



## MÉMOIRE

# L'intégration du risque climat dans l'évaluation financière : enjeux, méthodes et applications

LIM Alicia, NGUYEN Chau-Anh, SADI Dana

*Mémoire dirigé par GUÉNICHE Alain, Professeur de finance*

Remis le 05/06/2024



Grenoble École de Management n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans ce document : celles-ci doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Les rédacteurs de ce document certifient qu'ils en sont les seuls auteurs et que toutes les sources et auteurs utilisés pour sa rédaction ont été cités.

## **SYNTHÈSE :**

L'intégration des risques climat dans les décisions d'investissement reste insuffisante dans un contexte économique de plus en plus préoccupé par les enjeux environnementaux, ce qui pose des interrogations sur les méthodes et les critères employés par les acteurs financiers. Les résultats sur la corrélation entre le risque climat et les rendements boursiers varient en fonction des différentes méthodes de mesure et de la complexité propre à ces risques. Toutefois, une tendance émerge à quantifier ces risques dans les modèles financiers, notamment en ajoutant un facteur climat aux modèles d'évaluation financière des actifs existants.

Dans le modèle de Fama-French, l'ajout d'un facteur climat permet d'obtenir des perspectives indépendantes sur la corrélation entre les performances climatiques et les prix des actions, ce qui permet ainsi une meilleure compréhension de l'impact des facteurs environnementaux sur les marchés financiers. Dans cette perspective, une approche méthodologique est mise en œuvre dans cette étude, avec une orientation européenne et l'utilisation du STOXX 600 comme univers d'analyse. La construction d'un facteur Brown-Green-Score (BGS), agrégeant différents scores climat, a pour objectif de comprendre le risque climat auquel une entreprise est confrontée. Cette approche se base sur les travaux de Görgen et al. (2020) qui proposent d'agréger divers scores climatiques afin d'évaluer le niveau d'exposition des entreprises aux risques liés au climat. Ce score permet d'évaluer l'intensité carbone directe des entreprises (scopes 1 et 2), leur capacité à décarboner, ainsi que leur gestion des risques environnementaux au sein de leur chaîne de valeur. L'objectif est de comparer les rendements boursiers des entreprises dites « vertes » (ayant un score BGS élevé) et celles dites « brunes » (ayant un score BGS faible). Un échantillon d'entreprises du STOXX 600 est associé à ce modèle, et un portefeuille BMG (Brown-Minus-Green) est élaboré en se basant sur les travaux de Fama et French (1993) sur les facteurs de taille et de valeur comptable.

La revue de littérature sur les risques climat et les rendements boursiers révèle des résultats divergents. Certaines études montrent une relation positive entre les émissions de carbone et les rendements, tandis que d'autres suggèrent une relation négative ou aucune corrélation significative. Ce manque de consensus peut être expliqué par la diversité des méthodes de mesure des risques climat et par la complexité inhérente à ces risques. La gestion des risques environnementaux dépend fortement des secteurs d'activité, des régions géographiques et des politiques environnementales en place, ce qui rend difficile une

standardisation des approches. Cependant, une tendance émerge en faveur de l'intégration des risques climatiques dans les modèles financiers. Certains chercheurs plaident pour l'ajout d'un facteur climat aux modèles traditionnels d'évaluation des actifs, comme celui de Fama-French, afin de mieux appréhender la relation entre les performances environnementales et les rendements financiers. Cette approche permettrait de dépasser la simple analyse des indicateurs ESG et d'intégrer les facteurs climatiques dans la valorisation des actifs financiers, offrant ainsi une meilleure compréhension des risques et opportunités associés à la transition vers une économie bas-carbone.

L'étude s'est donc concentrée sur la mise en œuvre d'une méthodologie adaptée au contexte européen, avec l'indice STOXX 600 comme univers d'analyse. L'objectif est de tenter de construire un modèle capable de mesurer la performance des entreprises en fonction de leur exposition aux risques climatiques, tout en testant l'existence d'une prime de risque climat. Un portefeuille BMG est créé en suivant les principes de Fama-French sur la taille et la valeur comptable, mais en y ajoutant un facteur climat. Grâce à ce critère, il est possible de mesurer la disparité de rendements entre les entreprises brunes et vertes sur une période de 2010 à 2022.

Au cours de cette période, l'analyse révèle que les entreprises vertes surperforment les entreprises brunes en termes de performances. Cela suggère qu'il n'existe pas de prime de risque climat sur le marché européen, en d'autres termes, que les investisseurs ne demandent pas de compensation pour les risques liés aux enjeux climatiques. Cependant, cette surperformance pourrait être liée à une demande croissante pour les actions vertes, mises en avant par les investisseurs sensibles à l'environnement, et par la réglementation rigoureuse en matière de durabilité en Europe. Ainsi, malgré l'absence apparente de prime de risque climat, il est essentiel de continuer les recherches afin de déterminer si cette surperformance est due à un véritable désintérêt des investisseurs pour les risques climatiques ou par d'autres facteurs, tels que l'attrait des actions vertes.

Les données du facteur BMG diffèrent également des modèles classiques tels que ceux de Fama-French et Carhart. Il capture des variations de performance non expliquées par les facteurs financiers habituels, ce qui souligne l'importance d'inclure les risques climatiques dans les modèles d'évaluation des actifs. En intégrant ces facteurs, les modèles financiers deviennent plus précis et plus adaptés aux nouvelles réalités économiques imposées par le changement

climatique. En appliquant une analyse de portefeuille par quintile, il est prouvé que l'intégration d'un facteur BMG améliore le pouvoir explicatif des modèles financiers.

En résumé, cette étude apporte une contribution à l'augmentation de la littérature sur la finance durable en proposant une méthodologie novatrice pour intégrer les risques climatiques dans les modèles financiers. En s'appuyant sur les travaux de Fama-French et en développant un facteur BMG spécifique au contexte européen, elle démontre que les entreprises vertes ont tendance à surperformer les entreprises brunes, suggérant une absence de prime de risque climat sur le marché européen. Toutefois, l'analyse ne permet pas de conclure de manière définitive à l'absence de prime de risque climat, notamment en raison des préoccupations croissantes des investisseurs pour les enjeux environnementaux.

Ce mémoire souligne l'importance d'intégrer les considérations climatiques dans les stratégies d'investissement et les analyses financières, afin de mieux gérer les risques et les opportunités liés à la transition énergétique. Pour les investisseurs et les régulateurs, ces résultats ouvrent la voie à de nouvelles approches permettant de mieux comprendre et intégrer les risques climatiques, tout en orientant les capitaux vers des entreprises contribuant activement à la transition vers une économie bas-carbone. Il est essentiel de ne plus considérer l'intégration des risques climatiques dans les modèles financiers comme une option, mais plutôt comme une nécessité afin de garantir la résilience des systèmes financiers face aux défis environnementaux du XXI<sup>e</sup> siècle.

**MOTS-CLÉS :**

risque climat, risque carbone, finance climatique, facteur climat, prime de risque, changement climatique, risque financier, évaluation des actifs

Nous tenons à remercier chaleureusement l'ensemble des personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, nous adressons nos remerciements à notre tuteur, Alain Guéniche. Son expertise avérée, ainsi que sa bienveillance et confiance nous ont été d'une aide précieuse tout au long de l'année. Il a su nous guider, et surtout nous encourager, à chaque étape de notre recherche nous permettant de mener à bien ce projet. Un grand merci pour son soutien.

Nous remercions également Grenoble École de Management (GEM), qui nous a donné l'opportunité de suivre ce master. Les ressources pédagogiques mises à notre disposition ont été des outils importants pour l'acquisition des données et connaissances requises pour la réalisation de ce mémoire.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à nos proches qui nous ont soutenus sans faille, et particulièrement tout au long de ces quatre années à GEM. Merci à *nos parents* : leur sacrifice et courage nous ont permis d'être là aujourd'hui. Merci à *nos amis*, sans eux, cette expérience aurait été tout autre : ces années d'études ont, en effet, été bien plus que des cours et des examens.

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>11</b>
<b>I - Contexte</b> .....	<b>12</b>
<b>II - Enjeux et intérêt de l'étude</b> .....	<b>13</b>
<b>III - Problématique de l'étude</b> .....	<b>14</b>
A - Sens de la relation et performance .....	14
B - Évaluer les risques : outils et méthodes.....	15
C - Dates et périodes choisies.....	16
D - Plan.....	16
<b>II. REVUE DE LITTÉRATURE</b> .....	<b>17</b>
<b>I - Du MEDAF au Fama-French</b> .....	<b>18</b>
A - Le MEDAF - Risque de marché (bêta) .....	18
B - Le modèle Fama French .....	19
C - Les extensions du Fama French .....	21
D - La course au facteur – « facteur zoo » .....	22
<b>II - L'intégration du risque climat par les investisseurs</b> .....	<b>24</b>
A - Le changement climatique : un risque financier croissant .....	24
B - Relation entre changement climatique et rendement financier sur le marché.....	29
<b>III - Comment mesurer le risque climat ?</b> .....	<b>35</b>
A - Quels risques climat prendre en compte ?.....	35
B - Un facteur climat à la Fama French .....	38
<b>IV - La pertinence du facteur climat : résultats empiriques sur les facteurs de risque climat à la Fama French</b> .....	<b>42</b>
A - Quelle relation risque-rendement : peut-on parler d'une prime de risque climat ? ...	43
B - Le Sharpe ratio : l'inclusion du risque climat améliore-t-il le profil de risque-rendement d'un portefeuille ?.....	46
C - Le pouvoir explicatif : le facteur de risque climat améliore-t-il le pouvoir explicatif des modèles d'évaluation des actifs ? .....	47
<b>III. MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>49</b>
<b>I - Justification de la méthodologie choisie</b> .....	<b>50</b>
A - Le choix des données principales.....	50
B - Autres données .....	53

<b>II - Échantillonnage.....</b>	<b>54</b>
<b>III - Construction de notre modèle .....</b>	<b>55</b>
A - Construction du facteur climat .....	55
B - Les modèles d'analyse.....	61
<b>IV. RÉSULTATS.....</b>	<b>63</b>
<b>I - Le Brown-Green Score (BGS).....</b>	<b>64</b>
A - Calcul du BGS.....	64
B - Évolution du BGS .....	64
<b>II - BMG : quelle performance des entreprises vertes versus brunes ? Peut-on parler d'une prime de risque ? .....</b>	<b>68</b>
A - Analyse du facteur BMG .....	69
B - Rendements cumulés du facteur BMG et ses comparatifs .....	70
C - Le facteur BMG, un facteur indispensable ? .....	73
<b>III - Un facteur BMG permet-il de mieux rendre compte des différences de rendement sur le marché ?.....</b>	<b>76</b>
A - Le BMG et le modèle MEDAF .....	77
B - Le BMG et le modèle Fama French à trois facteurs.....	78
C - Le BMG et le modèle Carhart .....	78
D - Le BMG et le modèle Fama French à cinq facteurs.....	79
<b>V. CONCLUSION.....</b>	<b>81</b>
<b>I - Voies de recherches .....</b>	<b>83</b>
<b>II - Limites de l'étude.....</b>	<b>84</b>
<b>VI. RÉFÉRENCES.....</b>	<b>87</b>
<b>VII. ANNEXES.....</b>	<b>92</b>

# Table des figures

Tableau 1 : Récapitulatif des données présélectionnées pour le BGS .....	57
Tableau 2 : Données brutes du BGS calculé par année (2010-2022).....	66
Tableau 3 : Facteur BMG et autres facteurs.....	69
Tableau 4 : Corrélations entre le facteur BMG et les facteurs communs .....	74
Tableau 5 : Régression du facteur BMG sur les facteurs communs .....	75
Tableau 6 : Facteur BMG selon la méthode des quintiles et autres facteurs communs .	77
Tableau 7 : Le BMG et le modèle MEDAF.....	77
Tableau 8 : Le BMG et le modèle Fama French à trois facteurs .....	78
Tableau 9 : Le BMG et le modèle Carhart .....	78
Tableau 10 : Le BMG et le modèle Fama French à cinq facteurs.....	79
Figure 1 : Évolution du score BGS (2010-2022) .....	65
Figure 2 : Évolution de l'intensité carbone (2010-2022).....	67
Figure 3 : Rendements cumulés du facteur BMG vs facteurs classiques.....	70
Figure 4 : Rendements cumulés du facteur BMG .....	71
Figure 5 : Rendements cumulés du facteur BMG et des portefeuilles Brown et Green	72
Figure 6 : Rendements cumulés des portefeuilles Small et Big Brown et Green .....	73

# **INTRODUCTION**

# I - Contexte

---

Le contexte économique contemporain est marqué par une prise de conscience croissante des enjeux liés au changement climatique. Ce phénomène, largement documenté et étudié par des organismes tels que le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), présente des défis majeurs pour les secteurs économiques, sociaux et environnementaux à l'échelle mondiale. Sorti en mars 2023, le sixième rapport d'évaluation (AR6) du GIEC met en lumière les conséquences alarmantes du changement climatique, y compris les risques accrus pour les écosystèmes, les infrastructures et les économies mondiales. Le rapport souligne également les obstacles majeurs à l'adaptation, notamment les ressources limitées, le manque d'implication du secteur privé et des citoyens, ainsi que la mobilisation financière insuffisante<sup>1</sup>.

Les experts du GIEC insistent en effet sur l'impératif d'investir dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et dans des mesures d'adaptation pour atténuer les impacts du changement climatique. Cependant, malgré ces appels à l'action, les niveaux actuels des ressources financières dédiées au climat demeurent largement inférieurs aux flux de financement des énergies fossiles<sup>2</sup>. Cette tendance soulève des questions essentielles sur la manière dont les risques climat sont pris en compte dans les décisions d'investissement, et dans l'évaluation des actifs financiers. Les marchés financiers ne sont pas toujours alignés sur ces considérations environnementales et sociales. Ainsi, encourager la transition vers une économie plus respectueuse de l'environnement nécessiterait une révision du coût du capital affecté aux projets écologiques. Ajuster les critères de rentabilité afin de renforcer la compétitivité des projets verts par rapport à leurs alternatives moins durables apparaîtrait dès lors comme une mesure importante. De même, réaffecter les actifs financiers vers des investissements verts en les rendant plus attrayants pourrait potentiellement accroître leur rentabilité. Dans ce contexte, l'intégration du risque climat dans l'évaluation financière devient une préoccupation essentielle pour les acteurs du marché financier.

---

<sup>1</sup> “Key barriers to adaptation are limited resources, lack of private sector and citizen engagement, insufficient mobilization of finance (including for research), low climate literacy, lack of political commitment, limited research and/or slow and low uptake of adaptation science, and low sense of urgency. There are widening disparities between the estimated costs of adaptation and the finance allocated to adaptation (high confidence)”, March 2023

<sup>2</sup> “Public and private finance flows for fossil fuels are still greater than those for climate adaptation and mitigation (high confidence).” (IPCC Summary for Policymakers, 2023).

## II - Enjeux et intérêt de l'étude

---

La question de l'intégration de ces risques climat dans l'évaluation financière revêt une certaine pertinence dans le contexte actuel, notamment en raison de l'absence de consensus académique sur cette question. En effet, il est crucial de reconnaître qu'il n'y a pas d'unanimité dans la littérature sur la manière de mesurer si les marchés financiers intègrent effectivement les risques climat<sup>3</sup>. À ce jour, il n'existe pas de cadre théorique universellement accepté pour évaluer de manière exhaustive et précise les risques climat et leur impact sur les décisions d'investissement. Cette situation découle en grande partie du fait qu'il existe différentes façons de mesurer ce risque, ou encore de la complexité liée au risque climat lui-même, caractérisé par des définitions variables dans la littérature, incluant les risques physiques et de transition, entre autres.

Les risques physiques liés au changement climatique émergent comme une préoccupation majeure pour les investisseurs. Ces risques se manifestent à travers des événements météorologiques extrêmes, des hausses du niveau de la mer, des sécheresses et des vagues de chaleur, menaçant la stabilité des actifs financiers. Les impacts non linéaires du changement climatique introduisent une incertitude significative dans l'évaluation des investissements : les actifs peuvent rapidement perdre de la valeur en raison de perturbations soudaines et imprévues. Malgré l'absence d'un accord international contraignant pour éliminer les émissions de GES, des tendances convergentes orientent progressivement les flux de capitaux loin des combustibles fossiles et vers des possibles solutions climatiques. Cette transition, bien que lente à se concrétiser, représente une opportunité pour atténuer les conséquences néfastes du changement climatique. Les investisseurs expriment néanmoins une réticence à allouer des capitaux, conscients de la nécessité d'une action collective pour réduire ces effets du changement climatique. Ainsi, ils jouent un des rôles essentiels dans la compréhension et la gestion de ces tendances, non seulement dans l'espoir de bénéfices financiers personnels, mais également dans le but de contribuer au bien commun en finançant des solutions potentielles pour le climat.

Dans ce contexte, la question de savoir si les risques climat sont pris en compte ou non dans les décisions d'investissement devient d'autant plus importante. Les décideurs financiers

---

<sup>3</sup> "There is no consensus in the literature on how to measure whether financial markets price climate risk.", (Alessi and al., 2023)

doivent se demander si les modèles et les méthodes actuels d'évaluation des risques sont adéquats pour prendre en compte cette nouvelle dimension complexe. De plus, étant donné l'ampleur des conséquences potentielles du changement climatique sur les marchés financiers, il est impératif de comprendre dans quelle mesure les investisseurs ont déjà internalisé ces risques dans leurs stratégies d'investissement, ou non. Une réponse affirmative à cette question soulignerait la reconnaissance croissante des enjeux climatiques par les acteurs du marché, tandis qu'une réponse négative pourrait révéler des lacunes dans la prise en compte de ces risques et appeler à une réévaluation des pratiques d'évaluation financière. En définitive, cette interrogation sur l'intégration des risques climat dans l'évaluation financière révèle une importance capitale pour orienter les décisions d'investissement vers une voie plus durable et résiliente face aux défis environnementaux à venir.

### **III - Problématique de l'étude**

---

Ainsi, il s'agit de comprendre comment allier le système financier avec la nécessaire transition vers une économie bas-carbone. Actuellement, le concept de finance durable implique l'intégration d'indicateurs extra-financiers dans les stratégies d'investissements existantes, afin de présélectionner l'univers d'investissement. Cette approche entraîne une séparation nette entre les aspects financiers et extra-financiers, et donc limitant une compréhension transversale et systémique des enjeux écologiques. Comment pouvons-nous alors réaliser cette intégration systémique des enjeux climat ? Concrètement, comment inclure les risques climat dans les modèles financiers d'évaluation des actifs ?

#### ***A - Sens de la relation et performance***

À mesure que la prise de conscience des enjeux liés au changement climatique s'accroît, il est légitime de se demander dans quelle mesure le marché financier intègre le risque climat. Dans quelle mesure ce risque influe-t-il sur la performance des actions ?

Quel est le lien entre les risques climat et la performance financière ? Il s'agit de comprendre l'impact des conséquences du changement climatique sur le comportement des investisseurs et sur leur perception des risques. Le non-vert est-il associé à un profil plus risqué, et donc une demande de rendements supérieurs ? En d'autres termes, les investisseurs exigent-ils une prime de risque pour les investissements dans des actifs fortement exposés au risque

climat ? Ou bien, peut-on parler plutôt d'une minimisation du risque à travers une stratégie verte, entraînant une récompense sous forme de prime de risque moins élevée ?

Cet effet s'explique-t-il par des facteurs de risque systématiques ? Ou s'agit-il d'une conséquence des spécificités des entreprises individuelles ? En d'autres termes, l'impact observé est-il attribuable à des facteurs qui influencent l'économie dans son ensemble, ou à des facteurs propres à des entités particulières ? Mais alors, les facteurs de risque actuellement pris en compte suffisent-ils pour expliquer cet effet ? En quoi l'intégration d'un facteur écologique dans un modèle financier permet-elle une évaluation plus précise des actifs ?

En bref, nous nous interrogeons sur la nature de cette relation : attendons-nous à ce que les entreprises adoptant des pratiques plus respectueuses de l'environnement affichent une meilleure performance financière, ou inversement ? Sur le plan théorique, nous envisageons une relation positive entre les risques climat et la performance financière, dans la mesure où une entreprise plus engagée dans la transition serait perçue comme plus risquée et donc les investisseurs demandent des rendements plus élevés pour compenser la contraction de ce risque.

### ***B - Évaluer les risques : outils et méthodes***

Quels risques climat sont effectivement pris en compte ? La progression des réglementations autour des enjeux écologiques a ouvert des perspectives pour l'industrie verte et un environnement propice aux entreprises transparentes et engagées pour la transition : cela est-il reflété sur le marché financier ? Quid des risques climat physiques ?

