

Analyse de la pertinence de l'utilisation de la volatilité sur le SMI

Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES

par :

Christopher KIRSCH

Conseiller au travail de Bachelor :
(Frédéric RUIZ, chargé de cours HEG)

Genève, le 19 Août 2011
Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)
Filière Economie d'Entreprise

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre Bachelor en Économie d'Entreprise : Orientation Banque et Finance. L'étudiant accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celle du conseiller au travail de Bachelor, du juré et de la HEG.

« J'atteste avoir réalisé seul le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. »

Fait à Genève, le 18 août 2011

Christopher Kirsch

Remerciements

Je tiens à exprimer une profonde gratitude à Monsieur Frédéric Ruiz, professeur attitré de ce mémoire, qui, avec le sourire et la bonne humeur, a toujours su me guider vers la lumière et sans qui ce travail n'aurait jamais vu le jour. Je le remercie particulièrement pour ses conseils avisés, pour le caractère pratique de ses critiques ainsi que pour les contacts qu'il m'a fournis tout au long de la réalisation de cet ouvrage.

De même, je suis reconnaissant à Monsieur Costas Lemos et à Monsieur Jacques Roulet, pour leur support indispensable à cet ouvrage, notamment pour toutes les étapes engageant un savoir faire dans le domaine des statistiques. De plus, je leur suis redevable d'avoir apporté un regard professionnel sur la nature de mon travail, un aspect parfois négligé par certains ouvrages académiques.

Je tiens également à remercier la Haute École de Gestion de Genève ainsi que l'intégralité du corps professoral qui a contribué, soit de manière active à cet ouvrage (je pense ici à Monsieur Nils Tuchs Schmid, Monsieur Sacha Varone et Monsieur Francesco Mauresino), soit de manière passive de par la formation qu'ils m'ont apportée tout au long de mon cursus académique.

Merci enfin à toute ma famille et particulièrement à mes parents qui m'ont continuellement soutenu dans le choix de mes orientations scolaires et supportés durant les périodes délicates que sont les mois d'examens.

Sommaire

Le risque est une notion abstraite pour laquelle chaque homme se forge sa propre définition. Effectivement, chaque individu, selon son éducation et ses expériences, perçoit le risque différemment. Couramment assimilé à une situation dommageable, le risque peut être pourtant source de bénéfice. Cette croyance est particulièrement partagée dans le domaine de la finance où la gestion du risque est devenue un véritable savoir-faire. Cependant, se fondant continuellement sur des théories statistiques pour guider leurs choix d'investissement, les intermédiaires financiers oublient parfois que l'histoire regorge de grands préceptes démentis.

Inlassablement utilisée en finance, la volatilité est sans doute la plus appréciée des mesures statistiques quand il s'agit d'évaluer le risque d'un actif. Mais cet outil est-il vraiment si performant ? L'objectif de ce mémoire est d'analyser la pertinence de l'utilisation de la volatilité quant à la décision d'un investissement futur. L'univers d'actifs étant de composition aussi étendue et complexe que l'univers stellaire, les recherches entreprises dans ce document se limitent au Swiss Market Index (SMI).

Les résultats de l'étude démontrent, sans surprise, qu'aucun modèle testé de volatilité estimée à l'instant présent peut être considéré comme une vérité absolue de l'avenir. Pire, l'intégralité des modèles étudiés s'avère être de piètres indicateurs quant à la future volatilité réalisée. Assurément, certains modèles disposent d'une fiabilité de prédiction supérieure à d'autres, comme la volatilité implicite par exemple. Mais les résultats obtenus proscrivent fortement de vouer une confiance totale dans un seul et même modèle lors de la sélection des actifs. Ils suggèrent, au contraire, l'utilisation parallèle de la volatilité historique et de la volatilité implicite afin d'améliorer l'estimation de la future volatilité réalisée. Par ailleurs, pour conforter ses choix d'investissement, l'utilisation d'un maximum d'indicateurs, différents de la volatilité mais complémentaires dans l'évaluation du risque d'un actif, semble être de bonne augure.

Table des matières

Déclaration.....	i
Remerciements	ii
Sommaire.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des Tableaux	vi
Liste des Figures.....	ix
Introduction	1
1. Le risque en finance	3
1.1 Le risque de liquidité.....	4
1.2 Le risque de crédit.....	4
1.3 Le risque opérationnel	5
1.4 Le risque de modèle	6
1.5 Le risque de change	6
1.6 Le risque de contrepartie	6
1.7 Le risque de marché.....	7
2. Les outils de mesure de risque sur le marché des actions	9
2.1 La volatilité.....	9
2.1.1 La volatilité historique :	10
2.1.2 La volatilité « plus haut » - « plus bas » de Parkinson	11
2.1.3 La volatilité Implicite	12
2.1.4 La volatilité anticipé et modèle ARCH et GARCH.....	13
2.2 Semi-variance	14
2.3 La Value at Risk	14
2.3.1 La méthode de la matrice des variances-covariances.....	16
2.3.2 La méthode des simulations de Monte-Carlo.....	17
2.3.3 La méthode des simulations historiques	17
2.3.4 La forme absolue/relative	18
2.3.5 Back testing/ stress testing	19
2.3.6 La C-VAR (expected shortfall)	19
2.3.7 L'incrémental VAR	20
2.4 Skewness	21
2.5 Kurtosis.....	22
2.6 Drawdown	23

3. Analyse de la pertinence de l'utilisation de la volatilité sur le marché des actions	25
3.1 Étape 1 : Récolte des données	26
3.2 Étape 2 : Calculs des volatilités.....	27
3.3 Étape 3 : Différence en valeur absolue	30
3.4 Étape 4 : Tests de « Student »	31
3.5 Étape 5 : Tests de régression	32
4. Présentation des résultats obtenus et recommandations personnelles	36
4.1 Présentation et analyse des résultats	37
4.2 Recommandations personnelles	43
Conclusion.....	45
Bibliographie	46
Annexe 1 Résultats de l'analyse sur SMI.....	50
Annexe 2 Résultats de l'analyse sur UBS.....	55
Annexe 3 Résultats de l'analyse sur Nestlé.....	60
Annexe 4 Résultats de l'analyse sur Novartis	65
Annexe 5 Résultats de l'analyse sur CS	70

Liste des Tableaux

Tableau 1	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée (Différence en valeur absolue depuis 94).....	37
Tableau 2	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée (T-Stat depuis 94).....	38
Tableau 3	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée (β et \bar{R}^2 depuis 94)	39
Tableau 4	Vol. Hist. et Vol. Implicite VS Vol. Réalisée (Diff. en VA depuis 06).....	40
Tableau 5	Vol. Hist. et Vol. Implicite VS Vol. Réalisée (T-Stat depuis 06)	41
Tableau 6	Vol. Hist. et Vol. Implicite VS Vol. Réalisée (β et \bar{R}^2 depuis 06)	42
Tableau 7	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 94, glissant)	50
Tableau 8	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Test de régression depuis 94, glissant)	50
Tableau 9	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 94, buckets).....	51
Tableau 10	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Test de régression depuis 94, buckets).....	51
Tableau 11	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 06, glissant)	52
Tableau 12	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Test de régression depuis 06 glissant)	52
Tableau 13	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 06, buckets).....	52
Tableau 14	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Test de régression depuis 06 buckets).....	53
Tableau 15	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 06, glissant)	53
Tableau 16	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Test de régression depuis 06 glissant)	53
Tableau 17	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 06, buckets).....	54
Tableau 18	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour le SMI (Test de régression depuis 06, buckets).....	54
Tableau 19	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 94, glissant).....	55
Tableau 20	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Test de régression depuis 94 glissant).....	55
Tableau 21	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 94, buckets)	56
Tableau 22	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Test de régression depuis 94 buckets)	56
Tableau 23	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 06, glissant).....	57
Tableau 24	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Test de régression depuis 06, glissant).....	57

Tableau 25	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 06, buckets)	57
Tableau 26	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour UBS (Test de régression depuis 06, buckets)	58
Tableau 27	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 06, glissant)	58
Tableau 28	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour UBS (Test de régression depuis 06, glissant)	58
Tableau 29	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 06, buckets)	59
Tableau 30	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour UBS (Test de régression depuis 06, buckets)	59
Tableau 31	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 94, glissant)	60
Tableau 32	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Test de régression depuis 94, glissant)	61
Tableau 33	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 94, buckets)	61
Tableau 34	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Test de régression depuis 94, buckets)	61
Tableau 35	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 06, glissant)	62
Tableau 36	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Test de régression depuis 06, glissant)	62
Tableau 37	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 06, buckets)	62
Tableau 38	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NES (Test de régression depuis 06, buckets)	63
Tableau 39	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 06, glissant)	63
Tableau 40	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NES (Test de régression depuis 06, glissant)	63
Tableau 41	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 06, buckets)	64
Tableau 42	Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NES (Test de régression depuis 06, buckets)	64
Tableau 43	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 94, glissant)	65
Tableau 44	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Test de régression depuis 94, glissant)	65
Tableau 45	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 94, buckets)	66
Tableau 46	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Test de régression depuis 94, buckets)	66
Tableau 47	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 06, glissant)	67
Tableau 48	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Test de régression depuis 06, glissant)	67
Tableau 49	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 06, buckets)	67
Tableau 50	Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour NOV (Test de régression depuis 06, buckets)	68

<u>Tableau 51</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 06, glissant).....</u>	<u>68</u>
<u>Tableau 52</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NOV (Test de régression depuis 06, glissant).....</u>	<u>68</u>
<u>Tableau 53</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 06, buckets)</u>	<u>69</u>
<u>Tableau 54</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour NOV (Test de régression depuis 06, buckets)</u>	<u>69</u>
<u>Tableau 55</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 94, glissant)</u>	<u>70</u>
<u>Tableau 56</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Test de régression depuis 94, glissant)</u>	<u>70</u>
<u>Tableau 57</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 94, buckets).....</u>	<u>71</u>
<u>Tableau 58</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Test de régression depuis 94, buckets).....</u>	<u>71</u>
<u>Tableau 59</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 06, glissant)</u>	<u>72</u>
<u>Tableau 60</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Test de régression depuis 06, buckets).....</u>	<u>72</u>
<u>Tableau 61</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 06, buckets).....</u>	<u>72</u>
<u>Tableau 62</u>	<u>Vol. Hist. VS Vol. Réalisée pour CS (Test de régression depuis 06, buckets).....</u>	<u>73</u>
<u>Tableau 63</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 06, glissant)</u>	<u>73</u>
<u>Tableau 64</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour CS (Test de régression depuis 06, glissant)</u>	<u>73</u>
<u>Tableau 65</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 06, buckets).....</u>	<u>74</u>
<u>Tableau 66</u>	<u>Vol. Imp. VS Vol. Réalisée pour CS (Test de régression depuis 06, buckets).....</u>	<u>74</u>

Liste des Figures

Figure 1	Effet de masque de la volatilité historique.....	11
Figure 2	Illustration de la Value at Risk.....	15
Figure 3	Value at Risk absolue VS Value at Risk relative.....	18
Figure 4	Représentation graphique de la CVaR.....	20
Figure 5	L'incrémental VaR.....	21
Figure 6	Différence entre un skew positif et un skew négatif.....	22
Figure 7	Plusieurs formes d'aplatissement observables.....	23
Figure 8	Représentation graphique d'un maximum drawdown.....	24
Figure 9	Pondérations sectorielles du SMI (au 30.12.2010).....	25
Figure 10	Exemples de calculs réalisés sur un fichier MS Office Excel.....	28
Figure 11	Principe de base d'une régression linéaire simple.....	32
Figure 12	Représentations graphiques des deux extrêmes que peut prendre le R^2	33
Figure 13	Résultat d'un test de régression réalisé par l'utilitaire d'analyse d'Excel.....	35
Figure 14	Evolutions de la Vol. Implicite par rapport à la Vol. Réalisée (SMI, 2006)	43
Figure 15	Vol implicite VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 06, glissant).....	54
Figure 16	Vol implicite VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 06, glissant).....	59
Figure 17	Vol implicite VS Vol. Réalisée pour NES (Depuis 06, glissant).....	64
Figure 18	Vol implicite VS Vol. Réalisée pour NOV (Depuis 06, glissant).....	69
Figure 19	Vol implicite VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 06, glissant).....	74

Introduction

Dans le milieu de la finance, les gestionnaires de portefeuille sont perpétuellement à la recherche du portefeuille qui, pour un univers d'actifs et un horizon temps donné, optimise la relation risque-rendement selon la théorie moderne du portefeuille introduit par Markovitz (1952). En effet, selon cette théorie reposant sur un critère normatif simple, les investisseurs devraient établir des portefeuilles qui maximisent le rendement pour un risque donné ou, inversement, qui minimisent le risque pour un rendement donné.

Pour ce faire, ils utilisent quotidiennement une multitude d'indicateurs sur lesquels ils fondent leurs décisions d'investissement. Ces indicateurs sont généralement issus de différents modèles statistiques ayant chacun des propriétés différentes mais ayant tous une vocation à traduire le risque et/ou le rendement d'un actif. Malgré une diversité de choix considérable, un indicateur est distinctement préféré pour exprimer le risque d'un actif ou d'un groupe d'actifs : La volatilité.

La volatilité représente, dans sa forme la plus simple, l'écart-type des rendements sur une période donnée. Bien qu'elle présente de nombreuses faiblesses (détaillées plus loin dans cet ouvrage), cette approche est employée par tous les gestionnaires de portefeuille dans le monde et constitue un critère prédominant dans leurs décisions d'investissement.

Dés lors, comment expliquer une telle confiance dans un contexte où l'utilisateur a parfaitement connaissance (en général) de la fragilité du modèle ? Est-il vraiment pertinent de se fier à la volatilité ou est-ce totalement démunie de sens ? Existe-il des horizons temporels et/ou des formes de volatilité ayant des probabilités de prédiction supérieure à d'autres ?

C'est autour de toutes ces questions que cet ouvrage a été constitué. Ainsi, l'objectif principal de ce document est d'établir un processus permettant de quantifier la pertinence de l'utilisation de la volatilité et de ses dérivations afin de démontrer si les investisseurs ont raison de la confiance qu'ils fondent en ces outils. L'univers des actifs étant composé d'une telle diversité d'instruments aux propriétés différentes, parfois même opposées, qu'il a été décidé de limiter l'étude aux actions formant le Swiss Market Index (le SMI).

Afin d'aborder la problématique dans les meilleures conditions qui soient et offrir au lecteur une vue d'ensemble du domaine d'étude, il nous est apparu nécessaire de réaliser initialement quelques recherches sur la notion du risque et d'en exposer plusieurs composantes dans cette ouvrage. De ce fait, nous commencerons par détailler, dans le chapitre 1, ce qu'est le risque dans sa forme la plus simple ainsi que les propriétés qui la caractérisent. Nous consacrerons également ce chapitre à l'énumération et à la description des différentes formes de risque auxquelles nous pouvons être confrontées sur le marché des actions.

Dans le chapitre 2, nous poursuivrons sur un descriptif de plusieurs modèles statistiques employés en finance pour mesurer le risque de marché sur les actions. À noter que la liste des outils statistiques exposée n'est en aucun cas exhaustive et qu'il existe de nombreux autres modèles. Néanmoins, désirant réaliser un ouvrage simple et concis, nous avons opté pour la présentation des principaux modèles uniquement et avons volontairement écarté des modèles aux approches sophistiquées, qui sont, qui plus est, généralement moins populaire.

Ensuite, dans le chapitre 3, nous entamerons la problématique centrale de ce document en nous concentrons sur un modèle en particulier qui est la volatilité et ses multiples dérivations. Dans ce chapitre, nous exposerons pas à pas les étapes de l'analyse destinée à identifier les formes de volatilité les plus fiables en décrivant précisément les méthodes utilisées de manière séquentielle.

Une fois l'analyse réalisée, nous présenterons, dans le chapitre 4, une classification des différentes formes de volatilité selon leur fiabilité, et donc in facto leur force de prédiction. Effectivement, en se fondant sur la volatilité d'un actif calculé à l'instant présent en souhaitant qu'elle représente un scénario futur, les investisseurs accordent d'une certaine façon implicitement une vertu prédictive à la volatilité.

Les classements exposés, il nous sera possible, toujours dans le chapitre 4, d'établir plusieurs recommandations en fonction des résultats obtenus et de notre propre interprétation de ceux-ci. Nous terminerons ce travail par une conclusion générale exprimant en quelques mots l'appréciation générale tirée de cette aventure semée d'embûches qu'était la réalisation de ce travail.

1. Le risque en finance

Le risque est un terme généralement mal interprété et souvent associé à des situations non désirables dans nos sociétés contemporaines. On retrouve souvent comme synonyme du risque des termes péjoratifs tels que « le danger », « la menace » ou encore « le péril ». Or, sans prise de risque, il ne peut y avoir de gain, car l'un ne peut exister sans l'autre. En effet, le risque est une notion qui caractérise l'association de deux éléments cohabitants. Le premier, l'enjeu, se définit comme l'espérance de gain et/ou l'appréhension de la perte. Le deuxième, le hasard, est certainement plus complexe à discerner. Il représente, en quelque sorte, l'incertitude, c'est-à-dire la conséquence inconnue d'un acte entrepris. Cette variable est la composante du risque que l'homme recherche à contrôler depuis de nombreux siècles à l'aide de méthodes scientifiques et empiriques telles que la théorie des probabilités dont Blaise Pascal a largement contribué à en fonder les principes au 17^{ème} siècle. Effectivement, selon les déterministes des sciences, tout événement a obligatoirement une cause. De ce fait, le hasard ne représenterait que des situations dont les systèmes dynamiques sont d'une telle complexité que l'esprit humain ne peut en discerner les finalités.

Malgré que les fondements du risque soient reconnus par tous, les différents secteurs d'activité perçoivent rarement le risque de la même manière. Cependant, tous tendent à affirmer qu'il faut l'éliminer. Seul un corps de métier persiste à défendre l'idée qu'il est utopiste et surtout inefficace de supprimer totalement tous les risques : L'industrie de la finance.

Les professionnels issus du monde de la finance sont confrontés à une multitude de risques ayant chacun des caractéristiques différentes. En pratique, ils recherchent à en écarter la plupart, mais sont conscients qu'il est tout de même nécessaire de préserver une certaine exposition afin d'être en mesure de dégager un rendement. En conséquence, dans ce milieu, les intervenants ont compris qu'il est favorable de se découvrir à un certain degré de risque et que ce degré devait correspondre à l'aversion au risque des investisseurs.

Pour mieux comprendre le risque et l'utilité d'une gestion efficiente de celui-ci, il est nécessaire d'abord d'identifier les différentes formes qu'il peut prendre sur les marchés financiers. Du fait qu'il existe une multitude de formes de risque différentes, nous avons choisi en toute logique de concentrer notre développement uniquement aux formes liées au marché des actions, univers de recherche opté pour l'étude centrale de cet ouvrage.

1.1 Le risque de liquidité

Depuis la crise de crédit déclenchée par les « subprimes » en 2007, nous avons pu constater l'importance d'une bonne gestion du risque de liquidité pour les institutions financières. En effet, durant cette sombre période, de nombreuses banques ont dû faire face à de graves problèmes de financement engendrés par une perte de confiance du public à leur égard. Victimes d'un grand effet de levier qui leur était bénéfique en temps opportun, grand nombre de banques ont subi une forte proportion de flux sortant (que l'on peut même parfois qualifier de « Bankrun ») les poussant à vendre des actifs sur le marché à des prix « de crise ». Engagées dans un rouage maléfique, certaines banques, parfois actives depuis plus d'un siècle, ont été contraintes à mettre la clef sous la porte alors que d'autres, jugées « too big to fail », ont bénéficié d'un sauvetage étatique.

