



2ÈME ANNÉE ENSAE

RAPPORT DE STAGE DE 2A

MENTION CONFIDENTIEL

---

# **Modélisation des risques climatiques pour les institutions financières.**

---

Samy Mekkaoui

Sous la Supervision de Monsieur Hakim Ameziani

Année Universitaire 2021-2022

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Mise en place des données</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Quels biais associés à une vision agrégée des 3 piliers ?</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Prise en compte de la contrainte ESG dans la théorie du portefeuille efficient de Markowitz</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Quelle importance accorder à la dispersion des notations ?</b>	<b>6</b>
5.1	Risque d'utilité sous-optimale . . . . .	6
5.2	Risque de persistance du phénomène . . . . .	8
5.3	Métriques de risque incorporant le biais . . . . .	9
5.4	Conclusions sur le risque de dispersion des notations ESG . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Conclusion globale</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Références</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Note de synthèse</b>	<b>14</b>

# **1 Introduction**

## **2 Mise en place des données**

### **3 Quels biais associés à une vision agrégée des 3 piliers ?**

Insérer Article

## **4 Prise en compte de la contrainte ESG dans la théorie du portefeuille efficient de Markowitz**

Ajouter les résultats obtenus du précédent rapport

## 5 Quelle importance accorder à la dispersion des notations ?

En quelques années, les métriques ESG se sont imposées comme un troisième pilier d'analyse financière incontournable dans la construction des stratégies d'investissement, en complément du rendement et du risque. La notion de « conviction » concernant les critères ESG n'a désormais plus d'importance, les investisseurs institutionnels devant répondre à la fois à la demande de leurs clients ainsi qu'aux contraintes des réglementations actuelles et en devenir. L'intégration des données ESG dans les modèles, analyses et stratégies des acteurs rebat donc les cartes d'un système bien établi, et dont l'urgence est accentuée par un contexte compétitif accru. Bien que nécessairement incorporé au même titre que les autres indicateurs de pilotage du portefeuille, leur usage cependant peut appeler à certaines considérations bien spécifiques.

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la problématique de la dispersion des notations ESG autour du rating moyen d'un portefeuille d'investissement, dans un premier temps avec une approche intuitive détaillée, avant d'illustrer ensuite l'évolution de ce phénomène à l'aide d'algorithmes de clustering et de matrices de transitions en lien avec la Théorie Markovienne. Enfin, nous tenterons de proposer des pistes de solution pour intégrer ce biais dans les indicateurs de suivi de portefeuille.

]

### 5.1 Risque d'utilité sous-optimale

Pour développer intuitivement le concept de dispersion des notations et son impact sur l'utilité de l'investisseur, il convient d'étudier trois exemples de portefeuilles aux profils de risques ESG hétérogènes mais au rating moyen similaire : les portefeuilles *Bullet*, *Ladder* et *Barbell*.

1. - Le portefeuille *Bullet* est composé d'actifs dont les ratings ESG sont proches du rating moyen
2. - Le portefeuille *Ladder* est structuré avec des actifs dont les notations sont réparties de façon équilibrée le long de l'échelle de notation ;
3. - Le portefeuille *Barbell* est construit à partir d'actifs prenant leurs valeurs exclusivement parmi les plus extrêmes du spectre de notation.

Ces trois exemples de portefeuille peuvent par exemple être construits à partir d'actions cotées au SP 500 au 01/01/2017 :