Quels sont les outils et méthodes utilisés pour mesurer ce risque ? Compte tenu de la complexité des risques climat et de leur impact tangible sur l'économie, comment peut-on évaluer financièrement ces risques ? Comment mesurer la performance d'une entreprise verte par rapport à la performance d'une entreprise fortement exposée au risque climat ? Concrètement, quelles sont les méthodes d'évaluation et d'intégration des risques climat dans l'évaluation financière ?

### ***C - Dates et périodes choisies***

Notre étude se concentre sur une période spécifique, s'étalant de 2010 à 2022, une quasi-décennie qui a été témoin d'une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux à l'échelle mondiale. Cette sélection temporelle est motivée par plusieurs considérations stratégiques et historiques. Tout d'abord, nous avons pris en compte les successions économiques, notamment la crise financière mondiale de 2008, afin de minimiser les éventuelles distorsions dans nos résultats et de mieux appréhender l'impact des crises économiques sur la performance des entreprises. En outre, cette période choisie englobe des événements historiques significatifs qui ont pu influencer le paysage financier, notamment des moments clés de prise de conscience, tels que la signature de l'Accord de Paris en 2015, comme le souligne la littérature académique. Cette dernière se focalise d'ailleurs principalement sur cet intervalle donné dans ses pratiques et applications, ce qui montre son intérêt et pertinence.

### ***D - Plan***

Dans un premier temps, la revue de littérature nous apprendra que la relation entre le risque climat et les rendements boursiers offre des résultats contrastés. Certaines recherches indiquent une association positive entre les émissions de carbone et les rendements attendus tandis que d'autres études montrent une association négative ou aucune relation significative. Il n'existe effectivement pas de consensus académique sur ce sujet. Cependant, une volonté de matérialiser et quantifier les risques climat dans les modèles financiers émerge, en proposant d'intégrer un facteur climat aux modèles d'évaluation financière des actifs existants. De ce fait, nous tenterons de reproduire une méthodologie, notamment en apportant des résultats d'un point de vue européen. Dans une troisième partie, nous présenterons les résultats de notre modèle.

## **II. REVUE DE LITTÉRATURE**

# I - Du MEDAF au Fama-French

---

Le modèle Fama-French, développé par Eugene Fama et Kenneth French en 1992, a révolutionné l'évaluation des actifs financiers en s'attaquant aux limites du MEDAF (Modèle d'Équilibre des Marchés Financiers). En effet, il intègre deux facteurs de risque supplémentaires : la **taille** et la **valeur**, permettant une meilleure explication des variations des rendements des actions.

## A - *Le MEDAF - Risque de marché (bêta)*

### 1) Le modèle

Le bêta, déjà présent dans le MEDAF, mesure la sensibilité d'un actif au risque systémique du marché. Selon ce modèle, le rendement attendu d'un actif est uniquement lié à son bêta, c'est-à-dire sa sensibilité au risque systémique du marché. Plus le bêta est élevé, plus l'actif est volatil et plus son rendement attendu est élevé. Cette relation est formalisée par la formule suivante :

$$E(r) = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

Où :

- $E(r)$  est le rendement attendu de l'actif
- $R_f$  est le taux d'intérêt sans risque
- $\beta$  est le bêta de l'actif
- $R_m$  est le rendement attendu du marché

Le MEDAF a permis d'introduire une méthodologie quantitative pour évaluer les actifs financiers. En estimant la valeur du risque, le modèle permet d'atteindre les primes de risque demandées par les investisseurs à l'équilibre du marché. De plus, le modèle a facilité la compréhension du rôle du risque dans la détermination du rendement attendu et a permis pour les investisseurs d'optimiser au mieux leur portefeuille. En effet, puisque la diversification diminue le risque, il est avantageux pour les investisseurs de construire des portefeuilles composés de plusieurs actifs disponibles sur le marché financier. Les investisseurs favoriseront alors les portefeuilles qui, pour un niveau de risque donné, proposent un rendement attendu plus élevé.

Malgré ses contributions, le MEDAF présente plusieurs limites. Il repose sur des hypothèses simplificatrices, telles que l'efficacité des marchés et l'homogénéité des investisseurs. De plus, le bêta ne capture pas tous les types de risques auxquels un investisseur peut être exposé, comme le risque de liquidité ou le risque de modèle.

## 2) Les limites du MEDAF

Harvey, Liu et Zhu (2016) ont examiné un grand nombre d'anomalies qui semblent contredire les prédictions du Modèle d'Évaluation des Actifs Financiers (MEDAF). Cette étude a identifié pas moins de 300 anomalies dans les données financières, suggérant que le MEDAF ne capture pas entièrement la complexité des rendements des actifs financiers. Parmi les 300 anomalies identifiées, on peut citer quelques exemples :

- **Effet de momentum** : Les actions ayant bien performé sur une période récente ont tendance à continuer à bien performer, et vice-versa
- **Effet de taille** : Les actions de petites capitalisations ont tendance à avoir des rendements supérieurs à ceux des grandes capitalisations
- **Effet de valeur** : Les actions considérées comme sous-évaluées (valeurs) ont tendance à avoir des rendements supérieurs à celles considérées comme surévaluées (croissance)
- **Effet de saisonnalité** : Certains actifs peuvent afficher des performances spécifiques à certaines périodes de l'année, comme l'effet janvier où les rendements en janvier tendent à être supérieurs à ceux des autres mois.

L'étude de Harvey, Liu et Zhu a mis en évidence les limites du MEDAF et a ouvert la voie à de nouvelles recherches visant à comprendre ces anomalies. Elle a encouragé le développement de modèles multifactoriels, tels que le modèle à trois facteurs de Fama-French, qui tentent d'intégrer ces anomalies pour améliorer la précision de l'évaluation des actifs et des portefeuilles.

### ***B - Le modèle Fama French***

Face aux anomalies identifiées précédemment, le modèle à trois facteurs de Fama-French est apparu comme une réponse majeure visant à enrichir le cadre de compréhension des rendements des actifs financiers. Le modèle aborde et explique ces anomalies à travers ses trois

facteurs principaux : le facteur de marché (du MEDAF), le facteur de taille et le facteur de valeur.

### 1) Prime de taille (Small Minus Big - SMB)

Le premier facteur introduit par Fama French est le Small Minus Big SMB qui capture la tendance des petites capitalisations (small) à surperformer les grandes capitalisations (big) sur le long terme. Plusieurs raisons permettent de l'expliquer notamment le **risque de liquidité**. En effet, les petites capitalisations sont moins liquides que les grandes, ce qui implique un coût tant. De plus, les grandes capitalisations sont généralement mieux suivies par les analystes et les investisseurs, ce qui peut conduire à une sous-évaluation des petites capitalisations, on parle alors **d'asymétrie d'information**. Enfin, les **différences de structure du capital ont démontré** que les petites capitalisations ont tendance à avoir une structure du capital plus risquée (plus de dettes), ce qui peut expliquer leur rendement supérieur.

### 2) Prime de valeur (High Minus Low - HML)

Le deuxième facteur introduit par Fama French est le High Minus Low qui reflète la tendance des actions « value » signifiant un ratio valeur comptable/valeur de marché élevé à surperformer les actions « growth » ayant un ratio faible. Les auteurs ont observé que les actions *value* ont tendance à surperformer les actions *growth* sur le long terme. Le modèle vise à mieux expliquer les variations des rendements des actions. Lorsque le facteur HML est positif, cela indique que les actions *value* ont surperformé par rapport aux les actions *growth*. Cela pourrait être dû à une correction du marché où les investisseurs réévaluent à la hausse les actions de valeur. À l'inverse, un facteur HML négatif suggère que les actions de « croissance » ont surperformé.

Le modèle Fama-French représente une avancée dans la modélisation des rendements des actions, en introduisant des éléments qui capturent la complexité du marché. Sa capacité à expliquer les anomalies observées, telles que la surperformance des petites capitalisations et des actions de valeur, en fait un outil essentiel pour les chercheurs et investisseurs. Cependant, la discussion sur la validité et l'applicabilité de ces facteurs demeure un sujet de débat continu au sein de la communauté financière. En fin de compte, le modèle Fama-French offre une perspective enrichissante pour appréhender la diversité des rendements des actions au-delà des hypothèses simplifiées du modèle du MEDAF. C'est pour cela qu'au-delà de parler d'un modèle à trois facteurs, des extensions du modèle ont été développées afin d'affiner ce dernier.

### ***C - Les extensions du Fama French***

En 2015, Fama et French ont apporté une contribution significative à la théorie d'évaluation des actifs en élargissant leur modèle initial à trois facteurs (bêta de marché, SMB et HML) pour inclure deux facteurs supplémentaires : RMW (*Robust Minus Weak*) et CMA (*Conservative Minus Aggressive*). Cette extension visait à capturer des sources de rendement supplémentaires non entièrement expliquées par les facteurs préexistants, offrant ainsi une meilleure compréhension des forces qui influencent les performances des actions sur les marchés financiers.

Le facteur RMW se focalise sur la différence de performance entre les actions dont la rentabilité est stable (*robust*) et celles dont la rentabilité est volatile (*weak*). La rentabilité est généralement mesurée par le ratio bénéfice net/valeur comptable des capitaux propres (ROE), un indicateur clé de la performance financière d'une entreprise. L'hypothèse sous-jacente au facteur RMW est que les actions dont la rentabilité est stable présentent un profil de risque plus favorable et devraient, par conséquent, générer des rendements supérieurs à celles dont la rentabilité est volatile. Cette assertion repose sur l'aversion au risque des investisseurs, qui les incite à privilégier les titres dont les résultats sont prévisibles et moins sujets à des fluctuations soudaines.

Le facteur CMA s'intéresse à la différence de performance entre les actions dont la croissance est faible (*conservative*) et celles dont la croissance est élevée (*aggressive*). La croissance est généralement mesurée par le ratio d'investissement (investissement net/actifs totaux), indiquant la propension d'une entreprise à réinvestir ses bénéfices pour soutenir sa croissance future. Le principe fondamental du facteur CMA est que les actions à croissance faible, considérées comme moins risquées en raison de leur profil financier plus stable, devraient générer des rendements supérieurs aux actions à croissance élevée. Cette logique découle du fait que les actions à forte croissance s'accompagnent souvent d'un endettement plus élevé et d'une volatilité accrue, ce qui les rend moins attractives pour les investisseurs averses au risque.

Fama et French ont apporté des preuves empiriques convaincantes pour étayer la pertinence des facteurs RMW et CMA. Leurs recherches ont démontré que ces facteurs sont statistiquement significatifs et contribuent à expliquer une part supplémentaire des rendements

des actions. De plus, ils ont observé une tendance à la surperformance de ces facteurs par rapport au marché sur de longues périodes, soulignant leur potentiel pour générer des rendements excédentaires. Les investisseurs peuvent exploiter les facteurs RMW et CMA pour identifier des actions prometteuses et construire des portefeuilles plus efficaces. Diverses options existent pour mettre en pratique ces stratégies, telles que l'investissement dans des fonds indiciels ou des ETF qui suivent ces facteurs, ou l'application directe des facteurs à la sélection d'actions individuelles.

### ***D - La course au facteur – « facteur zoo »***

En 2011, John Cochrane a introduit le terme « facteur zoo » pour mettre en évidence la prolifération de nouveaux facteurs proposés pour expliquer ces anomalies. Avec l'identification croissante d'anomalies qui ne peuvent pas être expliquées par le MEDAF ou même par le modèle à trois facteurs de Fama-French, de nombreux chercheurs ont proposé de nouveaux facteurs pour tenter d'expliquer ces irrégularités. Il a souligné la nécessité de prudence dans l'acceptation de nouveaux facteurs, tout en reconnaissant l'importance de leur exploration pour améliorer la compréhension des rendements des actifs. L'auteur a classifié les facteurs en différentes catégories : facteurs macroéconomiques, facteurs de marché, facteurs sectoriels, facteurs comportementaux et facteurs financiers détaillés ci-dessous.

#### **1) Facteurs macroéconomiques**

Les facteurs macroéconomiques sont généralement basés sur des variables macroéconomiques qui peuvent influencer l'économie dans son ensemble et, par conséquent, les marchés financiers. Tout d'abord, les variations du taux d'inflation peuvent affecter les rendements des actifs, notamment les obligations. D'autre part, le taux d'intérêt à court et à long terme peuvent influencer les rendements des obligations et des actions. Enfin, une croissance économique plus forte peut conduire à des rendements plus élevés sur les marchés d'actions.

#### **2) Facteurs de marché**

Les facteurs de marché influent les marchés financiers de deux manières. D'une part, les rendements du marché où le rendement global du marché peut être un facteur important pour expliquer les rendements des actifs individuels. D'autre part, la volatilité du marché qui peut

influencer les rendements, avec une volatilité plus élevée pouvant être associée à des rendements plus élevés pour compenser le risque supplémentaire.

### **3) Facteurs sectoriels**

Les facteurs sectoriels influent eux aussi les marchés financiers en fonction du secteur d'activité de l'entreprise car certains secteurs peuvent avoir des rendements spécifiques liés à leur performance économique et à leur cycle d'affaires. Et influent aussi en fonction de la taille de l'entreprise. Comme mentionné précédemment, l'effet de taille peut influencer les rendements, avec des entreprises de petite capitalisation ayant tendance à surperformer les grandes entreprises.

### **4) Facteurs comportementaux**

L'auteur intègre aussi des facteurs comportementaux, car il existe des biais comportementaux irrationnels des investisseurs, tels que l'aversion aux pertes ou l'excès de confiance, qui peuvent influencer les rendements des actifs. De plus, l'effet de *momentum* observe que sur les marchés financiers, les actifs qui ont affiché de bonnes performances à court terme ont tendance à continuer à surperformer à moyen terme, tandis que ceux qui ont affiché de mauvaises performances à court terme ont tendance à continuer à sous-performer. En d'autres termes, si une action a augmenté de manière significative sur une période récente (par exemple, sur les derniers mois), elle a plus de chances de continuer à augmenter dans les mois suivants. De même, si une action a baissé récemment, elle a plus de chances de continuer à baisser.

### **5) Facteurs financiers**

Les facteurs financiers, tels que la liquidité, la structure du capital, et d'autres, sont des composantes essentielles du marché financier. En les intégrant, Cochrane cherche à capturer une représentation plus complète et nuancée des sources de risque et de rendement sur le marché. En effet, la liquidité d'un actif peut influencer son rendement, car plus un actif est liquide plus il a tendance à avoir des rendements plus faibles en raison de la moindre prime de liquidité. D'autre part, la structure du capital décidée influe les directement les rendements des actions la manière dont une entreprise choisit de financer ses activités peut avoir un impact significatif sur la valeur et les rendements de ses actions, et donc sur la manière dont les investisseurs devraient évaluer et gérer leurs investissements.

La construction du « facteur zoo » est donc une entreprise complexe qui implique la compilation d'un large éventail de facteurs potentiels. Chaque facteur peut être testé empiriquement pour évaluer son importance et son efficacité dans l'explication des rendements des actifs. Il est important de noter que tous les facteurs inclus dans le « facteur zoo » ne sont pas nécessairement pertinents ou efficaces, d'où l'importance de tests rigoureux pour évaluer leur validité et leur utilité dans la modélisation des rendements des actifs financiers.

## **II - L'intégration du risque climat par les investisseurs**

L'intégration du risque climat par les investisseurs est devenue importante dans le paysage financier contemporain. Les risques physiques et de transition liés au changement climatique posent des défis importants, impactant la perception des investisseurs, la valorisation des actifs et la stabilité du système financier. Face à ces enjeux, les investisseurs adoptent des stratégies visant à minimiser les risques climatiques et à saisir les opportunités d'une transition durable.

### ***A - Le changement climatique : un risque financier croissant***

#### **1) Les risques physiques**

Les risques climat physiques font référence aux divers impacts négatifs et dommages causés par des événements et phénomènes liés au climat, tels que les événements météorologiques extrêmes (par exemple, ouragans, inondations, vagues de chaleur), l'élévation du niveau de la mer et les modifications des régimes de précipitations. Ces risques peuvent avoir des conséquences importantes sur les systèmes naturels et humains, notamment les infrastructures, l'agriculture, les écosystèmes et la santé publique. Ainsi, ils sont accompagnés de coûts pouvant affecter le marché financier.

D'une part, les risques physiques, en perturbant les opérations commerciales, les chaînes d'approvisionnement et les infrastructures, entraînent des pertes économiques pour les entreprises et les investisseurs. Par exemple, des phénomènes météorologiques extrêmes

peuvent endommager des biens, perturber les réseaux de transport et interrompre la production, impactant ainsi les bénéfices des entreprises et la valeur de leurs actifs.

D'autre part, les risques climat physiques influencent la perception des investisseurs. À mesure que la prise de conscience des menaces liées au climat augmente, les investisseurs s'interrogent sur la résilience des entreprises et des actifs face à ces risques, qui peuvent affecter les flux d'investissement et les prix des actifs. Les entreprises qui ne parviennent pas à évaluer et à atténuer correctement les risques climat physiques peuvent être confrontées à des coûts de capital plus élevé ou à un accès réduit au financement, tandis que celles qui font preuve de résilience et d'adaptation peuvent attirer l'intérêt et le soutien des investisseurs. Ce point s'applique notamment aux risques de transition liés au climat.

## **2) Les risques et opportunités de transition**

Les risques de transition font référence aux risques financiers découlant du processus de transition vers une économie à faibles émissions de carbone et d'atténuation du changement climatique. Cette transition implique des changements technologiques, des changements liés aux politiques et réglementations, ainsi qu'une évolution des préférences des consommateurs. Ainsi, la *Task Force on Climate-Related Financial Disclosures* (TCFD) catégorise les risques de transition en 4 types de risques : les risques technologiques liés aux progrès technologiques engendrés par la transition, les risques politiques et légaux liés aux réglementations mises en place pour relever les défis liés au climat, et les risques de marché et de réputation liés aux comportements des consommateurs et leur perception des enjeux écologiques.

La relation entre les risques de transition et le marché financier est complexe et dynamique. D'une part, les mesures réglementaires et les politiques visant à lutter contre le changement climatique, telles que la tarification du carbone, la réglementation des émissions et les incitations aux énergies renouvelables, peuvent créer à la fois des opportunités et des défis pour les entreprises et les investisseurs. Les entreprises qui ne parviennent pas à s'adapter à ces changements réglementaires ou à passer à des modèles économiques à faibles émissions de carbone pourraient être confrontées à une augmentation des coûts, à des contraintes de conformité et à des perturbations du marché, ce qui pourrait affecter leur performance financière et leur valorisation boursière.

À l'inverse, les entreprises qui s'engagent de manière proactive dans la transition vers une économie à faible émission de carbone et investissent dans des pratiques durables, les

énergies renouvelables et les technologies propres pourraient bénéficier de nouvelles opportunités de marché, d'une réduction des risques réglementaires et d'une compétitivité accrue. À mesure que la demande des investisseurs pour des investissements durables augmente, les entreprises qui font preuve de solides performances environnementales, sociales et de gouvernance (ESG) et de résilience climatique peuvent attirer des capitaux et bénéficier de conditions de financement favorables.

En outre, les progrès technologiques et les innovations du marché jouent un rôle crucial dans l'élaboration des risques et des opportunités liés à la transition. Le développement rapide des technologies énergétiques propres, des solutions économes en énergie et des infrastructures durables peut perturber les industries et les modèles commerciaux traditionnels, créant ainsi des gagnants et des perdants. Les investisseurs qui anticipent avec précision ces changements et allouent des capitaux à des entreprises innovantes et durables peuvent générer de la valeur et des rendements financiers à long terme.

### **3) Impact potentiel sur le marché financier**

Ces risques climat, en affectant la sphère économique, mènent vers des répercussions financières et sont susceptibles d'impacter la stabilité du système financier : ceci surtout si les risques amenés par le changement climatique ne sont pas correctement intégrés dans l'évaluation des actifs. Dans leur analyse de la stabilité financière de la Réserve fédérale des États-Unis, Brunetti et al. (2021) soulignent que les risques climatiques exacerbent la vulnérabilité du système financier. Cela se traduit par des pertes subies par les intermédiaires financiers endettés, des perturbations sur les marchés financiers, ou encore une réévaluation soudaine d'actifs majeurs suite à un changement brusque dans la perception de ces risques par les investisseurs. La transmission des chocs positifs ou négatifs induits par les politiques climatiques entre l'économie réelle et le marché financier a été étudiée par Battiston et al. (2018) qui parlent de boucles de rétroaction (« feedback loops ») entre le secteur financier et l'économie réelle, amplifiant l'impact des risques climat. Appliqué à la zone euro, l'étude démontre comment les chocs liés aux politiques climatiques impactant les acteurs du système financier peuvent se propager à d'autres secteurs, y compris l'économie réelle, puis revenir aux secteurs initiaux par le biais de boucles de rétroaction. Ils expliquent cela par l'interconnectivité des secteurs et des liens entre la finance et l'économie réelle.

