

Modélisation de stress tests de liquidité pour les fonds

Ahmed SAADI, Luc VERMOT-GAUCHY

Nexialog Consulting

Paris, France

6 mai 2022



Résumé

Du point de vue de l'Asset Manager, le risque de liquidité correspond à la concomitance de deux événements de marché distincts : d'un côté, une vague de demandes de rachats de parts de fonds d'amplitude significative, et d'un autre côté, des difficultés à vendre les actifs en portefeuille au vu des conditions de marché dégradées. Les grandes crises financières de ces dernières années (faillite de LTCM, crise des subprimes en 2008, Covid-19, conflit ukrainien) ont vu naître de nombreuses réglementations dont celles relatives au stress test de liquidité. Ceux-ci constituent un outil permettant d'aider le gestionnaire d'un fond à identifier les faiblesses potentielles de sa stratégie d'investissement et à préparer le fond en cas de crise. L'ESMA (European Securities and Market Authority), en cherchant à établir des pratiques de surveillance cohérentes, efficaces et efficaces au sein du système européen de surveillance financière, a publié en 2019 de nouvelles recommandations portant sur les stress tests de liquidité. Plus concrètement, il est demandé aux Asset Managers de mieux évaluer la capacité des fonds à résister à une dégradation brutale de l'environnement financier.

Nous présenterons dans ce papier notre propre méthodologie de l'écoulement à l'actif inspirée de celles d'Asset Managers de la place, puis la modélisation de la liquidité au passif via la théorie des valeurs extrêmes. Enfin, pour donner une dimension pratique aux résultats, nous appliquerons l'ensemble des méthodes à un portefeuille fictif.

Keywords— Stress tests, liquidité, Actif, Passif, Théorie des valeurs extrêmes, Méthode POT, VaR, Expected Shortfall

Table des matières

Introduction	3
1 Modèle et problématique	4
2 Méthodologie de l'écoulement à l'actif	5
2.1 Hypothèses d'écoulement d'un portefeuille	5
3 Modélisation des rachats	6
3.1 Introduction à la théorie des valeurs extrêmes	6
3.2 Estimation des paramètres de la loi GPD	9
3.2.1 Estimation du seuil	9
3.2.2 Estimation des paramètres d'échelle et de queue	9
3.3 Application de la théorie des valeurs extrêmes	10
4 Application à un fonds	10
4.1 Construction d'un portefeuille	10
4.2 Résultat à l'actif	12
4.2.1 Régime Normal	12
4.2.2 Régime Stressé	13
4.3 Résultat au passif	13
4.3.1 Modélisation du passif	13
4.3.2 Application de la méthode Peak Over Treshhold	14
4.4 Confrontation de l'actif et du passif	17
4.5 Confrontation des métriques TVE et des métriques historiques	18
5 Conclusion	21

Introduction

Dans les risques financiers, les stress tests sont considérés comme un paramètre clé dans le dispositif de maîtrise de risques. Cela consiste à simuler des chocs économiques rares, mais plausibles afin d'en étudier les conséquences.

Comparées au secteur de la banque et des assurances, les sociétés de gestion ont une plus grande liberté concernant la mise en œuvre des stress tests qui sont organisés comme des outils de gestion de risques. En 10 ans, les encours sous gestion en Europe ont doublé, traduisant ainsi leur poids important au sein du financement de l'économie. Cette dynamique devrait perdurer ce qui induit, par conséquent, un risque croissant pour l'économie européenne et donc un appétit grandissant des régulateurs pour une meilleure maîtrise des risques.

Le risque de liquidité correspond à la concomitance de deux événements de marché distincts : d'un côté, une vague de demandes de rachats de parts de fonds d'amplitude significative, et d'un autre côté, des difficultés à vendre les actifs en portefeuille au vu des conditions de marché dégradées. Ce risque est généralement dû à la difficulté d'absorption de transactions d'investisseurs qui souhaitent se dessaisir ou acquérir une quantité significative de titres possédant un encours peu élevé (Spread bid-ask élevé) ou étant peu négocié (actifs illiquides). Les stress tests de liquidité sont ainsi des outils qui aident le gestionnaire d'un fonds à identifier les faiblesses potentielles d'une stratégie d'investissement et à préparer le fonds en cas de crise. Ces tests simulent des conditions économiques et financières extrêmes ou défavorables, mais plausibles, afin d'étudier leurs conséquences tant sur la performance d'un fonds que sur sa capacité à honorer les demandes de rachat.

Mis en lumière par plusieurs affaires Woodford, H2O AM ou M&G, le manque de liquidité de certains fonds constitue l'un des sujets majeurs pour l'industrie de la gestion d'actifs. A titre d'exemple, en octobre 2019, M&G Investments a été obligé de suspendre son fonds immobilier M&G Property Portfolio face aux retraits importants opérés par ses actionnaires. Dans ces circonstances, l'Autorité Européenne des Marchés Financiers, l'ESMA ([February 2019](#)), a publié en septembre 2019 ses exigences pour la mise en place de dispositif de stress tests de liquidité pour les fonds. Ces recommandations devront être mises en œuvre à partir de 30 septembre 2020.

1 Modèle et problématique

Un fonds est constitué des sommes mises en commun par les investisseurs qu'on appelle "souscriptions". Ces montants sont ensuite placés dans différents produits, par exemple des actions, des obligations, des bons du Trésor, etc., dont la gestion est assurée par un gestionnaire. La figure suivante représente le mécanisme de fonctionnement d'un fond d'investissement ainsi que les différentes opérations qui le caractérisent.



Figure 1 Les opérations d'un fonds

L'illustration permet de comprendre que l'actif du fonds est représenté par les investissements réalisés et le cash disponible et que le passif se manifeste par les dettes envers les investisseurs.

L'objet du papier est d'étudier la liquidité d'un fonds en modélisant des stress tests. Cela consiste à simuler une crise de liquidité. Plusieurs indicateurs sont susceptibles de repérer un régime stressé d'un régime normal. On cite, à titre d'exemple, la hausse soudaine des coûts et des horizons de liquidité, la baisse du volume des actifs traités, l'augmentation des demandes de rachats de la part des investisseurs, etc.

Un fonds est dit assez liquide s'il est capable d'honorer/d'absorber ses rachats au passif. Ils se manifestent par les retraits réalisés par les investisseurs du fonds. La liquidité est mise en examen quand le fonds fait face à des gros rachats. On considère que ces rachats sont des événements rares et extrêmes. La notion de rachat rare dépend certainement de la nature, de l'échelle et de la complexité de chaque fonds.

Afin de modéliser ces rachats au passif, on s'intéresse ainsi uniquement aux événements de queues de distribution qui peuvent compromettre la capacité d'absorption du fonds.

La théorie des valeurs extrêmes fournit une base mathématique rigoureuse sur laquelle il est possible de construire des modèles statistiques permettant de prévoir l'intensité et la fréquence de ces événements. On va ainsi appliquer la théorie des valeurs extrêmes (TVE) afin d'estimer les quantiles qui nous permettent de capter les rachats rares.

Afin d'intégrer correctement ces stress tests de liquidité au dispositif de gouvernance et de surveillance des risques, les scénarios de rachats vont être confrontés aux scénarios de liquidité à l'actif du fonds.

La finalité des stress tests de liquidité est d'évaluer la capacité des fonds à résister face à la dégradation de l'environnement financier.

2 Méthodologie de l'écoulement à l'actif

La liquidité d'un fonds est directement liée aux instruments qui le composent. La liquidité de chaque instrument dépend cependant de deux paramètres importants :

1- Le coût de liquidité : correspond au coût payé par le vendeur d'un actif pour l'exécution de la transaction.

2- L'horizon de liquidité : correspond au temps nécessaire pour liquider totalement la position à l'actif.

Les gestionnaires de fonds doivent ainsi adopter une stratégie bien précise pour liquider l'actif en possession sans avoir un impact sur le marché trop conséquent.

2.1 Hypothèses d'écoulement d'un portefeuille

La table de négociation de l'Asset Manager fait des hypothèses sur l'écoulement des ses instruments financiers en régime normal et en régime stressé. Le raisonnement, approuvé par les gérants de portefeuille, est donc qualitatif. Leur expérience dans la gestion d'actif leur permet de donner des estimations sur l'écoulement de ses instruments.

Ces hypothèses d'écoulement sont basées sur les horizons de temps suivant :

- 1 jour
- 2j-7j
- 8j-30j
- >30j

Pour mieux comprendre la notion d'horizon de liquidité, un actif très liquide, par exemple le cash, peut être écoulé en 1 jour tandis qu'un actif moins liquide nécessiterait en moyenne 8 jours à 30 jours voire plus.

L'approche de l'écoulement de l'actif a été segmentée en 3 catégories : actions, obligations et les autres instruments financiers.

1- Écoulement des actions

Nous avons fait des hypothèses différentes quant à la capacité moyenne de liquidation d'une action selon le type de régime et le type de capitalisation (cf Figure 2). Exemple : il est possible de liquider jusqu'à 15% de l'ATV90D (volume moyen observé chaque jour sur l'action sur une fenêtre de 90 jours) chaque jour, en régime normal. On agrège ces hypothèses aux horizons fixés par l'Asset Manager et on obtient le tableau suivant :

Type d'action	Régime Normal			Régime Stressé		
	1j	2j – 7j	8j – 30j	1j	2j – 7j	8j – 30j
Large Cap	15%*M	50%*M	200%*M	5%*M	40%*M	160%*M
Mid cap	10%*M	40%*M	160%*M	4%*M	25%*M	100%*M
Small Cap	8%*M	25%*M	100%*M	2,5%*M	15%*M	20%*M

Figure 2 Écoulement des actions

M : correspond à la moyenne des volumes quotidiens sur l'historique de 3 mois.

2- Écoulement des obligations

Nous avons fait des hypothèses différentes quant à la capacité moyenne de liquidation d'une obligation selon le type de régime et le type de dette (cf Figure 3). Exemple : il est possible de liquider jusqu'à 0,3% de l'Outstanding Amount (quantité initiale totale de dette émise) chaque jour, en régime normal. On agrège ces hypothèses aux horizons fixés par l'Asset Manager et on obtient le tableau suivant :

Type d'obligation	Régime Normal			Régime Stressé		
	1j	2j – 7j	8j – 30j	1j	2j – 7j	8j – 30j
Convertible	0,3%*N	1,5%*N	6%*N	0,25%*N	1,25%*N	5%*N
Souveraine + IG	0,5%*N	2,5%*N	10%*N	0,3%*N	2,5%*N	10%*N
High Yield	0,1%*N	0,5%*N	2%*N	0,05%*N	0,5%*N	2%*N

Figure 3 Ecoulement des obligations par type

N : correspond à l'Outstanding Amount.

2- Écoulement des autres instruments financiers

On fait l'hypothèse que les conditions de liquidations sur l'ensemble des autres instruments financiers (listés et hors fonds de fonds ou instruments illiquides) sont indexées sur leurs sous-jacents, ou (si impossible) consiste à dire qu'au moins deux jours pour être complètement liquidés du portefeuille sans perturber les mouvements du marché.

3 Modélisation des rachats

Le but de cette partie est de présenter succinctement la théorie des valeurs extrêmes ainsi que son application dans le cadre du sujet.

En effet, cette branche de statistique a pour but d'étudier et de caractériser le comportement des valeurs extrêmes d'un échantillon de variables aléatoires. On souhaite ainsi estimer des quantités dont la probabilité d'observation est très faible, c'est-à-dire proche de zéro.

3.1 Introduction à la théorie des valeurs extrêmes

La théorie des valeurs extrêmes permet d'étudier le comportement des queues de distribution des observations.

Dans la TVE, on distingue principalement deux approches :

Maximum par blocs :

Cette méthode s'intéresse à la loi du maximum (ou du minimum) convenablement normalisée. Elle consiste ainsi, à considérer un maximum par bloc d'observations en fixant préalablement sa taille . Cette approche repose sur le théorème de Fisher et Tippett qui permet d'affirmer que ces maxima suivent la distribution GEV (Generalized Pareto Distribution).

Le choix de la taille des blocs dépend de la nature des données et du phénomène étudié. Par exemple, le choix retenu pour des données pluviales est souvent de considérer les maxima annuels pour éviter les effets saisonniers, ce qui nécessite d'observer le phénomène sur de nombreuses années.

Pour présenter succinctement le théorème de Fisher et Tippett, on considère n variables aléatoires iid ; X_1, X_2, \dots, X_n de fonction de répartition F . On note $M_n = \max_{t=1, \dots, n} X_t$. En répartissant les données en m blocs fixe, on obtient m maxima $M_n[1], \dots, M_n[m]$; avec $M_n[i] = \max_{t \in \text{bloc } i} X_t$. La figure suivante illustre cette approche par une

division de 5 blocs. Les bâtons en rouge indiquent les maxima de chaque bloc.