	Bullet			Ladder			Barbell		
	Composition	Secteur	Note ESG	Composition	Secteur	Note ESG	Composition	Secteur	Note ESG
Actif n°1	Chevron Corporation	Energy	59,43	Dish Network	Communication Services	42,83	Expedia Group	Consumer Discretionary	46,45
Actif n°2	Franklin Templeton	Financials	56,52	Fortinet	Information Technology	47,75	Charter Communications	Communication Services	45,03
Actif n°3	Honeywell	Industrials	56,65	Everest Re	Financials	47,41	Genuine Parts Company	Consumer Discretionary	46,65
Actif n°4	Eli Lilly and Company	Health Care	58,15	Fleetercor	Information Technology	45,47	CoStar Group	Industrials	46,20
Actif n°5	Broadridge Financial Solutions	Information Technology	52,39	Dollar General	Consumer Discretionary	49,83	C.H. Robinson	Industrials	45,66
Actif n°6	Humana	Health Care	58,13	DaVita Inc.	Health Care	55,30	Equifax	Industrials	46,80
Actif n°7	General Dynamics	Industrials	54,60	CSX	Industrials	59,82	A. O. Smith	Industrials	46,51
Actif n°8	Emerson Electric	Industrials	58,21	The Interpublic Group of Companies	Communication Services	56,16	FactSet	Financials	45,42
Actif n°9	Comerica	Financials	60,19	Halliburton	Energy	58,83	Activision Blizzard	Communication Services	46,86
Actif n°10	AmerisourceBergen	Health Care	52,34	Chevron Corporation	Energy	59,43	FIS	Information Technology	46,95
Actif n°11	Autodesk	Information Technology	62,76	eBay	Consumer Discretionary	62,42	Accenture	Information Technology	74,58
Actif n°12	CBRE Group	Real Estate	69,02	BorgWarner	Consumer Discretionary	68,11	HP Inc.	Information Technology	77,42
Actif n°13	Ameren	Utilities	63,93	Boston Properties	Real Estate	64,06	CMS Energy	Utilities	77,32
Actif n°14	Becton Dickinson	Health Care	64,68	Disney	Communication Services	64,11	Adobe Inc.	Information Technology	73,25
Actif n°15	DTE Energy	Utilities	66,18	International Flavors & Fragrances	Materials	68,50	Biogen	Health Care	74,33
Actif n°16	3M	Industrials	67,71	Adobe Inc.	Information Technology	73,25	Cisco	Information Technology	78,77
Actif n°17	Goldman Sachs	Financials	68,72	Bank of America	Financials	72,52	Campbell Soup Company	Consumer Staples	77,05
Actif n°18	ExxonMobil	Energy	63,76	General Electric	Industrials	70,17	Intel	Information Technology	84,46
Actif n°19	BNY Mellon	Financials	63,62	IBM	Information Technology	72,55	Clorox	Consumer Staples	73,34
Actif n°20	AbbVie	Health Care	63,00	Intel	Information Technology	84,46	Hewlett Packard Enterprise	Information Technology	76,42

FIGURE 1 – Exemple de constructions des 3 types de Portefeuille : Bullet, Ladder et Barbell à l'aide de notre base de données

Graphiquement, ces portefeuilles peuvent être représentés sur l'échelle des notations comme suit :

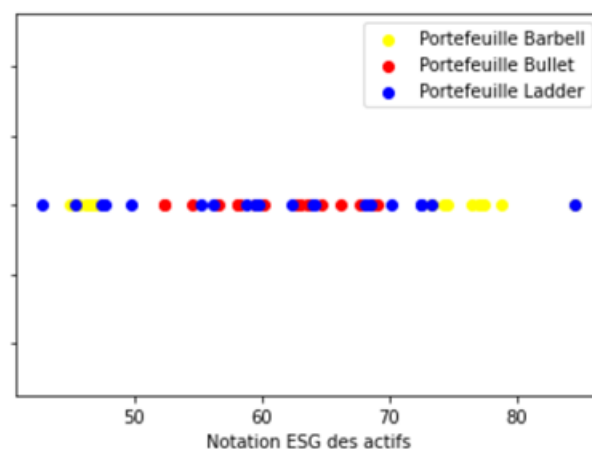


FIGURE 2 – Exemple de constructions des 3 types de Portefeuille : Bullet, Ladder et Barbell à l'aide de notre base de données



Bien que structurés à partir d'actifs aux notations ESG radicalement différentes, ces portefeuilles manifestent un rating ESG moyen similaire comme l'illustre le tableau suivant :

	Bullet	Ladder	Barbell
Moyenne	61.0	61.149	61.474

FIGURE 3 – Moyenne ESG des 3 Portefeuilles *Bullet*, *Ladder* et *Barbell*

Or, à l'inverse des métriques de notations traditionnelles (par exemple, telles que celles couvrant le risque de crédit des actifs obligataires), il convient de souligner qu'ici **la notion de compensation entre les différents actifs ne s'applique pas**.