Par ailleurs, la littérature parle du concept de « green swan », une analogie avec les risques « black swan ». Les « black swans » sont des risques liés à des événements imprévus

qui perturbent les marchés. A la différence des « black swans », les « green swans » ont une certitude de l'occurrence et une portée de l'impact plus importante, et se caractérisent par une complexité supérieure avec des conséquences irréversibles. En définissant ainsi les « green swans », Bolton et al. (2020) reprennent l'idée de Carney (2015) des risques climat comme potentielle cause de la prochaine crise financière systémique.

Les risques climat font émerger notamment la notion des « stranded assets », ou « actifs échoués ». C'est l'idée des actifs devenant économiquement non viables ou obsolètes avant la fin de leur durée de vie prévue en raison des efforts et politiques mis en place pour atténuer le changement climatique et aller vers une économie bas-carbone. En d'autres termes, il s'agit d'actifs subissant une dépréciation prématurée de leur valeur en raison de risques climat de transition. Ce terme s'applique souvent aux actifs en lien avec le secteur des combustibles fossiles, mais aussi aux actifs industriels intensifs en émissions de GES. En effet, avec la transition vers des sources d'énergie renouvelables, les investissements dans les réserves charbon, pétrole et gaz naturel pourraient se retrouver « échoués » en raison de la baisse de la demande, de contraintes réglementaires ou de changements sur les marchés de l'énergie, rendant ces ressources fossiles inexploitable. Les investissements dans les industries à forte intensité carbone, comme les centrales à combustibles fossiles ou les installations manufacturières à forte intensité de carbone, pourraient devenir obsolètes à mesure que des normes d'émissions ou des mécanismes de tarification du carbone plus stricts sont adoptés. Le concept d'actifs échoués met en évidence les risques financiers associés aux risques climat de transition. Les investisseurs et entreprises qui ne parviennent pas à anticiper et à atténuer ces risques peuvent subir des pertes ou des dépréciations importantes sur leurs investissements.

Certaines études quantifient la magnitude des actifs potentiellement affecté par ce phénomène : Löffler et al. (2019), analysant le secteur de l'énergie en Europe, estiment jusqu'entre 50 milliards et 200 milliards d'euros d'actifs pourraient être concernés, en fonction des scénarios de transition envisagés. Jakob et Semieniuk (2023), comparant la valeur perdue liée à des réserves de ressources fossiles inexploitable pour les scénarios de transition de 1.5°C et 2°C, constatent une perte de valeur allant de 0.6 billions de dollars à 12.1 billions en fonction des scénarios et des ressources (gaz, pétrole ou charbon). Face à ce risque, la nécessité d'évaluer et de divulguer l'exposition aux risques liés aux actifs échoués et de réaffecter les capitaux vers des actifs et des industries plus résilients et à faibles émissions de carbone est de plus en plus reconnue. La question qui se pose est si ce risque est intégré par le marché.

#### **4) Comment cela se traduit-il en termes de stratégies d'investissement ?**

En observant les évolutions des politiques d'investissement responsables des institutions financières, on peut parler d'une partielle matérialisation des risques climat dans les stratégies d'investissement. Les risques financiers liés aux actifs fortement exposés au risques climat mènent certains investisseurs à considérer dès à présent une stratégie de minimisation de ces risques, notamment par un désinvestissement, ou une diminution de la part des actifs « bruns » dans leur portefeuille. En effet, suite à la COP26 à Glasgow, on a pu voir la naissance de plusieurs alliance *net-zero* pour les différentes classes d'actifs (Net-Zero Asset Owner Alliance, Net-Zero Banking Alliance, Net-Zero Asset Managers Initiative) avec des engagements de désinvestissement et des politiques d'exclusion sectorielle affectant les actifs liés au charbon et autres ressources fossiles.

Ce sujet est notamment étudié dans la littérature : Karydas et al. (2022) constatent que le risque croissant de la politique climatique, et donc le risque de transition, réduit la participation des actifs bruns dans le portefeuille de marché. D'après l'étude, ceci est motivé par l'aversion au risque : à mesure que le changement climatique augmente, les actifs qui présentent un risque climat relativement faible, fonctionnent comme une stratégie de couverture (« hedging strategy ») contre le risque climat. Ils soulignent que le motif de diversification ne suffit pas à dissuader les investisseurs de réduire leur exposition aux actifs bruns. D'autres analyses motivent cette baisse de la participation des actifs bruns dans les portefeuilles également par une préférence pour les actions vertes. Pastor et al. (2021) assument dans leur modèle que les investisseurs ont une préférence pour les enjeux de durabilité (ESG), ils tirent de l'utilité de la détention d'actions des entreprises vertes et se soucient de l'impact social global de leurs choix d'investissement. Ils construisent un modèle où la performance ESG des entreprises, les préférences ESG des investisseurs, les considérations d'impact social et de risque climat, ainsi que la recherche de la performance financière influencent collectivement les décisions d'investissement.

La prise de conscience croissante des risques climat parmi les investisseurs se matérialise par des changements de stratégie d'investissement, nombre d'entre eux cherchant à réduire leur exposition aux actifs à forte intensité de carbone et à accroître leurs portefeuilles d'investissements respectueux de l'environnement. Bloomberg estime que les actifs ESG

peuvent représenter plus d'un tiers des actifs sous gestion d'ici 2025<sup>4</sup>. Cette tendance est motivée à la fois par des considérations de risque et par le désir d'aligner les investissements sur des pratiques durables. À mesure que les implications financières du changement climatique deviennent plus évidentes, certains investisseurs sont poussés de plus en plus à intégrer les risques climat dans leurs décisions d'investissement. Mais la question qui se pose alors est si cela est reflété dans le marché global, et si oui, comment ? Quelle relation entre risques climat et rendements financiers ?

### ***B - Relation entre changement climatique et rendement financier sur le marché***

Face à cette évolution des positions des investisseurs vers une préoccupation accrue pour le changement climatique et l'importance des considérations environnementales dans l'analyse financière, la question se pose d'une internalisation des risques climat par les investisseurs dans leur stratégie d'investissement et dans leurs modèles financiers. Si les risques climat émergents suggèrent une exposition accrue aux risques systémiques des entreprises peu performantes sur le plan environnemental et de transition environnementale, alors leur profil plus risqué devrait être accompagné de rendements attendus plus élevés pour compenser ces risques. Il est question ici de la performance des actions vertes relative aux actions brunes, un sujet largement débattu à travers la littérature académique sur le risque climat et le marché financier, mais *un sujet qui n'a pas trouvé consensus*.

#### **1) L'existence d'une prime de risque carbone : une performance inférieure des actions « vertes »**

La littérature met en lumière une tendance où les actions associées à des émissions de carbone plus élevées, « brown », surpassent en performance les actions « vertes ».

Hsu et Tsou (2022) ont identifié une prime de risque liée à la pollution. Dans leur étude, une corrélation positive entre les émissions et les rendements est observée, mettant en évidence une relation constructive entre la pollution industrielle et les rendements anticipés des actions

---

<sup>4</sup> ESG assets may hit \$53 trillion by 2025, a third of global AUM | Insights. (2021, février 23). Bloomberg Professional Services. <https://www.bloomberg.com/professional/insights/trading/esg-assets-may-hit-53-trillion-by-2025-a-third-of-global-aum/>

au niveau de l'entreprise. Cette corrélation indique que les entreprises présentant une intensité d'émissions plus élevée sont associées à des rendements boursiers supérieurs, suggérant l'existence d'une prime de pollution sur le marché. En effet, le *long-short portfolio*, composé d'entreprises ayant des émissions toxiques élevées par rapport à faible dans un secteur spécifique, rapporte en moyenne 4,42% de rendement annuel. Cette conclusion découle d'une méthodologie rigoureuse : les auteurs ont élaboré des proxies empiriques pour quantifier les polluants au niveau de l'entreprise et ont étudié la variation transversale de la relation entre les rendements des actions et la pollution industrielle. Pour ce faire, ils ont rassemblé des données sur les polluants chimiques au niveau des usines à partir de la base de données TRI (*Toxic Release Inventory*) afin de mesurer les émissions toxiques au niveau de l'entreprise.

Bolton et Kacperczyk ont réalisé deux études (2020 et 2021), la dernière concernant un univers géographique plus importante (Global, 77 pays), à l'inverse de la première qui se concentre sur les Etats-Unis uniquement.

L'étude de 2021 examine le pricing mondial du carbone et du risque de transition. Les entreprises à fortes émissions sont les plus risquées, mais leurs actions affichant une intensité d'émissions de CO<sub>2</sub> plus élevée génèrent des rendements plus élevés dans tous les secteurs sur trois continents. *Cependant, les résultats sont moins clairs pour l'Europe.* Cette prime de carbone généralisée est influencée par la variation au niveau national du mix énergétique. Lorsque les effets fixes de l'industrie sont inclus dans le modèle, la prime carbone devient importante et très significative. Cela indique que les variations des rendements des actions liées aux émissions de carbone sont influencées par des facteurs spécifiques à l'industrie, tels que les environnements réglementaires, les avancées technologiques et la dynamique du marché au sein de chaque secteur. Les auteurs relèvent que les caractéristiques spécifiques des entreprises (par exemple : les pratiques de gestion, l'efficacité opérationnelle et les décisions stratégiques concernant les émissions) ont également un impact significatif dans l'explication des variations des rendements des actions liées aux émissions. De plus, il est notable qu'avant l'Accord de Paris en 2015, aucun avantage significatif n'est associé au niveau d'émissions (même avec les effets fixes de l'industrie), tandis qu'une prime positive et significative émerge après Paris. Cependant, les résultats concernant les variations d'émissions sont significatifs dans les deux périodes et ne présentent aucune différence visible.

L'article de 2020 montre que les investisseurs considèrent le risque carbone comme important, ce qui se traduit par une prime de risque perçue au niveau de l'entreprise. De plus,

on observe un changement de préférence chez les investisseurs, passant des entreprises à forte intensité carbone (brun) vers les entreprises plus respectueuses de l'environnement (vert), ce qui crée une demande accrue pour les actions vertes. D'une part, si l'on considère la prime carbone par rapport aux niveaux d'émissions : les entreprises avec des niveaux d'émissions plus élevés sont perçues comme ayant une exposition plus grande aux risques liés aux émissions de carbone à long terme, ce qui se reflète dans leurs rendements boursiers. La prime carbone est économiquement significative : une augmentation d'un écart-type respectivement du niveau et du changement des émissions de scope 1 entraîne une augmentation de 15 points de base et 26 points de base des rendements des actions, soit respectivement une augmentation annualisée de 1,8 % et 3,1 %. De même pour le scope 2 : une augmentation de 24 points de base et 18 points de base des rendements des actions, soit une augmentation annualisée de 2,9 % et 2,2 %. Et également pour le scope 3 : les rendements des actions augmentent de 33 points de base et 31 points de base par mois, soit respectivement 4,0 % et 3,8 % sur une base annuelle. En conclusion, pour les 3 catégories d'émissions (scope 1, 2 et 3), on observe un effet positif et statistiquement significatif sur les rendements des actions des entreprises. D'autre part, concernant la prime liée à la croissance des émissions : les entreprises qui augmentent leurs émissions au fil du temps sont perçues comme étant confrontées à des risques accrus liés aux émissions de carbone à l'avenir. Cette perspective à court terme sur la croissance des émissions influence les rendements des actions, car les investisseurs prennent en compte les risques associés à l'augmentation des émissions. Il faut noter que la prime carbone est liée au niveau (et aux changements) des émissions, mais pas à l'intensité des émissions, c'est-à-dire que l'intensité des émissions n'a aucun effet significatif sur les rendements des actions.

C'est également l'avis de Busch et al. (2022). Ces derniers ont étendu une étude sur la relation entre la performance environnementale des entreprises et leur performance financière. Leurs variables de contrôle comprennent d'autres facteurs environnementaux et des caractéristiques de l'entreprise. Ils trouvent une association positive entre les émissions de carbone et la performance financière à court et long terme, suggérant donc que les entreprises avec des émissions plus élevées ont tendance à avoir de meilleures performances.

## **2) Une relation inverse : des rendements plus élevés des actions « vertes »**

Cette perspective a été particulièrement étudiée par Pedersen et al., (2021). Leurs conclusions montrent que les entreprises avec de bons scores ESG attirent davantage

d'investisseurs ESG, ce qui peut réduire les rendements attendus. Par ailleurs, ces entreprises affichent de solides fondamentaux et bénéficient de coûts de capital réduit, pouvant stimuler les prix de leurs actions à court terme. Ils ont évalué l'impact des scores ESG sur les rendements financiers en utilisant diverses données ESG. Leur modèle a analysé comment ces scores influencent les rendements attendus et comment les investisseurs réagissent à ces indicateurs. Leurs résultats indiquent que les entreprises bien positionnées en ESG bénéficient de coûts de capital plus bas, favorisant leurs investissements rentables et leur croissance par rapport à celles ayant de faibles scores ESG. L'étude suggère aussi que des scores ESG élevés peuvent augmenter les rendements attendus pour les entreprises vertes, surtout si l'ESG est lié aux bénéfices futurs et si sa valeur n'est pas pleinement reflétée sur le marché. Ainsi, les investisseurs privilégiant l'ESG peuvent stimuler la demande et les prix des actions vertes, potentiellement améliorant les rendements pour ces entreprises.

Dans un autre registre, Pastor et al. (2022) explorent la notion de rendements « attendus » et « inattendus » en lien avec la performance des entreprises selon leur classement ESG. Les « rendements attendus » représentent les gains prévus par les investisseurs sur la base des informations disponibles, des analyses financières et des modèles traditionnels. Ces prévisions sont établies en tenant compte des fondamentaux de l'entreprise, des conditions de marché et des préférences des investisseurs. À l'opposé, les « rendements inattendus » reflètent la différence entre les rendements réellement obtenus et les rendements prévus. Lorsque les rendements réels surpassent les rendements attendus, on parle de rendements inattendus positifs, et vice versa. Dans ce contexte, les auteurs observent une tendance intéressante : les entreprises vertes affichent souvent des rendements inattendus plus élevés par rapport aux entreprises brunes. Initialement, selon les critères financiers traditionnels, les prévisions suggéraient que les entreprises vertes devraient avoir des performances comparables, voire inférieures, à celles des entreprises brunes. Cependant, la réalité montre que les entreprises vertes dépassent ces attentes, générant ainsi des rendements inattendus supérieurs. Cette observation des rendements inattendus élevés pour les entreprises vertes suggère que les critères ESG, tels que la durabilité et la responsabilité environnementale, peuvent avoir un impact positif significatif sur la performance financière. En intégrant ces critères dans leur gestion, les entreprises vertes démontrent une capacité à générer des rendements supérieurs, dépassant ainsi les prévisions basées uniquement sur des critères financiers traditionnels. En synthèse, les entreprises vertes tirent leur performance supérieure de l'interaction entre des pratiques économiques efficaces, une gouvernance solide, une valorisation renforcée par l'intérêt des

investisseurs ESG, une anticipation des défis environnementaux et réglementaires, ainsi que d'une capacité d'innovation et d'adaptabilité. Ces éléments interconnectés les positionnent avantageusement pour réaliser des performances financières et boursières supérieures à celles des entreprises brunes.

Alessi et al. (2021) qualifient cette relation de *greenium*. Dans leur étude sur l'existence d'une prime de risque climat sur le marché européen, et en utilisant trois modèles factoriels différents : le modèle d'évaluation des actifs financiers (CAPM), le modèle à trois facteurs Fama-French (3FF) et le modèle à quatre facteurs de Carhart (CAR), ils estiment la prime de risque associée à un facteur de performance environnementale, construit selon une méthodologie propre. A la différence de d'autres études, comme celle de Pastor et al. (2022), l'estimation de cette prime est faite en fonction des rendements boursiers individuels européens, plutôt que des portefeuilles. Les auteurs montrent ainsi que le marché associe une prime de risque négative, statistiquement significative, aux entreprises plus respectueuses de l'environnement et plus transparentes. Ce « *greenium* », montre que les investisseurs acceptent une rémunération moindre pour leurs investissements liés aux entreprises « vertes ».

Cette anticipation des défis environnementaux et la capacité des entreprises vertes à développer des solutions aux évolutions réglementaires a été développée par les auteurs Bauer et al. (2023). En analysant les performances des entreprises vertes et brunes aux États-Unis et des pays du G7 sur la période 2012-2021, les résultats montrent que les entreprises vertes ont une résilience et une robustesse remarquables résultant principalement d'une gestion proactive des ressources et d'une stricte conformité aux réglementations environnementales. En effet, cette gestion efficiente engendre une réduction notable de la volatilité des rendements, renforçant ainsi leur position sur le marché financier. De plus, l'évolution du paysage financier depuis 2012, avec une dynamique de marché favorable aux investissements durable reflète une sensibilisation croissante aux enjeux environnementaux qui confère un avantage concurrentiel aux entreprises vertes, stimulant leur croissance et leur performance.

### **3) Deux perspectives opposées**

Ainsi, la littérature sur la relation entre le risque climat et les rendements boursiers présente un tableau mitigé, certaines études trouvant une association positive entre les émissions de carbone et les rendements attendus, on parle alors de « prime climat » ou « prime carbone » et d'autres trouvant une association négative ou aucune relation significative.

Ces études peuvent notamment être groupées en fonction des méthodes d'analyse utilisées. D'un côté, les études reposant sur une analyse de portefeuille, de l'autre, les études s'appuyant sur le rendement des actions individuelles. Celles reposant sur une analyse de portefeuille mettent souvent en évidence une surperformance des actions vertes : Görden et al. (2020), Pastor et al. (2022), Bauer et al. (2023). Inversement, les régressions en panel analysant les données individuelles des entreprises montrent parfois une relation positive entre les émissions de carbone et la performance financière : Bolton et Kacperczyk (2022), Busch et al. (2022).

Mais cette distinction n'explique pas complètement les résultats divergents, puisque par exemple, Hsu et al. (2021), avec une méthode d'analyse de portefeuille, identifient une prime de pollution, et donc une relation positive entre la performance environnementale et les rendements. Néanmoins, par rapport aux études mentionnées utilisant une méthode de portefeuille, Hsu et al. tirent leur conclusion pour une période bien différente, puisque l'analyse porte sur 2003-2014 pour la note E du score ESG tiré d'ASSET 4, et en s'appuyant sur un indicateur très différent pour l'analyse portant sur une période s'arrêtant à 2016, les émissions de substances toxiques. Ainsi, l'avis mitigé est également attribuable aux différences dans les données et les méthodologies employées : les études utilisent des données différentes pour définir la performance environnementale et mesurer le risque climat (intensité carbone, émissions carbonées en absolu, le pilier environnemental de la note ESG) et portent sur des périodes et univers différents.

Par ailleurs, l'évolution des préférences des investisseurs et de la dynamique du marché importent également : l'attitude des investisseurs à l'égard du risque climat et les conditions du marché peuvent influencer les rendements boursiers et les relations observées. C'est ainsi que Ardia et al. (2022), puis Pastor et al. (2022) mettent l'accent sur le caractère inattendu de l'accroissement des préoccupations liées au changement climatique. Ardia et al. (2022), en construisant un *Media Climate Change Concerns index* selon les nouvelles sur le changement climatique publiées par la presse américaine, affirment que sur la période 2010-2018, les préoccupations liées au changement climatique augmentent de manière inattendue, les prix des actions des entreprises vertes ont tendance à augmenter, tandis que les prix des entreprises brunes diminuent. En utilisant le même index, Pastor et al. (2022) justifient la surperformance des actions vertes par rapport aux brunes par des préoccupations climatiques croissantes. En effet, considérée comme des changements inattendus, l'évolution des préférences des

investisseurs vers des investissements respectueux de l'environnement, crée un environnement favorable à la surperformance des actions vertes par rapport aux actions brunes.

### **III - Comment mesurer le risque climat ?**

---

Cette section examine comment mesurer le risque climatique, en se concentrant sur les risques de transition et les risques physiques associés au changement climatique. Enfin, sont regardées les récentes tentatives d'intégrer un facteur climat dans les modèles financiers existants, mettant en lumière les divergences dans la compréhension et la gestion des risques climatiques.

#### ***A - Quels risques climat prendre en compte ?***

Les risques climat sont les dangers auxquels le secteur financier est exposé en raison des conséquences physiques du changement climatique, telles que les catastrophes naturelles (risques physiques), ainsi que des efforts collectifs visant à atténuer et à s'adapter au changement (risques de transition). Ces risques varient en fonction du scénario climatique envisagé.