Sur le marché des actions, comme dans de nombreux marchés, une position liquide reflète une position qu'il est possible de dénouer rapidement, c'est-à-dire qu'il est possible de trouver une contrepartie sur le marché sans difficulté. La facilité de dénouement de l'opération est déterminée par plusieurs facteurs : la présence d'un volume important du titre ainsi que la rapidité de transaction de celle-ci constituent de bons exemples pouvant impacter la liquidité d'une action.

Toutefois, il est important de garder à l'esprit que cette liquidité a un coût implicite. Ce coût ne se traduit pas en une perte en capital, mais en une renonciation à une rentabilité plus élevée au travers de taux de dividende plus faible.

1.2 Le risque de crédit

Le risque de crédit, aussi connu sous le nom de risque de défaut, représente la défaillance probable d'une contrepartie dans une transaction financière. Les banques, par le biais des exigences de Bâle II, doivent subir certaines restrictions sur leurs capitaux propres. Établies et publiées par le comité de Bâle en 2004 et entrées véritablement en vigueur en 2008, ces réglementations ont comme objectif principal la couverture des risques de crédit que la banque a sur ses engagements.

Les agences de notation, tels que Standard & Poor's (S&P) et Moody's, jouent un rôle fondamental dans la gestion du risque de crédit. Effectivement, attribuant des notes de crédit (ou de rating) représentant la qualité de l'émetteur d'un emprunt obligataire, elles fournissent des informations cruciales quant à la probabilité de défaut d'une entreprise ou d'un gouvernement. Toutefois, les apprentissages de la récente crise tendent à nous démontrer qu'il faut apporter un regard critique sur les notes fournies par ces

établissements et ne pas aveuglément les considérer comme une note universelle reflétant parfaitement la situation actuelle du titre. En effet, bon nombre de titres subissent la transition d'une note respectable à une note proche du défaut sans avoir à supporter une dégradation progressive de la note par niveau. Or, en pratique, il est peu probable que la société se soit retrouvée en situation précaire d'un jour à l'autre.

Le risque de défaut est généralement associé aux produits obligataires. Néanmoins, les actions comportent un risque de crédit non négligeable, car, en cas de faillite de l'entreprise, les actionnaires se situent à l'ultime rang dans l'ordre des créanciers. En d'autres termes, ils sont les derniers à obtenir les fonds récupérés de la liquidation de la société. Cette prise de risque supplémentaire supportée par les actionnaires résulte en une exigence de rendement de ceux-ci supérieure au taux d'intérêt exigé par les détenteurs d'obligations.

1.3 Le risque opérationnel

En 2001, le comité de Bâle définissait le risque opérationnel comme : « Le risque de pertes résultant de carences ou de défauts attribuables à des procédures, personnels et systèmes internes ou à des événements extérieurs ». On comprend ainsi qu'une forte proportion de ce risque est de nature interne et humaine, et que de ce fait, elle peut être éliminée par la mise en place de systèmes de contrôle efficaces. Néanmoins, il subsiste une proportion d'événements de nature externe sur lesquels la société n'a généralement aucun contrôle, mais pour lesquels il est possible d'introduire des mesures préventives afin d'amoindrir conséquemment leurs impacts. Par exemple, la sauvegarde des données simultanément en plusieurs lieux distincts afin d'éviter leurs pertes lors d'une catastrophe naturelle.

Le risque opérationnel est omniprésent sur le marché des titres. En effet, un grand nombre d'opérations sur titres sont déclenchées par une intervention humaine et sont donc exposées à une erreur humaine. Des personnes passant des ordres d'achats au lieu d'ordres de ventes et vice-versa sont certainement les événements les plus fréquemment rencontrés en pratique pouvant illustrer ce phénomène. Parfois, ces erreurs peuvent engendrer des gains, mais il a été observé en pratique qu'habituellement, une fois l'opération extournée, les fluctuations précédant l'extourne génèrent des pertes.

1.4 Le risque de modèle

En finance, les modèles se définissent comme des méthodes mathématiques d'évaluation d'actifs. Bien qu'ils ne soient que des approximations de la réalité, ils n'en demeurent pas pour autant essentiels à l'évaluation des instruments financiers.

Afin d'élaborer un modèle efficient d'évaluation d'un instrument financier, il est nécessaire d'intégrer les principales caractéristiques de l'actif tout en étant attentif à ne pas rendre le modèle trop complexe à mettre en œuvre.

Le risque de modèle peut prendre deux formes différentes. La première résulte d'une évaluation erronée d'un produit par le modèle, pouvant entraîner un achat d'un actif à un prix surévalué ou inversement, à la vente d'un actif à un prix sous-évalué. La seconde est liée à la couverture. Dans le cas où une société utiliserait un mauvais modèle, les grecques calculées et les couvertures instaurées à la suite de ces calculs seront inexactes.

1.5 Le risque de change

Le risque de change se traduit comme étant l'incertitude d'un investisseur quant aux fluctuations d'une devise ne représentant pas sa monnaie de référence et dans laquelle il détient une position ouverte.

1.6 Le risque de contrepartie

Ce risque représente les probabilités que la contrepartie d'une transaction financière ne remplisse pas ses obligations comme, par exemple, la livraison du titre (lorsque la contrepartie est le vendeur) ou le paiement du titre (lorsque la contrepartie est l'acheteur).

Lorsque les spéculations sont effectuées sur des actions cotées en bourse, l'investisseur ne supporte généralement quasi aucun risque de contrepartie. En effet, il existe sur les marchés organisés des chambres de compensation protégeant les intérêts des deux parties d'une transaction ; acheteurs et vendeurs. En revanche, lorsque des investissements sont effectués sur des actions non coté (« Private Equity »), ils sont réalisés sur des marchés de gré à gré. C'est-à-dire sur un marché où la transaction est conclue directement entre l'acheteur et le vendeur. De ce fait, chaque partie supporte l'entier du risque de contrepartie.

1.7 Le risque de marché

Affectant plus ou moins tous les titres financiers, le risque de marché est exprimé par les variations intervenant sur des instruments financiers qui composent un portefeuille. Les fluctuations étant fonction de l'évolution de l'économie, des décisions politiques ainsi que du sentiment des investisseurs quant à leurs perceptions vis-à-vis des évolutions futures, le risque de marché est indépendant de la volonté d'un seul et unique investisseur. Se basant sur la théorie moderne du portefeuille, les incertitudes propres aux marchés sont généralement associées au risque de variabilité.

Le risque de variabilité correspond à la dispersion des rentabilités autour de la rentabilité moyenne. En conséquence, plus la dispersion est importante, plus le risque de variabilité est élevé. Mesuré à l'aide de l'écart-type, appelé aussi volatilité en finance, ce risque peut être décomposé en deux parties. D'un côté, les rentabilités supérieures à la moyenne (« upside risk » ou « bon risque ») de l'autre, les rentabilités inférieures à la moyenne (« downside risk » ou « mauvais risque »). Si la distribution des rendements est parfaitement symétrique, à savoir que la médiane est égale à la moyenne (loi normale), l'upside risk et le downside risk ont la même probabilité. Néanmoins, en pratique, il est beaucoup plus fréquent d'observer des rendements à distribution asymétrique et de ce fait, l'upside risk et le downside risk ont très rarement la même probabilité de survenance.

Lorsque l'on parle d'une probabilité de rentabilité suffisamment négative pour être considérée comme ruineuse pour l'investisseur, on se rapporte au risque de ruine. Le seuil auquel l'investisseur est considéré en ruine dépend de sa capacité à pouvoir supporter des pertes conséquentes.

On peut décomposer le risque de marché en trois catégories :

Le risque spécifique :

Ce sont les incertitudes liées à l'évolution d'un actif en particulier qui compose un portefeuille. Elles sont donc étroitement liées à l'activité et à la santé économique d'une seule et même société. Un incendie dans l'usine, une mauvaise gestion, un service devenu obsolète sont des exemples qui constituent le risque spécifique d'un titre. Aussi appelé risque intrinsèque ou risque idiosyncrasique, ce risque peut être éliminé, sur la base de la théorie moderne du portefeuille, par l'effet bénéfique d'une bonne diversification (Markowitz, 1959). Ainsi, il n'est pas à considérer comme un facteur rémunérateur dans un portefeuille de titres.

À noter qu'il faut comprendre par effet bénéfique de diversification : l'élimination des impacts indésirables d'une variation propre à un seul titre par la construction d'un portefeuille avec une quantité suffisante d'actif décorrélé (15-20 titres en l'occurrence sur le marché des actions).

Le risque systématique :

Reposant sur la théorie du CAPM (Sharpe, 1964), le risque systématique est exprimé par le coefficient Bêta (quantité de risque) et l'excédent de rendement du marché (prime de risque). Il se rapporte donc à la corrélation entre la volatilité d'un titre et la volatilité de l'ensemble du marché auquel le titre en question est issu. Il représente habituellement le réel risque de marché à considérer, car il est le principale rémunérateur dans un portefeuille d'actions, le risque spécifique ayant été au préalable éliminé par une bonne diversification.

Le risque systémique :

Ce risque exprime la probabilité de survenance d'un dysfonctionnement entraînant la paralysie totale d'un système financier dans une zone étendue ou dans le monde entier. Lors de la précédente crise, les différents acteurs du marché craignaient un tel risque et particulièrement les conséquences dévastatrices qui en résultent, à savoir la faillite en chaîne et l'effondrement du système financier mondial.

2. Les outils de mesure de risque sur le marché des actions

Dans ce chapitre, nous allons introduire plusieurs modèles statistiques destinés à quantifier le risque sur le marché des actions. Ayant une volonté de rendre ce document concis et intuitif, nous allons nous concentrer sur les principaux modèles employés par les investisseurs sur ce marché.

2.1 La volatilité

Comme nous avons pu le voir précédemment, la volatilité exprime la dispersion des rentabilités autour de la valeur centrale correspondant à la rentabilité moyenne. Définie comme l'écart-type en statistique, elle mesure le risque de variabilité d'un actif. Souvent calculée à l'aide de données infra-annuelles, généralement de fréquence journalière, il est coutume d'annualiser la volatilité afin de permettre la comparaison entre les titres.

Le processus d'annualisation d'une volatilité périodique dépend de son nombre de sous-périodes qu'il est nécessaire d'additionner pour obtenir une année. Il faut donc commencer par déterminer ce nombre (p), puis il suffit de multiplier la volatilité périodique par la racine carrée de ce résultat :

$$\sigma_A = \sqrt{p} \sigma_p \quad (1)$$

Où :

- σ_A est la volatilité annualisée ;
- p représente la fréquence pour obtenir une année ;
- σ_p est la volatilité périodique.

Par ailleurs, il est important de noter que nous allons présenter les différentes typologies de volatilités avec l'hypothèse que les rentabilités sont distribuées selon une loi normale (Gauss, XIX^e siècle), hypothèse sur laquelle se fonde également la théorie moderne du portefeuille. Cette approche gaussienne, sur laquelle repose un grand nombre de théories statistiques, est une manière de simplifier considérablement les modèles et ainsi faciliter leur compréhension. Cependant, il serait préjudiciable de croire que tous les événements survenant dans la réalité suivent effectivement une distribution gaussienne.

De plus, il faut garder à l'esprit que la loi normale comporte ses limites. Premièrement, elle décrit les événements comme statistiquement indépendants. En d'autres termes, les données futures ne sont pas influencées par les données antérieures. Pourtant, en pratique, on constate qu'il existe une corrélation entre les données. Deuxièmement, la loi normale a tendance à sous-représenter les événements extrêmes. Or, ceux sont les événements comportant le risque le plus élevé et il serait donc considérablement dangereux de les ignorer.

Une autre faiblesse à retenir sur ce modèle est qu'il pondère de manière équivalente les fluctuations à la hausse de celles à la baisse. Or, les variations à la baisse sont les réelles fluctuations à prendre en considération comme étant un risque de perte. Toutefois, cette constatation ne peut s'appliquer à des investissements pariant sur une baisse du cours d'un titre, car, dans ces circonstances, les fluctuations rémunératrices sont inversées.

2.1.1 La volatilité historique :

La volatilité historique correspond à l'écart-type calculé sur un échantillon de données tiré des cours historiques d'un titre, c'est-à-dire sur n rentabilités passées observées.

$$\sigma_t(n) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} (R_{t-k} - \bar{R})^2} \quad (2)$$

Où :

- $\sigma_t(n)$ est la volatilité des rentabilités calculées au temps t avec un échantillon de taille n ;
- R_{t-k} est la rentabilité observée (de clôture à clôture) à $t - k$;
- \bar{R} est la rentabilité moyenne sur l'échantillon de taille n .

Il n'existe pas une taille d'échantillon plus cohérente qu'une autre, cependant pour que la mesure soit représentative, il est judicieux de sélectionner une taille d'échantillon équivalant à l'horizon temps auquel nous souhaitons investir dans le titre. Néanmoins, nous distinguons en finance :

- la volatilité instantanée ($n=5j$) ;
- la volatilité court-terme ($n=20j$) ;
- la volatilité moyen-terme ($n=250j$) ;
- la volatilité long-terme ($n=$ plusieurs années, voire plusieurs décennies).

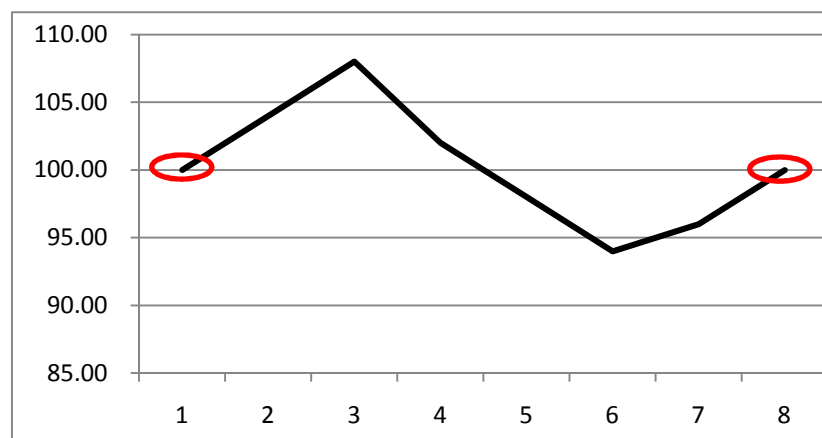
Il existe également la volatilité infra-journalière qui représente une volatilité d'un titre calculée sur la base de données horodatées observées sur une seule séance de Bourse.

La volatilité historique est certainement l'une des mesures de risque la plus utilisée par les différents acteurs sur le marché. Toutefois, elle n'est pas absente de toutes faiblesses. En effet, la principale déficience de ce modèle est qu'il se base justement sur des données historiques. Il serait totalement inconscient et irréaliste d'affirmer qu'un événement ayant survécu dans le passé va obligatoirement se reproduire identiquement dans le futur.

2.1.2 La volatilité « plus haut » - « plus bas » de Parkinson

Se basant sur des rentabilités issues des cours de clôture, la volatilité historique peut parfois « cacher » de fortes fluctuations intervenant lors de la séance de bourse. Effectivement, l'écart entre le cours le plus haut (high) et le cours le plus bas (low) observé lors de la séance n'est pas introduit dans le calcul de la volatilité historique. Ayant perçu cette lacune, Parkinson proposa, en 1980, une méthode tenant compte des extrêmes. Étant le premier à avoir introduit ce concept, cette mesure de volatilité pris son nom.

Figure 1
Effet de masque de la volatilité historique



Source : Illustration originale

Sur la base de la figure 1 ci-dessus représentant une évolution fictive d'un titre durant une séance, nous pouvons clairement distinguer l'effet de « masque » que peut avoir une simple volatilité historique calculée de clôture à clôture. En effet, nous constatons une forte volatilité durant la séance, cependant si nous limitons notre observation au cours de départ et au cours de fin, nous aurions tendance à dire que ce titre est resté stable.

Voici comment se calcule la volatilité de Parkinson :

$$\sigma_t^{Park}(n) = \frac{1}{4n \ln 2} \sum_{k=0}^{n-1} \ln \left(\frac{H_{t-k}}{L_{t-k}} \right)^2 \quad (3)$$

Où :

- $\sigma_t^{Park}(n)$ équivaut à la volatilité de Parkinson calculée au moment t sur la base d'un échantillon de taille n ;
- H_{t-k} est l'observation la plus haute (High) durant la séance $t - k$
- L_{t-k} est l'observation la plus basse (Low) durant la séance $t - k$

Il est important de relever que la volatilité de Parkinson est couramment calculée sur une taille d'échantillon relativement restreint (souvent $n = 10$) et qu'elle nécessite donc une annualisation.

2.1.3 La volatilité Implicite

Estimée par le biais de la cotation d'un contrat d'option (un instrument dérivé), la volatilité implicite d'une action correspond à une volatilité future anticipée par le marché sur le sous-jacent du contrat. Ordinairement, sur le marché des actions, les mouvements haussiers sont accompagnés par une faible volatilité implicite (optimisme) et inversement, les mouvements baissiers sont suivis d'une forte volatilité implicite (pessimisme). Afin d'évaluer la volatilité implicite d'une action, les financiers utilisent une formule de Black-Scholes-Merton inversée.

La formule de Black-Scholes-Merton (1973) est un modèle mathématique utilisé pour calculer la valeur théorique des contrats d'options. Elle repose sur les hypothèses suivantes :

- que l'actif risqué (le sous-jacent) est caractérisé par une tendance et une composante aléatoire
- qu'il est possible de vendre à découvert
- qu'il n'y a pas d'arbitrage possible
- que le taux d'actif sans risque est constant
- que la cotation des actifs est continue
- qu'il n'y a pas de coûts de transaction
- qu'il n'y a pas de distribution de dividendes

Élaboré par Robert. C. Merton, Fischer Black et Myron Scholes, la formule de Black-Scholes-Merton se définit comme suit :

$$Call = S * N(d_1) - K * \exp(-r * T) * N(d_2) \quad (4)$$

$$Put = K * \exp(-r * T) * N(-d_2) - S * N(-d_1) \quad (5)$$

Où :

- S est le prix du sous-jacent
- K est le prix d'exercice (le strike)
- r égal au taux d'intérêt sans risque (en continu et annuel)
- T équivaut à la durée jusqu'à l'expiration (exprimée en années)
- $d_1 = \frac{\left\{ \ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right) * T \right\}}{\sigma * \sqrt{T}}$
- $d_2 = d_1 - \sigma * \sqrt{T}$
- σ correspond à la volatilité du sous-jacent
- N(...) représente la fonction de répartition de la loi normale

On remarque ainsi que la valeur théorique d'une option est fonction de plusieurs éléments : Le prix du temps (exprimé par le taux d'un actif sans risque), le prix d'exercice (le strike), la maturité du contrat, le cours du sous-jacent ainsi que la volatilité de celui-ci.

Pour obtenir la volatilité implicite d'une action, il nous faut utiliser cette même formule avec une légère modification. Au lieu de considérer le prix du contrat d'option comme un inconnu (output), nous le considérons comme une donnée du problème (input) en prenant le prix donné par le marché. En conséquence, toutes autres données de l'équation restant inchangées, la volatilité devient l'inconnue du problème.

Les composantes de l'équation déterminées, il nous est possible de déduire le niveau de volatilité nécessaire pour égaler le prix de l'option sur le marché en utilisant un processus itératif. En d'autres termes, en effectuant des séries d'approximations, nous pouvons obtenir par tâtonnement la volatilité implicite. En pratique, ce processus est habituellement automatisé à l'aide du solveur proposé par MS Excel.

Une des grandes faiblesses de ce modèle réside dans la représentativité des prix des contrats d'options sur le marché. Effectivement, le manque de liquidité de certaines options peut résulter en une différence considérable entre les prix théoriques et les prix pratiques du marché.