Comparativement, la notation moyenne du risque de crédit d'un portefeuille correspond bien à la moyenne des notations des actifs qui le composent, parce que les différentes contributions au risque global de chacun des actifs vont finalement se compenser pour obtenir le risque moyen du portefeuille. Un investisseur rationnel sera donc indifférent à la répartition des ratings de crédit des composantes de son portefeuille, car ceux-ci s'équilibrent pour former le niveau du risque moyen.

A l'inverse, **cette notion de compensation ne fait pas sens pour une notation extra-financière telle que le rating ESG** : du point de vue de l'investisseur, les impacts attendus des actifs les moins bien notés ne peuvent être contrebalancés par les bienfaits des actifs les mieux notés.

Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, il sera attendu que l'investisseur rationnel opte pour le portefeuille offrant certes la meilleure notation moyenne, mais aussi le portefeuille dont les ratings individuels manifestent des contributions les plus faibles possible au segment le plus dégradé du spectre de notation. Par conséquent, si l'investisseur n'inclut pas cette notion dans sa prise de décision ou son monitoring des investissements, il s'expose à **une utilité sous-optimale**.

De fait, pour tenir compte de ce phénomène de dispersion propre aux notations ESG, il **convient de considérer différentes métriques permettant de compléter la notion de rating moyen**.

## 5.2 Risque de persistance du phénomène

### 5.3 Métriques de risque incorporant le biais

Nous allons maintenant introduire **quelques métriques complémentaires au rating moyen** à considérer comme indicateurs de suivi pour tout investisseur souhaitant intégrer à son portefeuille le risque de répartition des notations ESG.

#### Ecart type et écart type à la baisse

Indicateur usuel de la dispersion, l'écart-type permet de représenter les écarts à la moyenne avec une métrique homogène à la variable qu'elle décrit, ici la notation moyenne du portefeuille. Plus adaptée à la problématique étudiée, l'écart type à la baisse (plus communément qualifié de *downside risk*) est calculé comme l'écart type des actifs dont la notation se trouve en deçà de la notation moyenne du portefeuille. Cet indicateur permet de mesurer l'asymétrie manifestée par la distribution des notations sur le segment des notations plus faibles, responsable de l'utilité sous-optimale introduite précédemment.

#### Coefficient de variation

Le **coefficient de variation** est une mesure de dispersion relative de distribution statistique, calculée selon la formule suivante :

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (1)$$

avec

- $\mu$  la moyenne de la distribution statistique
- $\sigma$  l'écart-type de la distribution statistique

Pour l'analyse de la répartition des notations en deçà de la notation moyenne, cet indicateur peut être adapté de la façon suivante :

$$CV = \frac{\sigma_{\text{ESG}}^-}{\mu_{\text{ESG}}} \quad (2)$$

avec

- $\mu$  la notation ESG moyenne du Portefeuille
- $\sigma$  l'écart-type des notations des actifs composant le portefeuille, en deçà de  $\mu_{\text{ESG}}$

Le principal avantage de cette métrique réside dans le fait qu'elle permet de comparer la dispersion de deux séries de données utilisant une échelle de notation différente.

#### Fonction d'utilité de Markowitz

Principalement utilisé dans le cadre de l'optimisation moyenne-variance (MVO), la fonction d'utilité introduite par Markowitz permet de faire le lien entre utilité de l'investisseur et son rapport au couple rendement/risque selon la formule suivante :

$$U_p = \mathbb{E}[R_p] - 0.005 \lambda \sigma_p^2 \quad (3)$$

avec

- $U_p$  = l'utilité de l'investisseur pour le portefeuille  $p$

- $\mathbb{E}$  = l'espérance de rendement du portefeuille  $p$
- $\lambda$  = l'aversion au risque de l'investisseur
- $\sigma_p^2$  = variance du portefeuille  $p$

La plupart des investisseurs voient leur aversion au risque représentée par un  $\lambda$  prenant ses valeurs entre 1 et 10. Empiriquement, un  $\lambda$  de 4 peut être considéré comme correspondant à une aversion au risque modérée.