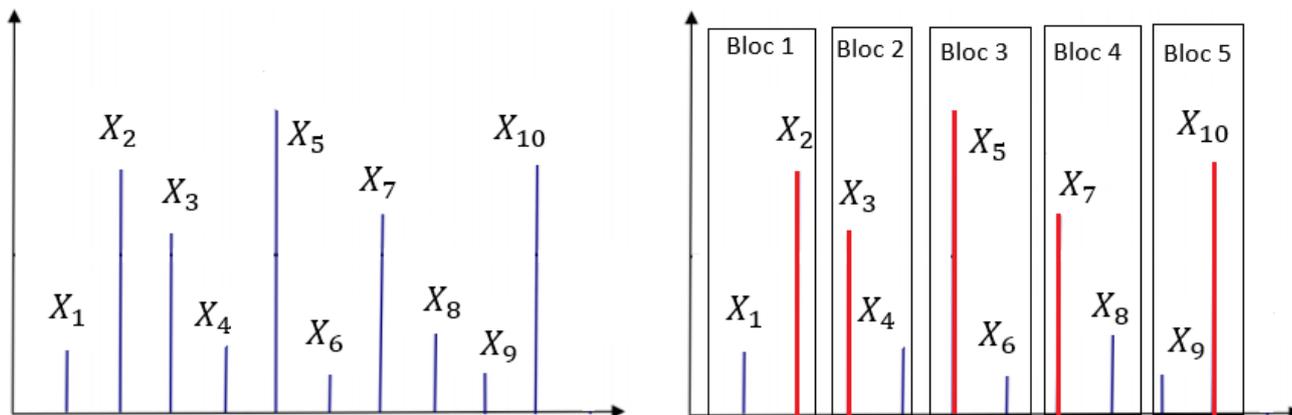


Figure 4 Approche des blocs de maxima

On s'intéresse à la loi des maximums définie par $F_n = \mathbb{P}(M_n \leq x)$

$$\begin{aligned} F_n(x) &= \mathbb{P}(\forall t \leq n, X_t \leq x) \\ &= \prod_{t=1}^n \mathbb{P}(X_t \leq x) \text{ (par indépendance)} \\ &= F^n(x) \end{aligned}$$

Théorème de Fisher et Tippett, 1928 ; Gnedenko 1943 :

Soit $(X_t)_{t \geq 0}$ des v.a. i.i.d de fonction de répartition F , $M_n = \max_{t \leq n} X_t$. S'il existe des suites $(a_n)_n > 0$, $(b_n)_n \in \mathbb{R}$, et une variable aléatoire Y non dégénérée, telles que

$$\frac{M_n - b_n}{a_n} \xrightarrow{d} Y$$

alors, Y est une "Distribution de valeurs extrêmes généralisée" (GEV), i.e. Y a une fonction de répartition du type

$$\forall x \in \mathbb{R}, G_\xi(x) = e^{-[(1+\xi x)_+]^{-1/\xi}}$$

avec $\xi \in \mathbb{R}$, $y_+ = \max(0, y)$ et (convention) $G_0(x) = e^{-e^{-x}}$

Sous les conditions du théorème de Fisher-Tippett-Gnedenko, on dit que F est dans le domaine d'attraction de :

- Fréchet si $\xi > 0$ et qui caractérise les queues de distribution épaisses et décroissantes.
- Weibull si $\xi < 0$ avec des queues de distributions bornées.
- Gumbel si $\xi = 0$ et qui est caractérisé par des queues qui décroissent de manière exponentielle.

En gardant les mêmes notations, on obtient que : $F^n(a_n x + b_n) \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} G_\xi(x)$.

On pose $b_n = \mu$ et $a_n = \sigma$, donc $F^n(x) \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} G_\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$.

On déduit que la loi des maxima converge vers : $G_{\xi, \mu, \sigma} = G_\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = e^{-[\max((1+\xi \frac{x-\mu}{\sigma}), 0)]^{-1/\xi}}$

La distribution obtenue possède 3 paramètres :

- μ est le paramètre de localisation, qui est un indicateur de la taille moyenne des extrêmes dans la distribution parente
- σ est le paramètre d'échelle qui caractérise la dispersion
- ξ est l'indice de queue qui donne une indication de la forme de la distribution.

Loi des excès :

L'approche par dépassement de seuil, en anglais *Peaks-Over-Threshold approach* notée POT, repose sur l'utilisation des statistiques d'ordre supérieur de l'échantillon. Elle consiste à ne conserver que les observations dépassant un certain seuil.

On considère, dans cette partie, n variables aléatoires X_1, X_2, \dots, X_n de fonction de répartition F . Soit u un réel suffisamment élevé appelé seuil et considérons les N_u observations $X_{i_1}, \dots, X_{i_{N_u}}$ dépassant le seuil u . On appelle excès au-delà du seuil u les $Y_j := X_{i_j} - u$ où $j = 1, \dots, N_u$. Voir figure 5 ci-dessous :

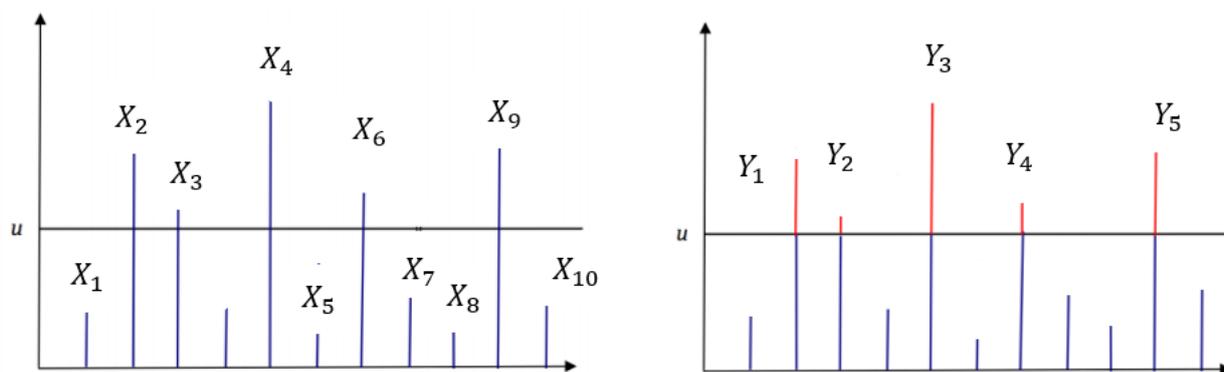


Figure 5 Excès au-delà du seuil u

On s'intéresse à la fonction de répartition des excès au delà d'un seuil u qui est définie par :

$$F_u(x) = P(Y \leq x / X > u) = P(X - u \leq x / X > u) = \frac{F(u+x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

Pour les distributions vérifiant le théorème des valeurs extrêmes et pour un seuil u suffisamment grand. Il existe ξ et σ tel que F_u converge vers la distribution de Pareto Généralisée (GPD) assurée par le théorème de Pickands-Balkema-de Haan (pour plus de détails, voir Čunderlíková and Bartková (2018)).

La loi GPD est définie par :

$$G_{\xi, \sigma}(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi x}{\sigma}\right)^{-1/\xi} & , \xi \neq 0 \\ 1 - \exp(-x/\sigma) & , \xi = 0 \end{cases}$$

pour $x \geq 0$ si $\xi \geq 0$ et $0 \leq x \leq -\sigma/\xi$ si $\xi < 0$.

ξ : est le paramètre de queue.

σ : est le paramètre d'échelle.

Le choix du paramètre de queue permet de distinguer 3 lois :

- $\xi > 0$: caractérise les lois à queues épaisses
- $\xi < 0$: correspond à la loi exponentielle
- $\xi = 0$: est la loi de Pareto de type II

Le paramètre d'échelle est un indicateur de la taille de la queue à une distance finie. L'indice de queue est le paramètre qui donne l'information sur l'épaisseur de la queue de distribution. Il donne ainsi une indication sur l'importance des risques extrêmes.

On fait le choix, dans le cadre de la modélisation, d'aborder la théorie des valeurs extrêmes via la loi des excès. En effet, l'approche des maximums par blocs utilise le maximum de chaque bloc et un maximum d'un bloc peut être inférieur à une valeur qui n'est pas le maximum d'un autre bloc. On perd ainsi, de l'information qui peut nous amener à des résultats peu fiables. Le but de la partie suivante est d'estimer les différents paramètres de la loi GDP.

3.2 Estimation des paramètres de la loi GPD

3.2.1 Estimation du seuil

Le choix du seuil u nous met face à un arbitrage biais / robustesse. En effet, plus le seuil est élevé, meilleure est la convergence de la loi des excès vers la GPD mais moins bonne est la précision car nous disposons alors de moins d'observations et inversement pour un seuil plus faible. La principale difficulté est alors de choisir un seuil approprié.

L'estimation du seuil se fait par la méthode graphique de Hill plot. Avant de la décrire, nous introduisons la fonction d'excès en moyenne qui représente l'espérance de la distribution GPD. Elle est définie par :

$$e(u) = E(X - u | X > u)$$

Un estimateur empirique de cet estimateur est :

$$\hat{e}(u) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - u)^+}{\sum_{i=1}^n \mathbb{I}_{X_i > u}}$$

Or, l'espérance de la loi GPD(ξ, σ) ayant pour valeur :

$$e(u) = \mathbb{E}[X - u | X > u] = \frac{\sigma + \xi u}{1 - \xi}$$

Nous chercherons donc le seuil u à partir duquel : $e(u)$ est linéaire en u . Ainsi, la méthode de Hill Plot consiste à tracer graphiquement la fonction d'excès en moyenne estimée $\hat{e}(u)$ en fonction de u et de repérer les valeurs de u à partir desquelles le graphique est presque linéaire.

3.2.2 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

Il reste à estimer ξ et σ , pour cela, on utilise la méthode classique et la plus utilisée dans la pratique qui est la méthode du maximum de vraisemblance.

La densité de la GPD est donnée par : $g(y) = \frac{1}{\beta} \left(1 + \xi \frac{y}{\beta}\right)^{-\frac{1}{\xi}-1}$ pour $y \geq 0$ si $\xi \geq 0$, et $0 \leq y \leq -\frac{\beta}{\xi}$ si $\xi < 0$.

La vraisemblance calculée à partir de N_u excès Y_1, Y_2, \dots, Y_{N_u} s'écrit :

$$L(\xi, \sigma) = \prod_{i=1}^{N_u} g(y_i) = \frac{1}{\sigma^{N_u}} \prod_{i=1}^{N_u} \left(1 + \xi \frac{y_i}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}-1}$$

On déduit que la log-vraisemblance s'écrit :

$$\log \mathcal{L}(\xi, \sigma) = -N_u \log \sigma - \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \sum_{i=1}^{N_u} \log \left(1 + \xi \frac{y_i}{\sigma}\right) \text{ si pour tout } i, 1 + \xi \frac{y_i}{\sigma} > 0$$

Les dérivées partielles par rapport à ξ et σ sont respectivement :

$$\begin{cases} \frac{1}{\xi^2} \sum_{i=1}^{N_u} \log \left(1 + \xi \frac{y_i}{\sigma}\right) - \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \sum_{i=1}^{N_u} \frac{y_i}{1 + \xi \frac{y_i}{\sigma}} \\ -\frac{N_u}{\sigma} - \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \sum_{i=1}^{N_u} \frac{y_j}{1 + \xi \frac{y_j}{\sigma}} \end{cases}$$

L'annulation de ces deux dérivées conduit au système suivant :

$$\begin{cases} \frac{1}{N_u} \sum_{j=1}^{N_u} \log \left(1 + \frac{\xi}{\sigma} y_j \right) = \xi \\ \frac{1}{N_u} \left(1 + \frac{1}{\xi} \right) \sum_{j=1}^{N_u} \frac{y_j}{1 + \frac{\xi}{\sigma} y_j} = \frac{\sigma}{\xi} \end{cases}$$

On ne peut avoir d'expression explicite des estimateurs solutions des équations de vraisemblance. Dans la pratique, on utilisera des méthodes de résolution numériques telles que l'algorithme de Newton-Raphson.

3.3 Application de la théorie des valeurs extrêmes

A la suite de cette présentation théorique, on considère, dans le cadre de notre sujet, que les X_i représentent les amplitudes de rachats nets. Y_i représentent ainsi les excès de rachats modélisés par la loi GPD.

