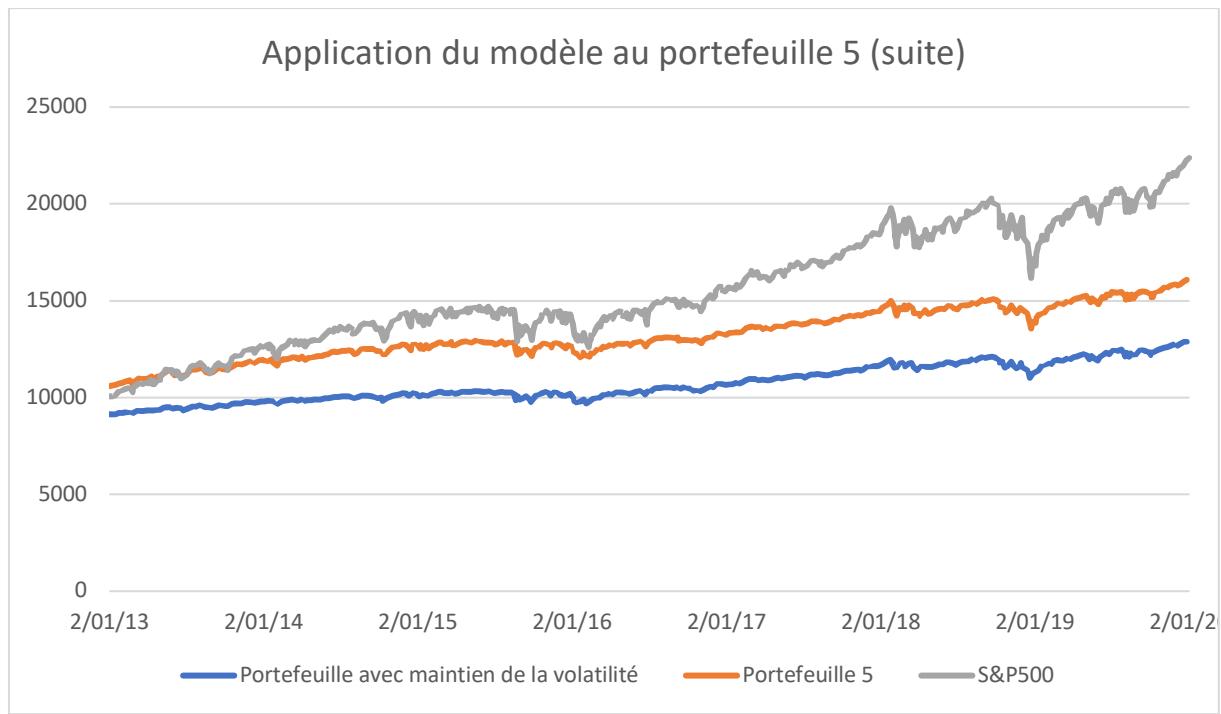
## Comparaison du portefeuille 5 :

Figure 21: Application du modèle au portefeuille 5



Source : Auteur du mémoire

Figure 22: Application du modèle au portefeuille 5 (suite)



Source : Auteur du mémoire

Le graphique comparatif en septembre 2007 et décembre 2012 du portefeuille 5, par rapport au portefeuille de référence démontre un résultat plus marquant par rapport à l'aplatissement de la courbe. Ceci s'explique par le fait que les déclenchements ont fait passer le portefeuille de niveau 5 à 2 contre 1 à 0 dans l'exemple précédent. Comme la variation des courbes évolue progressivement entre les 11 portefeuilles, plus les déclenchements provoquent des baisses de niveaux, plus les courbes s'aplatiront par rapport au portefeuille de référence. De mars 2015 à janvier 2020 les courbes suivent une évolution identique par le fait qu'aucune réallocation n'a eu lieu durant cette période.

*Tableau 14 : Comparaison de la performance du portefeuille 5*

Comparaison de la performance			
Valeur au:	Portefeuille 5	Portefeuille avec maintien de la volatilité	Différence
27/02/09	\$ 7 429,82	\$ 7 842,92	5,56%
28/09/12	\$ 10 529,52	\$ 9 095,03	-13,62%
2/01/20	\$ 16 120,57	\$ 12 900,96	-19,97%

Source : Auteur du mémoire

En ce qui concerne la performance, ce modèle parvient toutefois à enregistrer une performance supérieure au pic de la crise. Cette protection du capital n'est que temporaire car comme on peut le constater, en septembre 2012 et en janvier 2020, les performances sont nettement inférieures. Comme nous l'avons vu précédemment, le portefeuille 5 réalloué a retrouvé son niveau d'avant la crise en février 2011. En revanche, le retour à la valeur départ du portefeuille sous application de la méthode de maintien de la volatilité, ne s'est réalisé qu'en juin 2014.