2.1.4 La volatilité anticipée et modèle ARCH et GARCH

Utilisée principalement dans des stratégies de gestion employant des produits dérivés tels que les options, la volatilité anticipée est une forme de prévision de la volatilité future. Se fondant sur des mouvements futurs inconstants, cette volatilité est dite stochastique. Il existe plusieurs modèles de prévision de la volatilité, la famille des modèles ARCH étant les plus communs. D'une grande complexité, ces modèles nécessitent au préalable de très bonnes connaissances dans l'économétrie de séries

temporelles et les notions de bases qui en découlent telles que l'intégration, la modélisation ARIMA et la stationnarité. Souhaitant rester simple et compréhensible pour tous, nous avons décidé de ne pas traiter cette volatilité dans cet ouvrage.

2.2 Semi-variance

Communément utilisée dans le monde de la finance, la semi-variance est une mesure qui ne considère, à l'instar de la variance utilisée pour le calcul de l'écart-type, que les valeurs se situant en-dessous d'un point de référence (habituellement représenté par la moyenne de la distribution totale). Ainsi, en neutralisant toutes les données « négatives » ou indésirables, cette mesure permet d'estimer la perte moyenne que l'on peut subir sur un actif. Proposée par Markovitz (1959), elle se calcule comme suit :

$$\text{semi-variance} = \frac{1}{n} \sum_{r_t < \bar{r}}^n (\bar{r} - r_t)^2 \quad (6)$$

Où :

- n est le nombre total d'observations se trouvant en-dessous de la moyenne ;
- r_t représente les rentabilités inférieures à la rentabilité moyenne ou au point de référence que l'on s'est fixé ;
- \bar{r} équivaut à la rentabilité moyenne calculée sur toute la distribution ou à la cible que l'on s'est fixée.

En calculant la racine de la semi-variance, nous obtenons le semi-écart-type :

$$\sqrt{\text{semi-variance}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{r_t < \bar{r}}^n (\bar{r} - r_t)^2} \quad (7)$$

Par le biais de ce résultat, il est possible d'exprimer uniquement la volatilité que l'on pourrait catégoriser comme malsaine, à savoir le « downside risk » énuméré dans un précédent chapitre de ce document. De ce fait, les investisseurs minimisant le semi-écart-type dans leurs portefeuilles sont plus à même de limiter les probabilités de pertes substantielles.

2.3 La Value at Risk

Apparue tout d'abord dans le secteur de l'assurance, la Value at Risk, de dénomination VaR, est une mesure de risque instaurée par JP Morgan dans les années 90 et imposée, par le biais des accords de Bâle II en 2004, comme un modèle d'évaluation prudentielle des risques pour toutes les banques. Généralement destinée à mesurer le risque de marché (Var de marché) et le risque de défaut d'une institution bancaire (VaR de crédit), la VaR fut employée, pendant une certaine période, pour évaluer le

risque opérationnel d'un établissement. Néanmoins, il a été observé qu'il n'était pas pertinent, voire dangereux de penser qu'il était possible de quantifier le risque opérationnel et cette approche fut abandonnée par de nombreuses d'institutions.

Dans sa forme la plus simple, la VaR correspond à la perte maximale potentielle associée à un portefeuille d'actifs, dans des conditions normales (pour la VaR paramétrique), pour une probabilité (déterminée par un seuil de confiance) et un horizon temps donné. Autrement dit, cette mesure permet de répondre à la question : Avec une certitude de X %, combien puis-je perdre au maximum dans les T prochains jours sur mon portefeuille de titres. Formulé en numéraire (CHF, Euro,...) ou en pourcentage, la VaR se décrit comme suit :

$$VaR(\alpha) = F^{-1}(\alpha) \quad (8)$$

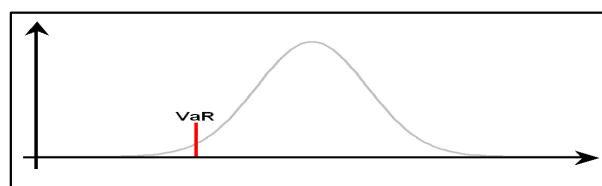
Où :

- α désigne le risque de première espèce (= 1- seuil de confiance) ;
- $F(.)$ équivaut à la fonction de répartition associée à la distribution de perte et profit.

Le seuil de confiance, nommé également niveau de confiance, correspond à un paramètre compris entre 0 et 1 (ordinairement 95% ou 99%) permettant de définir la probabilité que l'on obtienne une perte inférieure ou égale à la VaR.

Pour ce qui est de l'horizon temps, perçu ici comme une date de liquidation de portefeuille (horizon de détention), il n'y a pas de règles spécifiques quant au choix de la période étant donné qu'elle dépend majoritairement de l'horizon de « reporting » ou d'investissement des acteurs (habituellement trois mois). Néanmoins, plusieurs facteurs peuvent impacter le choix de l'horizon de temps. L'illiquidité du marché, par exemple, peut obstruer la liquidation des positions détenues. De ce fait, un horizon temps de très court terme ne peut être considéré lors du calcul d'une VaR d'un portefeuille détenant des titres évoluant dans des marchés illiquides.

Figure 2
Illustration de la Value at Risk



Source : <http://www.quasol.net/portfoliooptimization.html>

Comme nous pouvons le constater sur la figure 2, la VaR suppose habituellement que la distribution des probabilités de rendement suit une loi normale, toutefois certaines approches de la VaR permettent de contourner cette limite. Par ailleurs, il est important de relever que la VaR est fortement critiquable puisqu'elle ne répond pas au critère de sous additivité. En effet, lorsque nous calculons la VaR de deux portefeuilles intégrés, elle se trouve être supérieure à la simple somme de la VaR de chaque portefeuille, ce qui est opposé au principe de diversification.

Nous dénombrons trois méthodes principales d'évaluation de la VaR différentes dans la méthode de calcul et dans les hypothèses mais similaires dans l'importance qu'elles fondent sur l'observation du passé.

2.3.1 La méthode de la matrice des variances-covariances

Aussi appelé VaR paramétrique ou VaR à méthode delta-normal, une VaR calculée selon une approche matricielle des variances-covariances est fondée sur les travaux d'Henry Markowitz (1952).

Cette méthode se base sur plusieurs hypothèses :

- Les distributions de probabilité des fluctuations des variables de marché suivent une loi normale.
- La relation entre les mouvements des variables du marché et les variations de la valeur du portefeuille est linéaire.

Pour obtenir une VaR à l'aide de la matrice des variances-covariances, il suffit de calculer la volatilité d'un portefeuille pour l'horizon temps souhaité (généralement en multipliant la volatilité annuelle du portefeuille par le résultat de la racine de l'horizon temps souhaité sur la racine de 252) :

$$\sigma_{(t)} = \sigma_{annuel} * \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{252}} \quad (9)$$

Puis multiplier cette volatilité par le risque de première espèce (α) et la valeur totale du portefeuille (P) :

$$VaR_{paramétrique} = \sigma_{(t)} * \alpha * P \quad (10)$$

L'avantage considérable de cette méthode est sa simplicité de calcul, car elle n'exige que la connaissance de la matrice des variances/covariances. En revanche, elle ne fait aucune distinction entre les différentes anciennetés des valeurs historiques (pondère identiquement les anciennes et les récentes) et elle n'incorpore que la partie « linéaire » du risque. Cette méthode est donc inadéquate pour les produits convexes

tels que les options. Cependant, il est possible d'introduire un terme quadratique afin d'incorporer une pointe de non-linéarité et de ce fait améliorer la cohérence du modèle. Dans ces cas, nous parlons de delta –gamma VaR.

2.3.2 La méthode des simulations de Monte-Carlo

Afin de contourner les limites des hypothèses de la VaR delta-normal telles que la normalité des distributions et la linéarité de l'exposition du portefeuille aux facteurs de risque de marché, il est possible de générer une VaR par une simulation aléatoire. Effectivement, par le biais d'une simulation dite de Monte-Carlo (Metropolis & Ulam, 1949), les paramètres de risque peuvent suivre n'importe quelle distribution et la relation entre l'exposition du portefeuille et les critères de risque n'est plus nécessairement linéaire.

Le calcul de la VaR via une simulation de Monte-Carlo est intuitif de nature, mais nécessite de nombreuses ressources informatiques, ce qui en fait son principal défaut. Pour calculer une VaR Monte-Carlo, il faut, dans un premier temps, simuler de nombreuses fois les variations futures éventuelles des facteurs de risque (usuellement 10'000 fois). Cette étape de calcul de la VaR Monte-Carlo tire ses origines de la loi des grands nombres (Jacob Bernoulli, 1690) en formalisant l'intuition selon laquelle la moyenne empirique des valeurs obtenues tend vers l'espérance réelle du phénomène étudié lorsque l'on réitère un grand nombre de fois un scénario aléatoire.

Une fois la taille de l'échantillon désirée atteinte par la répétition des simulations, la deuxième étape consiste à réaliser une distribution des pertes et profits déduits afin d'obtenir, en dernier lieu, la perte maximum possible pour un seuil de confiance donné.

L'avantage considérable de cette approche est qu'elle est adaptée pour tous les instruments financiers. De plus, elle permet de tester de nombreux scénarios et inclure volontairement des événements extrêmes (en épaississant les queues de distribution). Par contre, de par son appétit en temps de calcul, l'approche Monte Carlo comporte un inconvénient opérationnel indéniable. À noter également que les risques potentiels de mauvais « pricing » de certains produits financiers ne peuvent être exclus, spécifiquement lorsqu'ils sont de nature complexe et/ou qu'ils évoluent dans des marchés illiquides.

2.3.3 La méthode des simulations historiques

En utilisant les historiques des variations des facteurs de marché, l'approche historique mesure la VaR en considérant que les variations passées du marché peuvent se

reproduire dans le futur. Cette hypothèse sous-jacente constitue, en toute logique, une faiblesse incontestable de modèle, car il serait totalement utopiste de croire que le passé est une copie conforme du futur.

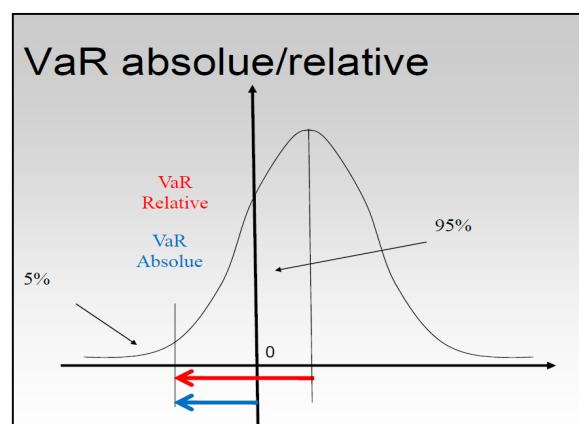
Pour mesurer une VaR historique, il est nécessaire au préalable de classer par ordre croissant toutes les observations à considérer (de la plus grande perte au profit le plus élevé). Puis, il suffit d'identifier le $X^{\text{ème}}$ centile représentant la VaR historique, le centile concerné étant fonction du seuil de confiance sélectionné (exemple : pour un seuil de confiance à 95%, la VaR historique représente le 5^{ème} centile des données observées).

La simplicité du modèle, l'absence d'hypothèse sur la forme de la distribution des rendements et l'adaptabilité à l'ensemble des instruments financiers constituent de véritables avantages de la méthode des simulations historiques. Néanmoins, cette approche requiert un grand nombre d'observations pour converger et il est très difficile de fixer une longueur « idéale » de fenêtre temporelle dans la mesure où l'on assume qu'il en existe une. De plus, tout comme pour la méthode par simulation de Monte Carlo, cette technique inclut un risque de modèle important lié aux probabilités de « pricing » incorrectes sur certains produits financiers.

2.3.4 La forme absolue/relative

Lorsque la VaR est calculée en fonction de l'espérance de gain (la moyenne pour la VaR historique), ce qui est ordinairement le cas, nous nous référons à une VaR relative. Si ce n'est pas le cas, c'est une VaR absolue.

Figure 3
Value at Risk absolue VS Value at Risk relative



http://campus.hesge.ch/risk_management/doc/supports_cours10-11/VaR.pdf

Comme nous pouvons le constater sur la figure 3, la VaR absolue équivaut à la VaR relative à laquelle nous soustrions l'espérance de rendement moyen au cours de la période considérée. En conséquence, si la VaR relative équivaut à :

$$VaR_{relative} = S(-\alpha\sigma\sqrt{dt}) \quad (11)$$

Alors ;

$$VaR_{absolue} = VaR_{relative} - (S * \mu * dt) \quad (12)$$

Où :

- dt est la période d'observation
- α est le seuil critique associé à la probabilité visée
- σ est l'écart-type du portefeuille sur la période dt
- μ correspond au rendement moyen du portefeuille sur la période dt
- S représente la valeur initiale du portefeuille

2.3.5 Back testing/ stress testing

En pratique, il est commun de tester le modèle de la VaR à posteriori (« back testing »). En effet, il est recommandé, quelle que soit la méthode de calcul de la VaR utilisée, d'effectuer des tests ex-post car, en testant les estimations sur des données historiques, le « back testing » permet de vérifier la fiabilité d'un modèle de VaR.

Le « stress testing » est également une approche appréciée par les praticiens. Elle revient à supposer la pire perte qui puisse intervenir dans un horizon temps donné, soit un scénario-catastrophe. Ainsi, il est possible d'évaluer la conduite du portefeuille lors d'évolutions très défavorables du marché.

2.3.6 La C-VAR (expected shortfall)

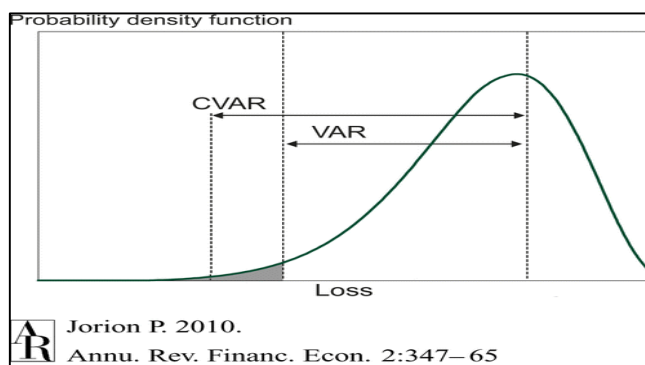
La C-VaR désigne la « Conditional Value at Risk ». Cet indicateur est également connu sous le nom de « Expected shortfall », « Average Value at Risk », et « Expected tail loss ».

Il a été observé qu'avec la VaR standard il était impossible d'estimer l'étendue de la plage inférieure à celle-ci, à savoir la queue de distribution. Pour combler cette défaillance, il existe une extension du principe, la CVaR. Cette mesure de risque a l'avantage de permettre de calculer l'étendue sous l'alpha. Elle va donc permettre à l'analyste de savoir quelle est « la taille de la queue inférieure ».

Prenons l'exemple de deux portefeuilles à composition différente. Le premier (A) a une VaR de 15 millions avec un degré de confiance de 95%. Par contre, le second (B) a une VaR de 40 millions avec un degré de confiance identique.

Néanmoins, l'investisseur ne connaît pas le montant qu'il risque de perdre au-delà de l'intervalle de confiance. Il serait possible par exemple que la perte maximale du portefeuille A est nettement supérieure à la perte maximale du portefeuille B. C'est donc dans ces circonstances que la CVaR prend tout son sens dans l'analyse de portefeuille.

Figure 4
Représentation graphique de la CVaR



Source : <http://www.annualreviews.org>

2.3.7 L'incrémental VAR

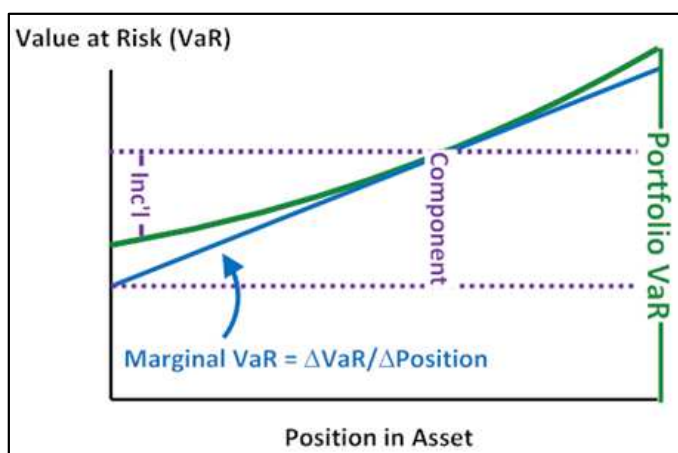
Régulièrement, les analystes calculent des mesures supplémentaires dans le but de préciser et mieux comprendre la VaR standard. La VaR incrémentale correspond à l'effet induit d'une nouvelle transaction sur la VaR. La IVaR va répondre à la question : Quelle est la différence entre la VaR obtenue avec et sans cette transaction ? Les traders, par exemple, sont particulièrement intéressés à connaître la répercussion d'une nouvelle position sur le capital lié à leur portefeuille. Pour ce faire, il est nécessaire de connaître la VaR du portefeuille avec l'actif choisi, puis la VaR du portefeuille sans ce même actif.

Afin d'obtenir l'IVaR, il suffit donc de calculer la VaR du portefeuille avant l'introduction du nouvel actif (VaR_p) puis renouveler l'opération en l'introduisant (VaR_{p+a}). L'IVaR représente simplement la différence entre le nouveau portefeuille et l'ancien portefeuille :

$$\text{Incremental VaR} = VaR_{p+a} - VaR_p \quad (13)$$

Il est également possible de connaître l'impact de la suppression d'un titre sur la VaR d'un portefeuille. Pour y parvenir, il suffit d'effectuer l'opération inverse.

Figure 5
L'incrémental VaR



Source : <http://www.bionicturtle.com>

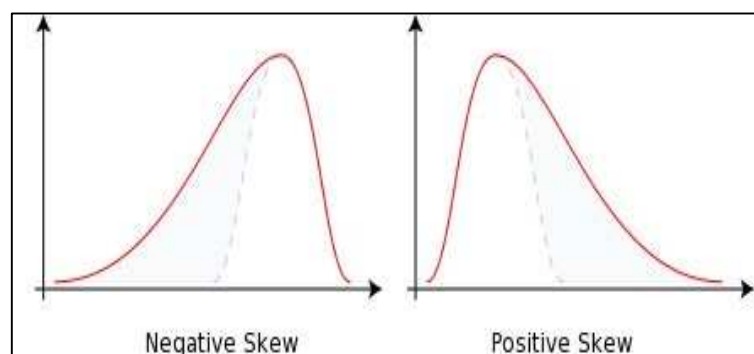
Sur la figure 5 ci-dessus, l'incrémental VaR représente la distance verticale sur l'axe des ordonnées (VaR supplémentaire du Portefeuille) lorsque nous évoluons à droite sur l'axe des abscisses (l'ajout de la nouvelle position).

2.4 Skewness

Le Skewness, terme anglais traduit en français par coefficient de dissymétrie, est une mesure d'asymétrie. Effectivement, les distributions suivant rarement une loi normale, il est utile pour les financiers de calculer l'asymétrie d'une distribution afin de se faire une idée plus concrète de la distribution des rendements et surtout du sens par lequel les queues s'étalent. En effet, on distingue une distribution parfaitement symétrique, nommée également distribution normale, où le Skew=0, d'une distribution à Skew positif et d'une distribution à Skew négatif.

Un coefficient de dissymétrie positif signifie que la majorité des observations sont étalées vers la gauche, et qu'en conséquence, la queue de la distribution est étalée vers la droite. Inversement, un coefficient de dissymétrie négatif indique que la plupart des observations sont étalées vers la droite, et que de ce fait la queue de la distribution est étalée vers la gauche.

Figure 6
Différence entre un Skew positif et un Skew négatif



Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/Skewness>

En finance, le coefficient de dissymétrie recherché dépend de la stratégie de l'investisseur. En effet, si l'investisseur en question est retissant à être exposé à des rendements potentiels fortement négatifs, il optera pour des titres à skew positif (profil d'une action occidentale). À l'inverse, si l'investisseur recherche une fréquence élevée de hauts rendements, il optera pour des titres à skew négatif (profil d'une action émergente).