La théorie des valeurs extrêmes permet d'avoir une formule fermée de la VaR (Value at Risk) et de l'ES (Expected Shortfall). L'expression de la VaR dans le cadre de la méthode POT est :

$$\text{VaR} = u + \frac{\sigma}{\xi} \left[\left[\frac{n}{N_u} (1 - \text{niveau de confiance}) \right]^{-\xi} - 1 \right] \quad (1)$$

avec :

n : le nombre d'observations.

u : le seuil.

N_u : le nombre d'observations excédants u .

L'Expected Shortfall est définie comme la moyenne des pertes excédant la VaR :

$$ES = \frac{\text{VaR}}{1 - \xi} + \frac{\sigma - \xi u}{1 - \xi}$$

La démonstration de ces deux formules est donnée en Annexe (5).

4 Application à un fonds

Le but de cette partie est de mettre en pratique/implémenter l'ensemble des résultats obtenus précédemment. Premièrement, nous calculerons les métriques VaR et Expected Shortfall en utilisant la théorie des valeurs extrêmes pour les différents horizons de rachats 1j, 2j-7j, 8j-30j. On calculera ensuite, les pourcentages d'écoulement hypothétique par horizons de liquidité. Enfin, ces résultats seront agrégés par confrontation des pourcentages de rachats (passif) aux pourcentages d'écoulement (actif) pour les mêmes horizons de liquidité.

4.1 Construction d'un portefeuille

Nous utiliserons un portefeuille fictif composé d'actions, d'obligations et d'autres instruments financiers, sensiblement similaires à un fonds Multi Asset classique chez les Asset Managers.

Le tableau suivant a été construit en utilisant BLOOMBERG. La colonne du poids correspond à l'allocation du portefeuille. Il a été ajouté également la colonne VOLUME-AVG-3M qui calcule la moyenne des volumes quotidiens sur l'historique de 3 mois.

ACTIONS							
Ticker	Nom	31/12/2021	Poids	PTF	VOLUME_AVG_3M	ID_ISIN	Liquidation Function category Market Cap
SKAN SE Equity	SKAN GROUP AG	88,6	0,18%		321279	CH0013396012	Mid Cap 582 731 060,00
TKO FP Equity	TIKEHAU CAPITAL	23,25	1,44%		5017	FR0013230612	Mid Cap 999 980 175,00
2MXBS FP Equity	Equity Uncovered American Call	0,18	0,68%		3018	FR0014000TB2	Small Cap -
NMC LN Equity	NMC HEALTH PLC	9,384	0,90%		1000	GB00B7FC0762	Small Cap -
ENER SM Equity	Grupo Ecoener	4,4	0,80%		13422	ES0105548004	Small Cap 57 310 000,00
FALG FP Equity	FERMENTALG	3,11	0,43%		180220	FR0011271600	Small Cap 105 394 168,00
GRE SQ Equity	GREENERGY RENOVABLES	29	0,37%		54604	ES0105079000	Small Cap 294 257 200,00
NHOA FP Equity	NHOA	17,22	0,29%		15180	FR0012650166	Small Cap 305 696 328,00
F3C GY Equity	SFC Energy AG	28,4	0,31%		57639	DE0007568578	Small Cap 383 613 000,00
MCPHY FP Equity	MCPHY ENERGY SA	21,64	0,58%		205132	FR0011742329	Small Cap 434 143 844,00
BDEV LN Equity	BARRATT DEVELOPMENTS PLC	7,48	0,36%		2434784	GB0000811801	Large Cap 763 253 216 000,00
III LN Equity	3I GROUP PLC	14,49	0,63%		1155743	GB00B1YW4409	Large Cap 1 385 636 968 800,00
DGE LN Equity	DIAGEO PLC	40,36	0,93%		2370889	GB0002374006	Large Cap 9 383 744 396 000,00
ULVR LN Equity	UNILEVER PLC	39,455	0,62%		2699686	GB00B10RZP78	Large Cap 9 915 211 156 500,00
AZN LN Equity	ASTRAZENECA PLC	86,78	0,86%		1527492	GB0009895292	Large Cap 12 990 306 472 000,00
VUL AT Equity	VULCAN ENERGY RESOURCES LTD	10,4	0,53%		1824596	AU0000066086	Large Cap 1 020 130 800,00
EBUS NA Equity	EBUSCO HOLDING NV W/I	26,95	2,35%		81359	NL0015000C22	Large Cap 1 032 578 470,00
ALD FP Equity	ALD SA	12,94	0,45%		114707	FR0013258662	Large Cap 1 041 232 628,00
SYAB GY Equity	SYNLAB AG	23,6	0,24%		140177	DE000A2TSL71	Large Cap 1 206 221 960,00
SLR SQ Equity	SOLARIA ENERGIA Y MEDIO AMB	17,12	0,23%		719148	ES0165386014	Large Cap 1 254 154 704,00
FLNC UW Equity	FLUENCE ENERGY INC	35,56	1,26%		440709	US34379V1035	Large Cap 1 267 102 368,00
ECV GY Equity	ENCAVIS AG	15,56	0,44%		442785	DE0006095003	Large Cap 1 680 559 356,00
ALFEN NA Equity	ALFEN NV	88,25	0,50%		111485	NL0012817175	Large Cap 1 908 203 275,00
NOVA UN Equity	SUNNOVA ENERGY INTERNATION	27,92	0,15%		535280	US86745K1043	Large Cap 2 437 642 152,00
LAC UN Equity	Lithium Americas Corp	29,12	1,31%		679380	CA53680Q2071	Large Cap 2 438 400 400,00
PEXIP NO Equity	PEXIP HOLDING ASA	41	1,13%		755786	NO0010840507	Large Cap 2 447 572 900,00
GALP PL Equity	GALP ENERGIA SGPS SA	8,52	0,57%		2364773	PTGALOAM0009	Large Cap 4 180 406 160,00
ZAP NO Equity	ZAPTEC AS/NORWAY	60,25	0,36%		504614	NO0010713936	Large Cap 4 489 275 700,00
TKA GY Equity	THYSSENKRUPP AG	9,684	0,63%		2908721	DE0007500001	Large Cap 4 762 592 168,40
BIM FP Equity	BIOMERIEUX	124,9	0,92%		127685	FR0013280286	Large Cap 5 111 607 440,00
RUN UW Equity	SUNRUN INC	34,3	0,50%		1673556	US86771W1053	Large Cap 6 883 989 420,00
MELI UW Equity	MERCADOLIBRE INC	1348,4	1,00%		186761	US58733R1023	Large Cap 64 973 058 520,00
ALV GY Equity	Allianz SE	207,65	1,93%		825064	DE0008404005	Large Cap 82 255 377 015,00
NHY NO Equity	NORSK HYDRO ASA	69,52	7,00%		5240906	NO0005052605	Large Cap 92 923 351 840,00
MOWI NO Equity	Mowi ASA	208,7	0,59%		779956	NO0003054108	Large Cap 94 507 227 990,00
SU FP Equity	SCHNEIDER ELECTRIC SA	172,46	0,68%		844929	FR0000121972	Large Cap 95 798 891 362,00
SAN FP Equity	Sanofi	88,58	0,24%		1856319	FR0000120578	Large Cap 95 910 437 900,00
CARLB DC Equity	CARLSBERG AS-B	1129,5	1,18%		213679	DK0010181759	Large Cap 107 635 250 700,00
OR FP Equity	LOREAL	416,95	0,84%		369927	FR0000120321	Large Cap 109 640 504 880,00
TTE FP Equity	TOTAL SA	44,63	0,41%		6732734	FR0000120271	Large Cap 117 831 188 770,00
OBLIGATIONS CORPO							
Ticker	Name	Cours	Poids	RATING	ID_ISIN	Liquidation Function category	AMT_OUTSTANDING
AT0000A1C741 Corp	STRAV 1 5/8 02/04/22	100,15	1,00%	BBB	AT0000A1C741 Corp	Investment Grade	200 000 000,00
BE0002420926 Corp	GEDISC 2 3/4 11/30/22	102,814	7,00%	N.A.	BE0002420926 Corp	High Yield	500 000 000,00
BE6235391370 Govt	INFBEL 3.95 03/27/24	108,618	2,00%	AA	BE6235391370 Govt	Investment Grade	500 000 000,00
BE6298043272 Corp	CCBGBB 0 3/4 09/12/22	100,803	3,00%	BBB+	BE6298043272 Corp	Investment Grade	750 000 000,00
BE6305977074 Corp	EUROCL 0 1/2 07/10/23	101,23	2,50%	AA	BE6305977074 Corp	Investment Grade	500 000 000,00
ES0205045000 Corp	CAIXAB 1 5/8 04/21/22	100,594	3,00%	AA	ES0205045000 Corp	High Yield	1 000 000 000,00
ES0205045018 Corp	CAIXAB 1 1/2 05/10/23	102,111	5,00%	N.A.	ES0205045018 Corp	High Yield	750 000 000,00
XS0760187400 Corp	TLSAU 3 1/2 09/21/22	102,797	1,00%	A-	XS0760187400 Corp	Investment Grade	1 000 000 000,00
XS0760364116 Corp	SGOFF 3 5/8 03/28/22	100,937	1,44%	BBB	XS0760364116 Corp	Investment Grade	900 000 000,00
XS0768448796 Corp	FINPOW 3 1/2 04/03/24	108,013	1,14%	AA-	XS0768448796 Corp	Investment Grade	300 000 000,00
XS0790011398 Corp	CKHH 3 5/8 06/06/22	101,64	2,32%	A	XS0790011398 Corp	Investment Grade	750 000 000,00
XS0798790027 Corp	TELNO 2 3/4 06/27/22	101,538	2,32%	A-	XS0798790027 Corp	Investment Grade	500 000 000,00
XS0810622935 Corp	WESAU 2 3/4 08/02/22	101,85	0,96%	A-	XS0810622935 Corp	Investment Grade	650 000 000,00
XS0825855751 Corp	FUMVFH 2 1/4 09/06/22	101,775	2,32%	BBB	XS0825855751 Corp	Investment Grade	1 000 000 000,00
XS0829114999 Corp	DONGAS 2 5/8 09/19/22	102,165	2,37%	BBB+	XS0829114999 Corp	Investment Grade	517 240 000,00
XS0834367863 Corp	OMNAV 2 5/8 09/27/22	102,258	4,51%	N.A.	XS0834367863 Corp	High Yield	750 000 000,00
XS0854746343 Corp	CARLB 2 5/8 11/15/22	102,602	6,00%	N.A.	XS0854746343 Corp	High Yield	750 000 000,00
XS1388625425 Corp	FCAIM 3 3/4 03/29/24	108,006	1,96%	BBB	XS1388625425 Corp	Investment Grade	1 250 000 000,00
XS1405777316 Corp	BG 1.85 06/16/23	102,227	0,34%	BBB-	XS1405777316 Corp	Investment Grade	800 000 000,00
XS1405783983 Corp	EMN 1 1/2 05/26/23	101,744	1,13%	BBB	XS1405783983 Corp	Investment Grade	750 000 000,00
XS1410417544 Corp	K 1 05/17/24	102,363	3,37%	BBB	XS1410417544 Corp	Investment Grade	600 000 000,00
XS1415366720 Corp	CESDRA 1 7/8 05/25/23	102,544	8,00%	BBB	XS1415366720 Corp	High Yield	400 000 000,00
Cash							
Cash	EUR		1	0,05%			
OTC							
CDS	NATIXIS SR 5Y			1,15%			
CDS	ROLLS-ROYCE SUB 3Y			1,31%			

Figure 6 Construction du portefeuille à partir de Bloomberg

4.2 Résultat à l'actif

On considère que l'actif net du portefeuille est de 100 000 000 Euros.
L'allocation de l'actif est suivant le poids qu'on a défini dans la figure 6.