Dans son ouvrage *Investing in the Era of Climate Change* (2022), Bruce Usher souligne que les investisseurs engagent des capitaux en partant du principe d'un climat stable et d'un avenir prévisible, ce qui n'est pas compatible avec les risques financiers liés à un réchauffement rapide de la planète, où les résultats sont incertains. Le premier risque pour les investisseurs réside dans la non-linéarité des impacts, car la valeur des actifs peut s'effondrer rapidement. Par exemple, les bâtiments conçus pour résister aux inondations jusqu'à une certaine profondeur subissent peu de dommages en dessous de ce seuil, mais des dégâts immenses au-dessus. De même, les rendements des cultures diminuent marginalement avec un changement de température modeste jusqu'à ce qu'un seuil soit atteint, après quoi les cultures échouent.

#### **1) Les risques de transition**

Alessi et al. (2021) démontrent que la performance environnementale ainsi que la transparence sont des facteurs importants pour déterminer l'existence d'un *greenium*. Ils

soulignent que seule la combinaison de ces deux aspects permet de conclure sur la présence d'une prime de risque négative associée aux investissements écologiquement responsables. C'est pourquoi les auteurs se concentrent sur les actions individuelles, contrairement à d'autres études qui portent davantage sur les fonds ou les indices cotés en bourse, qui peuvent parfois sembler plus verts qu'ils ne le sont réellement.

La transition vers des sources d'énergie renouvelable, conforme aux objectifs de réduction des émissions de GES établis par l'Accord de Paris, comporte son lot de risques pour les acteurs économiques, en particulier les entreprises du secteur de la production d'électricité. Cette transition perturbe les modèles commerciaux traditionnels, ce qui entraîne des risques financiers et économiques significatifs. Bernardini et al. (2021) le mettent en évidence : la diminution de la demande d'énergie et le processus de décarbonisation ont exercé une pression à la baisse sur les revenus et les prix, en particulier pour les producteurs d'électricité qui dépendent fortement des énergies fossiles. Les réglementations visant à réduire les émissions ont conduit à une recomposition du mix énergétique, entraînant des dépréciations d'actifs intensifs en carbone et affectant les résultats financiers annuels en réduisant les capitaux propres et en augmentant l'effet de levier. Des analyses basées sur des modèles de facteurs ont identifié une « prime à faible émission de carbone », particulièrement depuis 2012, ce qui indique un intérêt croissant du marché pour les entreprises à faible intensité carbone.

Wen et al. (2020) montrent que la transition vers un marché du carbone représente un changement majeur dans l'approche de la Chine en matière de régulation des émissions de carbone. Cette transition introduit de nouveaux cadres réglementaires et mécanismes de marché visant à réduire les émissions de carbone. Dans ce contexte, plusieurs risques de transition doivent être pris en compte. Tout d'abord, les investisseurs semblent exiger une prime de risque des émetteurs qui sont éligibles aux régimes de tarification du carbone, ce qui souligne l'importance de comprendre et de gérer ces risques. De plus, l'impact de la transition sur les rendements boursiers des entreprises impliquées dans le commerce des émissions de carbone est significatif. Les résultats de leur étude suggèrent que la transition vers un marché du carbone a un impact positif sur les rendements boursiers, entraînant des rendements attendus plus élevés pour ces entreprises. La présence et l'augmentation de la prime carbone indiquent que les investisseurs perçoivent les entreprises participant au marché du carbone comme ayant des rendements attendus plus élevés. Cela suggère qu'il existe des avantages financiers potentiels associés à la transition vers un marché du carbone, du moins du point de vue de la performance du marché boursier.

Faccini et al. (2021) notent que seul le facteur de la politique climatique américaine est pris en compte dans les évaluations, particulièrement après 2012. En revanche, il n'existe pas de preuve montrant que les risques liés aux actualités sur les catastrophes naturelles, l'augmentation des températures ou les débats lors des sommets internationaux sont évalués dans ces analyses. Ainsi, c'est seuls les risques de transition qui sont actuellement pris en compte par le marché financier.

## **2) Quid des risques physiques ?**

Les risques physiques, bien que souvent sous-évalués, représentent une dimension importante à considérer dans le contexte du concept de « carbone non-brûlable ». Ce concept se réfère aux réserves de combustibles fossiles qui pourraient devenir économiquement non viables à extraire ou à utiliser en raison de réglementations environnementales plus strictes. Griffin et al. (2015) soulignent que ces risques physiques sont intimement liés à la question des réserves de combustibles fossiles et de leur valorisation.

En examinant la réaction des investisseurs aux nouvelles concernant la valorisation des réserves prouvées de pétrole et de gaz naturel, leur étude aborde indirectement les risques physiques associés à ces réserves. Ces risques comprennent la diminution des réserves disponibles, les coûts d'exploration croissants et les éventuels changements de la demande future. En effet, la disponibilité et la viabilité économique des réserves de combustibles fossiles sont directement affectées par des facteurs physiques tels que l'épuisement des gisements et les contraintes environnementales. Les résultats de l'étude montrent que les investisseurs réagissent aux informations sur ces risques physiques, soulignant ainsi une prise de conscience croissante de leur importance dans l'évaluation des entreprises du secteur énergétique. Cette réaction peut se traduire par des ajustements dans les stratégies d'investissement, une demande accrue de transparence de la part des entreprises concernant leurs réserves et leurs pratiques environnementales, ainsi que par des incitations à explorer des solutions technologiques et réglementaires pour atténuer ces risques. Ces derniers peuvent être atténués grâce à des politiques gouvernementales favorables, telles que le soutien à la recherche et au développement de technologies de capture et de stockage du carbone (CCS) ou d'amélioration de la récupération du pétrole (EOR), ainsi qu'à travers des initiatives de durabilité et de transition énergétique au sein des entreprises.

Anttila-Hughes (2016) aborde également les risques physiques en analysant spécifiquement deux types d'événements extrêmes : les records de température annuelle

mondiale et les effondrements soudains de grandes plateformes de glace polaire. Ces événements sont choisis comme indicateurs significatifs du changement climatique étant susceptibles d'avoir un impact direct sur les performances des entreprises énergétiques. Pour ce qui est des records de température annuelle mondiale, l'auteur observe une corrélation négative entre ces événements et les rendements des entreprises énergétiques. Cette constatation suggère que les marchés financiers pénalisent en moyenne ces entreprises à la suite de telles annonces, ce qui reflète une prise de conscience des risques physiques liés au changement climatique, en particulier l'élévation des températures, et leur incidence sur les activités des entreprises énergétiques. D'autre part, les effondrements des plateformes de glace polaire montrent une corrélation positive et statistiquement significative avec les prix des actions des entreprises énergétiques. Cette réaction des marchés financiers suggère que ces événements sont perçus comme favorables pour ces entreprises, peut-être en raison de la perspective d'une réduction des coûts d'accès aux ressources polaires.

Les résultats suggèrent que les marchés financiers réagissent de manière différenciée aux événements climatiques extrêmes. Ainsi, les deux études mettent en lumière la nécessité pour les investisseurs et les entreprises de considérer les risques physiques du changement climatique dans leurs décisions d'investissement.

### ***B - Un facteur climat à la Fama French***

Dans la littérature actuelle, une volonté de matérialiser et quantifier les risques climat dans les modèles financiers commence à émerger, avec des propositions d'intégration d'un facteur climat aux existants modèles d'évaluation financière des actifs. Certaines recherches s'appuient sur une hypothèse fondamentale : les facteurs de risque courants inclus dans le MEDAF et les modèles à trois facteurs de Fama French, à quatre facteurs de Carhart, ainsi qu'à cinq facteurs de Fama French, ne suffisent pas pour expliquer les rendements des actifs. Il s'agit donc d'étendre le cadre des modèles factoriels, afin de vérifier la capacité d'un facteur climat à exprimer les rendements en fonction de l'exposition au changement climatique.

Cela passe pour certains à travers le test d'un facteur climat construit à la Fama French, visant à quantifier le risque climat dans les portefeuilles d'investissement en mesurant la différence d'exposition entre les entreprises à fort et faible impact carbone. Comme pour les facteurs de Fama French et leurs extensions, cela passe par deux étapes : i/ le choix d'un

indicateur de mesure du risque climat et l'évaluation de son impact sur les prix des actions, ii/ puis la construction d'un portefeuille long en entreprises à fort impact climat et court en entreprises à faible impact climat, ou vice versa, pour évaluer la pertinence du facteur de risque climat dans l'évaluation des actifs. Il s'agit ainsi de capturer les différences de rendement systématiques entre ces deux catégories d'entreprises en fonction de leur exposition au risque climat.

### **1) Des hypothèses fondamentales divergentes**

L'une des premières contributions dans ce domaine est celle de Gørgen et al. (2020), qui ont développé un facteur à la Fama French appelé Brown-Minus-Green (BMG). Le portefeuille factoriel BMG est créé en prenant une position longue dans les entreprises brunes (entreprises présentant un risque climat plus élevé) et une position courte dans les entreprises vertes (entreprises présentant un risque climat plus faible). En prenant une position longue sur les entreprises brunes, les auteurs supposent une meilleure performance en termes de rendement des actions avec une exposition plus élevée au risque climat. Cette hypothèse est en accord avec le principe de la relation risque-rendement en finance : en s'exposant aux risques, les investisseurs attendent des rendements plus élevés. Et elle s'accorde aussi avec la littérature existante sur une surperformance des entreprises « polluantes » par rapport aux entreprises « vertes », comme vu plus haut.

Une approche symétriquement opposée a été proposée récemment par Gimeno et Gonzalez (2022) avec le facteur « Green-Minus-Polluters » (GMP), également basé sur la méthodologie Fama French. Ce facteur, construit en prenant une position longue sur les entreprises vertes et courte sur les pollueurs, s'oppose à l'hypothèse sous-jacente au BMG, mettant l'accent sur la performance des actions fortement exposées aux risques climat, et suppose par comparaison, qu'une faible exposition aux risques climat serait synonyme d'une moindre performance.

Ces deux approches diffèrent fondamentalement dans leur hypothèse sous-jacente, reflétant ainsi les diverses perspectives des investisseurs sur la gestion des risques climat. Alors que le BMG privilégie les entreprises polluées, fortement exposée aux risques climat, le GMP met l'accent sur les actions respectueuses de l'environnement. Ainsi, avec le GMP, les auteurs s'alignent sur l'intérêt croissant des investisseurs pour les entreprises respectueuses de l'environnement, surtout en Europe, qui commencent à chercher à atténuer le risque climat dans leur portefeuille, en considérant que cela pourrait potentiellement conduire à de meilleures

performances à long terme, en réduisant les risques réglementaires et physiques liés aux conséquences du changement climatique. Alors qu'avec le BMG, la focalisation se fait sur le profil risqué des actions fortement exposées aux risques climat, et donc sur des rendements plus élevés demandés par les investisseurs. Ces différences conceptuelles renforcent l'idée d'un manque de consensus dans le milieu académique quant à la relation rendement-risque climat des entreprises cotées. En effet, d'autres auteurs ont également appliqué la méthodologie de l'analyse de portefeuille, en construisant un facteur climat à la Fama French, pour étudier la relation entre le risque climat et le comportement du marché : Bauer et al. (2023) gardent le nom BMG pour leur facteur, Huij et al. (2021) l'appellent le « Pollutive-Minus-Clean » (PMC), Hsu et al. (2022) le « Low-Minus-High » (en termes d'exposition au risque climat), Pastor et al. (2022) nomment leur facteur le « Green-Minus-Brown » (GMB), In et al. (2023) le « Carbon Efficient-Minus-Inefficient » (EMI), Loyson et al. (2023) le « Intense-Minus-Less » (en termes d'exposition au risque climat). Néanmoins, nous verrons par la suite que ces différences sont aussi de nature méthodologique.

## **2) Une multitude de variables pour définir le « vert »**

Au-delà d'un point de départ différent, avec des hypothèses opposées pour la construction du portefeuille à la Fama French, proxy du risque climat, il faut surtout noter un choix méthodologique différent quant aux indicateurs pris en compte pour différencier les actions « vertes » des « pollueurs ». Alors que Görgen et al. (2020) agrègent une multitude d'indicateurs qu'ils estiment être liés au risque carbone, d'autres prennent en compte un nombre significativement plus restreint d'indicateurs du « vert ». D'un côté, nous avons les analyses s'appuyant sur le score E des notes ESG, comme Pastor et al. (2022) qui utilisent la note E de MSCI, ou encore Hsu et al. (2022) utilisant celle de ASSET4 et la base de données TRI (Toxic Release Inventory). De l'autre, des analyses s'appuyant uniquement sur les émissions de GES, soit en intensité (Gimeno et Gonzalez, 2022 ; Loyson et al., 2023) soit en intensité et en absolu (Huij et al., 2021 ; In et al., 2023 ; Bauer et al., 2023).

Görgen et al. utilisent une méthodologie propre de notation des entreprises, en s'appuyant sur les données de quatre providers de données environnementales, sociales et de gouvernance (ESG) sur la période de 2010 à 2017 : Thomson Reuters ESG, MSCI ESG Ratings, Sustainalytics ESG, et les résultats du questionnaire du Carbon Disclosure Project (CDP). Le choix d'utiliser plusieurs providers de données ESG se justifie par la volonté de minimiser le biais d'auto-évaluation (« self-reporting ») : en utilisant quatre bases de données, les données

utilisées ne dépendent plus d'une unique approche de collecte de données. A partir de ces données ESG, les auteurs retiennent uniquement celles en lien avec le carbone et le risque climat de transition, en omettant des facteurs environnementaux plus larges, tels que les déchets ou l'eau. Au total, 55 variables proxy du risque carbone ont été prises en compte pour construire 3 sous-scores : impact sur la chaîne de valeur, perception publique, adaptabilité au changement climatique. Ces catégories sont définies par les auteurs comme celles affectant la valeur des actions d'une entreprise dans un scénario d'économie à faibles émissions de carbone : la chaîne de valeur mesure les émissions de carbone actuelles liées à la production de biens et services ; la perception publique mesure comment la politique carbone et les émissions de l'entreprise sont perçues par ses parties prenantes ; l'adaptabilité mesure la capacité d'une entreprise d'entreprendre une transition de ses activités brunes vers l'économie verte et dans quelle mesure elle est affectée par des changements inattendus liés à la transition écologique. Le « Brown-Green-Score » (BGS) est une agrégation de ces sous-scores, avec la chaîne de valeur se voyant attribuer un poids de 70% dans le BGS, tandis que la perception publique et l'adaptabilité représentent chacune 15% dans le BGS.

En suivant Gørgen et al. (2020), bien que Pastor et al. (2022), comme Hsu et al. (2022), mesurent le niveau d'exposition au risque climat avec un score ESG, ils optent pour une définition moins complexe. Pastor et al. (2022) prennent le pilier environnemental (E) de la note ESG de MSCI qui a vocation à mesurer la résilience d'une entreprise aux risques environnementaux à long terme, en estimant une moyenne pondérée de 13 indicateurs environnementaux, liés au changement climatique, aux ressources naturelles, à la pollution et aux déchets, et aux opportunités environnementales. Quant à Hsu et al. (2022), ils adoptent deux tris de portefeuille différents : un tri sur les émissions ajustées en fonction de la toxicité, évaluée grâce à la base de données TRI (Toxic Release Inventory) de la *Environmental Protection Agency* (EPA), et un autre en fonction du score E tiré de la note ESG de ASSET4 de Thomson Reuters. Pour la note ESG, les entreprises sont triées selon une approche best-in-class, i.e. le portefeuille avec les entreprises « non-vertes » est composé d'entreprises avec les scores E les plus bas dans leur secteur. La base de données de l'EPA permet de suivre les rejets de la part des entreprises de produits chimiques dans l'environnement dépassant les limites autorisées pour toutes les substances toxiques répertoriées. Hsu et al. (2022) considèrent les entreprises ayant une intensité d'émissions plus élevée en tant qu'associées à une fréquence ou une probabilité plus élevée d'être impliquées dans des poursuites judiciaires. Les entreprises sont triées en fonction de leur toxicité en intensité (i.e. en fonction du ratio entre les émissions

toxiques et le total des actifs) par rapport à leur secteur (i.e. une approche best-in-class), compte tenu du fait que les émissions chimiques varient selon les secteurs. Hsu et al. (2022) sont les seules à considérer de telle manière la pollution dans la construction de leur proxy du risque climat.

En revanche, un grand nombre d'articles de recherche se concentre plutôt sur les émissions de GES, et en particulier les émissions en intensité, une normalisation par le chiffre d'affaires, pour prendre en compte le facteur taille. Ici, la construction de la variable « vert » se différencie par le provider de données utilisé et le scope des émissions pris en compte (scope 1, 2, 3 comme défini par le GHG protocol). Les chercheurs de la Banque d'Espagne (Gimeno et Gonzalez, 2022) prennent uniquement en compte les émissions scope 1 en intensité (i.e. émissions directes d'une entreprise normalisées par son chiffre d'affaires). Gimenez et Gonzalez affirment s'appuyer sur la méthodologie d'Alessi et al. (2021) qui utilisent les données de Bloomberg. Hsu et al. (2021), comme In et al. (2023) s'appuient sur Trucost, Hsu et al. (2021) pour les émissions en intensité scope 1 et 2, alors que In et al. (2023) incluent aussi le scope 3, en estimant qu'omettre le scope 3 serait de sous-estimer le risque climat réel de l'entreprise, puisque pour la plupart des secteurs, c'est la chaîne d'approvisionnement qui pèse le plus dans le bilan carbone d'une entreprise (Hendrickson et al., 1998). Quant à Bauer et al. (2023), ils prennent les émissions scope 1 et 2 reportés par les entreprises dans Refinitiv. Loyson et al. (2023) pour leur part agrègent les données scope 1 et 2 de MSCI et Trucost pour avoir une meilleure couverture. Pour les auteurs qui font le choix de prendre en compte uniquement les scopes 1 et 2, cela se justifie par un souci pour avoir des données comparables : les émissions scope 1 et 2 étant souvent communiquées par les entreprises, ces données sont relativement comparables, alors que le scope 3 est souvent estimé par les fournisseurs de données ESG sur la base de modèles propriétaires, et donc potentiellement peu comparables.

## **IV - La pertinence du facteur climat : résultats empiriques sur les facteurs de risque climat à la Fama French**

---

Cette section examine les preuves empiriques concernant la relation risque-rendement des proxys du risque climat, en particulier ceux construits à l'aide de l'approche Fama-French, comme vu dans la section précédente. Les facteurs climat construits sous forme de portefeuilles Green-Minus-Brown (GMB) ou Brown-Minus-Green (BMG) visent à capturer le risque associé

au changement climatique en triant les entreprises en fonction de leur exposition au risque climat. Ainsi, il s'agit d'évaluer si ces proxys affichent une prime de risque positive, statistiquement significative. Une prime de risque positive indiquerait que les investisseurs sont rémunérés pour avoir pris un risque climat plus élevé, et confirmerait l'inclusion du risque climat comme facteur pertinent dans les modèles d'évaluation des actifs.

### ***A - Quelle relation risque-rendement : peut-on parler d'une prime de risque climat ?***

Compte tenu des différences méthodologiques et du manque de consensus dans la littérature quant au sens de la relation entre le risque climat et les rendements, il s'agit de non seulement établir la signification statistique ou non d'un facteur climat construit selon la méthodologie Fama French, mais aussi de comprendre les différences affectant cette relation risque-rendement.

Pour Hsu et al. (2022), la relation entre l'exposition au risque climat et les rendements boursiers réalisés des actions américaines est positive : en triant les entreprises en fonction des émissions toxiques (en prenant les données du TRI) et en fonction de leur note E du score ESG relativement à leur secteur, les auteurs concluent pour les deux méthodes, une relation significativement positive entre la performance environnementale et les rendements boursiers. En effet, le rendement excédentaire moyen du portefeuille High-Minus-Low en termes de toxicité (i.e. un portefeuille long en entreprises intensives en émissions de substances toxiques, et court en entreprises relativement peu émissives) était de 3.22%. Idem, le rendement excédentaire moyen de 4,30% du portefeuille High-Minus-Low en termes de score environnemental était significatif. Hsu et al. concluent donc que pour le marché des actions étatsuniennes, sur une période de 1991-2016 pour la toxicité, et de 2003-2014 pour le score E, il y a une prime de risque climat qu'ils appellent une prime de pollution (« pollution premium »).

En utilisant également le score E en tant que variable de différenciation entre les entreprises fortement exposées au risque climat et faiblement, Pastor et al. (2022) mènent aussi leur étude sur le marché des actions états-uniennes. Ils concluent des résultats divergents avec les conclusions de Hsu et al. : en partant d'un facteur Green-Minus-Brown, ils trouvent que les actions vertes ont surperformé les actions brunes, de 174 points de pourcentage sur la période étudiée. Ces constats ne sont pas nécessairement en contradiction avec les observations de Hsu et al. : alors que le marché analysé est le même, Pastor et al. se concentrent sur une période bien

plus récente, entre 2012 et 2020. Ils justifient ce choix notamment par une meilleure couverture de marché de la part de MSCI à partir de 2012. Ainsi, il semblerait que les résultats divergent, car c'est seulement récemment qu'une attention plus importante est portée sur les risques liés au changement climatique : bien que Hsu et al. démontrent un risque premium significatif associé au risque climat sur une période précédant celle de Pastor et al., c'est plutôt après leur période d'analyse que l'on peut parler d'inquiétudes accrues concernant le changement climatique et de changements réglementaires propices au développement de projets verts, menant vers des évolutions de comportement sur le marché, basculant les préférences des investisseurs vers les investissements respectueux de l'environnement.