Basée sur des théories statistiques, le skewness représente le troisième moment standardisé, il se calcule selon la formule suivante :

$$\gamma_1 = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \right] \quad (14)$$

Où:

- γ_1 exprime le skewness
- σ est l'écart-type de la distribution
- μ est la moyenne de la population
- E représente l'opérateur d'espérance

2.5 Kurtosis

Tout comme le skewness, le kurtosis a comme objectif de donner une indication quant à la forme de la distribution d'une variable aléatoire réelle. Appelé aussi coefficient d'aplatissement de Pearson, le kurtosis mesure la « pointicité » d'une distribution. Elle se calcule comme suit :

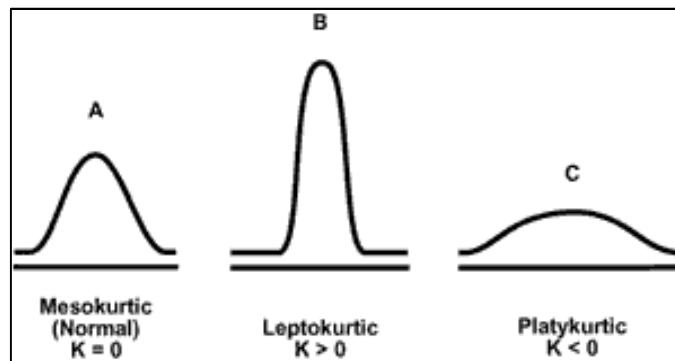
$$\beta_2 = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^4 \right] \quad (15)$$

Où :

- β_2 exprime le kurtosis
- σ est l'écart-type de la distribution
- μ est la moyenne de la population
- E représente l'opérateur d'espérance

Lorsque l'on observe un kurtosis > 3 , on parle de distribution leptokurtique. Opposée à une distribution normale (mésokurtique) où le kurtosis $= 3$, une distribution leptokurtique indique des queues anormalement épaisses (fat tails) et donc une probabilité de survenance de valeur extrême plus grande. À l'opposé, une distribution dite platykurtique est une distribution avec un kurtosis < 3 .

Figure 7
Plusieurs formes d'aplatissement observables



Source: <http://www.pqsystems.com/eline/2001/02/b.htm>

À noter que sur la figure 7 ci-dessus, K représente l'excédent de kurtosis, à savoir β_2 soustrait de 3.

2.6 Drawdown

Le drawdown exprime, sur un horizon temporel donné, le déclin depuis un pic historique. Cette mesure quantitative permet d'illustrer, sur une période définie, les impacts des baisses d'un actif ainsi que les capacités de recouvrement de celui-ci par la suite (la période nécessaire pour revenir à un niveau de point mort). Dénoté $D(T)$, le drawdown se calcule comme suit :

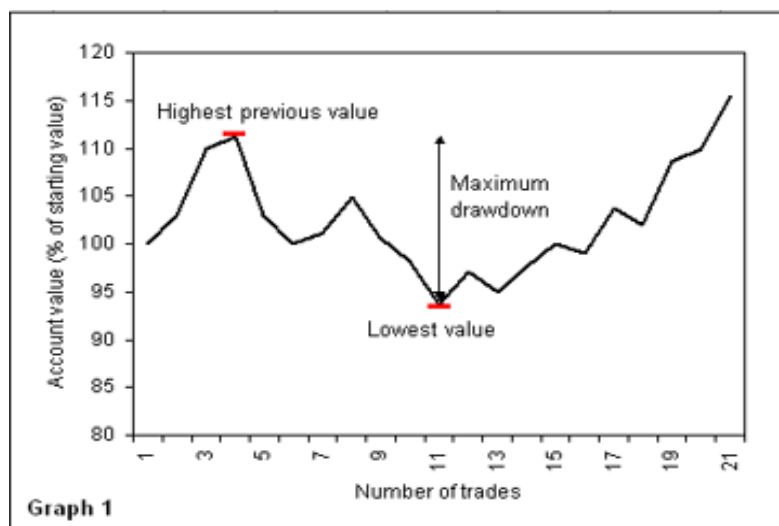
$$D(T) = \text{Max}[0, \text{Max}_{t \in (0, T)} X(t) - X(T)] \quad (16)$$

Où :

- $D(T)$ équivaut au drawdown au moment T

En finance, on utilise usuellement le maximum drawdown, une mesure représentant la plus grande distance entre deux points sur une période donnée.

Figure 8
Représentation graphique d'un Maximum Drawdown



Source : http://www.myforexresults.com/article.php?product_id=2

Comme nous pouvons le constater sur la Figure 8 ci-dessus, cet outil statistique correspond à la perte cumulée maximale d'un actif indépendamment de sa performance. C'est-à-dire la plus forte baisse enregistrée entre deux prix d'un actif sur un horizon temps donné. Noté $MMD(T)$, le maximum drawdown se calcule comme suit :

$$MMD(T) = \text{Max}_{\tau \in (0, T)} [\text{Max}_{t \in (0, \tau)} X(t) - X(\tau)] \quad (17)$$

Où :

- $MMD(T)$ égal au maximum drawdown au moment T

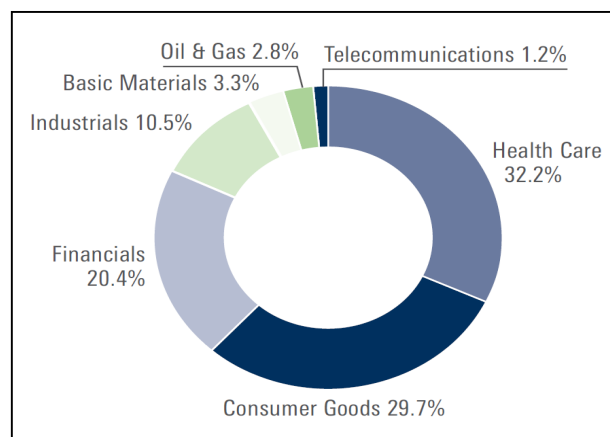
3. Analyse de la pertinence de l'utilisation de la volatilité sur le marché des actions

Dans cette partie, nous allons exposer toute la démarche analytique entreprise afin de traiter la problématique centrale de ce mémoire, à savoir s'il est pertinent d'utiliser la volatilité comme un outil décisionnel pour des investissements sur le marché du SMI. Cependant, avant de présenter la méthodologie adoptée, nous allons décrire en quelques lignes l'univers d'actifs sur lequel nous avons élaboré notre étude.

Le Swiss Market Index (SMI) est un indice d'actions composé des 20 plus grandes capitalisations boursières du Swiss Performance Index (SPI). À eux seules, ces 20 « blues chips » représentent 85 % de la capitalisation boursière suisse, soit au total un montant d'environ 827 milliards de CHF au 30.12.2010. Toutefois, il est important de relever que la composition de l'indice est réactualisée chaque année. De ce fait, les 20 titres composant le SMI sont continuellement les plus grosses capitalisations du marché boursier suisse, mais, dans un environnement dynamique, les plus grosses capitalisations ne sont inévitablement pas les mêmes titres à travers le temps.

Par ailleurs, l'indice SMI est calculé selon une méthode de pondération par la capitalisation boursière (« free float »). En d'autres termes, l'indice n'inclut que la part négociable des actions, les actions conservées à titre permanent ayant été retirées du calcul au préalable. À noter que cet indice phare fut lancé le 30.06.1988 sur une base de 1500 points et qu'il est coté sur le SWX Swiss Exchange, la place boursière suisse basée à Zurich qui est le fruit de l'union des bourses à la crie de Zurich, Genève et Bâle.

Figure 9
Pondérations sectorielles du SMI (au 30.12.2010)



Source : <http://www.six-swiss-exchange.com>

Nous pouvons remarquer sur la figure 9 que le SMI est majoritairement composé de titres issus de trois secteurs d'activité spécifiques : La santé (32.2%), les biens de consommation (29.7%) et la finance (20.4%). Chacun de ces secteurs impactant considérablement les variations du SMI, nous avons décidé d'élaborer notre analyse également sur certains titres phares issus de ces domaines. En conséquence, hormis l'indice SMI, nous avons également sélectionné Nestlé (biens de consommation), Novartis (santé), UBS et Crédit Suisse (Finance) pour notre étude. En effet, de cette manière, nous pouvons vérifier si les observations réalisées sur l'indice du SMI sont identiques à celles effectuées sur des titres individuels le composant.

3.1 Étape 1 : Récolte des données

Les données utilisées dans cette étude sont les cours de clôture journaliers des titres analysés. Pour obtenir l'historique de ces cours, nous avons utilisé le système Bloomberg Terminal, une plateforme informatique spécialisée dans le recensement d'informations financières internationales.

Dans l'optique d'éliminer un maximum le biais que peuvent avoir certaines périodes aux variations anormales et ainsi disposer d'un échantillon suffisamment représentatif, nous avons téléchargé toutes les données avec le plus long historique disponible. En conséquence, nous disposons de l'historique des cours des titres du 23.10.1989 au 11.05.2011, veille du jour où les données ont été téléchargées. En revanche, les données nécessaires à l'analyse de la volatilité implicite, c'est-à-dire l'historique des volatilités implicites, n'étaient disponibles que depuis le 04.01.2006.

Effectivement, il est utile de préciser que nous avons choisi d'utiliser les volatilités implicites offertes par le marché et ne pas les calculer personnellement (le 1M_CALL_IMP_VOL_50DELTA_DFLT et le 2M_CALL_IMP_VOL_50DELTA_DFLT). Ce choix a été majoritairement influencé par des craintes de former initialement un biais à notre analyse de par la marge d'erreur relativement élevée que comporte le calcul de cette statistique.

En outre, malgré une période d'échantillonnage de cinq ans généralement considérée comme suffisamment représentative par les statisticiens, nous attirons l'attention sur le fait que cette période provoque un biais inéluctable à notre étude, car elle englobe une proportion importante de mouvements extrêmes provoqués par la crise des « subprimes ».

3.2 Étape 2: Calculs des volatilités

Une fois la totalité des données téléchargées via Bloomberg, nous étions en mesure de débiter le calcul des volatilités. Se posait alors la question de la manière dont nous allions traiter ces données. Microsoft Office Excel apparaissait en toute logique la meilleure des solutions. En effet, ce logiciel, dont les nombreuses qualités ne sont plus à prouver, est quotidiennement utilisé dans le domaine de la finance. Il permet, entre autres, d'automatiser des calculs sur des séries de données d'une longueur colossale (quasi illimitées dans la dernière version) et de générer automatiquement des graphiques professionnels. De plus, cette application comporte originellement une multitude de fonctions, paramétrables ou non, simplifiant ainsi considérablement l'implémentation de certains calculs. Disposant d'ores et déjà des données sur MS Office Excel (le téléchargement des données de Bloomberg s'opère au travers de ce logiciel), nous pouvions sans tarder débiter le calcul des paramètres nécessaires à notre analyse.

La première opération réalisée fut d'éliminer les données précédant l'année 1990. En effet, traditionnellement, les études de ce type s'effectuent sur des périodes d'échantillonnage démarrant en début d'année. La seconde sous-étape consistait à évaluer l'intégralité des performances journalières des titres (lesquels sont exprimés en %) car, pour rappel, la volatilité nécessite ces informations pour être calculée. Néanmoins, les rendements sont extrêmement simples à obtenir. Il suffit de diviser le cours de clôture d'aujourd'hui (P_t) par celui de hier (P_{t-1}) puis soustraire le résultat de 1 pour trouver la performance du titre sur la séance du jour (R_t) :

$$R_t = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) - 1 \quad (18)$$

Aussitôt les rendements calculés, nous pouvions démarrer la troisième sous étape : le calcul des volatilités historiques. Pour ce faire, nous avons utilisé la fonction disponible dans le software informatique : =ECARTYPEP. Désirant obtenir des volatilités sur différentes fenêtres temporelles, nous avons procédé à l'intégration de cette fonction pour chacune des six fenêtres analysées, à savoir pour 5 jours, 20 jours, 60 jours, 90 jours, 250 jours et 500 jours. Puis, nous avons tiré la formule sur l'ensemble des données afin d'obtenir une mesure mobile (glissante). C'est-à-dire que la volatilité estimée est recalculée de manière continue, en employant un sous-ensemble d'éléments (dont la taille est définie par le nombre de jours désirés) dans lequel un nouvel élément remplace le plus ancien. Malgré le fait qu'un grand nombre de théories statistiques notoires reposent sur des analyses utilisant des mobilités dans leur développement, cette pratique comporte un biais important, connu sous le nom de « data overlapping », sur lequel il est nécessaire d'apporter un léger éclaircissement.

Effectivement, le chevauchement des données introduit une problématique d'auto corrélation, car la volatilité estimée sur deux jours consécutifs partage exactement les mêmes données hormis un seul jour d'information. Dans ce contexte, nous avons décidé de réaliser également les calculs de volatilité sous forme de panier (« buckets ») afin d'éliminer ce facteur indésirable ou du moins amoindrir considérablement son impact préjudiciable à notre étude. Ce principe revient donc à calculer une seule volatilité par période. D'un autre côté, la taille des fenêtres temporelles détermine la dimension de chaque panier, ce qui implique logiquement que nous ne disposions pas du même nombre d'observations entre chaque modèle. Cette réalité induit donc une nécessité d'établir des comparaisons avec une certaine prudence et retenue d'autant plus qu'il subsiste un écart important entre la plus petite fenêtre (5) et la plus grande fenêtre (500).

À ce stade, nous disposons de tous les éléments nécessaires à notre analyse de pertinence des volatilités. Après de longues réflexions, il nous est apparu que la meilleure solution pour mesurer la fiabilité d'un modèle était de confronter celui-ci avec la réalité observée. Ainsi, nous comparons la volatilité sur laquelle se fonde la décision d'investissement d'un financier et à laquelle il attend à être exposé avec la volatilité qu'il aura réellement « subie ». En d'autres termes, nous recherchons à savoir à quel point la volatilité estimée et espérée est proche de la volatilité réalisée. Pour quantifier cette distance qui sépare les deux variables, nous avons employé plusieurs méthodes chacune décrite en détail dans les trois sous-chapitres suivants.

Par ailleurs, nous attirons l'attention sur le fait que, dans le cadre de l'étude de pertinence de la volatilité historique, nous avons choisi de comparer continuellement la volatilité des x jours précédents avec les x jours suivants. En conséquence, nous ne tenons pas compte des observations dépassant la fenêtre temporelle. Voici, sur la page suivante, un exemple concret pouvant illustrer ces dires :

Figure 10
Exemples de calculs réalisés sur un fichier MS Office Excel

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Date	Cours clôture	RDT	VOL Réalisée 5j	VOL Attendue 5j
4	28.12.1989	1'778.10			
5	03.01.1990	1'824.00	2.58%		
6	04.01.1990	1'824.50	0.03%		
7	05.01.1990	1'801.80	-1.24%		
8	08.01.1990	1'800.30	-0.08%		
9	09.01.1990	1'806.80	0.36%	19.84%	
10	10.01.1990	1'804.30	-0.14%	8.62%	
11	11.01.1990	1'814.50	0.57%	9.95%	
12	12.01.1990	1'801.70	-0.71%	7.01%	
13	15.01.1990	1'781.30	-1.13%	10.11%	
14	16.01.1990	1'750.70	-1.72%	12.52%	19.84%
15	17.01.1990	1'761.50	0.62%	14.73%	8.62%
16	18.01.1990	1'739.90	-1.23%	12.59%	9.95%
17	19.01.1990	1'752.50	0.72%	16.10%	7.01%
18	22.01.1990	1'753.60	0.06%	15.70%	10.11%
19	23.01.1990	1'745.10	-0.48%	11.51%	12.52%

Source : Illustration tirée du fichier MS Office Excel original consacré à l'analyse du SMI

Nous pouvons constater plusieurs faits sur la figure 10. Premièrement, la volatilité réalisée sur les cinq premières séances est calculée dans la cellule D9 (19.84%) et retranscrite dans la cellule E14 en tant que volatilité attendue pour les cinq séances suivantes. De cette façon, la volatilité attendue est confrontée directement sur la même ligne avec la volatilité réellement réalisée sur les cinq séances où l'investissement a été supposé effectué (12.52%).

Deuxièmement, nous pouvons remarquer que la volatilité attendue en E19 égale simplement à la case D14 et non la moyenne des volatilités 5j de la totalité des observations passées. C'est justement ce point que nous souhaitons mettre en exergue lorsque nous avons soulevé le fait que les calculs sont effectués dans les limites de la fenêtre temporelle. Cette décision a été fondée sur notre perception quant au comportement que peut avoir un agent lorsqu'il investit. En effet, si nous prenons par exemple la situation actuelle sur le marché des changes et plus précisément celui de la parité Euro/CHF, il est difficile à croire que le choix d'un investissement d'un intervenant s'effectue sur la totalité des variations historiques de la parité plutôt que sur les variations récentes. C'est donc sur cette supposition que nous avons construit nos comparaisons. En d'autres termes, nous comparons continuellement les volatilités des x jours précédents les plus récents exclusivement avec les x jours suivants.

3.3 Étape 3 : Différence en valeur absolue

La première méthode utilisée pour quantifier l'éloignement de la volatilité espérée par rapport à la volatilité réalisée est une simple approche par les écarts en termes de valeur absolue. Pour obtenir des résultats de fiabilité pour chaque volatilité testée, nous avons donc calculé plusieurs indicateurs de nature intuitif. À noter que l'intégralité de ces indicateurs est toujours exprimée en valeur absolue, car nous estimons que n'importe quel décalage entre la valeur espérée et la valeur réalisée, qu'elle soit en notre faveur ou non, est à considérer comme une nuisance à la fiabilité du modèle.

Une différence moyenne et médiane du modèle exprimé en termes d'excès de volatilité

Cet indicateur mesure, sur la période testée, la différence moyenne (ou médiane) observée entre la volatilité attendue et la volatilité réalisée. Pour obtenir cette information, il nous faut tout simplement soustraire la volatilité espérée et estimée pour le temps t par la volatilité réalisée en temps t :

$$\sigma_{indésirable_t} = \sigma_{estimé_t} - \sigma_{réalisé_t} \quad (19)$$

Puis, il faut effectuer la moyenne de l'ensemble des résultats obtenus pour parvenir à un nombre unique symbolisant l'indicateur souhaité. La moyenne étant connue pour être une mesure statistique influencée considérablement par les données extrêmes, nous avons jugé pertinent de calculer également la médiane de l'ensemble des résultats obtenus. Par ailleurs, afin de gagner un temps incommensurable dans cette étape, nous avons utilisé, pour le calcul de ces indicateurs, les fonctions MS Office Excel : =MOYENNE et =MEDIANE).

Une différence moyenne et médiane du modèle exprimé en % de variation

Cet indicateur est, dans l'ensemble, très proche de l'indicateur décrit précédemment. Il a similairement pour but d'estimer, sur la période défini, l'écart moyen/médian entre la volatilité espérée et la volatilité réalisée pour chaque modèle. En revanche, dans cette approche, l'écart n'est pas exprimé en volatilité, mais en termes d'écart en pourcent où la base est représentée par la volatilité désirée. Pour calculer cet indicateur, il nous faut diviser la volatilité estimée pour t par la volatilité réalisée en t puis soustraire le résultat de 1 (même principe qu'avec un calcul de rendement détaillé précédemment, mais avec d'autres variables) :

$$\Delta\%_t = \left(\frac{\sigma_{réalisé_t}}{\sigma_{estimé_t}} \right) - 1 \quad (20)$$

Puis, tout comme pour l'indicateur précédent, nous avons utilisé les fonctions du logiciel pour calculer automatiquement la moyenne et la médiane de l'ensemble des résultats obtenus.