Nous pouvons en conclure que la meilleure performance enregistrée entre septembre 2008 et mai 2009 du portefeuille ayant maintenu sa volatilité, ne permet pas d'affirmer la pertinence à long terme de cet investissement.

## Comparaison du portefeuille 9 :

Figure 23: Application du modèle au portefeuille 9

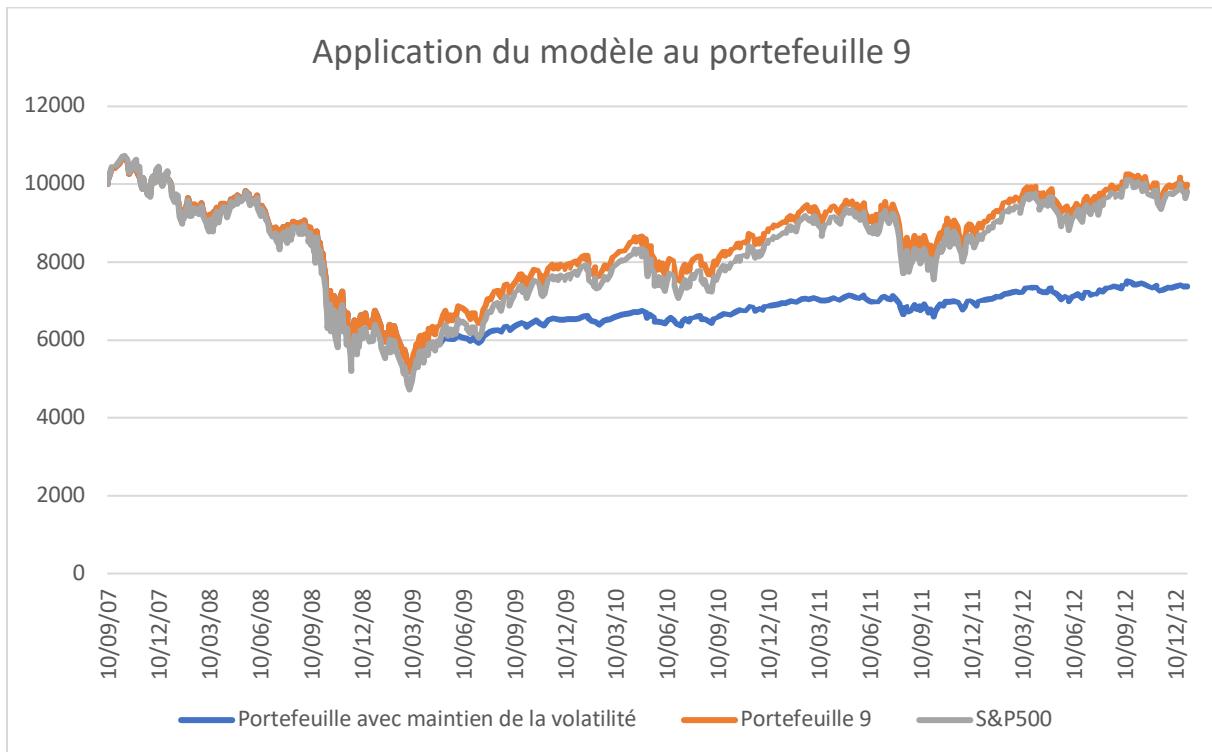
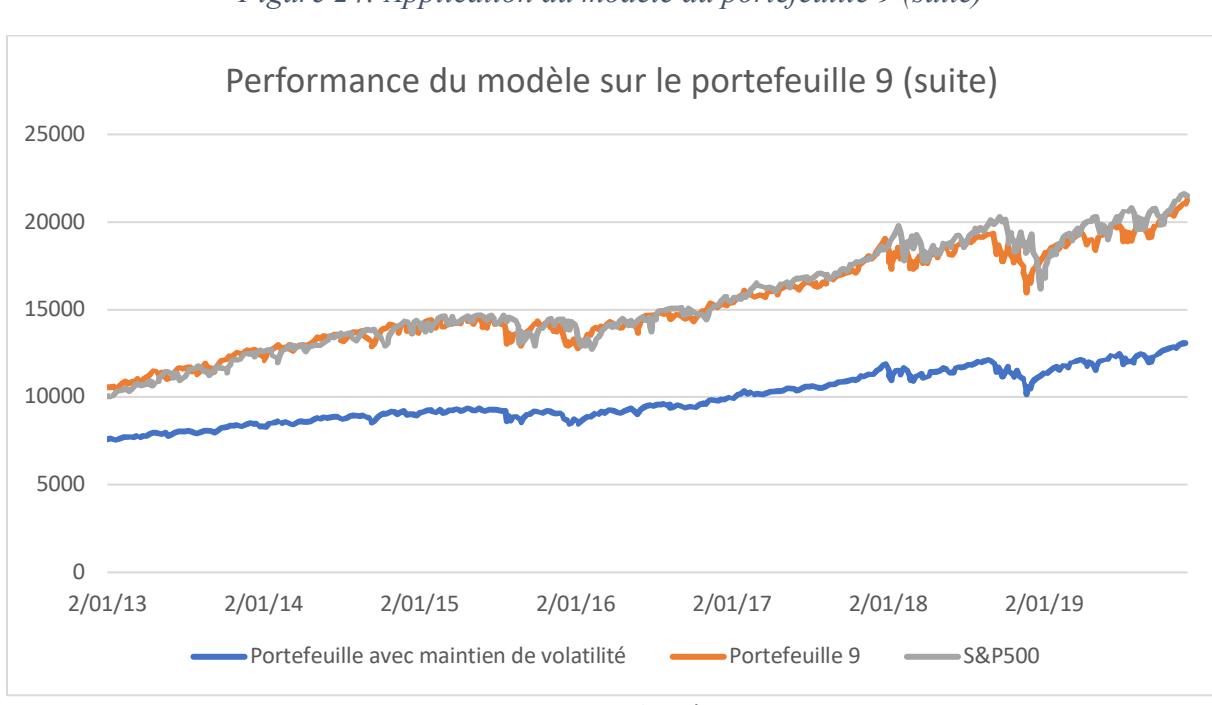