Le but de cette partie est de déterminer les scénarios de liquidation du portefeuille en régime normal et régime stressé sur la base des hypothèses définies ci-dessus. Cette étape préliminaire nous permettra d'appliquer plus tard directement nos résultats de modélisation du passif sur ce comportement à l'actif. On obtient donc les tableaux suivants :

4.2.1 Régime Normal

Nom	Poids PTF	PV : Present Value 31/12/2021	Régime Normal: hypothèse d'écoulement				Régime Normal: écoulement réalisé			
			1j	2J-7J	8j-30j	>30j	1j	2J-7J	8j-30j	>30j
SKAN GROUP AG	0,18%	180 000,00	3 217,30	12 871,60	51 486,40	3 217,30	12 871,60	51 486,40	112 424,10	
TIKEHAU CAPITAL	1,44%	1 439 466,30	501,70	2 006,80	8 027,20	501,70	2 006,80	8 027,20	1 428 930,60	
Equity Uncovered American Call	0,68%	680 000,00	241,44	754,50	4 828,80	241,44	754,50	4 828,80	674 175,26	
NMC HEALTH PLC	0,30%	839 077,03	80,00	250,00	1 600,00	80,00	250,00	1 600,00	837 147,03	
Grupo Ecoener	0,80%	796 237,53	1 073,76	3 355,50	21 475,20	1 073,76	3 355,50	21 475,20	770 333,07	
FERMENTALG	0,43%	429 060,11	14 417,60	45 055,00	288 352,00	14 417,60	45 055,00	288 352,00	81 235,51	
GREENERGY RENOVABLES	0,37%	373 181,52	4 368,32	13 651,00	87 366,40	4 368,32	13 651,00	87 366,40	267 735,80	
NHOA	0,23%	287 148,10	1 214,40	3 735,00	24 288,00	1 214,40	3 735,00	24 288,00	257 850,70	
SFC Energy AG	0,31%	310 064,22	4 611,12	14 403,75	32 222,40	4 611,12	14 403,75	32 222,40	198 820,35	
MCPHY ENERGY SA	0,58%	578 206,47	16 410,56	51 283,00	328 211,20	16 410,56	51 283,00	328 211,20	182 301,71	
BARRAIT DEVELOPMENTS PLC	0,36%	362 351,22	365 217,60	1 217 392,00	4 869 568,00	362 351,22	-	-	-	
SI GROUP PLC	0,63%	629 687,67	173 361,45	577 871,50	2 311 486,00	173 361,45	456 326,22	-	-	
DIAGED PLC	0,33%	931 376,02	355 633,35	1 185 444,50	4 741 778,00	355 633,35	575 742,67	-	-	
UNILEVER PLC	0,62%	620 000,00	404 352,90	1 343 843,00	5 399 372,00	404 352,90	215 047,10	-	-	
ASTRAZENECA PLC	0,86%	860 000,00	229 123,80	763 746,00	3 054 984,00	229 123,80	630 876,20	-	-	
VULCAN ENERGY RESOURCES LTD	0,53%	531 681,15	273 689,40	912 298,00	3 643 192,00	273 689,40	257 931,75	-	-	
EBUSCO HOLDING NV w/i	2,35%	2 349 383,51	12 202,80	40 676,00	162 704,00	12 202,80	40 676,00	162 704,00	2 134 406,71	
ALD SA	0,45%	453 908,55	17 206,05	57 353,50	229 414,00	17 206,05	57 353,50	229 414,00	143 935,00	
SYNLAB AG	0,24%	243 830,17	21 026,55	70 088,50	280 354,00	21 026,55	70 088,50	152 715,12	-	
SOLARIA ENERGIA Y MEDIO AMBI	0,23%	226 108,38	107 872,20	359 574,00	1 438 236,00	107 872,20	118 236,78	-	-	
FLUENCE ENERGY INC	1,26%	1 257 732,13	66 106,35	220 354,50	881 418,00	66 106,35	220 354,50	881 418,00	89 913,28	
ENCAVIS AG	0,44%	438 764,73	66 417,75	221 392,50	885 570,00	66 417,75	221 392,50	150 354,48	-	
ALFEN NV	0,50%	493 340,19	16 722,75	55 742,50	222 970,00	16 722,75	55 742,50	222 970,00	203 304,34	
SUNNOVA ENERGY INTERNATIONAL	0,15%	150 000,00	80 292,00	267 640,00	1 070 560,00	80 292,00	69 708,00	-	-	
Lithium Americas Corp	1,31%	1 307 624,85	101 907,00	339 690,00	1 358 760,00	101 907,00	339 690,00	866 027,85	-	
PEXIP HOLDING ASA	1,13%	1 129 392,35	113 367,90	377 893,00	1 511 572,00	113 367,90	377 893,00	638 132,05	-	
GALP ENERGIA SGPS SA	0,57%	570 000,00	354 715,35	1 182 386,50	4 729 546,00	354 715,35	215 284,05	-	-	
ZAPTEC AS/NORWAY	0,36%	362 351,22	75 692,10	252 307,00	1 009 228,00	75 692,10	252 307,00	34 952,12	-	
THYSSENKRUPP AG	0,63%	629 687,67	436 308,15	1 454 360,50	5 817 442,00	436 308,15	133 379,52	-	-	
BIOMERIEUX	0,32%	320 000,00	19 152,75	63 842,50	255 370,00	19 152,75	63 842,50	255 370,00	581 634,75	
SUNRUN INC	0,50%	500 000,00	251 033,40	836 778,00	3 347 112,00	251 033,40	248 366,60	-	-	
MERCADOLIBRE INC	1,00%	1 000 000,00	28 014,15	93 380,50	373 522,00	28 014,15	93 380,50	373 522,00	505 083,35	
Allianza SE	1,33%	1 331 402,16	123 753,60	412 532,00	1 650 128,00	123 753,60	412 532,00	1 395 110,56	-	
NORSK HYDRO ASA	7,00%	7 000 000,00	786 135,90	2 620 453,00	10 481 812,00	786 135,90	2 620 453,00	3 593 411,10	-	
Mowi ASA	0,59%	591 162,84	116 393,40	389 378,00	1 559 912,00	116 393,40	389 378,00	84 131,44	-	
SCHNEIDER ELECTRIC SA	0,68%	677 730,02	126 739,35	422 464,50	1 683 858,00	126 739,35	422 464,50	128 526,17	-	
Sanofi	0,24%	239 235,13	278 447,85	928 153,50	3 712 638,00	239 235,13	-	-	-	
CARLSBERG AS-B	1,18%	1 183 180,63	32 051,85	106 839,50	427 358,00	32 051,85	106 839,50	427 358,00	616 931,28	
LOREAL	0,84%	837 774,61	55 483,05	184 363,50	739 854,00	55 483,05	184 363,50	537 322,06	-	
TOTAL SA	0,41%	413 005,20	1 009 310,10	3 366 367,00	13 465 468,00	413 005,20	-	-	-	
STRAY 15/8 02/04/22	1,00%	1 000 000,00	1 000 000,00	5 000 000,00	20 000 000,00	1 000 000,00	-	-	-	
GEDISC 2 3/4 11/30/22	7,00%	7 000 000,00	500 000,00	2 500 000,00	10 000 000,00	500 000,00	2 500 000,00	4 000 000,00	-	
INFBEL 3 3/5 03/27/24	2,00%	2 000 000,00	2 500 000,00	12 500 000,00	50 000 000,00	2 000 000,00	-	-	-	
CCBGBB 0 3/4 09/12/22	3,00%	3 000 000,00	3 750 000,00	18 750 000,00	75 000 000,00	3 000 000,00	-	-	-	
EUROCL 0 1/2 07/10/23	2,50%	2 500 000,00	2 500 000,00	12 500 000,00	50 000 000,00	2 500 000,00	-	-	-	
CAIXAB 1 5/8 04/21/22	3,00%	3 000 000,00	1 000 000,00	5 000 000,00	20 000 000,00	1 000 000,00	2 000 000,00	-	-	
CAIXAB 1 1/2 05/10/23	5,00%	5 000 000,00	750 000,00	3 750 000,00	15 000 000,00	750 000,00	3 750 000,00	500 000,00	-	
TLSAU 3 1/2 09/21/22	1,00%	1 000 000,00	5 000 000,00	25 000 000,00	100 000 000,00	1 000 000,00	-	-	-	
SGOFF 3 5/8 03/28/22	1,44%	1 439 466,30	4 500 000,00	22 500 000,00	90 000 000,00	1 439 466,30	-	-	-	
FINPOW 3 1/2 04/03/24	1,14%	1 140 000,00	1 500 000,00	7 500 000,00	30 000 000,00	1 140 000,00	-	-	-	
CKHH 3 5/8 06/06/22	2,32%	2 320 000,00	3 750 000,00	18 750 000,00	75 000 000,00	2 320 000,00	-	-	-	
TELNO 2 3/4 06/27/22	2,32%	2 320 000,00	2 500 000,00	12 500 000,00	50 000 000,00	2 320 000,00	-	-	-	
WESAU 2 3/4 08/02/22	0,36%	360 000,00	3 250 000,00	16 250 000,00	65 000 000,00	360 000,00	-	-	-	
FUMVFH 2 1/4 09/06/22	2,32%	2 320 000,00	5 000 000,00	25 000 000,00	100 000 000,00	2 320 000,00	-	-	-	
DONGAS 2 5/8 09/19/22	2,37%	2 366 392,70	2 586 200,00	12 931 000,00	51 724 000,00	2 366 392,70	-	-	-	
OMVAV 2 5/8 09/27/22	4,51%	4 510 000,00	750 000,00	3 750 000,00	15 000 000,00	750 000,00	3 750 000,00	10 000,00	-	
CARLB 2 5/8 11/15/22	6,00%	6 000 000,00	750 000,00	3 750 000,00	15 000 000,00	750 000,00	3 750 000,00	1 500 000,00	-	
FCAIM 3 3/4 03/23/24	1,36%	1 360 000,00	6 250 000,00	31 250 000,00	125 000 000,00	1 360 000,00	-	-	-	
BG 1 85 06/16/23	0,34%	340 000,00	4 000 000,00	20 000 000,00	80 000 000,00	340 000,00	-	-	-	
EMN 1 1/2 05/26/23	1,13%	1 129 392,35	3 750 000,00	18 750 000,00	75 000 000,00	1 129 392,35	-	-	-	
K 1 05/17/24	3,37%	3 365 854,87	3 000 000,00	15 000 000,00	60 000 000,00	3 000 000,00	365 854,87	-	-	
CESDRA 1 7/8 05/25/23	8,00%	8 000 000,00	2 000 000,00	2 000 000,00	8 000 000,00	2 000 000,00	2 000 000,00	4 000 000,00	-	
Cash	0,05%	50 000,00	50 000,00	-	-	50 000,00	-	-	-	
NATIXIS SR 5Y	1,15%	1 150 000,00	-	1 150 000,00	-	-	1 150 000,00	-	-	
ROLLS-ROYCE SUB 3Y	1,31%	1 310 000,00	-	1 310 000,00	-	-	1 310 000,00	-	-	
Total	100,00%	100 000 125,72				40 102 548,20	29 634 796,30	21 111 356,57	9 152 824,05	
Pourcentage d'écoulement par horizon						40%	29,63%	21,11%	9,15%	