A mi-chemin entre les deux conclusions, en s'appuyant toujours sur la note E du score ESG, avec une période d'analyse plus proche de Pastor et al., Görden et al. (2020) étudient la relation entre le risque climat et les cours boursiers du marché mondial entre 2010 et 2017. Ici, les entreprises sont triées en fonction d'un score « Brown-Green-Score » (BGS) propre : un score BGS élevé correspond aux entreprises présentant un risque climat élevé. Ce score BGS est ensuite utilisé pour construire le portefeuille BMG à la Fama French. Alors que la relation positive entre le score BGS et les rendements excédentaires des actions est statistiquement significative, le facteur BMG affiche des rendements réalisés négatifs (-0.097%) mais statistiquement insignifiants. Ainsi, alors qu'en analysant la relation entre le score BGS et les rendements des actions, les auteurs s'attendaient à ce que les entreprises brunes, avec un score BGS élevé, soient plus performantes que les entreprises vertes (avec un coefficient de 0,068, pour chaque augmentation d'unité du BGS attendu, les rendements boursiers devraient augmenter de 0,068 unité), les rendements réellement observés ne confirment pas cette attente : le portefeuille BMG générant des rendements négatifs, cela suggère qu'il n'y a pas de surperformance des entreprises brunes, quoique ce coefficient négatif est statistiquement négligeable. Görden et al. expliquent cette contradiction par le fait qu'on observe deux effets contraires entre le score BGS et les rendements associés : i) une relation positive entre le BGS attendu et les rendements boursiers, suggérant une surperformance des entreprises brunes, ii) une association de la variation du BGS d'une année sur l'autre avec des rendements négatifs (bêta négatif de -0.065), suggérant une moindre performance des entreprises qui deviennent plus brunes d'une année à l'autre. Le dernier point met en lumière l'effet positif associé à une transition verte : la composante de différence BGS de la régression reflète des changements inattendus dans le profil de risque carbone d'une entreprise par rapport à la période précédente, un coefficient négatif pour cette composante qui suggère qu'une transition verte est

récompensée par des rendements plus élevés. En conclusion, les actions brunes résultent en des rendements attendus plus élevés, tandis que la transition vers une économie verte est favorable aux rendements des actions vertes. Les auteurs justifient ainsi l'insignifiance statistique du BMG par l'effet contraire de ces deux résultats. Il n'y a donc pas de prime de risque climat ici.

Alors que Gørgen et al. (2020) concluent une relation négative mais non-significative entre le risque climat et les rendements réalisés, un grand nombre d'études, se concentrant sur l'intensité carbone plutôt que la note E du score ESG, démontrent une importance statistique d'une telle relation négative. Avec quelques différences méthodologiques, Gimeno et Gonzalez (2022), In et al. (2023), Bauer et al. (2023) confirment l'inverse. In et al. concluent que, sur la période 2005-2015, les actions étatsuniennes moins exposées au risque climat surperforment les entreprises plus intensives en émissions carbone, mais la différence des rendements entre ces entreprises n'est statistiquement significative qu'à partir de 2010, avant cette date, le portefeuille EMI (Carbon Efficient-Minus-Inefficient) a des rendements moyens positifs mais statistiquement non-significatif. Dans les mêmes lignes, en étendant l'analyse au-delà des actions étatsuniennes, en l'appliquant également aux pays composant le G7, Bauer et al. montrent que sur la période analysée (2010-2021) les actions « vertes » aux États-Unis et dans le G7 ont généré des rendements plus élevés que les actions brunes. Les deux études permettent donc de conclure l'existence d'une prime de risque négative à partir de la dernière décennie. C'est notamment la conclusion de Gimeno et Gonzalez, qui en analysant également le marché européen, en parallèle des actions étatsuniennes, constatent des rendements généralement négatifs du portefeuille GMP (Green-Minus-Pollutive) entre 2002 et 2010, puis des rendements positifs ensuite (2010-2020). Ces conclusions rejoignent donc celles de Pastor et al. (2022) vues plus haut, d'une prime de risque, qu'ils appellent « greenium », négative. Mais ici encore une fois, il n'y a pas de consensus. Huij et al. (2021), en analysant le marché étatsunien entre 2007 et 2021, constatent dans un premier temps une relation négative, statistiquement significative : les entreprises présentant un risque carbone plus élevé semblent sous-performer (un carbon beta négatif de -0.137). Cependant, cet effet semble en partie dû à d'autres facteurs affectant le rendement, ainsi qu'à des effets sectoriels : une fois ces facteurs pris en compte, l'analyse révèle une prime de risque climat positive. De l'autre côté, Loyson et al. (2023), se concentrant uniquement sur le marché européen sur une période allant de 2005 à 2019, ne parviennent pas à identifier des primes de risque climat statistiquement significatives. En effet, l'analyse révèle une prime de risque climat négative (-0.29%), mais non significative. Ainsi, les investisseurs ne semblent pas exiger une compensation supplémentaire pour leur exposition au risque climat.

## ***B - Le Sharpe ratio : l'inclusion du risque climat améliore-t-il le profil de risque-rendement d'un portefeuille ?***

L'intérêt d'un facteur climat construit selon la méthodologie Fama French s'apprécie par la capacité de ce facteur à non seulement expliquer la différence de rendements, mais également à influencer les rendements ajustés au risque.

Plusieurs études font état de rendements positifs ajustés au risque pour les portefeuilles construits sur la base de l'exposition au risque climat. Hsu et al. (2022) constatent des ratios de Sharpe allant de 0.36 à 0.38 pour un portefeuille long en entreprises fortement émettrice en substances toxiques, et court en entreprises inverses, ainsi que ratio de Sharpe de 0.41 pour un portefeuille trié en fonction de la note E du score ESG. Par ailleurs, une comparaison des ratios de Sharpe permet de constater une meilleure performance ajustée au risque pour les portefeuilles moins exposés au risque climat. Pour Pastor et al. (2022), le Sharpe ratio de 0.33 du portefeuille GMB est supérieur au ratio de Sharpe du marché au cours de la période étudiée. In et al. (2023) observe que si les ratios de Sharpe initiaux du portefeuille EMI (Carbon Efficient-Minus-Inefficient) ne sont pas particulièrement élevés (0.12), ils le deviennent après 2009 en raison de rendements relativement élevés et volatilité plus faibles, ce qui se traduit par des ratios de Sharpe de 0.35 à 0.41.

Görgen et al. (2020) apportent une analyse un peu plus nuancée. Ils suggèrent que même si le facteur BMG améliore le pouvoir explicatif ( $R^2$ ), il pourrait conduire à un rapport de Sharpe inférieur par rapport aux modèles sans ce facteur. En se concentrant sur le  $SR^2$  (Sharpe ratio squared) : un modèle CAPM a un  $SR^2$  de 1.678 alors qu'un modèle CAPM + BMG a un  $SR^2$  de 1.673, idem pour les modèles Fama French sans et avec le facteur BMG. Néanmoins, il est pertinent de noter que par rapport à tous les modèles étudiés (CAPM, Carhart, Fama French à 3, 5 et 6 facteurs) le modèle Fama French + BMG a le ratio de Sharpe le plus élevé (1.721), seulement surpassé par le ratio de Sharpe du Fama French à 3 facteurs (1.723). Ainsi, bien que l'incorporation du facteur BMG peut conduire à un ratio de Sharpe légèrement inférieur, cela peut tout de même contribuer à des modèles offrant des rendements compétitives ajustées au risque. La décision d'intégrer un facteur climat implique d'aller vers un compromis entre la prise en compte du risque climat et le maintien du ratio de Sharpe le plus élevé possible.

### ***C - Le pouvoir explicatif : le facteur de risque climat améliore-t-il le pouvoir explicatif des modèles d'évaluation des actifs ?***

Les différences entre les résultats des études concernant la relation risque-rendement pourraient être en partie dues au pouvoir explicatif variable des modèles utilisés. Par conséquent, une question-clé est de savoir si un facteur climat, construit selon l'approche Fama-French, offre un pouvoir explicatif supplémentaire pour les rendements des actifs. La question est de savoir si l'intégration d'un facteur de risque climat, peut améliorer le pouvoir explicatif des modèles d'évaluation des actifs, et par conséquent conduire à une meilleure compréhension du comportement des actifs.

Une comparaison des modèles d'évaluation factoriels avec le facteur climat permet à Gørgen et al. (2020) de conclure que le BMG permet d'améliorer la capacité du modèle à expliquer la variation des rendements des actions : ajouté au CAPM, le BMG à lui seul augmente le  $R^2$  de 0.86 points de pourcentage, ajouté au modèle Fama French, puis au Carhart, et au modèle à 5 facteurs de Fama French, le BMG augmente le pouvoir explicatif des modèles d'entre 0.87 et 0.9 points de pourcentage. Gimeno et Gonzalez (2022) vont plus loin, en appliquant la décomposition Shapley du  $R^2$ , ils étudient le pouvoir explicatif de chaque facteur du modèle, pour conclure que la contribution du GMP à expliquer les rendements excédentaires est plus ou moins du même niveau que celle d'autres facteurs traditionnels, à noter que dans le cas du marché européen (Eurostoxx600), la contribution du GMP est seulement éclipsée par le facteur SMB.

Tester le pouvoir explicatif du facteur climat implique également de se poser la question de si ce facteur montre des capacités à expliquer les rendements indépendamment de facteurs externes, et donc de vérifier la corrélation entre le facteur climat et les facteurs classiques de la littérature : le rendement excédentaire du marché (le Mkt-Rf du CAPM), les facteurs du modèle Fama French (1992), Carhart (1997) et Fama French étendu (2015). En régressant les rendements excédentaires quotidiens (i.e. la différence entre les rendements quotidiens et le taux sans risque) du BMG sur le risque de marché, les facteurs Small-Minus Big (SMB), High-Minus-Low (HML), Winners-Minus-Losers (WML), Robust-Minus-Weak (RMW), Conservative-Minus-Aggressive (CMA), Gørgen et al. (2020) concluent une corrélation faible entre le BMG et les cinq autres facteurs : le BMG possède donc des caractéristiques uniques qui le différencient des facteurs existants. Similairement, les autres auteurs obtiennent une corrélation faible entre leur facteur climat et les facteurs connus de la littérature Fama French.

Un alpha positif observé confirme également des rendements supplémentaires observés du portefeuille climat à la Fama French qui ne peuvent pas être entièrement expliqués par les facteurs classiques (du modèle CAPM, 3 FF, Carhart, 5 FF). Dans l'analyse financière, alpha représente le rendement excédentaire d'un investissement ou d'un portefeuille par rapport à son rendement attendu en fonction de son exposition au risque, c'est-à-dire la différence entre le rendement réel de l'investissement ou du portefeuille et le rendement prévu par un modèle d'évaluation des actifs choisi. Un alpha positif signifie que l'investissement a dépassé les attentes. Ainsi, In et al. (2023) observent des rendements anormaux de 3.5% à 5.4% par an non-attribuables aux facteurs communément connus à partir de 2010, pour Pastor et al. (2022), sur plus ou moins la même période (2012-2020), c'est 0.47% à 0.71% par mois. A noter qu'un alpha négatif a en revanche été observé dans la littérature sur une similaire période : Bauer et al. (2023), en comparant les rendements du portefeuille BMG avec un portefeuille construit selon le modèle à 3 facteurs de Fama French entre 2010 et 2021, constatent un alpha négatif, mais statistiquement non-concluant. Ils émettent l'hypothèse que cet alpha négatif serait attribuable à des investisseurs manifestant davantage d'intérêt pour les actions « vertes » : une demande croissante pour les actions « vertes » entraîne une hausse des prix de ces actions, or les entreprises vertes sont d'habitude des actions « growth » dans le sens HML de Fama French, et donc impacte négativement la performance du portefeuille HML. Ainsi, la surperformance ne se manifeste pas nécessairement par des alphas statistiquement significatifs, mais serait potentiellement observable dans l'exposition du portefeuille BMG au HML.

# **III. MÉTHODOLOGIE**

Notre objectif est de tester le facteur Brown-Minus-Green de G6rgen et al. en utilisant deux fournisseurs de donn6es, en supposant que les entreprises vertes surpassent les entreprises brunes en termes de rendements boursiers. Pour ce faire, nous utiliserons les donn6es de deux fournisseurs majeurs : **Refinitiv** et **Bloomberg**. Ces donn6es sont r6cup6r6es et extraites afin d'analyser leur contenu et d'instaurer notre propre m6thodologie 0 partir de l0.

## **I - Justification de la m6thodologie choisie**

---

La litt6rature, le manque de consensus quant 0 une effective internalisation du risque climat par le march6, mais aussi quant 0 la pertinence de l'int6gration d'un tel facteur dans les mod6les d'6valuation d'actif, nous pousse 0 explorer ces questions de recherche. Le mod6le th6oris6 par Fama French (1992) et la litt6rature connexe identifiant une centaine d'anomalies 0 la Fama French, justifie de se poser la question si le risque climat ne serait pas l'une de ces anomalies, inexplicables par les mod6les d'6valuation d'actifs commun6ment utilis6s. Il s'agit alors de tester l'int6gration d'un facteur climat 0 la Fama French.

Hypoth6se : un facteur climat 0 la Fama French peut fournir des informations, ind6pendantes, sur la relation entre les performances li6es au climat et les prix des actions, offrant potentiellement une compr6hension plus compl6te de l'impact des facteurs environnementaux sur les march6s financiers.

### ***A - Le choix des donn6es principales***

#### **1) Les d6fis de l'int6gration des risques climat**

Dans un premier temps, il est important de souligner les incoh6rences qui peuvent survenir entre les diff6rents fournisseurs de donn6es ESG. En effet, ces derniers utilisent souvent des m6thodologies de collecte et de notation divergentes, ce qui peut conduire 0 des divergences significatives dans les 6valuations des performances ESG d'une m6me entreprise. Refinitiv, par exemple, se concentre sur la collecte de donn6es ESG aupr6s des entreprises et utilise une approche ax6e sur la transparence des informations publi6es par les entreprises elles-m6mes, ainsi que sur les donn6es provenant de sources tierces. Leurs donn6es ESG sont largement utilis6es par les investisseurs institutionnels pour 6valuer les performances des entreprises sur des crit6res environnementaux, sociaux et de gouvernance. D'un autre c6t6,

Bloomberg offre également une gamme de données ESG, mais leur méthodologie peut différer de celle de Refinitiv. Bloomberg utilise une combinaison de données auto-déclarées par les entreprises, ainsi que des données provenant de sources tierces et des analyses propriétaires pour évaluer les performances ESG. Leur approche met souvent l'accent sur la fourniture d'indicateurs quantitatifs et de scores agrégés pour permettre une comparaison facile entre les entreprises. Ces différences dans les méthodologies de collecte et de notation entre Refinitiv et Bloomberg peuvent entraîner des divergences dans les évaluations des performances ESG des entreprises. Par exemple, une entreprise peut recevoir une note élevée de Refinitiv en raison de sa transparence et de sa communication sur les questions ESG, tandis qu'elle peut recevoir une note plus faible de Bloomberg en raison de critères d'évaluation différents ou de sources de données divergentes. Cette fragmentation des données peut semer la confusion parmi les investisseurs et compromettre la comparabilité des informations, limitant ainsi l'efficacité de l'évaluation ESG dans la prise de décision.

De plus, l'absence de méthode standardisée pour l'évaluation ESG constitue un défi majeur. Contrairement à d'autres indicateurs financiers, il n'existe pas de normes universelles pour mesurer les performances ESG, ce qui laisse place à l'interprétation subjective et à la variabilité des résultats. Par exemple, certains fournisseurs de données ESG se concentrent principalement sur les données quantitatives, telles que les émissions de carbone ou le pourcentage de femmes dans les conseils d'administration, tandis que d'autres accordent une plus grande importance aux données qualitatives, telles que les politiques environnementales ou les pratiques de gestion des ressources humaines. De même, les agences de notation ESG peuvent attribuer des poids différents aux différentes composantes de l'évaluation ESG, ce qui entraîne des différences significatives dans les résultats obtenus pour une même entreprise. Cette absence de standardisation rend difficile la comparaison des données entre les entreprises et les secteurs, entravant ainsi la capacité des investisseurs à évaluer de manière cohérente les risques et les opportunités ESG.

Enfin, un autre enjeu important réside dans la limitation de la notation environnementale (E). Bien que la composante environnementale soit cruciale dans l'évaluation ESG, la simple notation « E » ne reflète souvent pas la complexité des enjeux environnementaux auxquels les entreprises sont confrontées. Par exemple, une entreprise peut recevoir une note élevée en matière de gestion des émissions de carbone, mais négliger d'autres aspects environnementaux tels que la gestion de l'eau ou la biodiversité. Cette approche simpliste limite la capacité des

investisseurs à évaluer de manière exhaustive les performances environnementales d'une entreprise. Pour aborder cette problématique de manière efficace, il est nécessaire que nous définissions les différentes approches prises dans notre champ d'analyse afin d'évaluer au mieux les risques et les opportunités associés à l'impact environnemental des entreprises.

## **2) Des approches variées pour définir le champ d'analyse**

### **a) Environnement choisi**

Compte tenu des politiques environnementales plus poussées en Europe, nous nous concentrons sur le marché européen, en considérant le STOXX600 comme notre univers d'analyse. L'Europe, en voulant se positionner comme leader dans la lutte contre le changement climatique, a mis en place un cadre réglementaire plus contraignant pour les entreprises, les incitant à adopter des pratiques plus durables et à intégrer des mesures d'atténuation des risques climat dans leurs stratégies commerciales. Ces initiatives ont incité à accroître leur transparence en matière de reporting environnemental.

Il convient également de noter que la plupart des études existantes dans le domaine de la finance durable et de l'investissement responsable se concentrent souvent sur le marché américain, en particulier sur les indices tels que le S&P 500. Cependant, en choisissant le STOXX600 comme notre univers d'analyse, nous élargissons le champ d'étude pour inclure le marché européen, offrant ainsi une perspective plus globale et équilibrée.

L'indice STOXX600 couvre aussi un large éventail de secteurs économiques, allant de l'industrie manufacturière aux services financiers en passant par les technologies de l'information et la santé. Cette diversification sectorielle nous permet d'obtenir une image plus complète de la performance climatique des entreprises européennes dans différents domaines d'activité. Comparé à d'autres indices plus spécifiques, comme ceux se concentrant uniquement sur les entreprises technologiques ou financières, le STOXX600 offre une vue d'ensemble plus représentative de l'économie européenne dans son ensemble. A noter qu'à la différence de la littérature existante, nous avons décidé de ne pas exclure les entreprises du secteur financier, compte tenu du rôle clé de ce secteur dans la transition, et surtout de son poids actuel dans le financement des entreprises de l'économie réelle qui ont elle un impact direct sur les enjeux climat. Ce choix est notamment celui pris par Roncalli et al. (2020). Ainsi, opter pour l'évaluation de la performance climatique des entreprises européennes pourrait s'avérer

particulièrement pertinente à notre sens. Cette approche offre en effet une perspective distinctive sur la manière dont les entreprises européennes répondent aux enjeux climatiques, venant ainsi compléter les études qui se concentrent principalement sur le marché américain.

## **b) Période d'analyse**

Quant à la période d'analyse, notre choix a été de couvrir notre analyse à la période allant de 2010 à fin 2022. Cette période englobe une période significative marquée par des changements économiques, environnementaux et politiques majeurs. En commençant en 2010, nous saisissons les répercussions de la crise financière mondiale de 2008 et nous examinons l'évolution post-crise des marchés financiers mondiaux, ainsi que la croissance de la sensibilisation aux risques économiques et environnementaux.

Même si la sensibilisation aux sujets liés au changement climatique a augmenté de manière constante depuis les années 2000 (Engle et al., 2019), avec des événements tels que l'établissement du Protocole de Kyoto en 1996, la loi sur la politique énergétique en 2005, ou encore le 3e rapport d'évaluation du GIEC en 2007, les actions politiques et la sensibilisation de la société n'ont pas suscité un grand intérêt autant qu'à partir des années 2010. Il faut dès lors noter que la disponibilité des données ESG avant 2010 est plus rare.

De plus, cette période nous permet de couvrir des événements clés tels que la signature de l'Accord de Paris en 2015, jalon majeur qui a influencé les politiques environnementales dans de nombreuses régions du monde. Nous avons choisi de clôturer notre étude à fin 2022 en raison de la possible rareté et de l'actualisation limitée des données financières et environnementales les plus récentes, ce qui pourrait affecter la robustesse de notre analyse.