Figure 24: Application du modèle au portefeuille 9 (suite)



Une conclusion similaire au modèle sur le portefeuille 5 peut être faite ici. En septembre 2009, un déclenchement a eu lieu faisant passer le portefeuille de niveau 9 en niveau 4. Ce changement brusque d'allocation des actifs faisant passer le portefeuille d'une composition de 10% en obligations à une composition de 60% en obligations a radicalement fait changer l'évolution de la courbe par rapport au portefeuille 9. Le fait que les courbes des portefeuilles ne retrouvent pas d'évolution identique s'explique par le fait que sur base de ce modèle, le retour au niveau 9 n'a pas pu se faire jusqu'en janvier 2020.

*Tableau 15: Comparaison de la performance du portefeuille 9*

Comparaison de la performance			
Valeur au:	Portefeuille 9	Portefeuille avec maintien de la volatilité	Différence
27/02/09	\$ 5 529,17	\$ 5 529,17	0,00%
28/09/12	\$ 10 074,89	\$ 7 414,73	-26,40%
2/01/20	\$ 21 247,96	\$ 13 232,63	-37,72%

Source : Auteur du mémoire

Comme dans l'exemple du portefeuille 1, les valeurs des portefeuilles sont identiques au 27 février 2009 car aucune réallocation n'a été effectuée avant cette date clé. À nouveau, la suite de l'évolution des performances nous indique qu'à la sortie de la crise et à long terme, cette méthode sous-performe nettement par rapport au portefeuille de référence.

### 6.3.3 Synthèse des résultats

L'application de la méthode de réallocations des actifs sur base de leur allocation-cible a montré des résultats de performance intéressants en sortie de crise et à long terme. Malgré une sous-performance temporaire pendant le pic de la crise, le rattrapage des pertes sensiblement plus rapide par rapport au portefeuille équivalent non-réalloué permet d'indiquer que cette méthode d'investissement est concluante.

Comme démontré dans la première phase du test (cf. supra p.42), cette méthode n'a pas permis d'agir positivement sur l'exposition au risque des portefeuilles. Afin de forcer un maintien du niveau du risque, la volatilité des portefeuilles calculée au moment de la souscription a été retenue comme étant la volatilité-cible. Partant de cette information, la volatilité des 11 portefeuilles a été calculée tous les 6 mois permettant d'avoir une vue globale et synthétique de l'évolution.

Sur base des règles de réallocation définies au début de la deuxième phase du test, les portefeuilles 1, 5 et 9 ont été réalloués créant 3 nouveaux portefeuilles qui ont été identifiés sous le nom « portefeuilles avec maintien de la volatilité ».

Les résultats de cette application sont sans appel. Seul le portefeuille 5 avec maintien de la volatilité a permis brièvement d'enregistrer une meilleure performance par rapport au portefeuille de référence pendant la crise. Nous avons vu que ce meilleur rendement n'était que temporaire et qu'à moyen et à long terme, le rendement était nettement plus bas. En ce qui concerne les portefeuilles avec maintien de la volatilité 1 et 9, une sous-performance par rapport à leur portefeuille de référence est observable sur toute la durée de l'étude.

Nous remarquons que le portefeuille avec maintien de la volatilité 1 est descendu d'un niveau et indique au 2 janvier 2020 une performance inférieure 3,63% par rapport à son portefeuille de référence. Il en va de même pour le deuxième exemple qui est descendu de 3 niveaux pour une performance inférieure de 19,97% au 2 janvier 2020. Dans l'exemple 3, le portefeuille est relégué de 5 niveaux et affiche une sous-performance 37,72% à la même date.