3.4 Étape 4 : Tests de « Student »

Introduite en 1908 par William Gosset puis rendue célèbre par Ronald Fisher, la loi de Student est une loi de probabilité s'appuyant sur la loi normale et la loi du X^2 . Cette loi a pour but de comparer une valeur « attendue » avec une moyenne observée en supposant hypothétiquement que l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Dans notre étude, ce test revêt d'un intérêt particulier. En effet, dans le cas d'une situation parfaite (laquelle équivaut pour nous dans ce mémoire à une fiabilité totale du modèle), la valeur « attendue » séparant la volatilité espérée de la volatilité réalisée devrait être de zéro. Ce test d'hypothèse nous permet donc de rejeter ou non, pour un seuil de confiance donnée, l'hypothèse nulle (H_0) admettant que la valeur « attendue » est égale à zéro.

Pour ce faire, il nous faut disposer, au préalable, de deux paramètres. Le premier élément nécessaire n'est autre que le premier indicateur obtenu dans l'étape 3 (le sigma indésirable moyen). Le second est représenté par l'écart-type de la distribution des sigmas indésirables. Une fois ces éléments calculés, il nous faut soustraire le sigma indésirable moyen par la valeur cible, symbolisée ici par zéro. Puis, diviser ce résultat par l'écart-type de la distribution des sigmas indésirables :

$$t\text{-stat} = \left(\frac{\bar{\sigma}_{\text{indésirables}} - 0}{\sigma_{\sigma_{\text{indésirables}}}} \right) \quad (21)$$

À partir du moment où la t-stat du modèle a été identifiée, il nous reste à l'apprécier selon sa disposition dans une distribution gaussienne afin de nous permettre de rejeter ou non l'hypothèse nulle. En d'autres termes, le résultat du test dépend de la situation de la t-stat obtenue par rapport à un intervalle de deux bornes déterminées par le seuil de confiance désiré. Les bornes égales à -1.96/1.96 si nous désirons rejeter l'hypothèse H_0 avec un seuil de confiance de 95%, et égales à -2.57/2.57 pour un rejet de H_0 avec un seuil de confiance de 99%.

Dans les cas où la t-stat dépasse ces seuils, nous pouvons rejeter, avec un niveau de certitude exprimé par le seuil de confiance, l'hypothèse H_0 supposant que la différence entre la volatilité espérée et la volatilité réalisée est nulle. Dans les cas contraires, nous ne pouvons infirmer le contraire, soit que la différence est égale à zéro.

3.5 Étape 5 : Tests de régression

Une autre manière complémentaire de tester la fiabilité de prédiction d'un modèle de volatilité est de déterminer, à l'aide d'une régression linéaire simple, le coefficient β ainsi que le coefficient de détermination ajusté (adjusted R^2). Pour mieux comprendre cette démarche, il est initialement nécessaire d'expliquer brièvement ce qu'est une régression linéaire simple.

En statistique, une régression linéaire est un modèle qui, pour un échantillon aléatoire composé de variables X et de variables Y , suppose la relation affine suivante entre les deux variables :

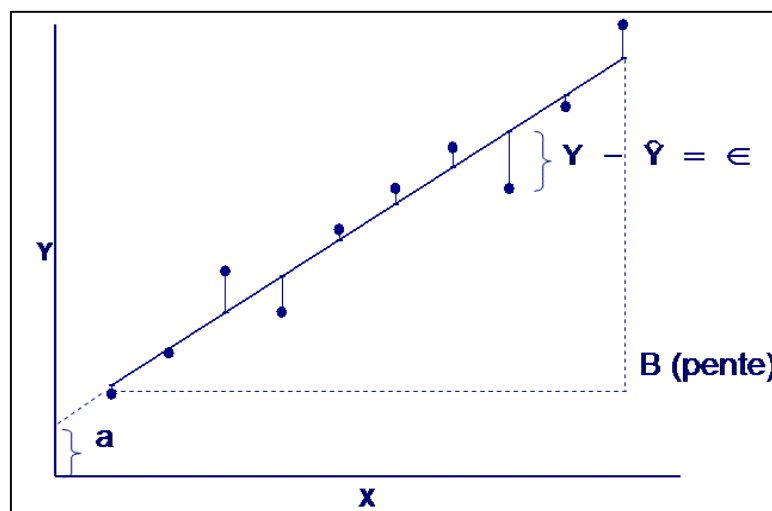
$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (22)$$

Où :

- α représente l'ordonnée à l'origine
- β correspond à la pente de la droite
- ε_i est l'erreur de la relation Y_i et X_i valorisée par l'écart entre la droite et l'observation.

Fondée sur le principe des moindres carrés séparément élaboré par Legendre en 1805 et Gauss en 1809, une régression a pour objectif d'identifier l'équation d'une droite pouvant algébriquement représenter la relation existante entre des variables tout en estimant des coefficients (α et β) de manière à minimiser la somme des carrés des erreurs résiduelles (SCR).

Figure 11
Principe de base d'une régression linéaire simple



Source : <http://lacim.uqam.ca/~chauve/Enseignement/BIF7002/Rapports/Geraldine-Asselin/Rapport.html>

C'est sur la base de ce modèle (dont les principes fondamentaux sont clairement illustrés dans la figure 11 de la page précédente) que nous nous sommes inspirés afin de réaliser l'une de nos approches destinées à évaluer la capacité de prédiction d'un modèle. Effectivement, en remplaçant, dans un premier temps, les variables X et Y de l'équation 22 par les variables qui nous intéressent :

$$\sigma_{réalisée}(t) = \alpha + \beta \sigma_{estimée}(t) + \varepsilon_i \quad (23)$$

Nous pouvons évaluer si le modèle de volatilité contient de l'information quant à la prévision de la volatilité future en analysant si le résultat du coefficient β est significativement différent de zéro (1 étant une relation parfaitement linéaire entre les deux variables). Si cela s'avère être le cas, nous considérons le modèle comme théoriquement fiable à un détail près : le niveau de proportion du pouvoir explicatif des mouvements d'une variable par rapport à l'autre (coefficient de détermination)

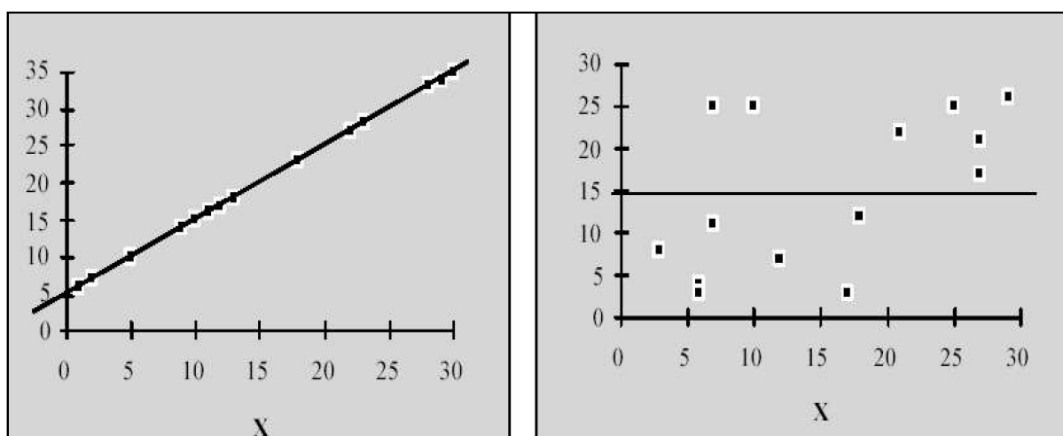
En effet, pour que notre approche soit cohérente, nous devons également, dans un deuxième temps, mesurer la qualité générale de la régression, laquelle est traduite par le R^2 . En conséquence, plus celui-ci est élevé, plus le modèle devrait être fiable.

Pour obtenir le coefficient de détermination, nous devons soustraire de 1 le résultat de la division de la variation non expliquée grâce aux variables X par la variation totale, soit :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (24)$$

Figure 12

Représentation graphique des deux extrêmes que peut prendre le R^2



Source : http://genome.jouy.inra.fr/~turenne/cours/CoursDM_Reg.pdf

Le R^2 étant un pourcentage, il est en toute logique compris entre 0 et 1. Lorsqu'il est égal à 1 (comme c'est le cas dans le graphique de gauche de la figure 12), les valeurs de X expliquent tous les mouvements des valeurs de Y. Au contraire, lorsqu'il est égal à 0 (comme c'est le cas dans graphique de droite de la figure 12), les variations des données observées de Y ne peuvent être attribuées à leur valeur X correspondantes.

Quoiqu'il soit considéré comme une mesure pertinente, le R^2 présente un défaut important. Celui-ci est particulièrement gênant lorsque nous évaluons le R^2 sur des séries issues de calculs par paniers (buckets). Effectivement, cet indicateur a la fâcheuse tendance à s'accroître mécaniquement au fur et à mesure que l'on augmente le nombre de variables dans le modèle. En conséquence, il ne peut être utilisé lorsque nous comparons des modèles intégrant un nombre varié de données, ce qui est le cas lorsque nous désirons comparer différentes fenêtres temporelles sur des séries obtenues au travers de la méthode des paniers.

Dans cette optique, nous avons opté pour l'utilisation d'un coefficient corrigé des degrés de liberté, c'est-à-dire le coefficient de détermination ajusté (adjusted R^2) qui est donné par :

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k-1} (1 - R^2) \quad (25)$$

Où :

- n représente le nombre d'observation total dans l'échantillon
- k correspond au nombre de variables indépendantes (prédicteurs)
- R^2 équivaut au coefficient de détermination

Pour résoudre l'équation 23 ainsi que l'équation 25 tout en limitant considérablement les erreurs humaines, nous avons opté pour l'utilisation de l'application « régression linéaire) de l'utilitaire d'analyse de MS Office Excel. En effet, comme nous pouvons le constater sur la figure 13 de la page suivante, celui-ci nous permet en quelques manipulations de générer automatiquement un tableau récapitulatif des paramètres liés à un test de régression, dont le coefficient β (ligne 18, colonne des coefficients) et le R^2 ajusté (ligne 6) en font partie.

Figure 13

Résultats d'un test de régression réalisé par l'utilitaire d'analyse d'Excel

3	<i>Regression Statistics</i>								
4	Multiple R	0.69668861							
5	R Square	0.48537502							
6	Adjusted R Square	0.48498067							
7	Standard Error	0.07834716							
8	Observations	1307							
9									
10	<i>ANOVA</i>								
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
12	Regression	1	7.555159005	7.55516	1230.82715	1.7719E-190			
13	Residual	1305	8.010452559	0.00614					
14	Total	1306	15.56561156						
15									
16		<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
17	Intercept	0.01278941	0.005130231	2.49295	1.28%	0.002725008	0.02285381	0.00272501	0.022853814
18	X Variable 1	0.82549102	0.023529561	35.0831	0.00%	0.779331116	0.87165092	0.77933112	0.871650921
19									

Source : Illustration original

4. Présentation des résultats obtenus et recommandations personnelles

À présent que nous avons décrit la totalité de la méthodologie utilisée, nous allons, dans cette partie, présenter une synthèse des résultats obtenus sous forme de tableaux récapitulatifs. Seules les informations jugées essentielles au fondement d'une opinion quant à la problématique centrale de ce mémoire apparaissent dans ce chapitre. Cependant, si l'envie prend au lecteur d'approfondir l'étude et/ou si celui-ci souhaite obtenir des renseignements complémentaires à ceux qui sont exposés dans cette partie, nous l'invitons à se rendre aux annexes 1 et suivantes où est recensée l'intégralité des résultats de nos recherches.

Nous concluons cette section avec plusieurs recommandations fondées sur une appréciation personnelle des résultats. De par leur nature subjective, les recommandations sont données à titre indicatif et ne doivent être en aucun cas assimilées à des incitations ou conseils à opérer.

4.1 Présentation et analyse des résultats

Le tableau 1 rapporte les différentiels moyens (exprimés en excès de volatilité et en % de variation) résultant de l'analyse de fiabilité de la volatilité historique depuis 1994.

Tableau 1
Vol. Historique VS Vol. Réalisée
Différences en valeur absolue depuis 1994

Méthodes	Fenêtres	SMI		UBS		NES		NOV		CS	
		Vol	%	Vol	%	Vol	%	Vol	%	Vol	%
Glissant	5 jours	6%	50%	11%	57%	7%	58%	8%	60%	13%	58%
	20 jours	5%	34%	9%	32%	6%	31%	6%	34%	10%	34%
	60 jours	6%	33%	9%	29%	5%	29%	6%	30%	11%	32%
	90 jours	6%	32%	10%	29%	5%	28%	7%	32%	12%	34%
	250 jours	7%	36%	14%	44%	6%	27%	6%	30%	15%	43%
	500 jours	7%	43%	14%	58%	6%	35%	6%	31%	16%	53%
Buckets	5 jours	6%	48%	12%	58%	8%	58%	8%	59%	13%	50%
	20 jours	5%	33%	9%	32%	6%	33%	6%	33%	11%	34%
	60 jours	5%	31%	9%	29%	5%	25%	5%	25%	12%	35%
	90 jours	6%	30%	10%	30%	6%	27%	6%	28%	14%	35%
	250 jours	7%	39%	14%	47%	6%	30%	6%	30%	16%	47%
	500 jours	8%	43%	16%	65%	6%	31%	5%	27%	19%	65%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Comme nous pouvons le remarquer, l'excès de volatilité est compris entre 5% et 19% mais tend, dans l'ensemble, à se situer aux alentours de 6%. Seules les volatilités historiques calculées sur les titres issus du secteur bancaire (UBS et Crédit Suisse) semblent être beaucoup moins fiable quant à leur niveau de prédictibilité de la volatilité future. Par ailleurs, toutes les fenêtres temporelles retenues entraînent une disparité moyenne de plus de 25 % entre la volatilité espérée et la volatilité effective, ce qui équivaut à une marge d'erreur non négligeable lors d'éventuelles contraintes de gestion. Les fenêtres 5, 250 et 500 semblent être les plus mauvais estimateurs, ce que nous pouvions prévoir. Effectivement, la fenêtre de 5 jours est trop courte ce qui implique un manque de données conduisant à une mauvaise représentativité. À l'inverse, les fenêtres de 250 et 500 jours sont trop longues ce qui introduit une grande incohérence économique.

À noter qu'il est curieux de constater qu'il n'existe pas de véritables différences entre les résultats obtenus par la méthode « glissante » et ceux qui sont obtenues par la méthode « buckets ».

Tableau 2
Vol. Historique VS Vol. Réalisée
T-Stat depuis 1994

Méthodes	Fenêtres	SMI	UBS	NES	NOV	CS
<u>Glissant</u>	5 jours	0.9342	0.8029	1.0207	0.8325	0.8700
	20 jours	0.9219	0.8075	1.0243	0.7702	0.8511
	60 jours	0.8848	0.8317	0.9674	0.8613	0.8057
	90 jours	0.9395	0.8469	1.0597	0.9977	0.8627
	250 jours	1.3209	0.9260	1.3023	1.1890	1.0736
	500 jours	1.4652	0.9935	1.5541	1.5763	1.1574
<u>Buckets</u>	5 jours	0.9728	0.8289	1.0040	0.9877	0.8571
	20 jours	0.9608	0.7917	1.1428	0.9419	0.8123
	60 jours	0.9552	0.8994	1.0488	1.0328	0.8861
	90 jours	0.8660	0.8263	1.1680	0.9949	0.8252
	250 jours	1.6483	0.9369	1.7950	1.2429	1.2175
	500 jours	1.5156	0.9201	1.3627	0.9893	1.2226

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Le tableau 2 restitue l'intégralité des résultats obtenus suite aux tests de Student opérés sur les différentiels moyens en termes d'excès de volatilité depuis 1994. Pour rappel, ce test a pour hypothèse nulle que la différence entre la volatilité attendue et la volatilité réalisée égale à zéro.

Il est étonnant de constater qu'aucune mesure franchit le seuil critique des 2.57 permettant le rejet de l'hypothèse nulle avec un intervalle de confiance de 99%. En conséquence, nous ne pouvons pas rejeter l'éventualité que la différence entre la volatilité historique et la volatilité réalisée soit égale à zéro et subséquemment que la mesure testée soit un estimateur pertinent de la volatilité future. Toutefois, l'absence de rejet ne signifie en aucun cas l'acceptation de l'hypothèse comme une réalité. Autrement dit, ce n'est pas parce que l'on ne peut pas rejeter la supposition que l'excès de volatilité équivaut à zéro, qu'elle peut être considérée comme vérifiée pour autant.

Le tableau 3 présent l'ensemble des coefficients β et des coefficients de détermination ajustés que nous sommes parvenus à obtenir suite aux tests de régression sur la volatilité historique depuis 1994. Deux conclusions peuvent être établies sur la base de ces résultats.

Tableau 3
Vol. Historique VS Vol. Réalisée
Coefficient β et R^2 ajusté depuis 1994

Méthodes	Fenêtres	SMI		UBS		NES		NOV		CS	
		β	R^2	β	R^2	β	R^2	β	R^2	β	R^2
<u>Glissant</u>	5 jours	0.61	0.37	0.08	0.17	0.45	0.20	0.39	0.15	0.63	0.40
	20 jours	0.64	0.42	0.75	0.57	0.59	0.35	0.46	0.21	0.72	0.52
	60 jours	0.49	0.24	0.74	0.55	0.48	0.23	0.42	0.18	0.65	0.42
	90 jours	0.45	0.21	0.72	0.52	0.47	0.22	0.36	0.13	0.57	0.33
	250 jours	0.27	0.07	0.38	0.15	0.34	0.12	0.18	0.03	0.29	0.09
	500 jours	-0.23	0.04	0.11	0.01	-0.08	0.01	-0.13	0.02	-0.04	0.00
<u>Buckets</u>	5 jours	0.63	0.40	0.65	0.42	0.47	0.22	0.40	0.16	0.65	0.42
	20 jours	0.68	0.46	0.75	0.55	0.61	0.37	0.47	0.22	0.71	0.51
	60 jours	0.58	0.32	0.75	0.56	0.60	0.35	0.53	0.27	0.68	0.46
	90 jours	0.43	0.17	0.67	0.44	0.56	0.29	0.34	0.10	0.52	0.25
	250 jours	*0.29	0.02	*0.41	0.11	*0.40	0.09	*0.27	0.01	*0.37	0.08
	500 jours	*0.10	-0.15	*-0.57	-0.14	*-0.05	-0.20	*-0.09	-0.19	*-0.37	-0.12

* p-value > 0.05

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Premièrement, le coefficient de pente pour les diverses volatilités estimées, soit le bêta, est significativement différent de zéro à un intervalle de confiance de 95% démontrant ainsi que la volatilité historique calculée avec la plupart des fenêtres temporelles contient un certain niveau de prédiction quant à la future volatilité réalisée. Effectivement, si nous excluons les résultats des fenêtres de 250 et 500 jours qui sont, une fois encore insatisfaisants, les bêtas obtenus varient entre 0.34 et 0.75. Néanmoins, il nous faut garder à l'esprit que les régressions effectuées sur les volatilités calculées selon la méthode « buckets » pour les fenêtres 250 et 500 jours ne comportent respectivement que 17 et 7 observations induisant une problématique de sous-représentativité incontestable.

Deuxièmement, tous les modèles de volatilité historique testés sont des mesures biaisées de la future volatilité réalisée. En effet, le coefficient de détermination ajusté ne dépasse que très rarement le seuil des 0.5 révélant ainsi qu'il n'existe qu'une infime partie des mouvements de la volatilité historique qui explique les mouvements de la volatilité future.