## ***B - Autres données***

### **1) Les rendements du marché**

Nous voulons étudier l'impact du risque climat sur le rendement des entreprises du STOXX600. Ainsi, nous nous appuyons sur les données de Bloomberg pour avoir le rendement mensuel de chaque émetteur, ainsi que leur capitalisation boursière, pour estimer leur taille.

## 2) Facteurs 3FF et 5 FF

Pour comparer la performance du facteur climat que nous proposons, nous voulons également tester sa pertinence face aux facteurs existants dans la littérature classique, i.e. la prime de risque, les facteurs de Fama French (SMB, HML, RMW, CMA) et le facteur « momentum » de Carhart. Ces données ont été extraites de la base de données de Kenneth French pour l'Europe.

## II - Échantillonnage

---

Pour mener à bien notre étude, nous avons donc initialement considéré un échantillon de 600 entreprises issues de l'indice STOXX 600 à date du mois de mai 2024. Cet indice représente les grandes, moyennes et petites capitalisations de 17 pays européens, offrant ainsi une vision diversifiée et représentative du marché européen. Cependant, l'analyse requérait la disponibilité de données complètes et pertinentes pour chaque entreprise. En premier lieu, nous avons donc collecté les données financières et autres indicateurs nécessaires pour l'ensemble de ces 600 entreprises via Refinitiv et Bloomberg. Après une vérification de la disponibilité et de la qualité des données, nous avons dû écarter les entreprises pour lesquelles les informations étaient incomplètes ou insuffisantes pour notre analyse. L'exclusion de certaines entreprises de l'échantillon initial est majoritairement due à leurs données financières manquantes : en effet, certaines entreprises n'avaient pas de données financières disponibles pour la période d'étude, ce qui rendait impossible toute analyse fiable et créait des écarts temporels dans l'échantillonnage.

Après ce processus de sélection rigoureux, nous avons finalement retenu 457 entreprises pour notre échantillon final. Cet échantillon représente environ 76% de l'échantillon initial, ce qui nous a semblé suffisant pour garantir une représentativité statistique et une diversité des secteurs d'activité et des pays inclus dans l'étude.

Notre échantillon est diversifié en termes de secteurs d'activité. La répartition des entreprises retenues par secteur selon la classification GICS (Global Industry Classification Standard) est explicitée en *Annexe 1*.

En ce qui concerne la répartition géographique, notre échantillon couvre les principaux pays européens représentés dans l'indice STOXX 600 (voir *Annexe 2*). Ces répartitions illustrent la diversité de notre échantillon, tant géographiquement qu'en termes de secteurs d'activité, garantissant ainsi que nos conclusions puissent être généralisées à une large part du marché européen.

### **III - Construction de notre modèle**

---

#### ***A - Construction du facteur climat***

##### **1) Construction du score vert**

La plupart des travaux de recherche sur un facteur climat à la Fama French s'appuient sur l'intensité carbone (Huij et al., 2021 ; Gimeno et Gonzalez, 2022 ; Bauer et al., 2023 ; In et al., 2023 ; Loyson et al., 2023), comme facteur de différenciation entre une action « verte » et une action « brune », avec quelques-uns choisissant de se concentrer sur le score E de la note ESG (Hsu et al., 2022 ; Pastor et al., 2022). Gørgen et al. (2020) est l'unique à combiner les deux, en construisant un facteur vert propre, en s'appuyant sur plusieurs indicateurs, dont l'intensité carbone, et sur plusieurs bases de données, dans l'objectif de capturer trois composantes du risque climat qu'ils définissent comme :

- « l'impact sur la chaîne de valeur » mesuré par l'intensité carbone (i.e. émissions CO2 équivalent normalisées par le revenu),
- « la perception publique » mesurée par la note E du score ESG,
- « l'adaptabilité au changement climatique » mesurée par des scores que les auteurs considèrent comme reflétant la capacité d'une entreprise à réduire les coûts liés aux enjeux environnementaux, en investissant dans l'économie bas-carbone et dans l'efficacité carbone, et en s'engageant dans la transition à travers des politiques adaptées.

La décision de répliquer l'étude de Görden et al. plutôt que celles d'autres chercheurs reposent sur plusieurs facteurs clés qui rendent leur approche particulièrement pertinente et robuste pour notre contexte d'analyse. Görden et al. ont effectivement adopté une approche holistique en combinant plusieurs indicateurs clés pour évaluer la performance climatique des entreprises. Leur modèle prend en compte à la fois plusieurs mesures pertinentes pour capturer les différentes dimensions du risque climatique. Cette approche multidimensionnelle nous permet d'avoir une vision plus complète de la performance environnementale des entreprises, ce qui est essentiel pour une évaluation robuste dans le contexte financier. En plus de mesurer l'impact sur la chaîne de valeur et la perception publique, leur modèle intègre également des indicateurs liés à la capacité d'une entreprise à s'adapter aux défis environnementaux et à la transition vers une économie bas-carbone.

#### **a) Adaptation du score vert**

Alors que Görden et al. s'appuient sur plusieurs fournisseurs de données ESG, par accès limité, notre score vert ne pourra s'appuyer que sur les indicateurs fournis par LSEG (ex-Refinitiv) et Bloomberg. Ainsi, en suivant l'approche de Görden et al., le score vert sera déterminé en fonction de : « l'impact sur la chaîne de valeur » mesuré par l'intensité carbone tirée des deux bases de données, « la perception publique » mesurée par la note E du score ESG, idem des deux bases de données, et « l'adaptabilité au changement climatique » prendra en compte le « Environmental Innovation Score » (de LSEG) repris par Görden et al., mais aussi, pour adresser l'engagement d'une entreprise dans la transition à travers la mise en place d'une politique adaptée, nous incluons :

- « Policy emissions score » de LSEG qui évalue l'existence et l'efficacité de la politique de réduction des émissions de carbone. Wen et al. (2020) montrent que la transition vers un marché du carbone représente un changement majeur dans l'approche de la Chine en matière de régulation des émissions de carbone. Cette transition introduit de nouveaux cadres réglementaires et mécanismes de marché visant à réduire les émissions de carbone. Bauer et al. (2023) mettent en lumière la résilience des entreprises vertes, résultant de leur gestion proactive des ressources et de leur conformité aux réglementations environnementales. Cela souligne l'importance cruciale de cette mesure pour évaluer non seulement l'existence, mais aussi l'efficacité des politiques de

réduction des émissions de carbone dans la promotion de la durabilité et de la performance à long terme des entreprises.

- « Policy environmental supply chain score » de LSEG qui évalue la mise en place d'efforts pour réduire l'impact environnemental de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise. Hendrickson et al. (1998) souligne que la chaîne d'approvisionnement est souvent la principale contributrice aux émissions de carbone d'une entreprise, mettant en évidence le risque de sous-estimation des impacts climatiques réels si ces émissions ne sont pas incluses dans l'analyse. Cette mesure offre dès lors une vision plus complète et précise des performances environnementales d'une entreprise en prenant en compte les émissions de carbone tout au long de sa chaîne d'approvisionnement.

Les définitions détaillées de chaque composant LSEG sont accessibles en *Annexe 3*.

	<b>LSEG (ex-Refinitiv)</b>	<b>Bloomberg</b>
Intensité carbone (scope 1 & 2)	IC <sup>R</sup>	
Score E de la note ESG	ES <sup>R</sup>	ES <sup>B</sup>
Adaptabilité au changement climatique	Environmental Innovation score <sup>R</sup> + Policy Emissions score <sup>R</sup> + Policy Supply chain score <sup>R</sup>	

*Tableau 1 : Récapitulatif des données présélectionnées pour le BGS*

En reprenant la base de Görgen et al., nous avons redéfini notre score vert de la manière suivante :

$$BGS_{i,t} = 0.75 Value Chain_{i,t} + 0.15 Public Perception_{i,t} + 0.10 Adaptability_{i,t}$$

Où :

- Value Chain<sub>i,t</sub> = IC<sup>R</sup>
- Public Perception<sub>i,t</sub> = (ES<sup>R</sup> + ES<sup>B</sup>) / 2
- Adaptability<sub>i,t</sub> = (Environmental Innovation score<sup>R</sup> + Policy Emissions score<sup>R</sup> + Policy Supply chain score<sup>R</sup>) / 3

## **b) Justification de la pondération**

Nous avons pris la décision de donner un poids encore plus important à la chaîne de valeur (« Value Chain »), 0.75 au lieu de 0.70, car Gørgen et al. soulignent que la chaîne de valeur est l'indicateur le plus crucial, car elle englobe la production, les processus et la gestion de la chaîne d'approvisionnement<sup>1</sup>. En accordant un poids plus élevé à cette composante, nous nous alignons sur cette perspective en reconnaissant le rôle central de la chaîne de valeur dans la durabilité environnementale. Ce choix a été fait notamment en prenant en compte la multitude de littérature qui s'appuie sur l'intensité carbone plutôt qu'un score vert propriétaire. De plus, il faut prendre en considération ici, que la chaîne de valeur est une donnée brute et objective, contrairement aux autres critères et sous-facteurs. Cela en fait un indicateur plus robuste et fiable, sans biais potentiels introduits par des interprétations subjectives ou des ajustements externes réalisés par les entreprises. Cela nous permet d'atténuer le problème identifié de l'existence des incohérences entre les fournisseurs de données ESG.

Le facteur « Public Perception », pondéré à 0.15, est calculé en faisant la moyenne des scores ESG (ES<sup>R</sup> et ES<sup>B</sup>) obtenus à partir de deux sources de données : Refinitiv et Bloomberg. Cette approche permet de minimiser les biais potentiels liés à l'utilisation d'une seule source de données et d'offrir une vision plus complète de la perception publique de la performance environnementale de l'entreprise.

Enfin, nous avons attribué un poids de 0.10 au facteur « Adaptability », qui est calculé comme la moyenne des trois sous-scores. Bien que l'adaptabilité soit essentielle pour la durabilité à long terme, nous avons décidé de lui attribuer un poids moindre par rapport à la chaîne de valeur, car elle repose sur des mesures qui peuvent être plus subjectives et susceptibles de varier en fonction des politiques et des innovations spécifiques à chaque entreprise.

---

<sup>1</sup> « We assume value chain to be the most important indicator, since production, processes, and supply chain management constitute the core of a firm. Moreover, governmental climate change related regulations are focused predominantly on current emissions. The existence of numerous studies dealing only with carbon emissions confirms the importance of the value chain sub score », Gørgen et al. (2020)

## 2) Construction du facteur BMG

S'inspirant des travaux de Fama et French (1993) sur les facteurs de taille et de valeur comptable, nous construisons le portefeuille BMG. En suivant les étapes décrites par Gorgen et al. (2020), nous attribuons à chaque entreprise un score BGS, reflétant son exposition au risque carbone. Ce score sert ensuite de base pour classer les entreprises en six portefeuilles distincts selon leur capitalisation boursière (taille) et leur niveau de risque carbone.

En effet, toujours en suivant Gorgen et al., les entreprises sont d'abord divisées en deux groupes en fonction de leur capitalisation boursière : celles dont la capitalisation boursière est égale ou inférieure à la médiane sont classées comme « Small », tandis que celles dont la capitalisation boursière est supérieure à la médiane sont classées comme « Big ». Au sein de ces catégories de taille, les entités sont ensuite classées en fonction de leur score BGS, qui est divisé en terciles. Le premier tercile contient les entreprises dont le score BGS est le plus faible, elles sont donc classées comme « Brown ». Le deuxième tercile représente les entreprises « Neutres », dans la mesure où leur score BGS se trouve entre le tercile « Brown » et le troisième tercile, le tercile « Green » contenant les entreprises à meilleure performance environnementale.

Chaque mois, nous calculons les rendements moyens pondérés par la valeur des quatre portefeuilles suivants : "petite capitalisation / score BGS élevé" (SH), "grande capitalisation / score BGS élevé" (BH), "petite capitalisation / score BGS faible" (SL) et "grande capitalisation / score BGS faible" (BL). Ces rendements permettent ensuite de dériver le facteur BMG, représentant la différence de performance entre les entreprises à score BGS élevé (investies) et celles à score BGS faible (empruntées).

$$BMG_t = 0.5 (SH_t + BH_t) - 0.5 (SL_t + BL_t)$$

A noter, qu'en s'inspirant de nombreuses littératures, dont Loyson et al. (2023), Bauer et al. (2023) ou encore Ardia et al. (2022), nous visons également à prendre compte d'un décalage entre la publication des résultats financiers et des notes ESG, dont les indicateurs climat. En effet, un défi spécifique se pose en raison de l'intégration tardive des données sur les émissions de carbone dans les prix du marché, mais aussi de l'intégration des nouvelles données de durabilité dans les scores ESG, qui sont publiés avec un certain décalage que les auteurs

soutiennent d'être de six mois. Par conséquent, ils estiment que l'impact réel de ces émissions sur les prix du marché a tendance à être observé avec un décalage d'environ un an, en fonction du moment où les données sont rendues publiques. Ainsi, pour faire correspondre précisément les rendements au score BGS correspondant, les rendements pour un mois donné  $t$  sont liés au score BGS de la période  $t-18$  mois.

### **3) Construction de portefeuilles quintiles selon le score BGS**

Pour construire les cinq portefeuilles, nous classons les entreprises en fonction de leur score BGS en quintiles. A la différence de Görden et al., comme notre score climat (BGS) est construit de telle manière que les entreprises vertes sont les entreprises dont le score climat est élevé, et inversement pour les entreprises brunes, le quintile 1 contient les entreprises les plus brunes (dénommée « Most Brown »), le quintile 5 les entreprises les plus vertes (dénommée Most Green), alors que le quintile 2 et 4 contient respectivement les entreprises qui sont en second lieu les plus vertes (Green) et brunes (Brown), le quintile 3 englobe le reste (Neutral).

Par ailleurs, en suivant la littérature, dont Loyson et al. (2023), afin de réduire le biais sectoriel potentiel, les portefeuilles sont construits en prenant en compte l'appartenance sectorielle (GICS) des entreprises. Nous visons ainsi à neutraliser l'impact d'un secteur dont la performance climat pourrait être en deçà ou largement supérieur aux autres, pour pouvoir isoler l'effet unique du risque climat. Nous prenons en compte aussi la taille des entreprises. Ainsi, comme Görden et al., les entreprises sont triées en fonction de leur taille, selon leur capitalisation boursière, avec une répartition en deux groupes selon la taille médiane de l'échantillon.

Ainsi, premièrement, nous procédons à une classification des entreprises en secteurs, en utilisant la classification GICS. Ensuite, par secteur, les entreprises sont réparties en deux groupes selon la taille médiane sectorielle des entreprises. Et enfin, les entreprises sont triées en quintile en fonction du score BGS. Nous obtenons ainsi cinq portefeuilles équilibrés en termes d'appartenance sectorielle et de taille. Le facteur BMG est un portefeuille long en entreprises du quintile 5 (« Most Brown ») et court en entreprises du quintile 1 (« Most Green »), c'est notamment ainsi que Görden et al. (2020) construisent leur facteur BMG.

$$BMG_t = MB_t - MG_t$$

## **B - Les modèles d'analyse**

### **1) La performance des entreprises brunes contre vertes**

Afin d'isoler l'effet de la différence de performance entre les entreprises brunes et vertes, nous effectuons une régression de notre facteur sur les modèles CAPM, Fama-French à trois facteurs et Carhart à quatre facteurs et Fama French à cinq facteurs. Cette approche s'appuie sur la méthodologie de Fama et French (2014) qui effectuent également une telle analyse pour leurs facteurs RMW et CMA, et sur Pastor et al. (2022) qui le font pour leur facteur Green-Minus-Brown. Nous voulons ainsi vérifier si des facteurs de risque communs peuvent expliquer pleinement les rendements associés à notre facteur BMG.

$$BMG_t = \alpha_i + \beta_i(R_{m,t} - R_{f,t}) + \epsilon_{i,t}$$

$$BMG_t = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2} SMB_t + \beta_{i,3} HML_t + \epsilon_{i,t}$$

$$BMG_t = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2} SMB_t + \beta_{i,3} HML_t + \beta_{i,4} WML_t + \epsilon_{i,t}$$

$$BMG_t = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2} SMB_t + \beta_{i,3} HML_t + \beta_{i,4} RMW_t + \beta_{i,5} CMA_t + \epsilon_{i,t}$$

### **2) Le pouvoir explicatif d'un facteur climat à la Fama French**

Afin d'approfondir l'analyse de la pertinence d'un facteur BMG, nous explorons son impact sur la capacité explicative des modèles à facteurs existants. Il s'agit ici de comparer la performance d'un modèle financier sans et avec l'inclusion du facteur BMG. Ainsi, nous effectuons une régression des rendements excédentaires des cinq portefeuilles quintiles sur les modèles classiques (i.e. MEDAF, Fama French à trois facteurs, Carhart et Fama French cinq facteurs) et les modèles classiques + BMG :

Sans le facteur BMG :

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \epsilon_{i,t}$$

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2} SMB_t + \beta_{i,3} HML_t + \epsilon_{i,t}$$

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2} SMB_t + \beta_{i,3} HML_t + \beta_{i,4} WML_t + \epsilon_{i,t}$$

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2} SMB_t + \beta_{i,3} HML_t + \beta_{i,4} RMW_t + \beta_{i,5} CMA_t + \epsilon_{i,t}$$

Avec le facteur BMG :

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,BMG}BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2}SMB_t + \beta_{i,3}HML_t + \beta_{i,BMG}BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2}SMB_t + \beta_{i,3}HML_t + \beta_{i,4}WML_t + \beta_{i,BMG}BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1}(R_{m,t} - R_{f,t}) + \beta_{i,2}SMB_t + \beta_{i,3}HML_t + \beta_{i,4}RMW_t + \beta_{i,5}CMA_t + \beta_{i,BMG}BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

Nous établissons cette méthodologie dans l'objectif d'explorer l'intégration et l'impact d'un facteur climat dans les modèles financiers. Il s'agit ainsi en premier lieu d'explorer la dynamique risque-rendement lorsque les considérations climat sont prises en compte dans les décisions d'investissement, dans le but de comprendre si les investissements présentant des risques ou des avantages environnementaux plus élevés génèrent des rendements reflétant cela, pour ainsi adresser la problématique autour de la prime de risque climat. Cette analyse nous permettra également de déterminer si l'intégration d'un facteur spécifique au climat peut fournir des informations uniques qui ne sont pas capturées par les mesures financières traditionnelles, contribuant ainsi à isoler l'influence de la performance environnementale sur les valorisations des actions, et si l'ajout d'un facteur climat aux modèles financiers existants peut améliorer leurs capacités explicatives concernant la dynamique des marchés financiers.

## **IV. RÉSULTATS**

Cette section présente les résultats de notre étude, structurée en trois grandes parties, mettant en valeur nos calculs et interprétations de chaque modèle.

## **I - Le Brown-Green Score (BGS)**

---

### ***A - Calcul du BGS***

Nous avons utilisé six variables qui contiennent des informations spécifiques à chaque entreprise. Ces variables sont liées à l'un des trois indicateurs principaux : chaîne de valeur, perception publique et adaptabilité (politiques environnementales).