Nous proposons de transposer **la fonction d'utilité de Markowitz** comme suit :

$$U^{\text{ESG}} = \mu_{\text{ESG}} - 0.005 \phi_{\text{ESG}} \sigma_{\text{ESG}}^{-2} \quad (4)$$

avec

- $U^{\text{ESG}}$  = l'utilité de l'investisseur pour le portefeuille  $p$  concernant les critères ESG
- $\mu_{\text{ESG}}$  = la notation ESG moyenne du portefeuille  $p$
- $\phi_{\text{ESG}}$  = l'aversion de l'investisseur à ce que son portefeuille porte des actifs à faibles notations ESG
- $\sigma_{\text{ESG}}^{-2}$  = la variance des notations individuelles des actifs en deçà de  $\mu_{\text{ESG}}$

$\phi_{\text{ESG}}$  doit ici être perçu comme la pénalité imputée à la notation moyenne par la répartition de ses composantes. En considérant que la répartition des notations doit ajuster la notation moyenne du portefeuille sans pour autant peser trop lourd dans la prise de décision, un  $\phi_{\text{ESG}}$  aux alentours de 4 semblera plus adapté.

Ci-dessous, l'ensemble de ces métriques sont présentées au 01/01/2017 :

	Bullet	Ladder	Barbell
<b>Moyenne</b>	61.000	61.149	61.474
<b>Ecart-Type</b>	5.108	11.000	15.788
<b>Ecart-Type à la baisse</b>	5.336	9.513	16.058
<b>Coefficient de variation</b>	0.084	0.180	0.257
<b>Coefficient de variation à la baisse</b>	0.087	0.156	0.261
<b>Utilité de Markowitz</b>	60.430	59.339	56.317

FIGURE 4 – Métriques ESG des 3 Portefeuilles *Bullet*, *Ladder* et *Barbell*

**Les métriques remplissent leur rôle différentiant** : il était attendu que le portefeuille Barbell soit le plus pénalisé, car prenant ses valeurs parmi les plus extrêmes du spectre de notation, et avec moins de valeurs intermédiaires, comparativement au portefeuille Ladder.

Ce phénomène est retranscrit à la fois au travers de l'écart-type à la baisse et du coefficient de variation à la baisse. L'Utilité de Markowitz, en permettant d'incorporer au sein d'une unique métrique la notation moyenne et la répartition des notations, relègue le Barbell à la troisième place. Comparativement aux autres portefeuilles étudiés, la notation du Barbell n'est pas suffisante pour compenser son écart-type à la baisse.

Ici, avec un  $\phi_{\text{ESG}} = 4$ , l'Utilité de *Markowitz* remplit son rôle : **la répartition est intégrée comme un critère discriminant au sein d'un unique indicateur**, sans pour autant déséquilibrer la prise de décision de l'investisseur.

## 5.4 Conclusions sur le risque de dispersion des notations ESG

Aujourd'hui, les notations ESG ont conquis leur place au sein des tableaux de bord de pilotage des portefeuilles d'investissement, au même titre que les métriques traditionnelles de rendement et de risque.

Cependant, en ne considérant qu'une vision agrégée de ces notations et donc en omettant la dispersion des ratings ESG unitaires des actifs composant le portefeuille, l'investisseur augmente son exposition aux phénomènes suivants :

- Risque d'utilité sous-optimale (**spot**) : en négligeant la dispersion des notations ESG, l'investisseur ne considère pas tous les impacts individuels impliqués par ses investissements ;
- Risque de persistance du phénomène (**forward**) : selon la répartition initiale des notations en deçà du rating moyen du portefeuille, l'utilité sous-optimale peut persister dans le temps.

Les métriques proposées (écart-type, coefficient de variation, utilité de Markowitz), après ajustement à la problématique étudiée, peuvent ainsi être employées par **l'investisseur pour incorporer la notion de répartition des notations ESG du portefeuille dans sa procédure de monitoring des risques**.

## **6 Conclusion globale**

## 7 Références

[1] : Allocation d'actifs en 3 dimensions : un élargissement de la Théorie de Markowitz ( Mémoire issu de l'Institut des Actuaire) (2021)

[2] : Youssef Louraoui. *Markowitz-asset-allocation-model*. (2022)

[3] : Nop Sopipan. *Forecasting the financial returns for using multiple regression based on principal component analysis*. (2013)

## **8 Note de synthèse**