Tableau 4
Vol. Historique et Vol. Implicite VS Vol. Réalisée
Différences en valeur absolue depuis 2006

	Méthodes	Fenêtres	SMI		UBS		NES		NOV		CS	
			Vol	%	Vol	%	Vol	%	Vol	%	Vol	%
VOLATILITE HISTORIQUE	<u>Glissant</u>	5 jours	6%	48%	16%	53%	8%	59%	7%	60%	15%	51%
		20 jours	6%	37%	13%	34%	6%	34%	6%	32%	12%	34%
		60 jours	7%	36%	13%	30%	6%	28%	6%	29%	13%	33%
		90 jours	7%	37%	14%	35%	5%	25%	6%	30%	14%	35%
	<u>Buckets</u>	5 jours	6%	48%	17%	53%	8%	59%	7%	55%	15%	50%
		20 jours	6%	39%	14%	38%	6%	37%	6%	37%	14%	38%
		60 jours	7%	37%	13%	28%	6%	31%	7%	32%	12%	28%
		90 jours	8%	42%	16%	38%	5%	24%	6%	30%	14%	33%
VOLATILITE IMPLICITE	<u>Glissant</u>	20 jours	6%	29%	10%	26%	5%	24%	5%	26%	10%	25%
		40 jours	6%	29%	10%	26%	4%	23%	5%	23%	10%	27%
	<u>Buckets</u>	20 jours	6%	29%	12%	28%	5%	24%	6%	27%	10%	26%
		40 jours	5%	26%	10%	24%	4%	23%	4%	21%	9%	25%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 11.05.2011)

Le tableau 4 recense les différentiels moyens entre la volatilité estimée (historique ou implicite) et la volatilité réalisée depuis 2006. Exprimés en excès de volatilité et en % de variation, les résultats obtenus nous permettent d'établir plusieurs comparaisons intéressantes.

Premièrement, couvrant pourtant uniquement une période aux mouvements anormaux, les différentiels moyens obtenus entre la volatilité historique et la volatilité réalisée dans le tableau 4 sont, dans l'ensemble, similaires à ceux obtenus dans le tableau 1. Certes, les différentiels calculés dans le tableau 1 comprennent également la période d'analyse du tableau 4 mais ils devraient être considérablement lissés par les 12 années antérieures (1994-2006). Il est donc surprenant de remarquer si peu d'écart

entre ces deux périodes d'études. Nous pouvons donc en déduire, contre toute attente, que le pouvoir de prédiction de la volatilité historique n'est pas nécessairement impacté par des périodes à hautes volatilités.

Deuxièmement, la volatilité implicite semble systématiquement présenter de meilleurs résultats que la volatilité historique. En effet, quelle que soit la fenêtre temporelle employée, la méthode utilisée ou le titre analysé, les résultats de la volatilité implicite surperforment ceux de la volatilité historique. Sur la base du tableau 4, la volatilité implicite serait donc un meilleur estimateur de la volatilité réalisée que la volatilité historique.

Tableau 5
Vol. Historique et Vol. Implicite VS Vol. Réalisée
T-Stat depuis 2006

	Méthodes	Fenêtres	SMI	UBS	NES	NOV	CS
VOLATILITE HISTORIQUE	<u>Glissant</u>	5 jours	0.8503	0.7641	0.9940	0.9616	0.7444
		20 jours	0.9315	0.7935	0.9229	0.7135	0.8127
		60 jours	0.8467	0.8584	0.9280	0.7759	0.7857
		90 jours	0.9966	0.9949	1.0076	0.9017	0.7916
	<u>Buckets</u>	5 jours	0.8256	0.6900	1.0287	0.9770	0.7477
		20 jours	0.9003	0.9185	1.0113	0.8062	0.7208
		60 jours	0.8026	0.8227	0.9543	0.9085	0.7405
		90 jours	1.4008	1.2994	0.9629	1.2179	0.8384
VOLATILITE IMPLICITE	<u>Glissant</u>	20 jours	0.9630	0.7491	0.8561	0.8469	0.7876
		40 jours	0.8862	0.7601	0.7849	0.7685	0.7200
	<u>Buckets</u>	20 jours	0.9683	0.9466	0.8543	0.9335	0.6802
		40 jours	0.8777	0.9549	0.7202	0.6689	0.6629

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 11.05.2011)

Le tableau 5 ressemble beaucoup au tableau 2, si ce n'est que celui-ci rapporte les t-stats obtenus au travers de tests de Student réalisée sur les différentiels moyens en termes d'excès de volatilité depuis 2006 (et non 1994) et que la pertinence de l'utilisation de la volatilité implicite est également testée (et non seulement la volatilité historique). Hormis ces quelques différences, auxquelles nous pouvons encore rajouter la suppression des fenêtres 250 et 500 jours, toutes les hypothèses et les conclusions établies pour le tableau 2 sont en tout point identiques à celles du tableau 5.

Effectivement, pour un intervalle de confiance à 99%, l'hypothèse nulle supposant que, sur la période testée, la différence moyenne entre la volatilité estimée et la volatilité réalisée égale à zéro ne peut pas être rejetée car aucune t-stats n'est supérieure au seuil critique des 2.57.

Le tableau 6 rapporte l'entier des coefficients bêta et des coefficients de détermination ajustés résultant des tests de régression réalisés sur la volatilité historique et la volatilité implicite par rapport à la volatilité réalisée depuis 2006. Dans l'ensemble, les constatations sont compatibles avec celles qui sont établies sur la base du tableau 3 et du tableau 4.

Tableau 6
Vol. Historique et Vol. Implicite VS Vol. Réalisée
Coefficient β et R^2 ajusté depuis 2006

	Méthodes	Fenêtres	SMI		UBS		NES		NOV		CS	
			β	\bar{R}^2	β	\bar{R}^2	β	\bar{R}^2	β	\bar{R}^2	β	\bar{R}^2
VOLATILITE HISTORIQUE	<u>Glissant</u>	5 jours	0.64	0.41	0.62	0.39	0.47	0.22	0.57	0.32	0.62	0.39
		20 jours	0.66	0.43	0.76	0.58	0.47	0.22	0.56	0.31	0.74	0.56
		60 jours	0.45	0.20	0.76	0.59	0.43	0.18	0.45	0.21	0.68	0.47
		90 jours	0.44	0.20	0.73	0.55	0.51	0.26	0.44	0.20	0.59	0.36
	<u>Buckets</u>	5 jours	0.65	0.41	0.54	0.29	0.44	0.19	0.61	0.37	0.64	0.41
		20 jours	0.63	0.38	0.76	0.57	0.50	0.24	0.61	0.36	0.64	0.40
		60 jours	*0.39	0.11	0.75	0.54	*0.33	0.06	0.49	0.20	0.71	0.48
		90 jours	*0.48	0.16	0.74	0.53	*0.51	0.20	0.57	0.28	0.67	0.40
VOLATILITE IMPLICITE	<u>Glissant</u>	20 jours	0.83	0.49	1.05	0.68	0.82	0.38	0.93	0.41	1.06	0.66
		40 jours	0.72	0.36	1.08	0.67	0.72	0.28	0.86	0.33	1.06	0.59
	<u>Buckets</u>	20 jours	0.73	0.48	1.02	0.67	0.86	0.37	0.98	0.45	1.05	0.55
		40 jours	0.79	0.43	1.10	0.78	0.95	0.26	0.95	0.32	1.11	0.59

* p-value > 0.05

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 11.05.2011)

Tout comme pour le tableau 3, le coefficient bêta pour la volatilité estimée est significativement différent de zéro pour pratiquement toutes les mesures testées démontrant ainsi l'existence d'une relation entre les différentes volatilités estimées et la volatilité réalisée. En effet, avec l'hypothèse nulle que le bêta égal à zéro pour un intervalle de confiance à 95%, seules quatre statistiques de la volatilité historique sont associées à des p-valeurs supérieur aux 5% conventionnels entraînant le non rejet de

l'hypothèse. De plus, les non-rejets proviennent des régressions établies sur des modèles comportant un nombre insuffisant d'observations (20 pour la fenêtre de 60 jours et 13 pour la fenêtre de 90 jours). La représentativité de ces modèles est donc discutable.

Le coefficient de détermination ajusté montre également le même schéma que le tableau 3, à savoir un niveau généralement inférieur à 0.5. De ce fait, tous les modèles testés sont à considérer comme des estimateurs biaisés de la volatilité réalisée. Néanmoins, nous pouvons observer de meilleurs résultats pour la volatilité implicite que pour la volatilité historique. En effet, les coefficients de détermination ajustés varient entre 0.26 et 0.78 pour la volatilité implicite contre 0.06 et 0.59 pour la volatilité historique. Par conséquent, nous pouvons conclure que les mouvements de la volatilité implicite expliquent davantage les mouvements de la volatilité réalisée que la volatilité historique.

4.2 Recommandations personnelles

Au vu de l'ensemble des résultats de l'étude, nous recommandons aux investisseurs l'utilisation des modèles de volatilités selon l'ordre de pertinence suivant :

1. Les volatilités implicites (20j et 40j)
2. Les volatilités historiques (20j, 60j, 90j)
3. Les volatilités historiques (5j, 250j, 500j)

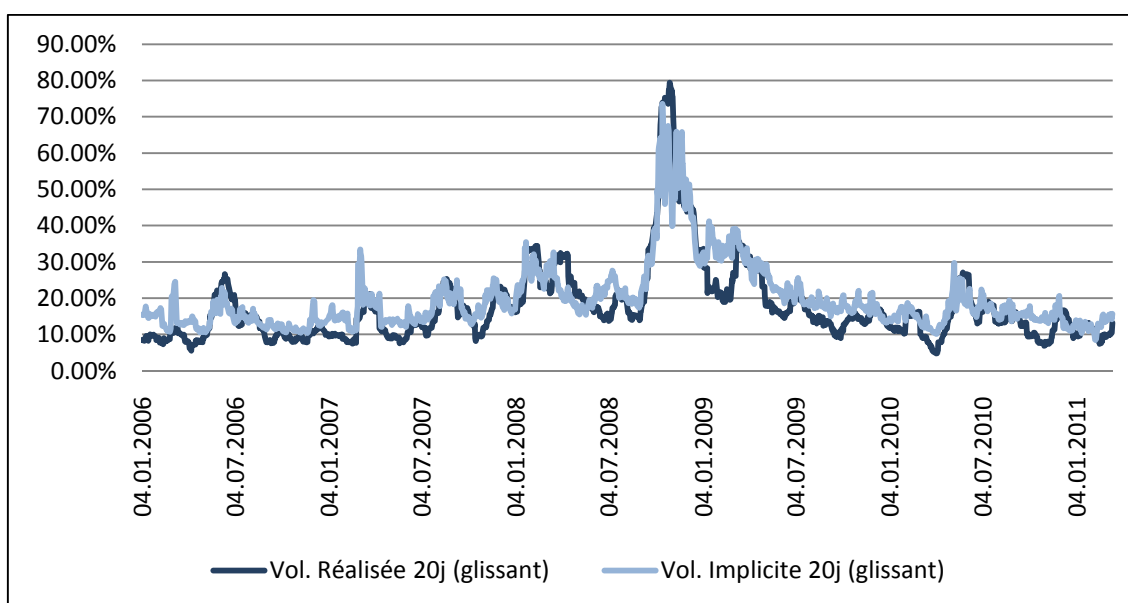
Les volatilités historiques estimées sur des fenêtres temporelles de 5, 250 et 500 jours sont, à notre sens, à proscrire, car elles semblent être très peu fiables quant à l'estimation de la volatilité réalisée. Il est vrai que la représentativité des volatilités historiques pour les fenêtres 250 et 500j calculées par le biais de la méthode des « buckets » peut être discutée. Cependant, les résultats restent décevants et insuffisants pour les mêmes volatilités calculées par le biais de la méthode (glissante) où pourtant, dans ce cas, chaque fenêtre mobile dispose du même nombre d'observations (4369 en l'occurrence).

Les volatilités historiques pour les fenêtres temporelles 20, 60 et 90 jours semblent, quant à elles, offrir une fiabilité de prédiction légèrement supérieure. Néanmoins, sur la base des résultats empiriques, le pouvoir de prédiction semble rester faible et, dans tous les cas, plus faible que la volatilité implicite.

En effet, la volatilité implicite est le modèle testé ayant obtenu les meilleurs résultats et qui semble contenir le plus d'information quant à la future volatilité réalisée. Comme nous pouvons le remarquer au deuxième semestre 2008 sur la figure 14, la volatilité

implicite s'avère être un estimateur relativement fiable lors de périodes à hautes volatilités. En revanche, si nous focalisons notre attention sur l'évolution de la volatilité implicite sur certaines périodes plus calmes telles que le deuxième semestre 2006 ou l'année 2009, nous remarquons que la volatilité implicite a la fâcheuse tendance à surestimer continuellement la volatilité réalisée en période « normale ».

Figure 14
Evolutions de la Vol. Implicite par rapport à la Vol. Réalisée
depuis 2006 pour le SMI



Source : Graphique original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Certes, la volatilité implicite a, tout au long de l'étude, surperformé la volatilité historique démontrant ainsi qu'elle dispose d'une meilleure prédictibilité de la volatilité réalisée. Toutefois, les résultats observés n'ont rien d'extraordinaire et il serait dangereux de considérer la volatilité implicite comme une représentation véridique du futur. Au contraire, aucun modèle testé doit être considéré comme un bon estimateur de la future volatilité réalisée.

Dans cette optique, nous recommandons aux investisseurs de ne pas se limiter à un seul et unique modèle d'évaluation du risque lorsqu'ils opèrent leurs choix d'investissement. Effectivement, nous leur suggérons d'utiliser parallèlement la volatilité historique et la volatilité implicite ainsi que toutes les mesures statistiques mentionnées dans ce travail (VaR, Skewness, Kurtosis, Max Drawdown,...). Selon nous, plus l'investisseur dispose d'informations, plus celui-ci est en mesure d'évaluer le réel risque d'un actif.

Conclusion

Cette étude a pour objectif d'examiner la pertinence de l'utilisation de la volatilité sur le marché du SMI. Après de multiples recherches, nous découvrons, d'une part, que la volatilité historique et implicite contient un certain degré d'information dans la prévision de la volatilité réalisée mais que dans l'ensemble, ce degré reste très faible. D'autre part, nous nous apercevons que la volatilité historique dispose d'un pouvoir explicatif plus faible que la volatilité implicite. La relation entre la volatilité implicite et la volatilité réalisée a toujours suscité un intérêt particulier auprès de la communauté scientifique du secteur financier. Déjà sujet à de nombreuses recherches et publications, les résultats obtenus dans ce mémoire ne sont donc pas à considérer comme inédits. Néanmoins, il est satisfaisant de remarquer que les conclusions que nous pouvons en tirer sont similaires aux conclusions tirées des antécédentes recherches notoires. En effet, Canina et Figlewski (1993), par exemple, ont cherché à savoir si la volatilité implicite contient de l'information lorsque l'on la compare à la volatilité réalisée. Utilisant le S&P 100 index options pour leur étude, ils finirent par conclure que le pouvoir de prédiction de la volatilité implicite était pauvre et qu'il n'existait presque aucune corrélation entre la volatilité implicite et la volatilité réalisée. Une autre étude, menée cette fois-ci par Christensen et Prabhala (1998), démontra également que la volatilité implicite surperforme la volatilité historique dans la prédictibilité de la future volatilité réalisée.

Les volatilités implicite et historique sont donc incontestablement de mauvais estimateurs de la future volatilité. Par ailleurs, le calcul de la volatilité à spécifiquement comme but d'identifier le risque d'un actif afin d'avoir le sentiment de le maîtriser ou du moins d'être conscient du risque que l'on prend. La vérité est que, pourtant on ne peut prévoir l'imprévisible et que les véritables situations préjudiciables, à savoir les événements extrêmes, sont justement celles qui sont les moins prédictibles. De plus, ces événements « spéciaux » créent des biais considérables empêchant la volatilité moyenne d'atteindre des niveaux représentatifs du risque d'un actif en temps « normal ». En effet, si nous comparons le cours d'une action avec sa volatilité, nous pouvons constater qu'un événement anormal de faible impacte influence le cours sur une courte période avant qu'elle ne ré-atteigne généralement son niveau pré-événement alors que la volatilité moyenne reste, quant à elle, influencer sur une période beaucoup plus longue. Toutefois, la maniabilité de la volatilité, particulièrement du point de vue statistique, fait de cette mesure un allié apprécié par les financiers. De ce fait, malgré une justesse contestable, la volatilité reste, sans le moindre doute, l'outil statistique le plus utilisé pour évaluer le risque d'un actif.

Bibliographie

Supports papier :

- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. Working Paper on the Regulatory Treatment of Operational Risk, septembre 2001.
- BLACK, Fischer, SCHOLES, Myron. The pricing of options and corporate liabilities. Journal of political economy, 1973, Vol 81, N°3, pp. 637-654.
- BREALEY, Richard, MYERS, Stewart, ALLEN, Franklin. Principles of corporate finance. 9th ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2008. 976 p.
- CANINA, L., FIGLEWSKI, S. The informational content of implied volatility. The review of financial studies, 1993, Vol. 6, N°3, pp. 659-681.
- CHRISTENSEN, B.J., PRABHALA, N.R. The relation between implied and realized volatility. Journal of financial economics 50, 1998. pp. 125-150.
- FERRINI, Enrica. Cours Bâle II. 2011. 124 slides. Support du cours : Risk Management prodigué par FERRINI Enrica à la Haute École de Gestion de Genève le 25.03.2011.
- HULL, John, GODLEWSKI, Christophe, MERLI, Maxime. Gestion des risques et institutions financières. 2^{ème} éd. Paris : Pearson Education, 2007. 560 p.
- MARKOWITZ, Harry. Portfolio selection. Journal of Finance, 1952, Vol.7, N°1, pp 77-91.
- MARKOWITZ, Harry. Portfolio selection : Efficient diversification of investments. New York : John Wiley & Sons Ltd, 1959, 340p.
- MERTON, Robert C. Theory of rational option pricing. Bell journal of economics and management science, 1973, Vol. 4, N°1, pp. 141-183
- METROPOLIS Nicholas, ULAM, Stanislas. The Monte Carlo Method. Journal of the american statistical association, 1949, Vol. 44, n° 247, pp. 335-341.
- MORAUX, Franck. Finance de marché. Paris : Pearson Education, 2010. 279 p.
- MORESINO, Francesco. La Value at Risk. 2011. 31 slides. Support du cours : Risk Management prodigué par MORESINO Francesco à la Haute École de Gestion de Genève le 25.02.2011.
- PAKARINEN, Jarmo. The relationship between implied and realized volatility. 2007. 35p. Bachelor's Thesis, Finance, Lappeenranta University of Technology.
- PARKINSON, Michael. The extreme value method for estimating the variance of the rate of return. Journal of business, 1980, Vol. 53, N°1, pp. 61-65.
- SHARPE, William. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. The journal of finance, 1964, Vol. 19, N°3, pp. 425-442.
- TUCHSCHMID, Nils S. Finance de marché 1^{ère} partie. 2009. 49 p. Support du cours : Finance de Marché prodigué par TUCHSCHMID Nils S. à la Haute École de Gestion de Genève au semestre d'hivers 2009.
- WILLIAMS, Benjamin. Introduction à la finance quantitative. Paris : Magnard-Vuibert, 2010. 252 p.
- WILMOTT, Paul. Derivatives: The theory and practice of financial engineering. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 1998. 739 p.