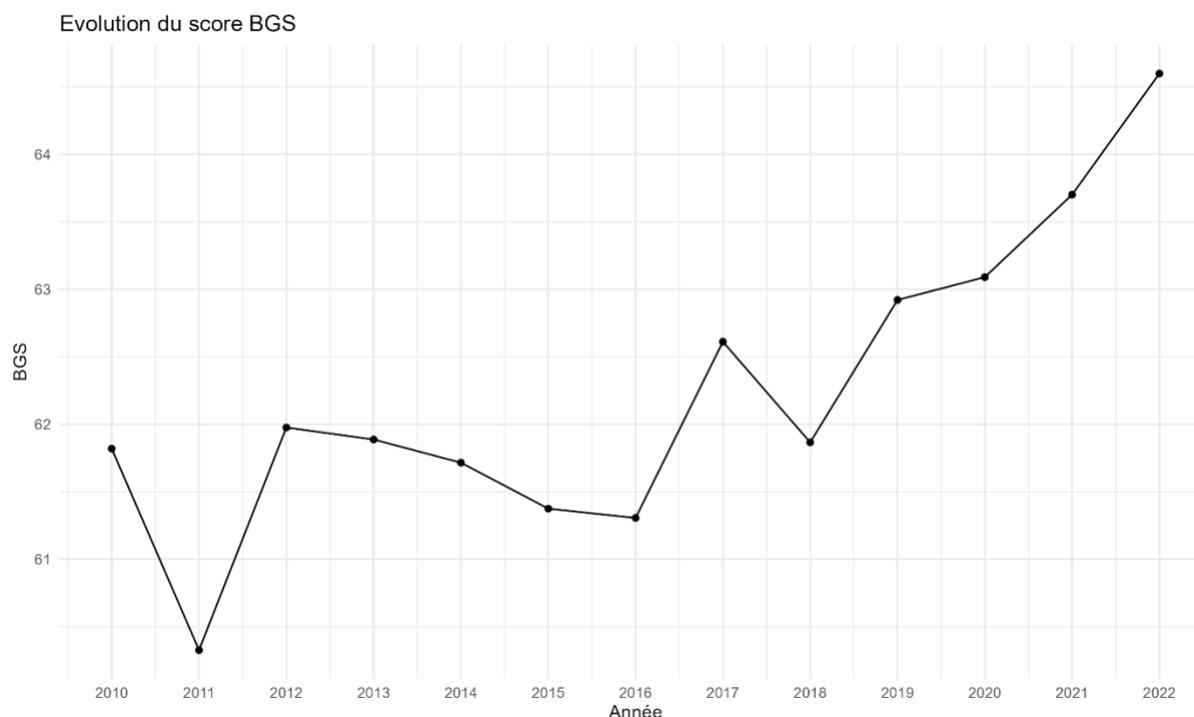
Pour chaque variable, nous avons comparé les entreprises entre elles pour une année donnée. Si une entreprise est en dessous de la médiane, elle reçoit un score de zéro. Si elle est au-dessus de la médiane, elle reçoit un score de un. Ensuite, nous avons calculé une moyenne des six scores pour chaque entreprise, séparément pour chaque indicateur (chaîne de valeur, perception publique et adaptabilité). Cela donne trois sous-scores pour chaque entreprise, un pour chaque indicateur (voir *Annexe 4*). Le BGS est alors calculé en combinant les trois sous-scores avec des poids spécifiques adaptés, comme annoncé plus tôt. Le score varie entre zéro et cent :

- Un score de zéro indique qu'une entreprise est « brune », c'est-à-dire qu'elle est moins performante sur ces aspects.
- A l'inverse, un score de cent indique qu'une entreprise est « verte », c'est-à-dire qu'elle est plus performante en termes de durabilité et de responsabilité environnementale.

### ***B - Évolution du BGS***

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution du BGS moyen de notre échantillon d'entreprises sur la période de 2010 à 2022. Le score, noté sur 100, montre une tendance générale à la hausse, indiquant une amélioration progressive de la performance

environnementale des entreprises, suggérant ainsi une tendance à devenir globalement plus vertes au fil du temps.



*Figure 1 : Évolution du score BGS (2010-2022)*

Plus précisément, la période de 2010 à 2015 montre une stagnation avec une légère baisse du BGS moyen. Cela pourrait refléter une période où les entreprises ont commencé à mettre en œuvre des politiques environnementales mais sans changements drastiques dans leurs chaînes de valeur ou leurs perceptions publiques.

Le BGS montre une augmentation plus prononcée dès 2016-2017, avec une augmentation d'environ 5.37% entre 2016 et 2022. Cette tendance peut être corrélée, par exemple, avec l'introduction et l'impact des objectifs et engagements de l'Accord de Paris (2015). Le tableau ci-dessous révèle nos données brutes du BGS par année. À partir de 2016, la couverture des données s'élargit significativement, passant de 326 entreprises en 2010 à 432 entreprises en 2016. Cette expansion témoigne d'une augmentation continue de l'importance et de la

disponibilité de ce type de données, ce qui peut également renforcer la fiabilité des analyses annuelles.

<b>Année</b>	<b>N</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Médiane</b>	<b>Écart</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
2010	326	61.82	63.84	19.48	9.17	96.61
2011	337	60.33	62.12	19.80	8.61	97.36
2012	355	61.98	63.63	18.96	13.06	95.71
2013	368	61.89	63.85	19.83	12.25	95.60
2014	388	61.72	64.12	20.12	11.12	95.62
2015	405	61.37	63.37	20.10	9.99	95.83
2016	432	61.31	63.69	19.71	12.03	96.14
2017	458	62.61	64.77	19.61	11.07	95.72
2018	487	61.87	63.63	20.01	10.92	93.94
2019	526	62.92	65.68	19.69	10.01	95.19
2020	540	63.09	66.19	19.16	15.21	97.26
2021	557	63.70	66.42	19.00	8.48	97.72
2022	538	64.60	67.83	18.52	12.00	96.94

*Tableau 2 : Données brutes du BGS calculé par année (2010-2022)*

En 2018-2020, le BGS semble se stabiliser, ce qui pourrait indiquer que les entreprises ont atteint un plateau dans leurs efforts d'amélioration environnementale, ou que les gains faciles en matière de réduction des émissions ont déjà été réalisés. Après 2020, le BGS continue d'augmenter, bien que de manière plus modérée. Cette stabilité relative pourrait indiquer que les entreprises ont intégré les pratiques durables dans leurs opérations courantes et continuent à progresser, mais à un rythme plus constant. Il faut également noter les impacts de la crise du COVID-19. Toutefois, la diminution de l'écart-type (- 7,45 % de 2018 à 2022) indique une réduction de la variabilité des scores, suggérant une convergence vers des pratiques environnementales plus uniformes.

En moyenne, l'écart-type oscille autour de 19 à 20 chaque année, montrant une variation relativement constante des scores BGS entre les entreprises. Un écart-type stable pourrait suggérer que les différences dans les performances environnementales parmi les entreprises restent constantes au cours de la période étudiée, malgré l'augmentation du nombre

d'observations. Cette stabilité de l'écart-type, combinée à l'augmentation du nombre d'observations, souligne que la qualité et la précision des données environnementales s'améliorent. Les entreprises semblent devenir plus conscientes de l'importance de leurs performances environnementales, probablement en réponse à une pression accrue des régulateurs, des investisseurs et des consommateurs.

Il faut rappeler que la prédominance de la chaîne de valeur dans le calcul du BGS (75%) signifie que les améliorations significatives dans ce domaine ont un impact majeur sur le score global. Cependant, les progrès réalisés dans les domaines de la perception publique (15%) et de l'adaptabilité (10%) jouent également un rôle important, bien que leur influence sur le score soit proportionnellement moindre.

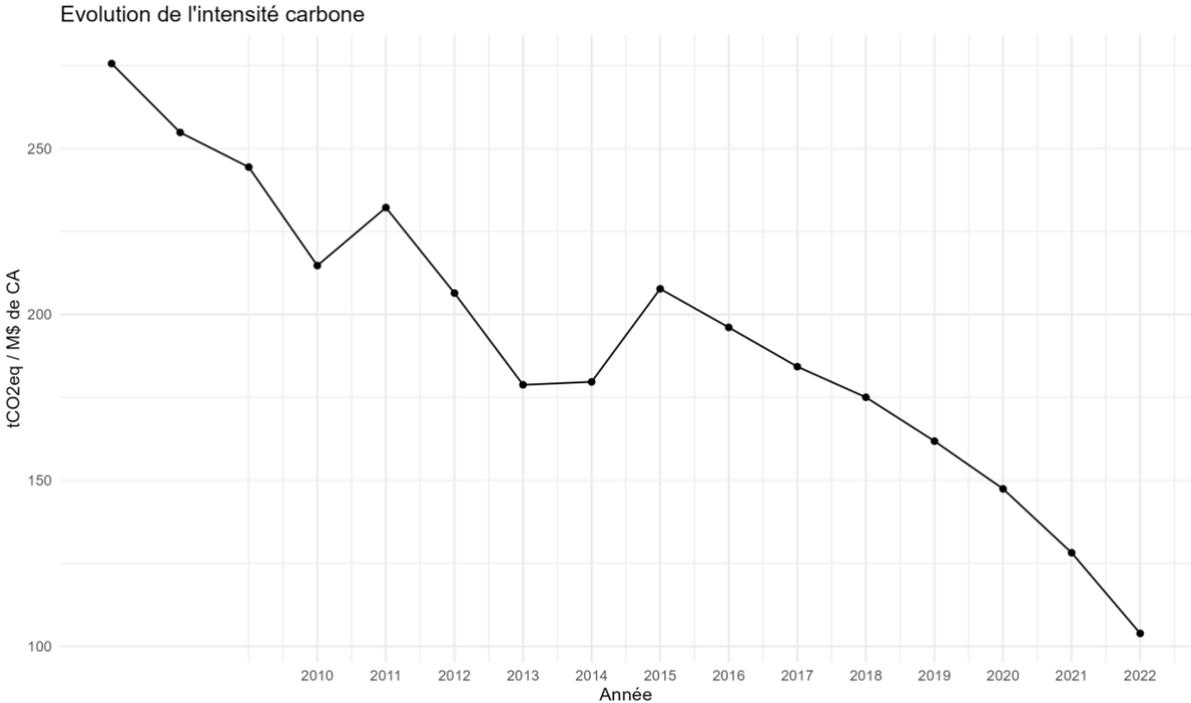


Figure 2 : Évolution de l'intensité carbone (2010-2022)

La corrélation entre le BGS et l'intensité carbone (voir graphique ci-dessus) montre que les efforts pour améliorer la durabilité environnementale et les scores ESG ont un impact direct sur la réduction des émissions de carbone. Les périodes de changements significatifs dans le

BGS sont alignées avec des réductions marquées de l'intensité carbone, indiquant que les initiatives prises par les entreprises en réponse à des accords et réglementations environnementales peuvent être mesurables.

L'évolution du BGS au fil des années montre donc une tendance à la hausse, indiquant des progrès dans les pratiques environnementales des entreprises européennes de notre échantillon. Toutefois, la stagnation et l'amélioration assez modeste suggèrent qu'il reste encore à faire pour atteindre des niveaux de durabilité plus élevés. Les entreprises devront continuer à investir dans des technologies innovantes et à adapter leurs politiques pour répondre aux défis environnementaux croissants et aux attentes des parties prenantes. Comme le soutiennent Gørgen et al., le niveau observé des pratiques durables (mesuré par des scores environnementaux comme le BGS ici) a tendance à avoir un effet positif plus marqué que les changements inattendus. Au fil du temps, à mesure que les changements inattendus deviennent moins fréquents ou moins significatifs par rapport aux effets attendus, on devrait observer une relation positive significative entre la performance durable des entreprises et leurs rendements boursiers. Les résultats tendent vers l'idée que les actions des entreprises vertes peuvent surperformer celles des entreprises brunes dans un contexte où l'économie se tourne vers la durabilité. Cependant, cet équilibre favorable ne sera atteint que « lorsque les marchés auront une meilleure compréhension du risque lié au carbone », (Gørgen et al, 2020). À l'heure actuelle, cette compréhension reste toutefois limitée, ce qui limite la réalisation complète de ces dits effets positifs.

## **II - BMG : quelle performance des entreprises vertes versus brunes ? Peut-on parler d'une prime de risque ?**

---

Afin de répondre à notre première problématique quant à la relation rendements-risque climat, nous analysons la performance d'un portefeuille vert contre celle d'un portefeuille brun en construisant un portefeuille Brown-Minus-Green.

Variable	N	mean	sd	t_stat
BMG	138	-0.27	0.22	-14.62
RP	138	0.44	4.96	1.05
SMB	138	0.11	1.69	0.79
HML	138	-0.14	2.95	-0.58
RMW	138	0.34	1.66	2.44
CMA	138	-0.11	1.54	-0.87
MOM	138	0.78	3.29	2.78

*Tableau 3 : Facteur BMG et autres facteurs*

### ***A - Analyse du facteur BMG***

Le tableau présente les résultats de notre analyse des rendements financiers en utilisant la méthode de Gorgen et al. (2020) sur les facteurs climat. Il inclut le facteur ainsi que d'autres facteurs financiers classiques. La moyenne de BMG est de -0,27. L'cart-type quant à lui est de 0,22 indique une faible dispersion des rendements autour de la moyenne ce qui signifie que les rendements du facteur climat sont relativement stables, avec peu de variations importantes mois après mois.

Les résultats montrent que le facteur BMG a un rendement moyen négatif et stable, avec une très forte signification statistique. Le facteur BMG est la différence de rendement entre les entreprises brunes et vertes, cette moyenne négative suggère une surperformance des entreprises vertes par rapport aux entreprises plus fortement exposées au risque climat. Ainsi, les entreprises vertes ont tendance à sous-performer de manière consistante. Cette information est cruciale pour les investisseurs qui cherchent à intégrer des considérations climat dans leurs modèles d'évaluation d'actifs, car elle met en lumière les défis et les impacts potentiels des facteurs climatiques sur les performances financières des entreprises. Ce résultat est similaire à la conclusion de Gorgen et al. (2020) qui notent également un facteur BMG négatif pour le marché global, et surtout un facteur BMG allant de -0,19 pour l'Allemagne à -0,51 pour le France.

Il nous semble pertinent également de comparer nos résultats pour le facteur BMG avec les facteurs de la littérature courante. Le graphique ci-dessous représente les rendements cumulés des facteurs BMG, SMB et HML, ainsi que CMA, RMW et MOM pour la période de

2010 à 2022. Comme nous l'avons constaté, le portefeuille BMG a des rendements constamment moyens négatifs, avec une baisse plus prononcée à partir de 2014.

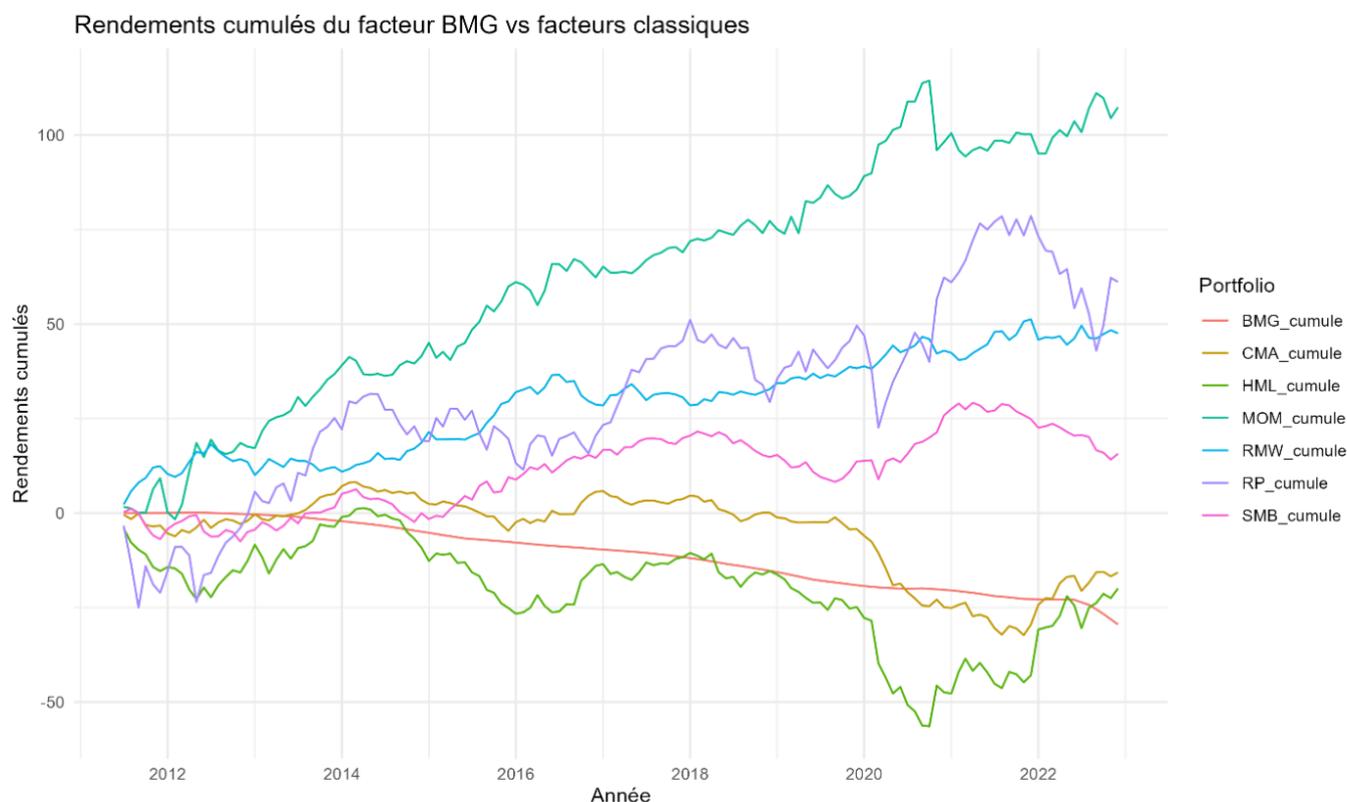
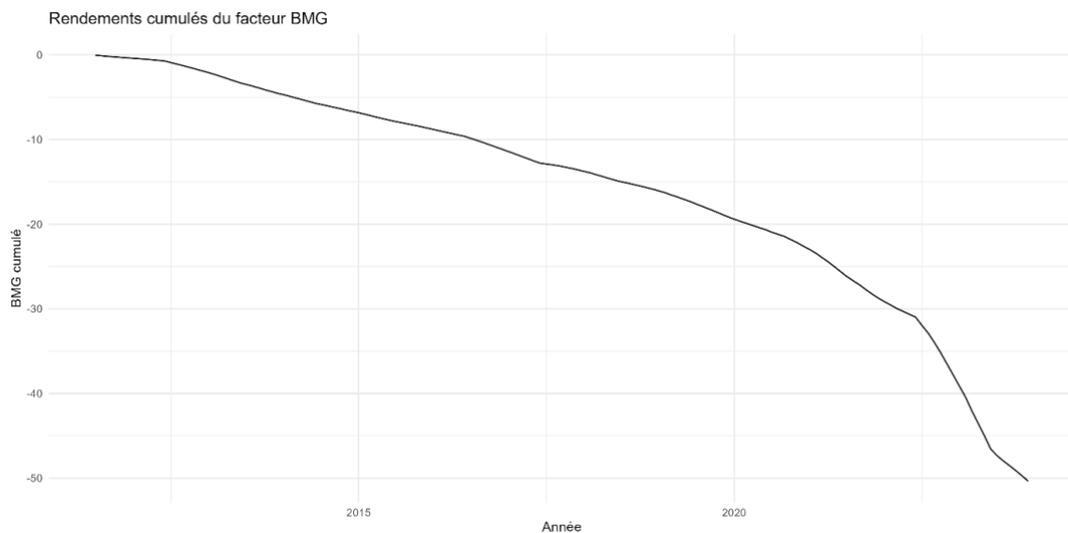


Figure 3 : Rendements cumulés du facteur BMG vs facteurs classiques

### ***B - Rendements cumulés du facteur BMG et ses comparatifs***

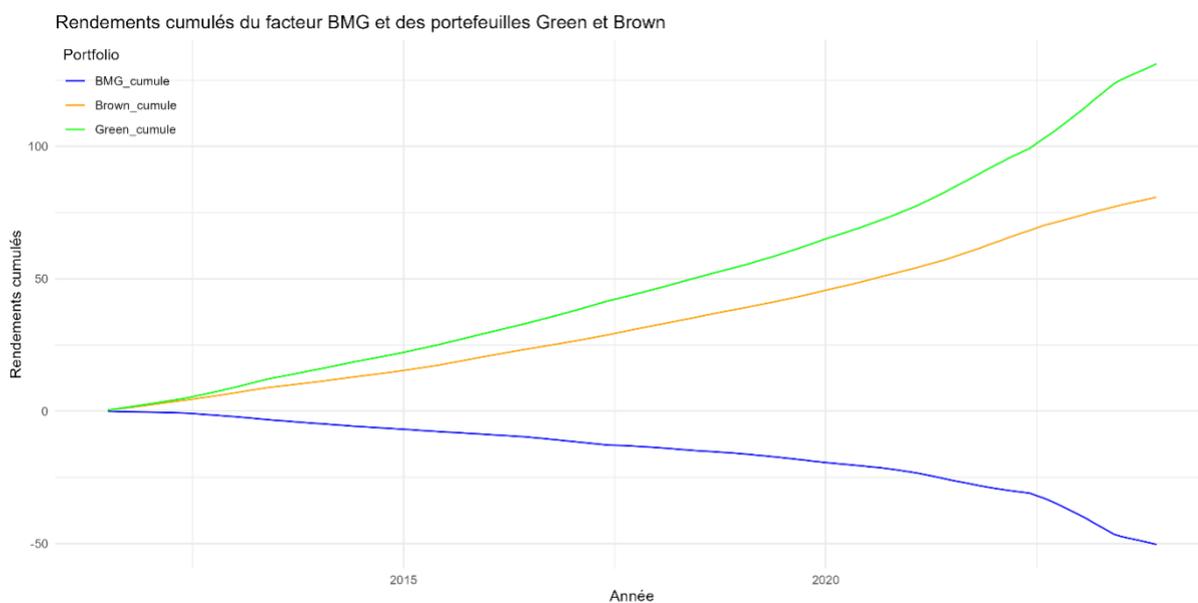
Le graphique ci-dessous présente l'évolution des rendements cumulés du facteur BMG sur une période de 20 ans, de 2011 à 2022. L'axe des abscisses représente les années, tandis que l'axe des ordonnées représente les rendements cumulés en pourcentage. Le graphique montre une tendance générale descendante des rendements cumulés du facteur BMG sur la période étudiée. À la lumière des résultats obtenus, la trajectoire descendante du facteur BMG indique que, sur la période étudiée, les entreprises brunes ont sous-performé par rapport aux entreprises vertes. Cette sous-performance est constante, soulignant un déplacement structurel des rendements en faveur des entreprises plus respectueuses de l'environnement. Cette baisse est signe d'une surperformance constante des actions verts par rapport aux actions brunes sur le marché européen. Nos résultats rejoignent les conclusions de Görgen et al. (2020) de l'absence

d'une prime de risque climat. Néanmoins, selon littérature, cette surperformance des entreprises vertes n'implique pas définitivement une exclusion totale d'une prime de risque climat. Loyson et al. (2023) confirment cette surperformance, mais, en s'appuyant sur Pastor et al. (2022) et Ardia et al. (2022), suggèrent que les actions vertes ont pu bénéficier de rendements réalisés plus élevés que les actions brunes en raison des préoccupations croissantes liées au changement climatique, tout en ayant des rendements attendus similaires, voire inférieurs.