Cette constatation permet d'affirmer que plus on baisse les portefeuilles de niveau par rapport à celui de départ, plus les différences négatives de performance par rapport aux portefeuilles de référence sont importantes.

Le pari du maintien de la volatilité n'est dans ce contexte pas concluant comme méthode de gestion de l'investissement. Nous pourrions nous poser la question de savoir si la définition du risque d'un portefeuille par rapport à la volatilité est pertinente en période de corrections sévères. La création de matrices de variance-covariance permettant de calculer la volatilité présente des limites. Les calculs sur base des rendements historiques pondèrent toutes les données de façon linéaire sans faire de distinction entre les rendements récents et anciens. Ceci se traduit par une réaction tardive des réallocations. Dans mon exemple, un intervalle de 6 mois a été pris en compte pour les calculs de volatilité. Si des intervalles plus courts avaient été pris en compte, les résultats auraient peut-être été meilleurs du fait d'une réaction plus rapide. Les résultats n'auraient néanmoins pas pu être pertinents car le retard de réactions réside dans la formule. Comme les volatilités sont calculées sur base des rendements historiques, un mouvement significatif de celles-ci s'observerait, par définition, avec du retard. Dans mon modèle, les volatilités sont calculées sur des périodes de 3 ans. Raccourcir ces périodes permettrait d'obtenir des variations plus rapides mais à nouveau, avec un certain retard. Comme la plupart des Robo-advisors suivent cette théorie dans la gestion de leurs portefeuilles, il leur serait impossible de protéger à 100% les capitaux qu'ils gèrent.

## 7 Limites du test

La première limite se trouve dans la gestion des dividendes, le *iShares Core S&P500 ETF* est un ETF qui distribue périodiquement des dividendes. Or, la prise en compte de cette distribution n'a pas été faite dans mon modèle. Cependant, s'ils avaient été intégrés dans les calculs, les résultats n'auraient pas été fondamentalement différents. On aurait de façon linéaire observé un retour à l'équilibre et des performances supérieures dans l'ensemble des portefeuilles.

La seconde limite réside dans l'application du modèle. Je mets cela en avant car je pars du principe que les Robo-advisors utilisent des moyens plus sophistiqués que ce que j'ai appliqué dans mon modèle. Comme leur apparition ne s'est faite qu'après la crise de 2008, la crise actuelle est un bon moyen de tester leurs performances. Lorsque nous sortirons de la crise actuelle, une analyse des performances pourra s'effectuer sur des données réelles. Dans les années à venir, ces analyses seront probablement sujettes à d'autres mémoires.

## 8 Conclusion de la deuxième partie

Le test a été réalisé sur base des informations récoltées concernant le fonctionnement des Robo-advisors. Comme la majorité d'entre eux se base sur la *théorie moderne du portefeuille* dans la mise en œuvre de leur modèle, cette théorie a également été appliquée pour calculer le risque des portefeuilles.

Comme déjà mentionné dans les synthèses des résultats des deux phases du test, le modèle a avant tout permis d'obtenir des résultats satisfaisants en termes de performance à long terme, mais il n'a pas permis d'amortir la crise. La suite du test a démontré que procéder à des réallocations sur base d'évolution de la volatilité se traduit par de mauvais résultats à long terme. Notons cependant que la deuxième phase de test, qui consiste à passer les portefeuilles en mode défensif, aurait trouvé tout son sens si les déclenchements en niveaux inférieurs avaient été effectués en début de crise avec un passage en niveaux supérieurs au pic de la crise. Cette supposition reste hypothétique car jusqu'à présent, aucun outil financier ne permet d'anticiper le marché.

D'autres méthodes d'optimisation des portefeuilles telles que le modèle *Black-Litterman* sont également utilisées par les Robo-advisors, cependant toutes ces méthodes sont des théories connues depuis de nombreuses années dans le monde de la finance. Ceci sous-entend que les Robo-advisors appliquent des méthodologies identiques à celles suivies par les gestionnaires traditionnels.

Lorsque l'on se rend sur les sites de banques ou de FinTech proposant des investissements en Robo-advisors, la plupart d'entre eux vantent les bienfaits de cette pratique en mettant en avant que ceux-ci se basent sur un modèle d'un économiste ayant obtenu un prix Nobel. Ce qui n'est pas précisé en revanche, c'est que Harry Markowitz, fondateur de la célèbre *théorie moderne du portefeuille* a obtenu ce prix Nobel en 1990 pour sa thèse qu'il a défendue en 1954.