Supports électronique :

- Anonyme. Black & Scholes: Introduction! In: [comprendrelabourse.com](http://www.comprendrelabourse.com/Produits_derives/Hedging/blackScholes.htm) [en ligne].
http://www.comprendrelabourse.com/Produits_derives/Hedging/blackScholes.htm (consulté le 20.03.2011)
- Anonyme. Semivariance. In: [Investopedia.com](http://www.investopedia.com/terms/s/semivariance.asp#axzz1UjSa9ys1) [en ligne].
<http://www.investopedia.com/terms/s/semivariance.asp#axzz1UjSa9ys1> (consulté le 30.06.2011)
- Anonyme. What is maximum drawdown? In: [myforexresults.com](http://www.myforexresults.com/article.php?product_id=2) [en ligne].
http://www.myforexresults.com/article.php?product_id=2 (consulté le 02.07.2011)
- ASSELIN, Géraldine. Principe des régressions linéaires et application en biologie. In : le site du laboratoire de combinatoire et d'informatique informatique. Avril 2003.
<http://lacim.uqam.ca/~chauve/Enseignement/BIF7002/Rapports/Geraldine-Asselin/Rapport.html> (consulté le 27.07.2011)
- CHEVREAU, Antoine, GODIN, Sylvain, IVANOF Mihaela, PATIN, Antoine. Fiche 1. Définition de la Value-at-Risk. Rédigé en novembre 2006. Disponible sur le site Value-at-Risk du Master Econométrie et Statistique appliquée de l'université d'Orléans [en ligne].
http://193.49.79.89/esa_prof/fiches_modeles/Fiche_Definition_VaR_ver1.pdf (consulté le 07.04.2011)
- COQUERET, Guillaume. La volatilité implicite. Réalisé le 23 octobre 2009. Disponible sur le site financedemarche.dalloz.fr [en ligne].
<http://financedemarche.dalloz.fr/gauche/concepts/volimp.pdf> (consulté le 20.03.2011)
- DEPRAETERE, Sandrine. Travaux pratique N°2. Réalisé le 15.10.2010. Disponible sur le site campus.hesge.ch [en ligne].
http://campus.hesge.ch/risk_management/doc/meilleurs%20travaux%202010-2011/Depraetere%20Sandrine%20TP2.pdf (Consulté le 05 juillet 2011)
- FALKENSTEIN, Eric. Value-at-Risk and Derivatives Risk. Derivatives Quarterly. 1997, vol. 4, n°1. Disponible sur le site efalken.com [en ligne].
<http://efalken.com/papers/VaR.PDF> (consulté le 07.04.2010)
- GROUARD, Marie-Hélène, LEVY, Sébastien, LUBOCHINSKY, Catherine. La volatilité boursière : des constats empiriques aux difficultés d'interprétation. Banque de France- Revue de la stabilité financière. Juin 2003, pp. 61-79. http://www.banque-france.fr/archipel/publications/bdf_rsf/etudes_bdf_rsf/bdf_rsf_02_etu_1.pdf (consulté le 21.03.2011)
- HARPER, David. Value at Risk (VaR). 2007 FRM, Part 11. Incremental & Component VaR. In : [bionicturtle.com](http://www.bionicturtle.com) [en ligne]. Article publié le 15 avril 2007.
http://www.bionicturtle.com/how-to/article/value_at_risk_var_2007_frm_part_11_incremental_component_var/ (consulté le 04.04.2011)
- HERLEMONT, Daniel. Simulation et Estimations de la volatilité. Réalisé le 08 avril 2008. Disponible sur le site YATS consulting [en ligne]. <http://www.yats.com/doc/r-trading-tp-006-statements.pdf> (consulté le 15.03.2011)
- HERLEMONT, Daniel. Projet estimation de la Value at Risk. Disponible sur le site YATS consulting [en ligne]. <http://www.yats.com/doc/project-var-fr.pdf> (consulté le 04.04.2011)
- HERLEMONT, Daniel. Econométrie des marchés financiers : VaR, Valeurs Extrêmes. Disponible sur le site YATS consulting [en ligne]. <http://www.yats.com/doc/var-extremes-ppt.pdf> (consulté le 06.04.2011)

- HERLEMONT, Daniel. Le Maximum Drawdown. Réalisé le 19 novembre 2007. Disponible sur le site YATS consulting [en ligne]. <http://www.yats.com/doc/r-trading-tp-014-statements.pdf> (consulté le 02.07.2011)
- LECHEVIN, Luc. VaR : Value at Risk. In : fimarkets.com [en ligne]. http://www.fimarkets.com/pages/var_value_at_risk.php (consulté 04.04.2011)
- LEVY-RUEFF, Guy. Portée et limites des VaR publiées par les grandes institutions financières. Banque de France- Revue de la stabilité financière. Novembre 2005, N°7, pp. 81-98. http://www.banque-france.fr/archipel/publications/bdf_rsf/etudes_bdf_rsf/bdf_rsf_07_etu_3.pdf (consulté le 08.04.2011)
- MAGDON-ISMAIL, Malik, ATIYA, Amir. Maximum drawdown. Risk magazine. Octobre 2004, Vol.17, N°11, pp. 99-102. Disponible sur Risk.net [en ligne]. <http://www.risk.net/risk-magazine/technical-paper/1530272/maximum-drawdown> (consulté le 02.07.2011)
- MARTIN, Nicolas, TOBELEM, Josselin. La Value at Risk. Rédigé le 15 février 2004. <http://users.polytech.unice.fr/~hugues/Polytech/IMAFA/Didier%20Faivre/La%20Value-At-Risk.pdf> (consulté le 07.04.2011)
- RACICOT, François-Éric, THÉORET, Raymond. Modèles de la VaR, simulations en Visual Basic (Excel) et autres mesures récentes du risque de marché. RePad Working Paper No. 022006. Disponible sur le site Research Papers in Administration de l'université du Québec [en ligne]. <http://www.repad.org/ca/qc/uq/uqo/dsa/VaRRacicotTheoret.pdf> (consulté le 04.04.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 06 mars 2011 à 18.03. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Hasard> (consulté le 07.03.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 01 mars 2011 à 20.58. http://fr.wikipedia.org/wiki/Asym%C3%A9trie_%28statistique%29 (consulté le 02.07.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 27 avril 2011 à 01.13. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Kurtosis> (consulté le 02.07.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 07 mai 2011 à 15.21. http://en.wikipedia.org/wiki/Drawdown_%28economics%29 (consulté le 02.07.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 27 juin 2011 à 22:32. http://fr.wikipedia.org/wiki/Int%C3%A9gration_%28math%C3%A9matiques%29 (consulté le 02.07.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 27 juin 2011 à 21.05. http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression_lin%C3%A9aire (consulté le 26.07.2011)
- Réseau social. In : Wikipédia [en ligne]. Dernière modification de cette page le 18 juillet 2011 à 13.36. http://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Student (consulté le 26.07.2011)
- RIBOULET, Gaël, RONCALLI, Thierry. Value at Risk et mesure de capital économique. Réalisé en 1999. Disponible sur thierry-roncalli.com [en ligne]. <http://www.thierry-roncalli.com/> (consulté le 07.04.2011)
- SHU, Jinghong, ZHANG, Jin E. The relationship between implied and realized volatility of S&P 500 Index. In : le site de Wilmott.com [en ligne]. Publié le 02.05.2004. http://www.wilmott.com/pdfs/040502_shu.pdf (consulté le 20.07.2011)

SIX SWISS EXCHANGE. Site de la bourse suisse – SIX Swiss exchange [en ligne].
<http://www.six-swiss-exchange.com/index.html> (consulté le 01.08.2011)

TURENNE, Nicolas. Régression linéaire. In : la plateforme bioinformatique MIGALE. 2005.
http://genome.jouy.inra.fr/~turenne/cours/CoursDM_Reg.pdf (consulté le 26.07.2011)

Annexe 1

Résultats de l'analyse sur SMI

Tableau 7

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 1994, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	6.02%	4.31%	6.44%	0.9342	49.74%	34.92%
20 jours	5.41%	3.49%	5.87%	0.9219	33.50%	24.93%
60 jours	5.75%	3.69%	6.50%	0.8848	32.93%	24.42%
90 jours	5.87%	3.57%	6.25%	0.9395	31.93%	25.01%
250 jours	6.78%	5.60%	5.13%	1.3209	35.77%	34.69%
500 jours	7.27%	6.82%	4.96%	1.4652	43.32%	35.86%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 8

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 1994, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
5 jours	0.0566	0.6099	0.3720
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0597	0.6438	0.4154
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.0887	0.4922	0.2423
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.0967	0.4540	0.2061
	(p=0%)	(p=0%)	
250 jours	0.1339	0.2692	0.0739
	(p=0%)	(p=0%)	
500 jours	0.2272	-0.2330	0.0437
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 9

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 1994, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	873	6.03%	4.38%	6.20%	0.9728	48.07%	35.29%
20 jours	217	5.23%	3.64%	5.44%	0.9608	33.03%	24.47%
60 jours	71	5.44%	3.72%	5.69%	0.9552	31.44%	24.98%
90 jours	47	5.83%	3.69%	6.73%	0.8660	29.79%	22.05%
250 jours	16	7.09%	6.30%	4.30%	1.6483	39.10%	34.37%
500 jours	8	7.50%	6.67%	4.95%	1.5156	42.88%	34.30%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 10

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 1994, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
5 jours	0.0537	0.6335	0.4006
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0544	0.6766	0.4557
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.0734	0.5778	0.3209
	(p=0.03%)	(p=0%)	
90 jours	0.1000	0.4336	0.1679
	(p=0.05%)	(p=0.25%)	
250 jours	0.1318	0.2932	0.0196
	(p=2.26%)	(p=27.32%)	
500 jours	0.1759	0.0984	-0.1490
	(p=1.93%)	(p=77.01%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 11

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	6.28%	4.34%	7.39%	0.8503	48.01%	33.83%
20 jours	6.19%	4.29%	6.64%	0.9315	37.14%	25.90%
60 jours	6.74%	4.32%	7.96%	0.8467	36.46%	25.65%
90 jours	7.10%	4.85%	7.12%	0.9966	36.89%	31.92%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 11.05.2011)

Tableau 12

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0547	0.6422	0.4121
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0599	0.6571	0.4310
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1011	0.4499	0.2026
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1059	0.4358	0.1946
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 13

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	260	6.30%	4.32%	7.63%	0.8256	47.55%	35.07%
20 jours	64	6.38%	4.86%	7.09%	0.9003	38.76%	24.75%
60 jours	20	6.88%	4.64%	8.57%	0.8026	37.10%	27.15%
90 jours	13	7.84%	7.09%	5.60%	1.4008	41.93%	36.19%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 14
Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, buckets)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0543	0.6455	0.4138
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0663	0.6264	0.3830
	(p=0.21%)	(p=0%)	
60 jours	0.1169	0.3930	0.1108
	(p=2.08%)	(p=8.31%)	
90 jours	0.1037	0.4769	0.1634
	(p=9.52%)	(p=9.47%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 15
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	5.74%	4.27%	5.97%	0.9630	28.61%	23.96%
40 jours	5.74%	4.16%	6.48%	0.8862	29.19%	24.07%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

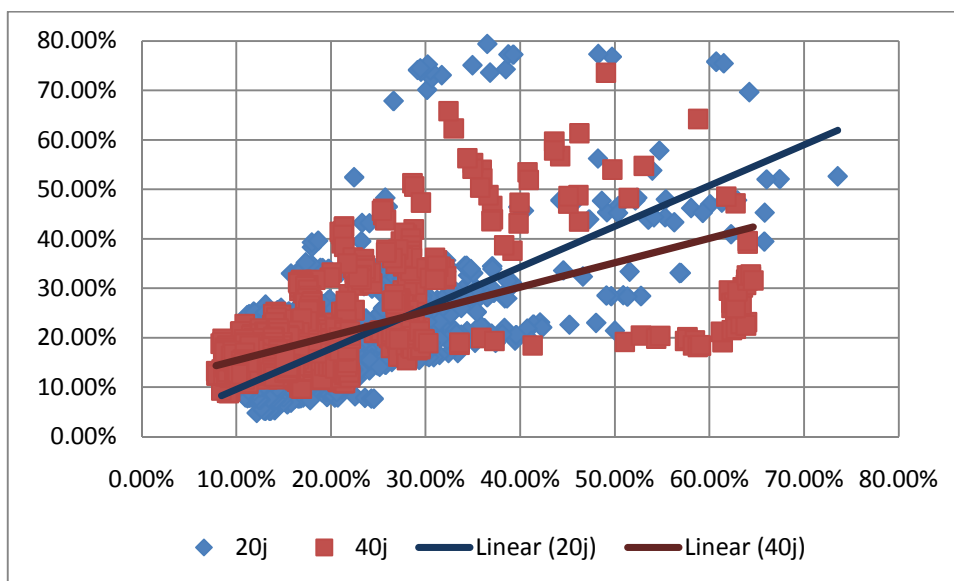
Tableau 16
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, glissant)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
20 jours	0.0128	0.8255	0.4850
	(p=1.28%)	(p=0%)	
40 jours	0.0413	0.7238	0.3572
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Figure 15

Vol Implicite VS Vol Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, glissant)



Source : Graphique original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 17

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	66	5.98%	4.51%	6.18%	0.9683	29.04%	24.56%
40 jours	33	5.22%	3.49%	5.95%	0.8777	25.56%	21.76%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 18

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour le SMI (Depuis 2006, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
20 jours	0.0320	0.7276	0.4798
	(p=13.02%)	(p=0%)	
40 jours	0.0287	0.7915	0.4331
	(p=39.28%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Annexe 2

Résultats de l'analyse sur UBS

Tableau 19

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 1994, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	11.49%	7.42%	14.32%	0.8029	56.50%	38.29%
20 jours	9.32%	5.72%	11.55%	0.8075	32.03%	25.73%
60 jours	9.22%	5.42%	11.09%	0.8317	29.08%	21.91%
90 jours	9.57%	5.04%	11.30%	0.8469	29.38%	21.07%
250 jours	13.86%	8.76%	14.96%	0.9260	43.65%	35.16%
500 jours	13.96%	9.43%	14.05%	0.9935	57.97%	29.68%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 20

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 1994, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0684	0.0829	0.1676
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0735	0.7525	0.5679
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.0895	0.7419	0.5539
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.0895	0.7165	0.5168
	(p=0%)	(p=0%)	
250 jours	0.2008	0.3844	0.1519
	(p=0%)	(p=0%)	
500 jours	0.2972	0.1091	0.0049
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 21

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 1994, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	872	11.73%	7.78%	14.16%	0.8289	58.46%	38.51%
20 jours	217	9.38%	5.27%	11.84%	0.7917	31.59%	25.43%
60 jours	71	9.47%	5.96%	10.53%	0.8994	29.47%	23.89%
90 jours	47	10.37%	5.83%	12.55%	0.8263	29.72%	21.11%
250 jours	16	13.79%	9.20%	14.71%	0.9369	47.04%	33.77%
500 jours	7	15.67%	6.58%	17.03%	0.9201	65.12%	38.87%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 22

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le UBS (Depuis 1994, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0898	0.6445	0.4147
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0762	0.7448	0.5540
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.0773	0.7532	0.5617
	(p=1.05%)	(p=0%)	
90 jours	0.1032	0.6716	0.4384
	(p=1.61%)	(p=0%)	
250 jours	0.1961	0.4107	0.1102
	(p=5.00%)	(p=11.30%)	
500 jours	0.4988	-0.569	-0.1350
	(p=15.40%)	(p=61.45%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 23

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	16.25%	8.99%	21.27%	0.7641	53.22%	37.76%
20 jours	13.01%	7.50%	16.40%	0.7935	33.80%	25.51%
60 jours	12.78%	7.24%	14.89%	0.8584	30.12%	23.88%
90 jours	14.46%	8.26%	14.54%	0.9949	35.09%	25.23%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 24

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le UBS (Depuis 2006, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.1309	0.6236	0.3892
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0989	0.7589	0.5781
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1027	0.7640	0.5936
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1222	0.7283	0.5541
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 25

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le UBS (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	260	16.96%	8.63%	24.58%	0.6900	53.03%	38.01%
20 jours	64	14.41%	8.39%	15.68%	0.9185	37.99%	27.92%
60 jours	20	13.06%	6.23%	15.88%	0.8227	27.58%	20.58%
90 jours	13	16.09%	11.47%	12.38%	1.2994	38.25%	35.29%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 26
Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le UBS (Depuis 2006, buckets)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.1599	0.5362	0.2849
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.1013	0.7571	0.5687
	(p=2.02%)	(p=0%)	
60 jours	0.1166	0.7448	0.5414
	(p=17.16%)	(p=0.01%)	
90 jours	0.1229	0.7398	0.5261
	(p=26.69%)	(p=0.30%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 27
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	10.27%	6.96%	13.71%	0.7491	25.73%	20.62%
40 jours	10.31%	6.34%	13.56%	0.7601	25.81%	18.43%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

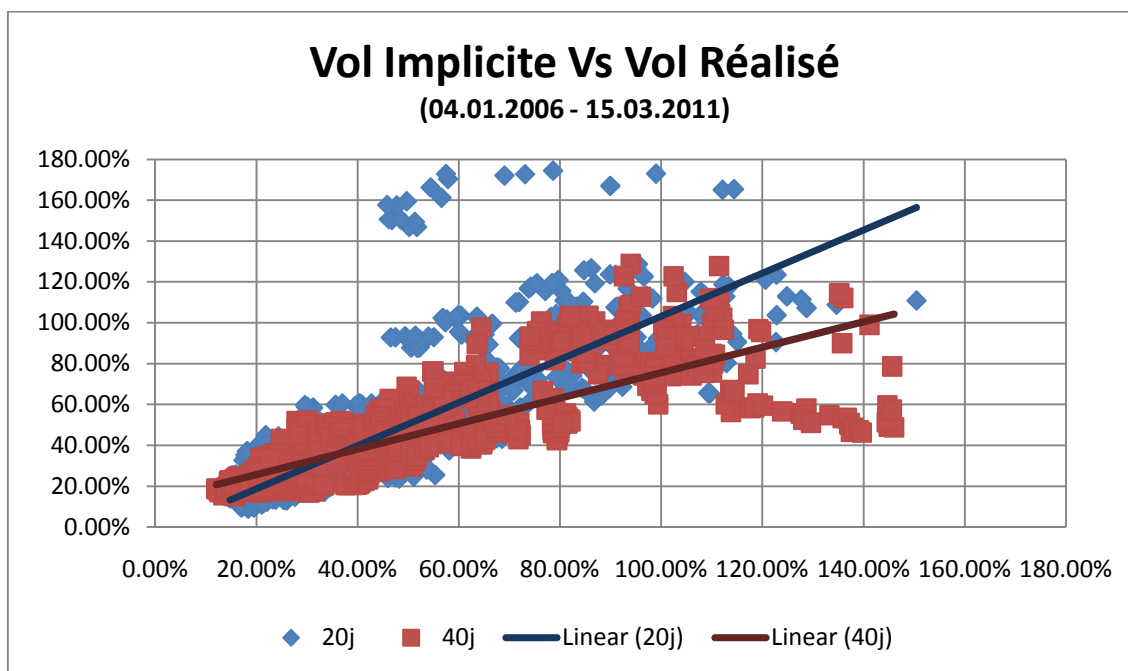
Tableau 28
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 2006, glissant)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
20 jours	-0.0220	1.0541	0.6786
	(p=1.92%)	(p=0%)	
40 jours	-0.003	1.0760	0.6699
	(p=71.86%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Figure 16

Vol Implicite VS Vol Réalisé pour UBS (Depuis 2006, glissant)



Source : Graphique original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 29

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	66	11.84%	8.20%	12.50%	0.9466	27.97%	24.44%
40 jours	33	9.58%	6.04%	10.03%	0.9549	24.43%	17.90%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 30

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour UBS (Depuis 2006, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
20 jours	-0.0140	1.0176	0.6685
	(p=73.75%)	(p=0%)	
40 jours	-0.0150	1.0961	0.7760
	(p=75.17%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Annexe 3

Résultats de l'analyse sur Nestlé

Tableau 31

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 1994, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	7.49%	5.52%	7.34%	1.0207	58.29%	39.90%
20 jours	5.66%	4.07%	5.53%	1.0243	31.35%	25.23%
60 jours	5.41%	3.77%	5.59%	0.9674	28.56%	21.26%
90 jours	5.40%	3.77%	5.10%	1.0597	28.08%	22.00%
250 jours	5.51%	4.85%	4.23%	1.3023	26.73%	23.52%
500 jours	6.28%	5.39%	4.04%	1.5541	34.57%	26.15%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 32

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 1994, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
5 jours	0.0874	0.4478	0.2001
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0763	0.5883	0.3458
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.9970	0.4832	0.2339
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1033	0.4695	0.2200
	(p=0%)	(p=0%)	
250 jours	0.1315	0.3407	0.1157
	(p=0%)	(p=0%)	
500 jours	0.2168	-0.0749	0.0052
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 33