Figure 7 Ecoulement du portefeuille en régime normal

4.2.2 Régime Stressé

Nom	Poids PTF	PV : Present Value 31/12/2021	Régime Stressé: hypothèse d'écoulement			Régime Stressé: écoulement réalisé			
			1j	2J-7J	8j-30j	1j	2J-7J	8j-30j	>30j
SKAN GROUP AG	0,18%	180 000,00	1 287,16	8 044,75	32 179,00	1 287,16	8 044,75	32 179,00	138 489,03
TIKHAU CAPITAL	1,44%	1 439 466,30	2 006,68	1 254,25	5 017,00	2 006,68	1 254,25	5 017,00	1 432 994,37
Equity Uncovered American Call	0,68%	680 000,00	75,45	452,70	603,60	75,45	452,70	603,60	678 868,25
NMC HEALTH PLC	0,30%	639 077,03	25,00	150,00	200,00	25,00	150,00	200,00	636 702,03
Grupo Ecoener	0,80%	796 237,53	335,55	2 013,30	2 684,40	335,55	2 013,30	2 684,40	791 204,28
FERMENTALG	0,43%	429 060,11	4 505,50	27 033,00	36 044,00	4 505,50	27 033,00	36 044,00	361 477,61
GREENERGY RENOVBABLES	0,37%	373 181,52	1 365,10	8 190,60	10 920,80	1 365,10	8 190,60	10 920,80	352 705,02
NHOA	0,23%	287 148,10	379,50	2 277,00	3 036,00	379,50	2 277,00	3 036,00	281 455,60
SFC Energy AG	0,31%	310 064,22	1 440,38	8 645,85	11 527,80	1 440,38	8 645,85	11 527,80	288 443,60
MCPHY ENERGY SA	0,58%	578 206,47	5 128,30	30 769,80	41 026,40	5 128,30	30 769,80	41 026,40	501 281,97
BARRATT DEVELOPMENTS PLC	0,36%	362 951,22	121 739,20	373 913,60	3 895 654,40	121 739,20	241 212,02	-	-
3I GROUP PLC	0,63%	629 687,67	57 787,15	462 297,20	1 849 188,80	57 787,15	462 297,20	109 603,32	-
DIAGEO PLC	0,33%	931 376,02	118 544,45	348 355,60	3 793 422,40	118 544,45	812 831,57	-	-
UNILEVER PLC	0,62%	620 000,00	134 964,30	1 079 874,40	4 319 497,60	134 964,30	485 015,70	-	-
ASTRAZENECA PLC	0,86%	860 000,00	76 374,60	610 996,80	2 443 987,20	76 374,60	610 996,80	172 628,60	-
VULCAN ENERGY RESOURCES LTD	0,53%	531 681,15	91 229,80	729 838,40	2 919 353,60	91 229,80	440 451,35	-	-
EBUSCO HOLDING NV W/I	2,35%	2 349 989,51	4 067,60	32 540,80	130 163,20	4 067,60	32 540,80	130 163,20	2 183 217,91
ALD SA	0,45%	453 308,55	5 735,35	45 882,80	183 531,20	5 735,35	45 882,80	183 531,20	218 753,20
SYNLAB AG	0,24%	243 830,17	7 008,85	56 070,80	224 283,20	7 008,85	56 070,80	180 750,52	-
SOLARIA ENERGIA Y MEDIO AMBI	0,23%	226 108,38	35 957,40	287 659,20	1 150 636,80	35 957,40	190 151,58	-	-
FLUENCE ENERGY INC	1,26%	1 257 792,13	22 035,45	176 283,60	705 134,40	22 035,45	176 283,60	705 134,40	354 338,68
ENCAVIS AG	0,44%	438 764,73	22 139,25	177 114,00	708 456,00	22 139,25	177 114,00	239 511,48	-
ALFEN NV	0,50%	493 340,19	5 574,25	44 534,00	178 376,00	5 574,25	44 534,00	178 376,00	270 795,94
SUNNOVA ENERGY INTERNATIONAL	0,15%	150 000,00	26 764,00	214 112,00	856 448,00	26 764,00	123 236,00	-	-
Lithium Americas Corp	1,31%	1 307 624,85	33 969,00	271 752,00	1 087 008,00	33 969,00	271 752,00	1 001 903,85	-
PEXIP HOLDING ASA	1,13%	1 129 392,95	37 789,30	302 314,40	1 209 257,60	37 789,30	302 314,40	789 289,25	-
GALP ENERGIA SGPS SA	0,57%	570 000,00	118 238,65	945 909,20	3 783 636,80	118 238,65	451 761,35	-	-
ZAPTEC AS/NORWAY	0,36%	362 951,22	25 230,70	201 845,60	807 382,40	25 230,70	201 845,60	135 874,92	-
THYSSENKRUPP AG	0,63%	629 687,67	145 436,05	1 163 488,40	4 653 353,60	145 436,05	484 251,62	-	-
BIOMERIEUX	0,32%	320 000,00	6 384,25	51 074,00	204 296,00	6 384,25	51 074,00	204 296,00	658 245,75
SUNRUN INC	0,50%	500 000,00	83 677,80	669 422,40	2 677 689,60	83 677,80	416 322,20	-	-
MERCADOLIBRE INC	1,00%	1 000 000,00	9 338,05	74 704,40	298 817,60	9 338,05	74 704,40	298 817,60	617 139,95
Alliata SE	1,93%	1 931 402,16	41 253,20	330 025,60	1 320 102,40	41 253,20	330 025,60	1 320 102,40	240 020,96
NORSK HYDRO ASA	7,00%	7 000 000,00	262 045,30	2 096 362,40	8 385 443,60	262 045,30	2 096 362,40	4 641 592,30	-
Mowi ASA	0,59%	591 162,84	38 997,80	311 962,40	1 247 929,60	38 997,80	311 962,40	240 182,64	-
SCHNEIDER ELECTRIC SA	0,68%	677 730,02	42 246,45	337 971,60	1 351 886,40	42 246,45	337 971,60	297 511,97	-
Sanoofi	0,24%	239 235,13	32 815,95	742 527,60	2 970 110,40	32 815,95	146 419,18	-	-
CARLSBERG AS-B	1,18%	1 183 180,63	10 683,35	85 471,60	341 886,40	10 683,35	85 471,60	341 886,40	745 138,68
LOREAL	0,84%	837 774,61	18 436,35	147 970,80	591 883,20	18 436,35	147 970,80	591 883,20	79 424,26
TOTAL SA	0,41%	413 005,20	336 636,70	2 693 093,60	10 772 374,40	336 636,70	76 368,50	-	-
STRAV 15/8 02/04/22	1,00%	1 000 000,00	600 000,00	5 000 000,00	20 000 000,00	600 000,00	400 000,00	0,00	0,00
GEDISC 2 3/4 11/30/22	7,00%	7 000 000,00	250 000,00	2 500 000,00	50 000 000,00	250 000,00	2 500 000,00	4 250 000,00	0,00
INFBEL 3 3/5 03/27/24	2,00%	2 000 000,00	1 500 000,00	12 500 000,00	10 000 000,00	1 500 000,00	500 000,00	0,00	0,00
CCBGBB 0 3/4 09/12/23	3,00%	3 000 000,00	2 250 000,00	18 750 000,00	75 000 000,00	2 250 000,00	750 000,00	0,00	0,00
EUROCL 0 1/2 07/10/23	2,50%	2 500 000,00	1 500 000,00	12 500 000,00	50 000 000,00	1 500 000,00	1 000 000,00	0,00	0,00
CAIXAB 1 5/8 04/21/22	3,00%	3 000 000,00	500 000,00	5 000 000,00	20 000 000,00	500 000,00	2 500 000,00	0,00	0,00
CAIXAB 1 1/2 05/10/23	5,00%	5 000 000,00	375 000,00	3 750 000,00	15 000 000,00	375 000,00	3 750 000,00	875 000,00	0,00
TLSAU 3 1/2 09/21/22	1,00%	1 000 000,00	3 000 000,00	25 000 000,00	100 000 000,00	1 000 000,00	0,00	0,00	0,00
SGOFP 3 5/8 03/28/22	1,44%	1 439 466,30	2 700 000,00	22 500 000,00	90 000 000,00	1 439 466,30	0,00	0,00	0,00
FINPOW 3 1/2 04/03/24	1,14%	1 140 000,00	900 000,00	7 500 000,00	30 000 000,00	900 000,00	240 000,00	0,00	0,00
CKHH 3 5/8 06/06/22	2,32%	2 320 000,00	2 250 000,00	18 750 000,00	75 000 000,00	2 250 000,00	70 000,00	0,00	0,00
TELNO 2 3/4 06/27/22	2,32%	2 320 000,00	1 500 000,00	12 500 000,00	50 000 000,00	1 500 000,00	820 000,00	0,00	0,00
WESAU 2 3/4 08/27/22	0,96%	960 000,00	1 950 000,00	16 250 000,00	65 000 000,00	960 000,00	0,00	0,00	0,00
FUMVFH 2 1/4 09/06/23	2,32%	2 320 000,00	3 000 000,00	25 000 000,00	100 000 000,00	2 320 000,00	0,00	0,00	0,00
DONGAS 2 5/8 09/19/22	2,37%	2 366 392,70	1 551 720,00	12 931 000,00	51 724 000,00	1 551 720,00	814 673,00	0,00	0,00
OMVAV 2 5/8 09/27/22	4,51%	4 510 000,00	375 000,00	3 750 000,00	15 000 000,00	375 000,00	3 750 000,00	385 000,00	0,00
CARLB 2 5/8 11/15/22	6,00%	6 000 000,00	375 000,00	3 750 000,00	15 000 000,00	375 000,00	3 750 000,00	1 875 000,00	0,00
FCAIM 3 3/4 03/29/24	1,96%	1 960 000,00	3 750 000,00	31 250 000,00	125 000 000,00	1 960 000,00	0,00	0,00	0,00
BG 1 85 06/16/23	0,34%	340 000,00	2 400 000,00	20 000 000,00	80 000 000,00	340 000,00	0,00	0,00	0,00
EMN 1 1/2 05/26/23	1,13%	1 129 392,95	2 250 000,00	18 750 000,00	75 000 000,00	1 129 392,95	0,00	0,00	0,00
K 1 05/17/24	3,37%	3 365 854,87	1 800 000,00	15 000 000,00	60 000 000,00	1 800 000,00	1 565 855,00	0,00	0,00
CESDRA 1 7/8 05/25/23	8,00%	8 000 000,00	200 000,00	2 000 000,00	8 000 000,00	200 000,00	2 000 000,00	5 800 000,00	0,00
Cash	0,05%	50 000,00	50 000,00	-	-	50 000,00	-	-	-
NATIXIS SR 5Y	1,15%	1 150 000,00	-	1 150 000,00	-	-	1 150 000,00	-	-
ROLLS-ROYCE SUB 3Y	1,31%	1 310 000,00	-	1 310 000,00	-	-	1 310 000,00	-	-
Total	100,00%	100 002 125,72				21 173 503,62	36 644 634,68	25 091 276,26	11 092 703,16
Pourcentage d'écoulement par horizon						27%	36,64%	25,09%	11,09%

Figure 8 Ecoulement du portefeuille en régime stressé

4.3 Résultat au passif

Les méthodes existantes dans la littérature, consistent à calculer des métriques VaR et Expected Shortfall "historiques". Le calcul repose ainsi sur l'ensemble des données. Or, on s'intéresse uniquement à des événements sans commune mesure (extrêmes). Cela justifie l'adéquation de la théorie des valeurs extrêmes via la méthode de dépassement de seuil pour la résolution de la problématique des rachats au passif d'un fonds.

4.3.1 Modélisation du passif

En ce qui concerne le passif, on considère un historique de rachats et de souscriptions de 3 ans d'un des portefeuilles de la société de gestion qui représente au mieux notre portefeuille fictif.

Pour la modélisation des rachats via la TVE, on considère uniquement les **rachats nets**.

Pour le jour t , on s'intéresse ainsi à la variable aléatoire :

$$Y_t = \begin{cases} 0 & \text{si } \text{Rachat}_t - \text{Souscription}_t \leq 0 \\ \frac{\text{Rachat}_t - \text{Souscription}_t}{\text{Actif Nets}_t} & \text{sinon} \end{cases}$$

La variable Y_t correspond aux scénarios de rachats à 1 jour.

Pour garder les mêmes horizons utilisés à l'actif, on définit :

- **les rachats nets à l'horizon de 2j-7j** : correspondant réellement aux rachats nets entre 2j et 5j.
- **les rachats nets à l'horizon de 8j-30j** : correspondant aux rachats nets entre 6 jours et 20 jours ouvrés.

On traite les données de rachats et de souscriptions sur Python, on obtient au final un tableau de 4 colonnes représentant : les dates et les rachats nets à 1 jour, à 2j - 7j et à 8j- 30j. La figure suivante est un aperçu des premières lignes du tableau :

Date	Rachat 1j	Rachat 2j-7j	Rachat 8j-30j
02/10/2017	0	0	0,007955302
03/10/2017	0	0,00761327	0,007955302
04/10/2017	0	0,00761327	0,007955302
05/10/2017	0	0,0079553	0,007955302
06/10/2017	0	0,0079553	0,007955302
09/10/2017	0,007613271	0,0079553	0,007955302
10/10/2017	0	0,00034203	0,000342031
11/10/2017	0,000342031	0,00034203	0,000342031
12/10/2017	0	0	0
13/10/2017	0	0	0
16/10/2017	0	0	0
17/10/2017	0	0	0

Figure 9 Rachats Nets du portefeuille à différents horizons

4.3.2 Application de la méthode Peak Over Treshhold

Dans cette partie l'intérêt est uniquement porté sur les Rachats à l'horizon 2j-7j. Les résultats pour les rachats correspondant aux autres horizons se trouvent en annexe.

D'après les résultats présentés dans la section *Théorie des valeurs extrêmes*, on détermine premièrement les paramètres de seuil, de queue et d'échelle de la loi GPD.

On détermine premièrement le seuil en traçant la mean excess function.