La plus-value que propose l'investissement en Robo-advisors ne réside, selon moi, pas dans d'obtention de résultats significativement supérieurs par rapport à des portefeuilles sous gestion classique, mais se trouve dans les frais de gestion sensiblement inférieurs. Le fait de programmer un modèle qui procède automatiquement aux réajustements des portefeuilles qu'ils gèrent, permet de réduire ces coûts. De plus, les Robo-advisors tels que nous les connaissons aujourd'hui, proposent de l'investissement passif, qui est par définition un mode d'investissement qui ne tente pas de battre le marché. Parvenir à ne pas subir les pertes de la crise reviendrait à de l'investissement actif.

L'annexe 6 du présent mémoire reprend une modélisation d'un Robo-advisor programmé à l'aide de Python 2.0. Comme ce qui a été fait dans la première phase du test, ce modèle est également basé sur des réallocations en fonction de l'évolution du poids des actifs présents dans les portefeuilles.

## Conclusion générale

L'objectif de recherche de ce mémoire repose principalement sur la pertinence des Robo-advisors lors d'un krach boursier. La raison qui m'a poussé à effectuer cette recherche réside dans le fait qu'aucun d'entre eux n'a, jusqu'au présent, eu l'opportunité de démontrer sa performance en temps de crise.

Pour ce faire, il a fallu récolter suffisamment de données les concernant afin de disposer d'une image claire et fidèle de leur mode de fonctionnement. La première partie du mémoire a mis en évidence le fait que l'automatisation de la gestion de portefeuille par Robo-advisors ne repose pas sur une innovation majeure qu'auraient pu apporter les moyens technologiques. Cette automatisation permet uniquement de réduire les frais par le biais d'une diminution du personnel nécessaire par rapport aux acteurs en gestion traditionnelle.

Les recherches ont mis en évidence que les Robo-advisors fonctionnent sur un modèle de gestion passive. Les ajustements qui ont lieu dans les portefeuilles qu'ils gèrent ne s'effectuent pas sur base d'une évolution de risque mais sur base de la variation du poids des actifs. En effet, lorsqu'un portefeuille est constitué, le Robo va procéder à des réallocations dans le but de rester le proche possible de l'allocation cible. Ces informations ont théoriquement permis de conclure que sur base de ce modèle, il n'était pas possible de se protéger d'une crise.

Dans la deuxième partie du mémoire, un modèle du Robo-advisor a été créé sur base des données récoltées dans la littérature. Le but de cette approche a été d'appliquer ce modèle à une situation de crise réelle. Pour cela, la crise de 2008 a été choisie. Cette application a confirmé les suppositions de la première partie. Aucun des portefeuilles ayant subi de réallocations sur base de l'évolution du poids des actifs n'aurait été protégé lors de la crise de 2008. Les résultats ont cependant révélé que le retour à l'investissement initial est plus rapide que lorsqu'aucune réallocation n'est appliquée. La performance des portefeuilles réalloués était également supérieure à long-terme.

L'hypothèse d'une performance améliorée en procédant à des réallocations sur base de l'augmentation de la volatilité ne s'est pas confirmée. Les résultats ont démontré que sur les trois cas de figures analysés, les performances étaient médiocres sur toute la période prise en compte.

La réalisation de cette deuxième partie a nécessité une concentration accrue et a pris un temps considérable. L'ensemble de la modélisation a été réalisée à l'aide de MS Excel. La composition des formules utilisées pour les réallocations a nécessité l'exécution d'un nombre considérable d'essais avant d'aboutir à un modèle fonctionnel.

La critique personnelle que j'émets sur base de mes recherches et de mes calculs par rapport aux Robo-advisors en gestion passive tel que nous les connaissons aujourd'hui, est qu'il s'agit selon moi d'un produit marketing attirant pour les jeunes générations sans innovation majeure. Il ne s'agit pas pour un autant d'un mauvais produit car les faibles frais de gestion et la diversification grâce aux ETF ont permis depuis 2008 d'afficher de beaux résultats. Par contre, comme tous les investisseurs passifs, ils cherchent à suivre le marché. En rationalisant mathématiquement les ordres sur base de la théorie de Harry Makowitz, sans intervention humaine, il semble inévitable que la crise actuelle ne soit pas amortie.

Que deviendront les Robo-advisors demain ? Le modèle sera-t-il considéré comme un échec avec le risque d'exacerber la confiance des investisseurs ? Les modèles seront-ils revus ? Seul l'avenir nous le dira.

### Limites

Les limites générales de ce mémoire se trouvent dans l'accès aux informations. En effet, le Robo-advising étant une matière relativement nouvelle, peu d'informations concernant les algorithmes qu'ils utilisent sont disponibles. Je suis donc parti des informations disponibles pour créer mon modèle. Il serait possible que certains Robo-advisors utilisent des paramètres plus complexes que ceux utilisés dans la partie quantitative. Il n'est pas à exclure que certains modèles pourraient produire de meilleurs résultats que ceux obtenus dans ce mémoire.