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 1994, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	872	7.87%	5.83%	7.84%	1.0040	57.89%	40.80%
20 jours	217	6.15%	4.31%	5.38%	1.1428	33.23%	28.12%
60 jours	71	5.17%	3.91%	4.93%	1.0488	25.37%	18.10%
90 jours	47	5.65%	3.66%	4.84%	1.1680	26.65%	20.74%
250 jours	16	6.09%	6.33%	3.39%	1.7950	30.26%	27.84%
500 jours	7	5.96%	3.05%	4.38%	1.3627	31.23%	22.48%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 34

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NESTLE (Depuis 1994, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0853	0.4661	0.2162
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0721	0.6117	0.3712
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.0776	0.5979	0.3455
	(p=0.03%)	(p=0%)	
90 jours	0.0864	0.5564	0.2917
	(p=0.19%)	(p=0.01%)	
250 jours	0.1209	0.3970	0.0921
	(p=3.92%)	(p=13.46%)	
500 jours	0.2216	-0.0480	-0.1980
	(p=7.12%)	(p=92.34%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 35

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	7.75%	5.77%	7.79%	0.9940	58.71%	43.19%
20 jours	6.30%	4.21%	6.83%	0.9229	34.48%	26.64%
60 jours	5.62%	3.27%	6.05%	0.9280	27.91%	18.86%
90 jours	5.02%	3.08%	4.99%	1.0076	24.79%	18.64%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 36

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NESTLE (Depuis 2006, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0851	0.4645	0.2155
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0975	0.4705	0.2224
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1103	0.4247	0.1787
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.0951	0.5116	0.2625
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 37

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NESTLE (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	260	8.09%	6.15%	7.86%	1.0287	58.86%	43.81%
20 jours	64	6.40%	4.76%	6.33%	1.0113	36.84%	27.71%
60 jours	20	6.27%	4.35%	6.57%	0.9543	30.75%	21.46%
90 jours	13	4.98%	3.08%	5.17%	0.9629	23.86%	12.82%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 38
Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NESTLE (Depuis 2006, buckets)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0884	0.4442	0.1939
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0925	0.5002	0.2376
	(p=0.01%)	(p=0%)	
60 jours	0.1324	0.3275	0.0579
	(p=1.15%)	(p=15.81%)	
90 jours	0.0984	0.5118	0.1949
	(p=10.38%)	(p=7.38%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 39
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	4.67%	3.38%	5.46%	0.8561	23.52%	19.13%
40 jours	4.39%	2.72%	5.60%	0.7849	22.84%	15.74%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

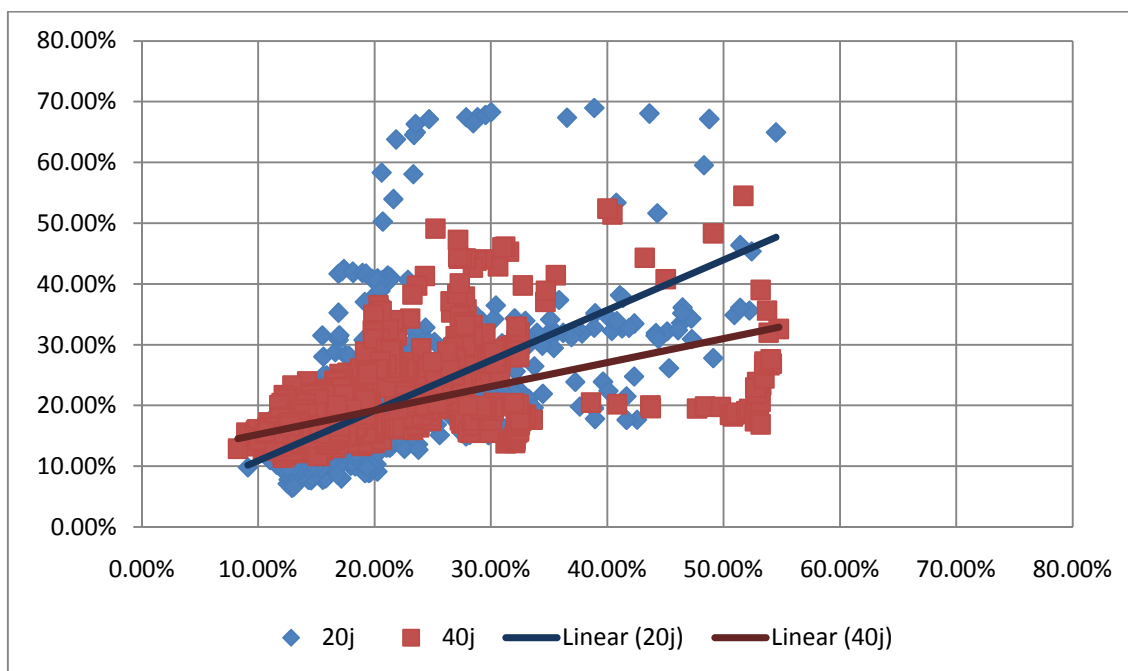
Tableau 40
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 2006, glissant)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
20 jours	0.0276	0.8241	0.3816
	(p=0%)	(p=0%)	
40 jours	0.0546	0.7227	0.2843
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Figure 17

Vol Implicite VS Vol Réalisé pour NESTLE (Depuis 2006, glissant)



Source : Graphique original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 41

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	66	4.59%	3.41%	5.38%	0.8543	23.84%	17.82%
40 jours	33	4.12%	2.68%	5.72%	0.7202	22.67%	16.54%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 42

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NESTLE (Depuis 2006, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
20 jours	0.0243	0.8570	0.3680
	(p=37.44%)	(p=0%)	
40 jours	0.0184	0.9479	0.2619
	(p=71.67%)	(p=0.14%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Annexe 4

Résultats de l'analyse sur Novartis

Tableau 43

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 1994, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	8.04%	5.57%	9.66%	0.8325	59.63%	39.39%
20 jours	6.37%	4.00%	8.27%	0.7702	33.95%	23.84%
60 jours	6.14%	4.01%	7.13%	0.8613	29.89%	21.89%
90 jours	6.58%	4.08%	6.60%	0.9977	31.88%	21.98%
250 jours	6.37%	4.71%	5.35%	1.1890	30.42%	22.14%
500 jours	6.28%	4.99%	3.98%	1.5763	31.49%	24.95%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 44

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 1994, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.1002	0.3917	0.1532
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.1050	0.4616	0.2131
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1179	0.4215	0.1770
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1324	0.3592	0.1284
	(p=0%)	(p=0%)	
250 jours	0.1757	0.1769	0.0299
	(p=0%)	(p=0%)	
500 jours	0.2469	-0.1322	0.0148
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 45

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 1994, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	872	8.17%	5.97%	8.27%	0.9877	58.84%	39.95%
20 jours	217	5.80%	3.97%	6.16%	0.9419	32.92%	20.60%
60 jours	71	5.09%	3.99%	4.92%	1.0328	24.94%	20.14%
90 jours	47	6.11%	3.33%	6.15%	0.9949	27.60%	17.99%
250 jours	16	6.16%	5.07%	4.96%	1.2429	29.75%	22.77%
500 jours	7	5.35%	3.03%	5.41%	0.9893	27.45%	12.07%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 46

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NOVARTIS (Depuis 1994, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
5 jours	0.1003	0.3952	0.1553
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.1042	0.4678	0.2161
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.0963	0.5322	0.2731
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1369	0.3441	0.0994
	(p=0%)	(p=1.76%)	
250 jours	0.1588	0.2734	0.0087
	(p=1.70%)	(p=30.54%)	
500 jours	0.2509	-0.0920	-0.1890
	(p=4.53%)	(p=83.95%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 47**Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 2006, glissant)**

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	7.37%	5.34%	7.66%	0.9616	60.34%	40.38%
20 jours	5.74%	3.47%	8.05%	0.7135	32.49%	21.71%
60 jours	6.01%	3.75%	7.74%	0.7759	29.33%	22.51%
90 jours	6.32%	3.71%	7.01%	0.9017	29.86%	22.54%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 48**Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NOVARTIS (Depuis 2006, glissant)****Test de régression**

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0674	0.5658	0.3200
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0810	0.5560	0.3083
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1050	0.4534	0.2061
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1085	0.4435	0.2008
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 49**Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NOVARTIS (Depuis 2006, buckets)**

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	260	7.20%	4.74%	7.37%	0.9770	55.04%	38.31%
20 jours	64	5.86%	3.96%	7.27%	0.8062	36.79%	22.01%
60 jours	20	6.58%	5.42%	7.24%	0.9085	32.33%	22.42%
90 jours	13	6.48%	5.39%	5.32%	1.2179	29.92%	31.58%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 50
Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le NOVARTIS (Depuis 2006, buckets)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0603	0.6132	0.3736
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0718	0.6085	0.3593
	(p=0.14%)	(p=0%)	
60 jours	0.1013	0.4858	0.1962
	(p=3.50%)	(p=2.89%)	
90 jours	0.0862	0.5743	0.2746
	(p=13.56%)	(p=3.82%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 51
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	5.49%	4.11%	6.48%	0.8469	25.58%	21.71%
40 jours	5.00%	3.54%	6.51%	0.7685	23.43%	18.97%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

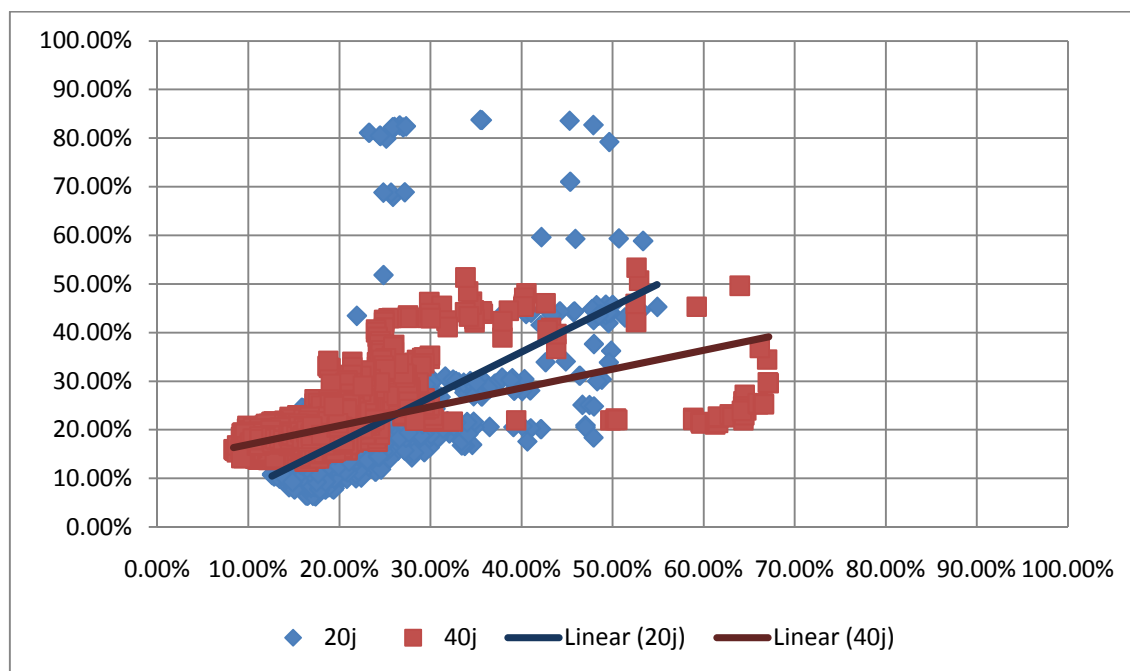
Tableau 52
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 2006, glissant)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
20 jours	-0.0130	0.9327	0.4117
	(p=5.99%)	(p=0%)	
40 jours	0.0135	0.8586	0.3323
	(p=6.15%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Figure 18

Vol Implicite VS Vol Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 2006, glissant)



Source : Graphique original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 53

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	66	5.52%	4.42%	5.92%	0.9335	26.76%	23.11%
40 jours	33	4.48%	2.89%	6.70%	0.6689	21.15%	16.05%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 54

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour NOVARTIS (Depuis 2006, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
20 jours	-0.0220	0.9791	0.4496
	(p=45.98%)	(p=0%)	
40 jours	-0.0040	0.9502	0.3206
	(p=93.59%)	(p=0.04%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Annexe 5

Résultats de l'analyse sur CS

Tableau 55

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 1994, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	12.60%	8.48%	14.49%	0.8700	57.59%	39.49%
20 jours	10.43%	6.38%	12.26%	0.8511	33.83%	24.83%
60 jours	10.63%	6.03%	13.20%	0.8057	31.77%	21.92%
90 jours	11.82%	6.63%	13.70%	0.8627	34.04%	24.47%
250 jours	15.38%	9.67%	14.32%	1.0736	43.21%	36.26%
500 jours	15.55%	11.67%	13.43%	1.1574	53.26%	39.45%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 56

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 1994, glissant)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
5 jours	0.1016	0.6293	0.3958
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0898	0.7195	0.5172
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1199	0.6445	0.4177
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1470	0.5702	0.3283
	(p=0%)	(p=0%)	
250 jours	0.2509	0.2916	0.0888
	(p=0%)	(p=0%)	
500 jours	0.3719	-0.0410	0.0009
	(p=0%)	(p=2.76%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 57

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 1994, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	872	13.03%	8.56%	15.20%	0.8571	50.48%	37.11%
20 jours	217	11.20%	7.31%	13.79%	0.8123	33.56%	24.48%
60 jours	71	11.84%	7.08%	13.36%	0.8861	34.52%	24.13%
90 jours	47	13.89%	6.54%	16.83%	0.8252	34.70%	21.51%
250 jours	16	16.12%	16.84%	13.24%	1.2175	46.65%	35.07%
500 jours	7	19.42%	14.92%	15.88%	1.2226	64.52%	46.50%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 58

Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le CS (Depuis 1994, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.0975	0.6481	0.4190
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0925	0.7132	0.5061
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1072	0.6816	0.4558
	(p=0.30%)	(p=0%)	
90 jours	0.1647	0.5162	0.2489
	(p=0.22%)	(p=0.02%)	
250 jours	0.2311	0.3713	0.0785
	(p=3.46%)	(p=15.35%)	
500 jours	0.5055	-0.3674	-0.1211
	(p=6.22%)	(p=57.87%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 03.01.1994 – 11.05.2011)

Tableau 59**Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 2006, glissant)**

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	14.75%	8.77%	19.81%	0.7444	50.92%	38.01%
20 jours	12.49%	7.72%	15.37%	0.8127	34.31%	25.13%
60 jours	12.96%	6.74%	16.50%	0.7857	32.95%	22.90%
90 jours	14.38%	6.29%	18.16%	0.7916	35.01%	26.55%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 60**Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le CS (Depuis 2006, glissant)****Test de régression**

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.1206	0.6222	0.3867
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.0968	0.7444	0.5566
	(p=0%)	(p=0%)	
60 jours	0.1269	0.6797	0.4692
	(p=0%)	(p=0%)	
90 jours	0.1643	0.5923	0.3631
	(p=0%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 61**Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le CS (Depuis 2006, buckets)**

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
5 jours	260	14.53%	8.80%	19.43%	0.7477	49.58%	36.25%
20 jours	64	14.02%	8.70%	19.45%	0.7208	38.20%	23.30%
60 jours	20	12.03%	6.60%	16.24%	0.7405	27.99%	18.09%
90 jours	13	13.61%	8.49%	16.23%	0.8384	32.69%	32.24%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 62
Vol. Historique VS Vol. Réalisée pour le CS (Depuis 2006, buckets)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
5 jours	0.1151	0.6424	0.4097
	(p=0%)	(p=0%)	
20 jours	0.138	0.6377	0.3987
	(p=0.38%)	(p=0%)	
60 jours	0.116	0.7139	0.4812
	(p=16.70%)	(p=0.04%)	
90 jours	0.1385	0.6692	0.3994
	(p=23.33%)	(p=1.22%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 63
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 2006, glissant)

Fenêtres	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	10.07%	7.07%	12.78%	0.7876	25.44%	21.87%
40 jours	10.12%	6.44%	14.06%	0.7200	26.73%	21.96%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

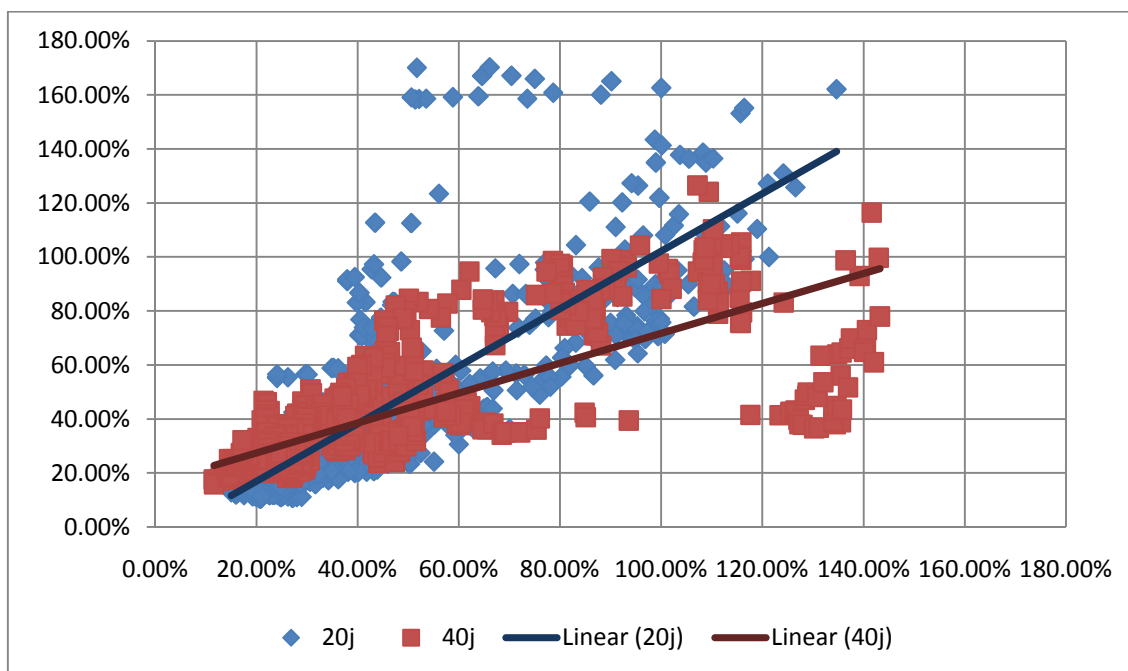
Tableau 64
Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 2006, glissant)
Test de régression

Fenêtres	α	β	$Adj. R^2$
20 jours	-0.0420	1.0626	0.6631
	(p=0%)	(p=0%)	
40 jours	-0.0140	1.0598	0.5868
	(p=17.30%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Figure 19

Vol Implicite VS Vol Réalisé pour CS (Depuis 2006, glissant)



Source : Graphique original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 65

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 2006, buckets)

Fenêtres	N	Diff. Moy. en VA (a)	Diff. Méd. en VA	Ecart-Type (b)	T-Stat (a/b)	Diff. Moy en %	Diff. Méd. en %
20 jours	66	10.45%	6.88%	15.36%	0.6802	26.47%	22.22%
40 jours	33	9.43%	6.12%	14.23%	0.6629	25.36%	22.91%

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)

Tableau 66

Vol. Implicite VS Vol. Réalisée pour CS (Depuis 2006, buckets)

Test de régression

Fenêtres	α	β	Adj. R^2
20 jours	-0.0275	1.0530	0.5531
	(p=58.41%)	(p=0%)	
40 jours	-0.0223	1.1110	0.5936
	(p=73.89%)	(p=0%)	

Source : Tableau Original (période d'échantillonnage : 04.01.2006 – 15.03.2011)