Mean Residual Life Plot

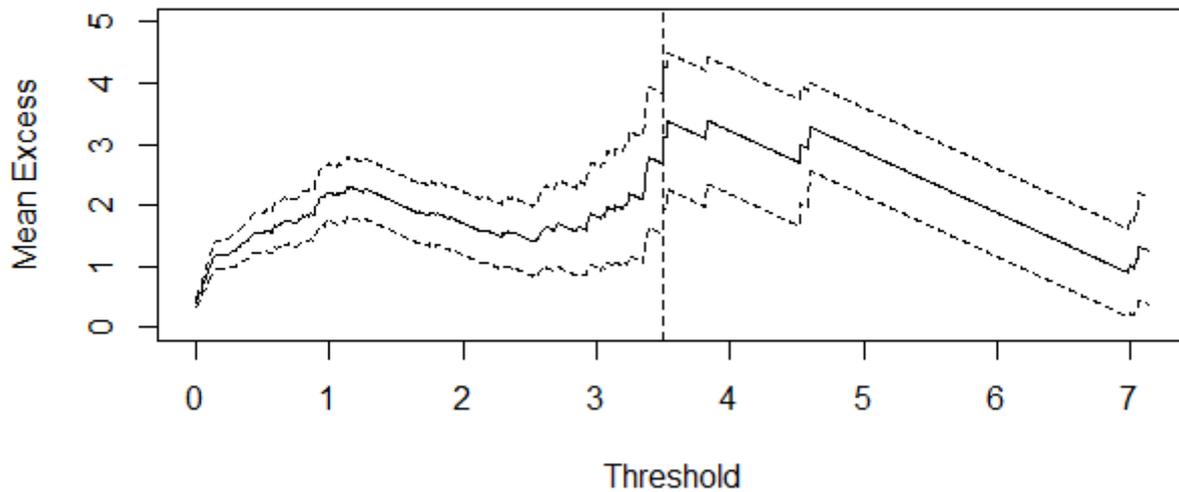


Figure 10 Courbe du Mean Excess Function pour les données de Rachats à 2j -7j en utilisant le package evd sur R. Les 2 autres lignes représentent l'intervalle de confiance à 95%

On obtient les deux autres paramètres manquants par la méthode de maximum de vraisemblance. En utilisant le même package evd, on obtient les résultats suivants :

```

Threshold: 3.5
Number Above: 12
Proportion Above: 0.016

Estimates
scale  shape
7.705  -1.365
    
```

Figure 11 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

Les graphes qq plot de la figure 12 permettent de valider le choix des paramètres. On remarque que les courbes empiriques et théoriques se situent, dans l'ensemble, sur la première bissectrice.

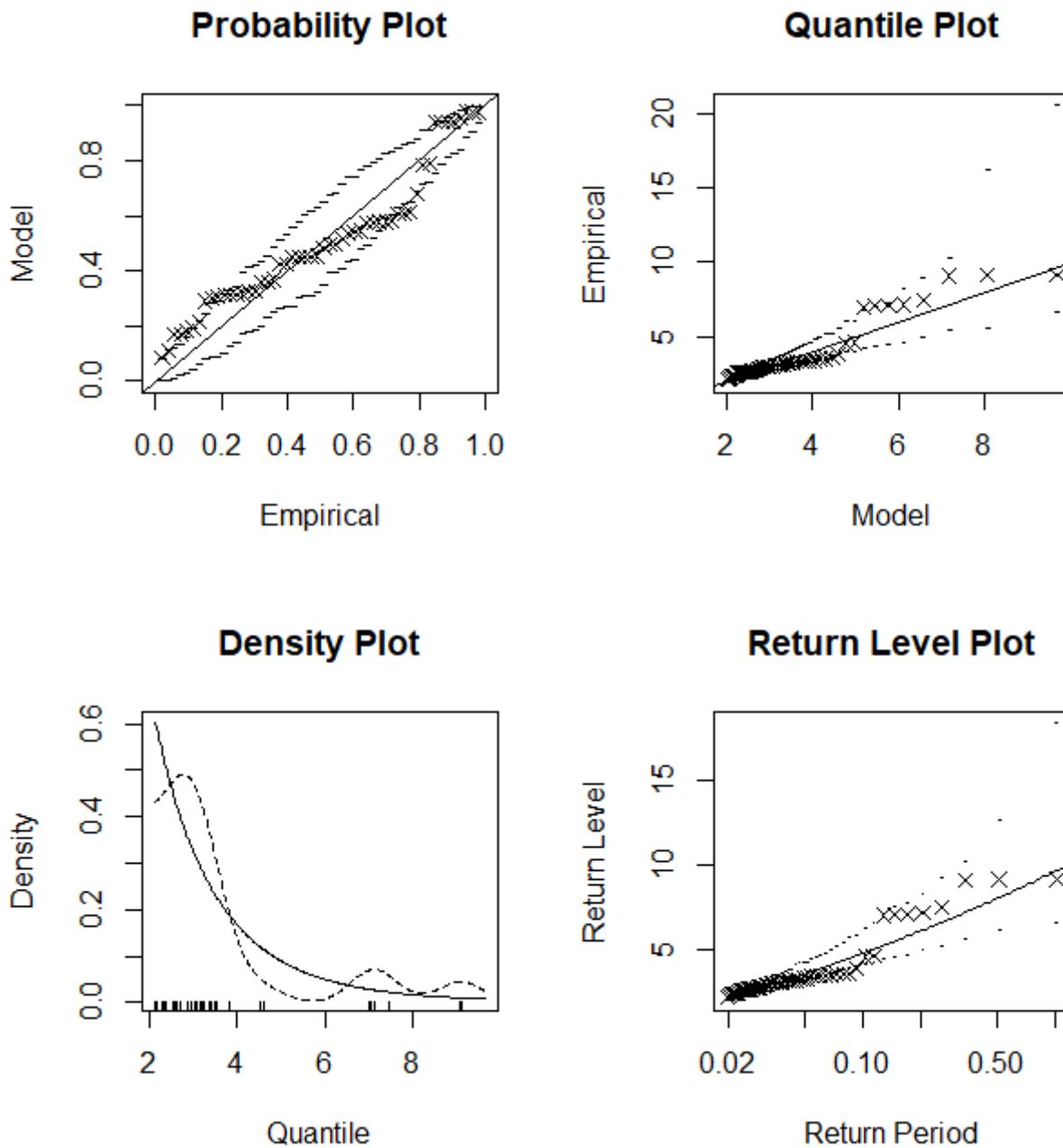


Figure 12 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

L'estimation des paramètres nous permet de calculer la VaR (équation 1) et l'ES. On rappelle que :

$$VaR = u + \frac{\sigma}{\xi} \left[\left[\frac{n}{N_u} (1 - \text{intervalle de confiance}) \right]^{-\xi} - 1 \right]$$

avec :

n : le nombre d'observations.

u : le seuil.

N_u : le nombre d'observations excédants u .

L'Expected Shortfall est définie comme la moyenne des pertes excédant la VaR :

$$ES = \frac{VaR}{1 - \xi} + \frac{\beta - \xi u}{1 - \xi}$$

4.4 Confrontation de l'actif et du passif

On regroupe les résultats à l'actif et au passif dans un seul tableau pour les 3 horizons de liquidité. On rajoute le rachat max afin d'avoir un ordre de grandeur sur le plus gros rachat net effectué sur les 3 ans.

	Régime normal	Régime Stressé	VaR 95%	ES 95%	VaR 99%	ES 99%	Max
1j	40,00%	27,00%	0,30%	1,51%	1,83%	4,45%	5,28%
2j-7 j	29,63%	36,64%	-	-	6,18%	7,88%	9,14%
8j-30j	21,11%	25,09%	7,29%	9,05%	10,12%	10,52%	10,95%

Figure 13 Analyse quantitative des résultats

Pour confronter les résultats à l'actif et au passif, on trace des histogrammes regroupant tous les résultats de la figure 13.

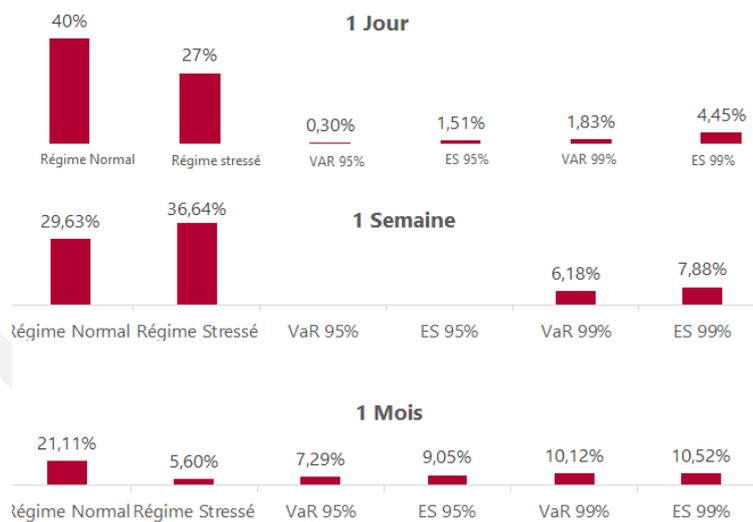


Figure 14 Confrontation des résultats à l'actif et au passif

On constate que le fonds étudié est assez liquide pour faire face aux rachats les plus importants simulés pour les différents horizons.

Deuxième remarque très intéressante qui présente les limitations de la théorie des valeurs extrêmes pour le calcul de la VaR (Value at Risk) et de l'ES (Expected Shortfall). On remarque que pour l'horizon d'1 semaine, les quantiles à 95% n'apparaissent pas dans l'analyse. Pour expliquer ce problème, il suffit de calculer le niveau de confiance correspondant au seuil.

En effet, pour un seuil $u = 3,5$, on obtient un niveau de confiance de 98%. Les niveaux de confiance qu'on doit considérer dans notre étude des rachats 2j-7j doivent être supérieurs à 98%.

4.5 Confrontation des métriques TVE et des métriques historiques

L'objectif de la modélisation du passif était de calculer les métriques Value-at-Risk et Expected Shortfall en utilisant la théorie des valeurs extrêmes. Les méthodes existantes dans la littérature, consistent à calculer ces mêmes métriques d'une manière "historique". On propose ainsi de confronter les deux calculs avec le même historique de données de rachats sur 3 ans. On obtient le tableau suivant :

	VaR95%		ES 95%		VaR 99%		ES 99%	
	Historique	TVE	Historique	TVE	Historique	TVE	Historique	TVE
1j	0,26%	0,30%	1,33%	1,51%	2,49%	1,83%	3,31%	4,45%
2j-7 j	2,59%	-	4%	-	5,79%	6,18%	7,88%	7,88%
8j-30j	7,28%	7,29%	8,89%	9,05%	9,94%	10,12%	10,38%	10,52%

Figure 15 Confrontation des métriques Historiques et TVE

On constate que les métriques "historiques" sont généralement plus faibles que celles calculées via la théorie des valeurs extrêmes. On relève une incohérence pour la VaR 99% des rachats à 1 jour, de telle sorte que la VaR historique est supérieure à la var TVE.

En observant les données de rachats à 1 jour, on constate que la majorité des valeurs sont très extrêmes par rapport à la moyenne des données (égale à 0,8%). Or la VaR est un indicateur de l'éloignement des valeurs extrêmes par rapport à la moyenne. On conclut que dans ce cas, la théorie des valeurs extrêmes sous-estime la VaR 99%.

Pour expliquer plus rigoureusement cette différence, on propose de visualiser les fonctions de répartition empirique et paramétrique des rachats étudiés.

On s'intéresse premièrement à approximer la fonction des répartition de la loi paramétrique. Pour cela, on considère n variables aléatoires X_1, X_2, \dots, X_n de fonction de répartition F et u le seuil. Notons les N_u observations dépassant le seuil u par $X_{i_1}, \dots, X_{i_{N_u}}$. On appelle excès au-delà du seuil u les $Y_j := X_{i_j} - u$ où $j = 1, \dots, N_u$.

La fonction de répartition des excès au delà d'un seuil u est définie par :

$$F_u(x) = \frac{F(u+x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

La TVE nous permet de dire qu'il existe ξ et σ tel que F_u converge vers la distribution de Pareto Généralisée (GPD) définie par :

$$G_{\xi, \sigma}(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi x}{\sigma}\right)^{-1/\xi} & , \xi \neq 0 \\ 1 - \exp(-x/\sigma) & , \xi = 0 \end{cases}$$

pour $x \geq 0$ si $\xi \geq 0$ et $0 \leq x \leq -\sigma/\xi$ si $\xi < 0$.

ξ : est le paramètre de queue.

σ : est le paramètre d'échelle.

On cherche à approximer la fonction de répartition de X_1, X_2, \dots, X_n , On a :

$$G_{\xi, \sigma}(x) \approx \frac{F(u+x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

donc :

$$F(u+x) \approx (1 - F(u)) * G_{\xi, \sigma}(x) + F(u)$$

pour $x \geq 0$ si $\xi \geq 0$ et $0 \leq x \leq -\sigma/\xi$ si $\xi < 0$.

$$F(u+x) \approx \bar{F}(u) * G_{\xi, \sigma}(x) + 1 - \bar{F}(u)$$

Et ainsi, par changement de variable, on conclut que :

$$F(t) \approx \bar{F}(u) * G_{\xi, \sigma}(t-u) + 1 - \bar{F}(u)$$

pour $t \geq u$ si $\xi \geq 0$ et $u \leq t \leq u - \sigma/\xi$ si $\xi < 0$.