Malgré le fait que des modèles plus complexes sont certainement appliqués, je ne pense pas que les performances en seraient fondamentalement différentes. La majorité d'entre eux affirment utiliser *la théorie moderne du portefeuille* telle qu'également utilisée dans mon modèle.

Quelques sociétés proposant des Robo-advisors ont été contactées afin d'obtenir plus d'informations sur leur mode de fonctionnement. Malheureusement, aucune d'entre elles ne m'a apporté de réponse susceptible de réorienter mes recherches. Avec du recul, j'aurais pu être plus persuasif et intuitif pour obtenir des réponses plus profitables. Lorsque je me suis présenté en tant qu'étudiant réalisant un mémoire sur le sujet, les réponses ont pour la plupart, été brèves et sans suivi. Lorsque je me suis présenté comme client potentiel, des réponses m'ont été données dans un but essentiellement commercial, sans présenter une quelconque utilité pour mes recherches.

## Recherches futures

Il serait intéressant à l'avenir d'effectuer des recherches et analyses relatives à la performance des Robo-advisors après la crise du Covid-19. En effet, les résultats des investigations de ce mémoire ont mis en évidence que le modèle ne serait pas pertinent en temps de crise. Les Robo-advisors n'ayant jusqu'à présent jamais été confrontés à des turbulences boursières telles que nous les connaissons aujourd'hui, les rapports de performances qui seront observables après la crise Covid-19 serviront à vérifier les suppositions émises tout au long de ce mémoire.

## Bibliographie

- Abcbourse. (2020). *La volatilité dans la mesure du risque*. Récupéré sur Abcbourse: [https://www.abcbourse.com/apprendre/19\\_volatile.html](https://www.abcbourse.com/apprendre/19_volatile.html)
- Abcbourse. (2020). *Variance et covariance - partie 1*. Récupéré sur Abcbourse: [https://www.abcbourse.com/apprendre/19\\_variance\\_covariance.html](https://www.abcbourse.com/apprendre/19_variance_covariance.html)
- Allocca, S. (2019, avril 10). *Robos survived a volatile year. What happens when it's worse?* Récupéré sur Financial Planning: <https://www.financial-planning.com/news/can-robo-advisors-survive-a-market-downturn>
- Anspach, D. (2019, novembre 24). *What Is a Robo Advisor and How Do They Work?* Récupéré sur The Balance: <https://www.thebalance.com/what-is-a-robo-advisor-and-how-do-they-work-4097134>
- Beketov, M., Lehmann, K., & Wittke, M. (2018, septembre 27). Robo Advisors: quantitative methods inside the robots. *Journal of Asset Management*, 19, pp. 363-370.
- Belanche, D., Casaló, L., & Flavián, C. (2019, mars 28). Artificial Intelligence in FinTech: understanding robo-advisors adoption among customers. *Industrial Management & Data Systems*, pp. 1411-1430.
- Bloomberg. (2020). *SPDR S&P 500 ETF Trust*. Récupéré sur Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/quote/SPY:US>
- Bowley, G. (2010). Lone \$4.1 Billion Sale Led to 'Flash Crash' in May. *The New York Times*.
- Breckenfelder, J. (2019). *Competition among high-frequency traders, and market quality*. European Central Bank.
- Breen, O. (2019, août 5). *Jon Stein: Our core original business today is throwing off the cash we're [now] investing in a lot of businesses, including banking. Betterment paints it black in robo retail, making it a 'real company,' with JP Morgan and Bank of America on its new whi*. Récupéré sur RIABiz: <https://riabiz.com/a/2019/8/5/betterment-paints-it-black-in-robo-retail-making-it-a-real-company-with-jp-morgan-and-bank-of-america-on-its-new-whiteboard-hit-list>
- Brison, S. (2020, mars 20). *Titan Review: Invest Like a World-Class Hedge Fund for Free*. Récupéré sur Listen Money Matters: <https://www.listenmoneymatters.com/titan-invest-review/>
- Bronstein, W. (2019). *A Guide to Automatic Portfolio Rebalancing*. Récupéré sur Best Robo Advisors: <https://www.bestroboadvisors.org/article/automatic-portfolio-rebalancing/>
- Buron, S. (2019). Bientôt des robots-conseillers? Pourquoi les banques avancent avec prudence... *Trends Tendances*.