Pour tracer la fonction de répartition, on utilise l'approximation suivante : $\bar{F}(u) \approx \frac{N_u}{n}$.

avec :

n : le nombre d'observations.

N_u : le nombre d'observations excédants u .

La figure suivante représente les fonctions de répartition empirique et paramétrique pour les rachats à 1 jour et les rachats à 8-30 jours.

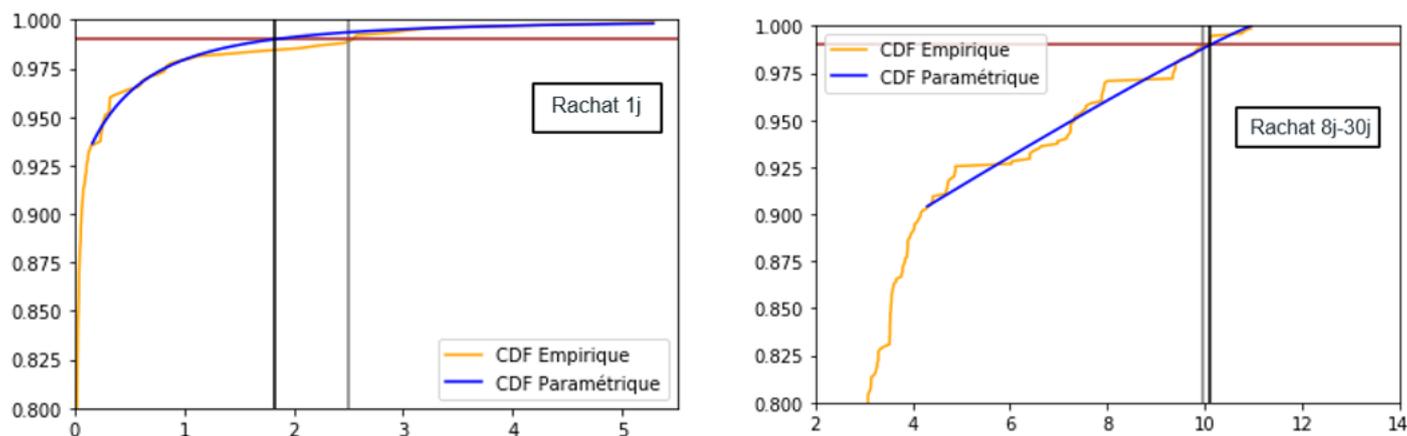


Figure 16 Fonction de répartition des rachats

Etant donné qu'on s'intéresse uniquement aux quantiles extrêmes, On visualise les fonctions de répartition en zoomant sur la partie supérieure. Pour les rachats à 1 jour, on obtient la figure suivante :

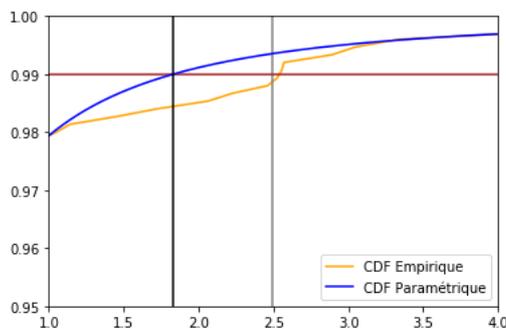


Figure 17 Fonction de répartition des Rachats à 1 jour

Pour les rachats à 8-30 jours, on obtient la figure suivante :

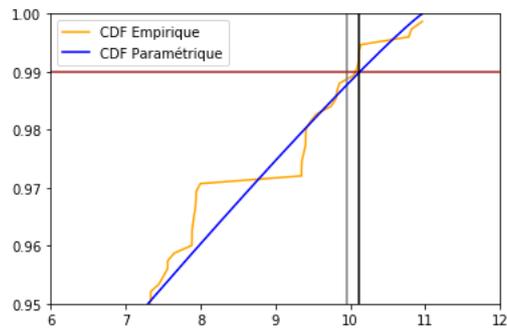


Figure 18 Fonction de répartition des rachats à 8-30 jours

Les droites verticales correspondent aux niveaux de VaR 99%. Ils sont identiques à ceux calculés en utilisant la formule fermée de la VaR TVE.

On remarque que la loi paramétrique permet de lisser les résultats et de les rendre moins instables.

5 Conclusion

L'approche de distribution du passif mise en place peut avoir des limites si on cherche à estimer les rachats pour les fonds avec une distribution historique de rachats caractérisée par une queue très épaisse.

La réflexion sur la modélisation des rachats peut nous ramener à chercher à estimer les rachats pour les fonds avec peu/sans historique. On pourrait ainsi s'intéresser à développer l'analyse en essayant d'explicitier les facteurs qui pourraient expliquer les mouvements et les amplitudes de rachats.

Une problématique similaire a été traité en Assurance Vie par ? avec pour objectif de mieux connaître et prendre en compte des facteurs-clés qui jouent sur la décision des assurés à racheter leurs contrats d'épargne.

Après des échanges avec le service client et commercial de la société de gestion, on a recensé des facteurs structurels et d'autres conjoncturels qui pourraient expliquer les rachats dans leurs fonds :

Facteurs structurels :

De différents échanges avec les équipes commerciales et le service client ont permis de donner une bonne segmentation et une bonne modélisation du risque de rachat. C'était également l'occasion de recueillir les intuitions des professionnels proche des clients à ce sujet. Les éléments suivants ont été retenus :

- L'excès de sur-performance (prise de bénéfice) ou de sous-performance des fonds (déclenchant des décisions de désinvestissement) : repérable par les objectifs fixés au préalable ou bien par rapport au benchmark.

- La corrélation entre la collecte nette et la performance du fonds.

- L'alpha d'un fonds par rapport à la concurrence.

- Les échéances de paiements de dividendes ou de coupon d'une émission obligataire.

- La saisonnalité des rachats : Des gros rachats monétaire prévus à la fin de chaque année et des souscriptions en début d'année. Des saisonnalités qui changent selon les types de clients (Retail ou institutionnels).

Facteurs conjoncturels :

Ces facteurs sont représentés par des situations particulières du marché ; Comportement des investisseurs face au mouvement du taux.

Même au plus haut de la crise financière (par exemple la crise du Covid-19 de mars 2020), la fidélité des clients n'a pas été particulièrement impactée. Ce n'est pas tant que les clients ne suivent pas l'actualité mais plutôt qu'il leur est difficile d'évaluer s'il leur est profitable d'aller souscrire ailleurs en tenant compte de nouveaux frais d'entrée ou d'une perte d'une partie du capital par exemple. Ces nombreux facteurs compliquent les décisions à prendre de manière rationnelle.

On a recensé des indicateurs de marché qui pourraient expliquer cet aspect conjoncturel :

- XAUEUR : cours de l'or en Euro
- GNFT10 : Rendement de l'obligation France 10 ans
- ITRX : indice composite qui synthétise un panier de CDS.

Par ailleurs, d'autres facteurs qui sont dans la même catégorie, influent le risque de rachat :

- Les changements dans la réglementation (SCR, LCR. . .) Ou bien des événements rares comme un départ d'un gérant (souvent modélisable par une loi de poisson).

- L'exploitation de la base de Morningstar : permet de disposer chaque mois de la collecte nette dans la zone Euro mais aussi, d'établir le classement des fonds monétaires. En effet, la sortie d'un fonds du top 10 entraîne des décisions de rachats.

- Le taux de chômage, l'inflation, la croissance, le PIB.

- Les paiements de dividendes

Cet ensemble représente tout ce qui est lié, de près ou de loin, au contexte économique et financier.

La difficulté majeure est de rendre ces données exploitables afin de leurs appliquer un modèle de régression.

Références

- J. El Methni. Contributions à l'estimation de quantiles extrêmes. Applications à des données environnementales. *working paper*, 2006.
- ESMA. Consultation Paper , Guidelines on liquidity stress testing in UCITS and AIFs. February 2019.
- ESMA. Final Report, Guidelines on liquidity stress testing in UCITS and AIFs. September 2019.
- X. Milhaud. Segmentation et modélisation des comportements de rachat en Assurance Vie. *mémoire d'actuaire, ISFA*, 2011.
- K. Čunderlíková and R. Bartková. The Pickands–Balkema–de Haan theorem for intuitionistic fuzzy events. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, 24 :63–75, 2018.

Annexe

Annexe 1 : Démonstration de la formule de la VaR et de l'Expected Shortfall

Soit X_1, \dots, X_n des variables aléatoires *i.i.d* de distribution de Pareto généralisé de paramètres ξ et σ . Notons $\hat{\xi}$ et $\hat{\sigma}$ les estimateurs des paramètres ξ et σ . Soit $\frac{N_u}{n}$ un estimateur de $\bar{F}(u)$, où u est le seuil. On sait que la fonction de répartition des excès F_u est définie par :

$$F_u(x) = \frac{F(u+x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

En définissant la fonction de survie $\bar{F} = 1 - F$, on obtient :

$$\begin{aligned} \bar{F}(u+x) &= \bar{F}(u)\bar{F}_u(x) \\ &\approx \frac{N_u}{n} \left(1 + \frac{\xi x}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \\ &\approx \frac{N_u}{n} \left(1 + \frac{\hat{\xi} x}{\hat{\sigma}}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \end{aligned}$$

Estimation de la VaR

Un estimateur naturel est :

$$\begin{aligned} \widehat{\text{VaR}}_\alpha(F) &= \inf\{x \in \mathbb{R} : \bar{F}(x) \leq 1 - \alpha\} \\ &= \inf\{u + x \in \mathbb{R} : \bar{F}(u+x) \leq 1 - \alpha\} \\ &= u + \inf\left\{x \in \mathbb{R} : \frac{N_u}{n} \left(1 + \frac{\hat{\xi} x}{\hat{\sigma}}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \leq 1 - \alpha\right\} \\ &= u + \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} \left(\left(\frac{n}{N_u} (1 - \alpha) \right)^{-\hat{\xi}} - 1 \right) \end{aligned}$$

Estimation de l'Expected Shortfall

L'Expected Shortfall est définie comme la moyenne des pertes excédant la VaR :

$$\text{ES}_\alpha = \text{E}(X/X > \text{VaR}_\alpha)$$

Nous remarquons que :

$$\text{ES}_\alpha = \text{VaR}_\alpha + \text{E}(X - \text{VaR}_\alpha/X > \text{VaR}_\alpha)$$

Où $\text{E}(X - \text{VaR}_\alpha/X > \text{VaR}_\alpha)$ est la fonction d'excès en moyenne au seuil VaR_α .

Cette quantité correspond à l'espérance de la distribution des excès de perte par rapport au seuil VaR_α . D'après ce que nous avons vu dans la partie "estimation du seuil", si VaR_α est supérieur au seuil minimum u , alors la distribution des excès de perte par rapport au seuil VaR_α suit une distribution de Pareto généralisée de paramètres ξ et $\beta + \xi(\text{VaR}_\alpha - u)$.

Ainsi, nous avons :

$$\text{ES}_\alpha = \text{VaR}_\alpha + \text{E}(X - \text{VaR}_\alpha/X > \text{VaR}_\alpha) = \frac{\beta + \xi(\text{VaR}_\alpha - u)}{1 - \xi}$$

Ce qui nous permet de conclure pour l'Expected Shortfall :

$$\hat{\text{ES}}_\alpha = \frac{\hat{\text{VaR}}_\alpha}{1 - \hat{\xi}} + \frac{\sigma - \xi u}{1 - \xi}$$

Annexe 2 : Modélisation des rachats nets à l'horizon d'un jour

On obtient graphiquement le seuil grâce à la mean excess function :

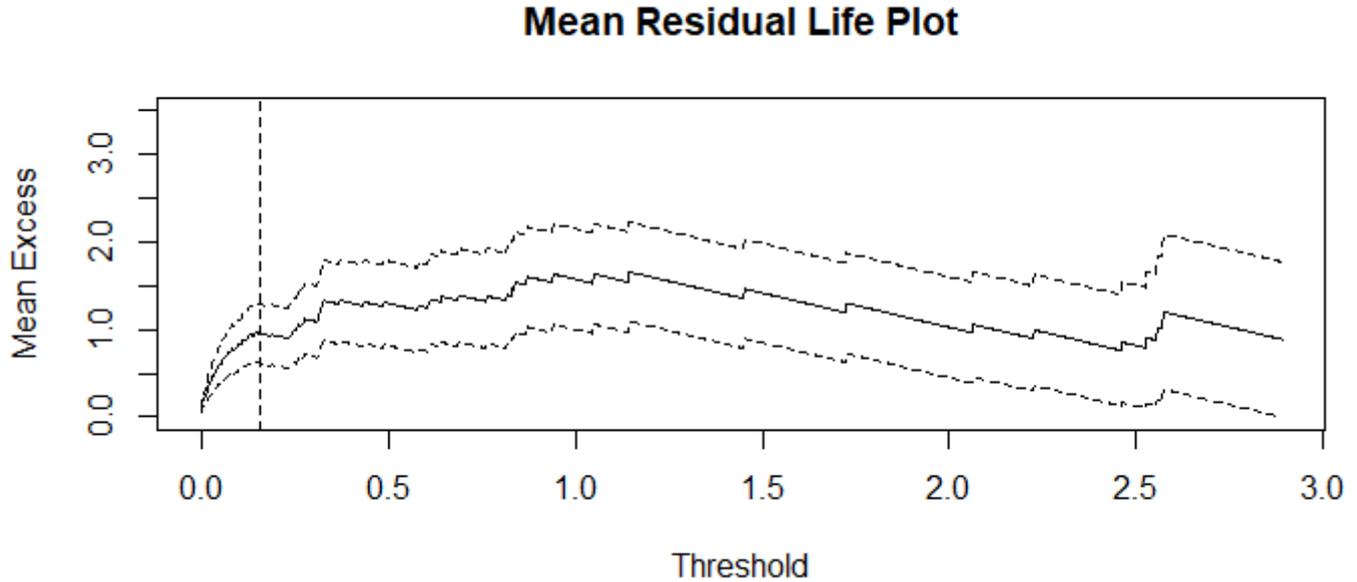


Figure 19 Courbe du Mean Excess Function pour les données de Rachats à 1 jour en utilisant le package evd sur R. Les 2 autres lignes représentent l'intervalle de confiance à 95%

On obtient les deux autres paramètres manquants par la méthode de maximum de vraisemblance. En utilisant le même package evd, on obtient les résultats suivants :

```

Threshold: 0.16
Number Above: 48
Proportion Above: 0.0639

Estimates
  scale  shape
0.5580 0.4805

Standard Errors
  scale  shape
0.1604 0.2582
    
```

Figure 20 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

Les graphes qq plot de la figure 18 permettent de valider le choix des paramètres. On remarque que les courbes empiriques et théoriques sont dans l'ensemble sur la première bissectrice.

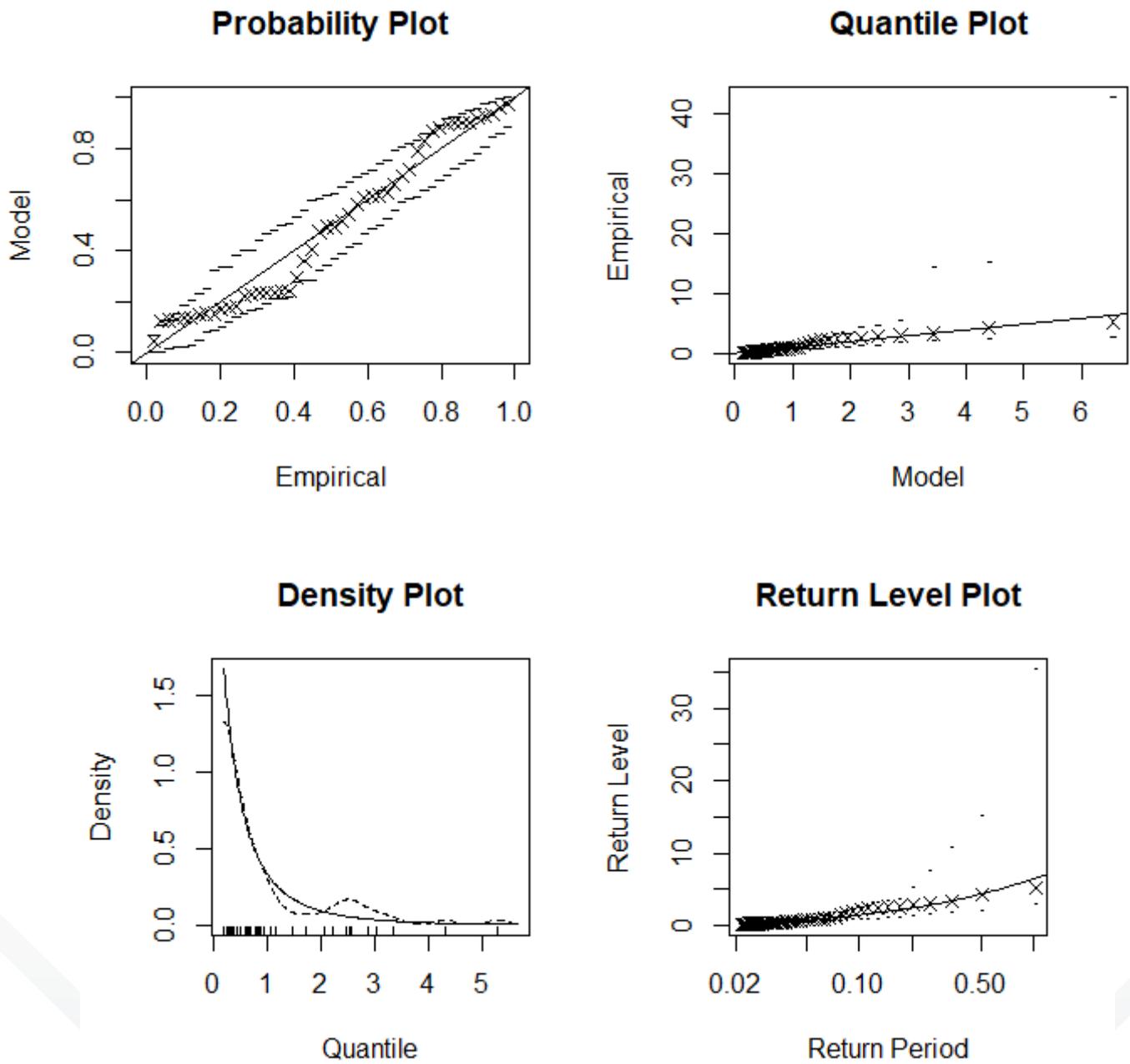


Figure 21 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

Annexe 3 : Modélisation des rachats nets à l'horizon de 8j-30j

On obtient graphiquement le seuil grâce à la mean excess function :



Figure 22 Courbe du Mean Excess Function pour les données de Rachats à 1 jours en utilisant le package evd sur R. Les 2 autres lignes représentent l'intervalle de confiance à 95%

On obtient les deux autres paramètres manquants par la méthode de maximum de vraisemblance. En utilisant le même package evd, on obtient les résultats suivants :

```

Threshold: 4.3
Number Above: 72
Proportion Above: 0.0959

Estimates
  scale  shape
6.1171 -0.9183
    
```

Figure 23 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

Les graphes QQ plot de la figure 21 permettent de valider le choix des paramètres. On remarque que les courbes empiriques et théoriques sont dans l'ensemble sur la première bissectrice.

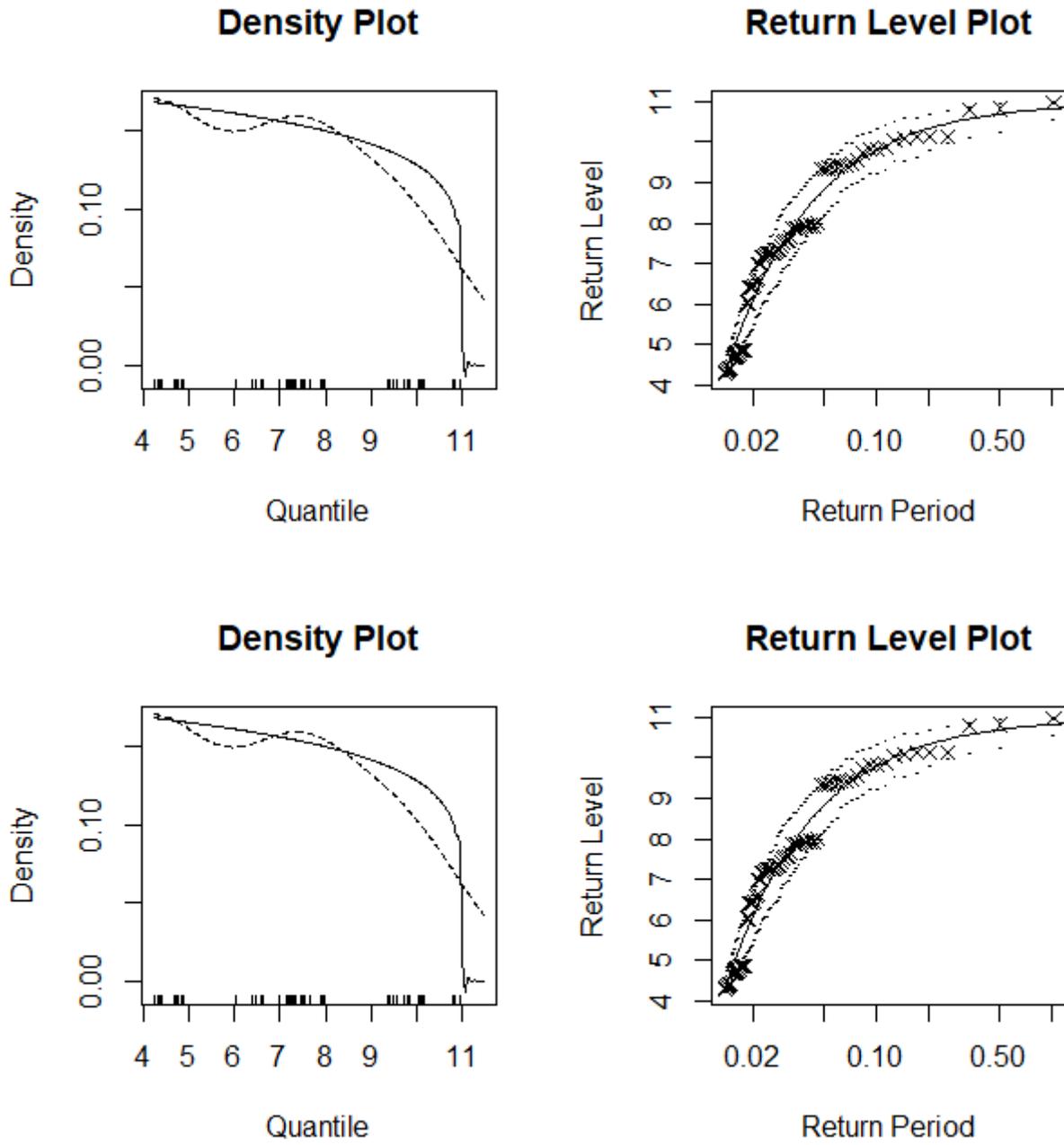


Figure 24 Estimation des paramètres d'échelle et de queue

Contacts

Nexialog Consulting est un cabinet de conseil spécialisé en Banque et en Assurance. Organisés autour de 3 domaines d'activité - Risques Bancaires, Financiers & Assurantiels - nous intervenons au sein des équipes métiers afin de les accompagner depuis le cadrage jusqu'à la mise en œuvre de leurs projets. Associant innovation et expertise, le savoir-faire de notre cabinet a permis de consolider notre positionnement sur ce segment et de bénéficier d'une croissance forte et régulière.

Les besoins de nos clients étant en constante évolution, nous nous adaptons continuellement pour proposer le meilleur accompagnement. Le département R&D de Nexialog Consulting se donne pour objectif de proposer des solutions innovantes à des problématiques métier ou d'actualité. Pour cela, nous nous appuyons sur des bibliothèques internes et sur le travail de nos consultants. Le pôle R&D Nexialog a également pour mission de former les collaborateurs sur l'évolution des techniques et la réglementation en lien avec leur activité.

Site web du cabinet : <https://www.nexialog.com>

Publications : <https://www.nexialog.com/publications-nexialog/>

Contacts

Ali BEHBAHANI
Associé, Fondateur
Tél : + 33 (0) 1 44 73 86 78
Email : abebahani@nexialog.com

Christelle BONDOUX
Associée, Directrice commerciale
Tél : + 33 (0) 1 44 73 75 67
Email : cbondoux@nexialog.com

Adrien MISKO
Manager R&D
Email : amisko@nexialog.com

Luc VERMOT-GAUCHY
Manager Global Markets
Email : lvermot-gauchy@nexialog.com