- Capponi, A., Olafsson, S., & Zariphopoulou, T. (2019). *Personalized Robo-Advising: Enhancing Investment through Client Interaction*. Austin: University of Texas.
- CFA, I. (2016). *Fintech Survey Report*. CFA Institute.
- Chataigner, M. (2017, octobre 1). *POUR ALLER PLUS LOIN – ROBO-ADVISOR ET RISQUE DE MODÈLE*. Récupéré sur Wesave: <https://blog.wesave.fr/vie-pratique/robo-advisor-et-risque-de-modele/>
- Chen, J. (2018, janvier 11). *Actively Managed ETF*. Récupéré sur Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/a/actively-managed-etf.asp>
- Chen, J. (2020, février 4). *Modern Portfolio Theory (MPT)*. Récupéré sur Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/m/modernportfoliotheory.asp>
- Commerzbank. (2017, juin). Techniques de gestion de portefeuille : La corrélation... Ou la recherche de la bonne combinaison ! *Strike, 181*.
- Cross, D. (2015, juillet 1). *The Rise of High-Frequency Trading: A Brief History*. Récupéré sur TraderHQ: <https://traderhq.com/trading-education/the-rise-of-high-frequency-trading/>
- D'Acunto, F., Prabhala, N., & Rossi, A. G. (2018). The Promises and Pitfalls of Robo-advising. *Center for Economic Studies and Ifo Institute (CESifo)*.
- Day, M.-Y., Lin, J.-T., & Chen, Y.-C. (2018). Artificial Intelligence for Conversational Robo-Advisor. *International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)* (pp. 1057-1064). Barcelone: IEEE/ACM.
- Decaudain, N. (2020). *Trackers et ETF : Investir en Bourse – Guide 2020*. Récupéré sur Avenue des Investisseurs: <https://avenuedesinvestisseurs.fr/comprendre-investir-bourse/trackers-performance-investir-bourse-pea-indiciel/>
- Dupray, B. (2018, décembre 18). *Définition du pas de cotation*. Récupéré sur Central Charts : <https://www.centralcharts.com/fr/gm/1-apprendre/5-trading/12-debutant/963-pas-de-cotation>
- Egan, D. (2014, mai 07). *Explore Betterment's Historical Performance*. Récupéré sur Betterment: <https://www.betterment.com/resources/betterment-historical-performance/>
- Fauth, A. (2013). *Trading Haute Fréquence Modélisation et Arbitrage Statistique*. Lille: Université Lille I .
- FiscalFrontiers. (2018, novembre 14). *A BRIEF HISTORY OF ROBO-ADVISORS*. Récupéré sur Fiscal Frontiers: <https://www.fiscalfrontiers.com/post/a-brief-history-of-robo-advisors>

- Fontinelle, E. (2019, 29 novembre). *ETF Tracking Errors: Protect Your Returns*. Récupéré sur Investopedia:  
<https://www.investopedia.com/articles/exchangetradedfunds/09/tracking-error-etf-funds.asp>
- Franckenfield, J. (2020, mars 28). *What Is a Robo-Advisor?* Récupéré sur Investopedia:  
<https://www.investopedia.com/terms/r/roboadvisor-roboadviser.asp>
- Haugh, M. (2016). *Mean-Variance Optimization and the CAPM*. Foundations of Financial Engineering.
- Hoste, O. (2015). *L'IMPACT DU TRADING A HAUTE FREQUENCE SUR LA STABILITE ET L'INTEGRITE DES MARCHES FINANCIERS*. Bruxelles: ICHEC & Louvain School of Management.
- Hunter, S. (2019, octobre 2). *Titan, the First Robo-Advisor to Offer Actively Managed Portfolios, Launches Individual Retirement Accounts Platform*. Récupéré sur Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/press-releases/2019-10-02/titan-the-first-robo-advisor-to-offer-actively-managed-portfolios-launches-individual-retirement-accounts-platform>
- Jacobs, Q. (2019). *A study on active versus passive investment management*. Bruxelles: KUL.
- Jie Yang, H. Y. (2017, mai 18). How Robo-Advisors Manage Investment Portfolios. *Cutter Business Technology Journal*, pp. 14-26.
- Kaya, O. (2016). *High-frequency trading*. Frankfurt: Deutsche Bank.
- Kaya, O. (2017). *Robo-advice – a true innovation in asset management*. Frankfurt: Jan Schildbach.
- Kennedy, M. (2020, mars 28). *9 Reasons ETFs Can Benefit Your Portfolio*. Récupéré sur The Balance: <https://www.thebalance.com/nine-reasons-etfs-can-benefit-your-portfolio-1214711>
- Kitces, M. (2016, mai 4). *Finding The Optimal Rebalancing Frequency – Time Horizons Vs Tolerance Bands*. Récupéré sur Kitces: <https://www.kitces.com/blog/best-opportunistic-rebalancing-frequency-time-horizons-vs-tolerance-band-thresholds/>
- Klein, D., Daza, R., & Mead, H. (2013). Harry M. Markowitz Ideological Profiles of the Economics Laureates. *Econ Journal Watch*, 440-443.
- Labouré, M., Fisch, J., & Turner, J. (2018, décembre 01). The Emergence of the Robo-advisor. *Wharton Pension Research Council Working Papers*.
- Lin, C.-M. (2007). An Effective Decision-Based Genetic Algorithm Approach to Multiobjective Portfolio Optimization Problem. *Applied Mathematical Sciences*, 1, pp. 201-210.

Montanier, F. (2019). *Robo-advisors : quelles opportunités pour l'assureur-vie ?* Paris: Université de Paris Dauphine.

Murphy, C. (2019, mai 14). *Counterparty Risk*. Récupéré sur Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/c/counterpartyrisk.asp>

*Notre méthodologie d'investissement.* (2020). Récupéré sur Easyvest: <https://www.easyvest.be/fr/approach>

O'Connel, B. (2020, mars 3). *What Are the Oldest Mutual Funds?* Récupéré sur The Street: <https://www.thestreet.com/investing/funds/mutual-funds/oldest-mutual-funds>

Palmer, B. (2020). *Mutual Funds vs. ETFs: What's the Difference?* Investopedia.

Petit, E. (2018). *LES TYPES DE RÉPLICATION (PHYSIQUE / SYNTHÉTIQUE) DES ETF ET LES RISQUES ASSOCIÉS.* Récupéré sur Epargnant 3.0: <https://www.epargnant30.fr/etf-replication-physique-synthetique-risques/>

Poitras, G. (2009). *Arbitrage: Historical Perspectives*. Vancouver: Simon Fraser University .

PwC. (2017). *Asset & Wealth Management Revolution: Embracing Exponential Change.* PwC.

Rice, B. (2017). *The Upside of the Downside of Modern Portfolio Theory*. Investment & Wealth Institute .

Riquier, A. (2019, octobre 30). *Is it time for ETFs to get active?* Récupéré sur Market Watch: <https://www.marketwatch.com/story/is-it-time-for-etfs-to-get-active-2019-10-22>

RoboAdvisors. (2020). *History of Robo Advisors*. Récupéré sur RoboAdvisors: <https://roboadvisors.com/history-of-robo-advisors/index.html>

Rousseau, B. (2013, 6 4). *Définition d'Ecart type*. Récupéré sur Andill: <https://www.andlil.com/definition-decart-type-130536.html>

Rousseau, B. (2015, novembre 19). *Le portefeuille efficient selon Markowitz*. Récupéré sur Andill: <https://www.andlil.com/le-portefeuille-efficient-selon-markowitz-144615.html>

Sarykalin, S., Serraino, G., & Uryasev, S. (2008, septembre). Value- at-Risk vs Conditional Value-at-Risk in Risk Management and Optimization. *utorials in Operations Research*, pp. 271-294.

Schweitzer, V. (2019, octobre 2). *Only 20% of Affluent Millennials are Using Robo-Advisors.* Récupéré sur Investopedia: <https://www.investopedia.com/study-affluent-millennials-are-warming-up-to-robo-advisors-4770577>

Scott-Briggs, A. (2016). *What is a Robo- Advisor, Origin and History? Read More* <https://techbullion.com/robo-advisor-origin-history/>. Récupéré sur TechBullion: <https://techbullion.com/robo-advisor-origin-history/>

- SEC. (2019, octobre 2). *Investment Company Act of 1940*. Récupéré sur Security Exchange Commission:  
<https://legcounsel.house.gov/Comps/Investment%20Company%20Act%20Of%201940.pdf>
- Semko, R. (2019, décembre 09). Machine learning for robo-advisors: testing for neurons specialization. *Investment Management and Financial Innovations*, pp. 205-212.
- Singh, I., & Kaur, N. (2017, juin 7). Wealth Management Through Robo Advisory. *International Journal of Research - Granthaalayah*, pp. 33-43.
- Statista. (2019, septembre). *Robo-Advisors*. Récupéré sur Statista:  
<https://www.statista.com/outlook/337/100/robo-advisors/worldwide>
- Stein, J. (2016, juillet 20). *The History of Betterment: Changing an Industry*. Récupéré sur Betterment: <https://www.betterment.com/resources/the-history-of-betterment/>
- Strzelczyk, B. E. (2018, mars 13). Rise of the Machines: The Legal Implications for Investor Protection with the Rise of Robo-Advisors. *De Paul Business & Commercial Law Journal*.
- Szimigiera, M. (2019). *ETFs - Statistics & Facts*. Récupéré sur Statista:  
<https://www.statista.com/topics/2365/exchange-traded-funds/>
- TechCrunch. (2020). *Disrupt SF 2020*. Récupéré sur TechCrunch:  
<https://techcrunch.com/events/disrupt-sf-2020/>
- Yomoni. (2020). *Nos profils d'investissement*. Récupéré sur Yomoni:  
<https://www.yomoni.fr/performances/profils-investissement>
- Zenti, R. (2015, Octobre 16). *Too much Modern Portfolio Theory in the Fintech arena*. Récupéré sur LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/too-much-modern-portfolio-theory-fintech-arena-raffaele-zenti/>