*Figure 4 : Rendements cumulés du facteur BMG*

Cette surperformance des actions vertes par rapport aux brunes peut être observée également en comparant les rendements cumulés des portefeuilles verts et bruns.



*Figure 5 : Rendements cumulés du facteur BMG et des portefeuilles Brown et Green*

Nous constatons que le portefeuille des actions vertes affiche la meilleure performance parmi les trois portefeuilles. Il montre une croissance constante et accélérée, atteignant un rendement cumulé de presque 200 en 2022. D'autre part, nous observons que le portefeuille des actions brunes présente une croissance soutenue mais moins prononcée que celle du portefeuille vert. Il atteint un rendement cumulé d'environ 100 en 2022.

Ensuite, dans le cadre de notre analyse comparative, nous avons voulu approfondir l'analyse de la performance des portefeuilles verts et bruns en examinant les rendements cumulés de quatre types de portefeuilles sur la même période. Ces portefeuilles diffèrent selon la capitalisation boursière et le score BGS, qui mesure l'exposition au risque carbone. Les portefeuilles étudiés sont : le portefeuille vert (« Small Green » et « Big Green »), le portefeuille brun (« Small Brown » et « Big Brown »). L'objectif de cette comparaison est de comprendre comment la taille des entreprises et leur risque carbone influencent leurs performances financières.

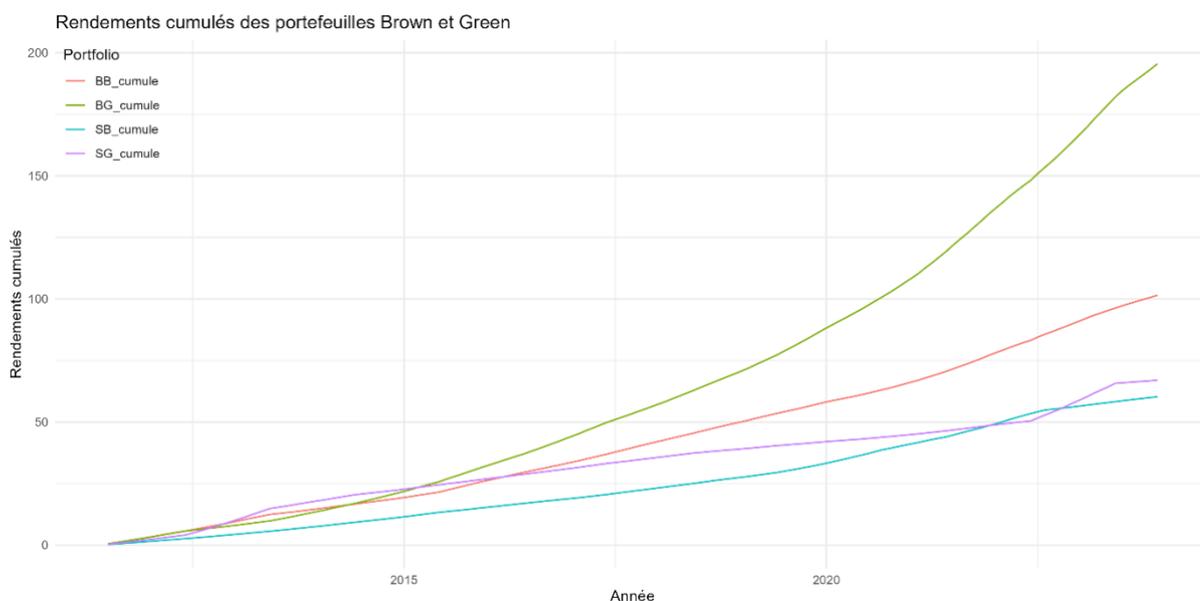


Figure 6 : Rendements cumulés des portefeuilles Small et Big Brown et Green

Nous notons que les grandes entreprises ont généralement surperformé les petites capitalisations. Ceci peut s'expliquer par le fait que les grandes capitalisations ont un modèle économique établi et éprouvé, les rendant attractif pour les investisseurs. En effet, le portefeuille *Big Green* avec un score BGS élevé a généralement surperformé tous les autres portefeuilles, alors que le portefeuille *Small Green* avait des rendements cumulés plus élevés en début de période, jusqu'à environ 2015, à partir de cette date, ces entreprises se sont vu devancer par les grandes capitalisations, mais on peut noter une reprise vers la fin de notre période d'analyse. Cela peut être le résultat d'une Europe qui souhaite gagner en compétitivité en termes d'innovation verte et de responsabilité sociétale, menant vers des rendements réalisés plus élevés pour les plus petites capitalisations moins exposées aux risques climat.

Généralement, ces résultats suggèrent une prime pour les entreprises vertes, reflétant l'importance croissante des critères ESG dans les décisions d'investissement et la transition vers une économie plus durable.

### ***C - Le facteur BMG, un facteur indispensable ?***

En ayant établi la surperformance des entreprises vertes par rapport aux entreprises brunes, et donc l'absence d'une prime de risque climat, nous souhaitons ensuite vérifier si un

facteur climat à la Fama French fournit-il des informations indépendantes sur la relation entre les performances liées au climat et les prix des actions. Pour répondre à cette question, nous analyserons les corrélations entre un facteur BMG et du modèle à cinq facteurs de Fama-French, ainsi qu'avec le facteur de Carhart (facteur *momentum*). Les résultats de cette analyse nous permettront de déterminer si le facteur climat apporte des informations uniques et indépendantes aux modèles existants.

	<b>BMG</b>	<b>RP</b>	<b>SMB</b>	<b>HML</b>	<b>RMW</b>	<b>CMA</b>	<b>MOM</b>
<b>BMG</b>	1.000	-0.094	0.086	-0.149	0.055	-0.041	0.080
<b>RP</b>	-0.094	1.000	0.122	0.279	-0.195	-0.169	-0.473
<b>SMB</b>	0.086	0.122	1.000	-0.022	-0.050	-0.228	-0.018
<b>HML</b>	-0.149	0.279	-0.022	1.000	-0.822	0.709	-0.521
<b>RMW</b>	0.055	-0.195	-0.050	-0.822	1.000	-0.552	0.394
<b>CMA</b>	-0.041	-0.169	-0.228	0.709	-0.552	1.000	-0.143
<b>MOM</b>	0.080	-0.473	-0.018	-0.521	0.394	-0.143	1.000

*Tableau 4 : Corrélation entre le facteur BMG et les facteurs communs*

Ces corrélations très faibles montrent que le facteur climat n'est pas fortement lié aux autres dimensions du modèle Fama French ou de Carhart. La plus forte corrélation, entre BMG et HML (0,149), suggère une légère relation entre les entreprises à haute valeur et les performances liées au climat, mais elle reste faible. Ces faibles corrélations indiquent que le facteur climat capture des variations des performances des entreprises non expliquées par les autres facteurs traditionnels. Par exemple, la faible corrélation (0,0943) avec le facteur de marché (RP) montre que les performances liées au climat ne sont pas simplement influencées par les rendements globaux du marché.

Cela suggère que le facteur BMG capture des dimensions des performances des actions non expliquées par les facteurs existants dans la littérature, renforçant ainsi l'importance de considérer les facteurs climat dans les modèles d'évaluation d'actifs. En intégrant le facteur climat, les investisseurs peuvent mieux appréhender les risques et opportunités liés au climat, enrichissant ainsi leur approche de l'investissement durable. Cette analyse souligne la pertinence et la nécessité d'intégrer des facteurs climatiques dans les stratégies d'investissement pour répondre aux défis actuels de la transition écologique et du développement durable.

	<i>Dependent variable:</i>				
	BMG				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constant	-0.272*** (0.019)	-0.275*** (0.019)	-0.274*** (0.020)	-0.268*** (0.019)	-0.264*** (0.021)
RP	-0.004 (0.004)	-0.003 (0.004)	-0.004 (0.004)	0.001 (0.005)	-0.0001 (0.005)
SMB		0.012 (0.011)	0.012 (0.011)	0.014 (0.012)	0.015 (0.012)
HML		-0.010 (0.007)	-0.010 (0.007)	-0.035* (0.015)	-0.039* (0.016)
MOM			-0.002 (0.007)		-0.005 (0.007)
RMW				-0.028 (0.020)	-0.028 (0.020)
CMA				0.029 (0.021)	0.032 (0.022)
Observations	138	138	138	138	138
R <sup>2</sup>	0.009	0.033	0.034	0.058	0.061
Adjusted R <sup>2</sup>	0.002	0.012	0.005	0.022	0.018
Residual Std. Error	0.220	0.219	0.220	0.218	0.218
F Statistic	1.220	1.548	1.170	1.614	1.408
<i>Note:</i>	* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001				

*Tableau 5 : Régression du facteur BMG sur les facteurs communs*

Les résultats du modèle montrent que le coefficient constant est négatif allant de -0.272 pour le modèle MEDAF à -0.264 pour un modèle à six facteurs, incluant les facteurs de Fama French et Carhart, avec un niveau de significativité de 0.001 (*Note du Tableau 5*), suggérant que les entreprises brunes sous-performent systématiquement par rapport aux entreprises vertes. Nous pouvons surtout noter que le coefficient pour le facteur de marché RP est -0.004, non significatif, indiquant que ces différences de rendements entre les entreprises vertes et brunes ne peuvent pas être expliquées par la variabilité du marché. De plus, le R<sup>2</sup> ajusté étant seulement de 0,002 montre que le modèle explique une très petite part de la variabilité du BMG.

Globalement, les résultats montrent que les facteurs de risque traditionnels expliquent mal les variations du facteur BMG. Les coefficients constants significativement négatifs dans tous les modèles suggèrent une sous-performance systématique des entreprises brunes par rapport aux entreprises vertes. Le faible R<sup>2</sup> dans chaque modèle indique que les facteurs

traditionnels expliquent une très petite partie de la variabilité du BMG. De plus, le test de statistique F montre que, globalement, les modèles ne sont pas statistiquement significatifs pour expliquer le facteur BMG.

Ainsi, le constat d'une sous-performance systématique des entreprises brunes et le faible pouvoir explicatif des modèles étudiés soulignent la nécessité d'inclure des facteurs spécifiques au climat dans les modèles d'évaluation financière pour mieux capturer les risques et opportunités associés à la transition vers une économie plus verte. En effet, il apparaît que les facteurs de risque traditionnels, bien qu'essentiels dans l'analyse financière classique, ne parviennent pas à expliquer de manière satisfaisante les variations du facteur BMG. En intégrant un facteur climat, les analystes et les investisseurs peuvent obtenir une vision plus précise et complète des performances attendues des entreprises dans un contexte de changement climatique.

### **III - Un facteur BMG permet-il de mieux rendre compte des différences de rendement sur le marché ?**

---

En ayant montré la pertinence du facteur climat, en tant que facteur capturant des différences de rendements inexplicables par les facteurs classiques de la littérature existante, en tant que facteur dont la corrélation avec les facteurs communs de Fama French et Carhart, est faible, nous souhaitons ensuite aller plus loin dans l'analyse de la pertinence d'un tel facteur, en explorant son impact sur le pouvoir explicatif des modèles à facteurs existants. Ainsi, en suivant toujours la démarche de Gørgen et al. (2020), nous appliquons la méthode de l'analyse quintile de portefeuille.

En obtenant les portefeuilles quintiles, nous construisons ensuite nos modèles avec les facteurs suivant :

Variable	N	Moyenne	Écart-type	t_stat
BMG	138	-0.17	0.22	-8.69
RP	138	0.44	4.96	1.05
SMB	138	0.11	1.69	0.79
HML	138	-0.14	2.95	-0.58
RMW	138	0.34	1.66	2.44
CMA	138	-0.11	1.54	-0.87
MOM	138	0.78	3.29	2.78

Tableau 6 : Facteur BMG selon la méthode des quintiles et autres facteurs communs

### A - Le BMG et le modèle MEDAF

	Dependent variable:				Dependent variable:					
	Most_Brown		Brown		Neutral		Green		Most_Green	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constant	0.625*** (0.002)	0.703*** (0.002)	0.287*** (0.001)	0.342*** (0.001)	0.437*** (0.001)	0.479*** (0.002)	1.062*** (0.003)	0.934*** (0.003)	0.841*** (0.002)	0.703*** (0.002)
RP	0.002*** (0.0003)	0.003*** (0.0003)	0.002*** (0.0001)	0.003*** (0.0001)	0.002*** (0.0002)	0.003*** (0.0002)	0.002** (0.001)	-0.00002 (0.001)	0.005*** (0.0004)	0.003*** (0.0003)
BMG		0.361*** (0.007)		0.253*** (0.003)		0.198*** (0.005)		-0.594*** (0.011)		-0.639*** (0.007)
Observations	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339
R <sup>2</sup>	0.001	0.049	0.006	0.159	0.002	0.029	0.0002	0.056	0.003	0.142
Adjusted R <sup>2</sup>	0.001	0.049	0.006	0.159	0.002	0.029	0.0002	0.055	0.003	0.142
Residual Std. Error	0.369	0.360	0.145	0.134	0.269	0.265	0.570	0.554	0.388	0.360
F Statistic	30.806***	1,279.008***	296.715***	4,677.183***	81.309***	745.494***	9.811**	1,450.331***	172.736***	4,069.125***

Note: \* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001

Tableau 7 : Le BMG et le modèle MEDAF

## B - Le BMG et le modèle Fama French à trois facteurs

	Fama French 3 facteurs vs FF3 + BMG				Fama French 3 facteurs vs FF3 + BMG					
	Dependent variable:				Dependent variable:					
	Most_Brown		Brown		Neutral		Green		Most_Green	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constant	0.626*** (0.002)	0.703*** (0.002)	0.287*** (0.001)	0.341*** (0.001)	0.438*** (0.001)	0.479*** (0.002)	1.066*** (0.003)	0.935*** (0.003)	0.844*** (0.002)	0.703*** (0.002)
RP	-0.001** (0.0004)	0.0003 (0.0003)	0.001*** (0.0001)	0.002*** (0.0001)	-0.0005 (0.0003)	0.0002 (0.0003)	-0.002** (0.001)	-0.004*** (0.001)	0.003*** (0.0004)	0.0003 (0.0003)
SMB	0.018*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.012*** (0.0004)	0.007*** (0.0004)	0.014*** (0.001)	0.010*** (0.001)	-0.001 (0.002)	0.012*** (0.002)	-0.004*** (0.001)	0.010*** (0.001)
HML	0.013*** (0.001)	0.013*** (0.001)	0.007*** (0.0002)	0.007*** (0.0002)	0.013*** (0.0004)	0.013*** (0.0004)	0.021*** (0.001)	0.021*** (0.001)	0.014*** (0.001)	0.013*** (0.001)
BMG		0.352*** (0.007)		0.246*** (0.003)		0.189*** (0.005)		-0.603*** (0.011)		-0.648*** (0.007)
Observations	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339
R <sup>2</sup>	0.016	0.061	0.042	0.183	0.026	0.050	0.011	0.067	0.014	0.152
Adjusted R <sup>2</sup>	0.016	0.061	0.042	0.183	0.026	0.050	0.011	0.067	0.014	0.152
Residual Std. Error	0.366	0.358	0.143	0.132	0.266	0.262	0.567	0.551	0.386	0.358
F Statistic	266.097***	802.285***	713.081***	2,765.897***	434.749***	653.682***	185.770***	883.033***	229.656***	2,214.794***

Note: \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Tableau 8 : Le BMG et le modèle Fama French à trois facteurs

## C - Le BMG et le modèle Carhart

	Dependent variable:				Dependent variable:					
	Most_Brown		Brown		Neutral		Green		Most_Green	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constant	0.629*** (0.002)	0.706*** (0.002)	0.286*** (0.001)	0.340*** (0.001)	0.436*** (0.001)	0.478*** (0.002)	1.069*** (0.003)	0.938*** (0.004)	0.847*** (0.002)	0.706*** (0.002)
RP	-0.002*** (0.0004)	-0.001 (0.0004)	0.001*** (0.0001)	0.002*** (0.0001)	-0.0001 (0.0003)	0.001* (0.0003)	-0.003*** (0.001)	-0.005*** (0.001)	0.002*** (0.0004)	-0.001 (0.0004)
SMB	0.018*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.012*** (0.0004)	0.007*** (0.0004)	0.014*** (0.001)	0.010*** (0.001)	-0.001 (0.002)	0.012*** (0.002)	-0.004*** (0.001)	0.010*** (0.001)
HML	0.011*** (0.001)	0.011*** (0.001)	0.007*** (0.0003)	0.007*** (0.0002)	0.013*** (0.0005)	0.013*** (0.0005)	0.019*** (0.001)	0.019*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.011*** (0.001)
MOM	-0.003*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	0.001*** (0.0003)	0.001*** (0.0002)	0.002*** (0.0005)	0.002*** (0.0005)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)
BMG		0.352*** (0.007)		0.246*** (0.003)		0.189*** (0.005)		-0.603*** (0.011)		-0.648*** (0.007)
Observations	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339
R <sup>2</sup>	0.016	0.062	0.042	0.183	0.026	0.051	0.011	0.067	0.014	0.153
Adjusted R <sup>2</sup>	0.016	0.062	0.042	0.183	0.026	0.050	0.011	0.067	0.014	0.153
Residual Std. Error	0.366	0.358	0.143	0.132	0.266	0.262	0.567	0.551	0.386	0.358
F Statistic	206.712***	648.987***	539.639***	2,216.505***	329.290***	525.259***	143.410***	709.381***	181.420***	1,779.742***

Note: \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Tableau 9 : Le BMG et le modèle Carhart

## D - Le BMG et le modèle Fama French à cinq facteurs

	Dependent variable:				Dependent variable:					
	Most_Brown		Brown		Neutral		Green		Most_Green	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constant	0.614*** (0.002)	0.695*** (0.002)	0.278*** (0.001)	0.333*** (0.001)	0.423*** (0.001)	0.464*** (0.002)	1.046*** (0.003)	0.922*** (0.003)	0.830*** (0.002)	0.695*** (0.002)
RP	-0.011*** (0.0004)	-0.010*** (0.0004)	-0.001*** (0.0002)	-0.0003* (0.0001)	-0.0003 (0.0003)	0.00004 (0.0003)	-0.018*** (0.001)	-0.019*** (0.001)	-0.009*** (0.0004)	-0.010*** (0.0004)
SMB	0.009*** (0.001)	0.0002 (0.001)	0.014*** (0.0004)	0.008*** (0.0004)	0.020*** (0.001)	0.015*** (0.001)	-0.015*** (0.002)	-0.002 (0.002)	-0.014*** (0.001)	0.0002 (0.001)
HML	0.069*** (0.001)	0.072*** (0.001)	0.025*** (0.001)	0.027*** (0.0005)	0.033*** (0.001)	0.035*** (0.001)	0.111*** (0.002)	0.106*** (0.002)	0.078*** (0.001)	0.072*** (0.001)
RMW	0.048*** (0.002)	0.050*** (0.002)	0.032*** (0.001)	0.033*** (0.001)	0.052*** (0.001)	0.053*** (0.001)	0.077*** (0.003)	0.074*** (0.003)	0.053*** (0.002)	0.050*** (0.002)
CMA	-0.079*** (0.002)	-0.085*** (0.002)	-0.007*** (0.001)	-0.011*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.007*** (0.001)	-0.127*** (0.003)	-0.119*** (0.003)	-0.094*** (0.002)	-0.085*** (0.002)
BMG		0.373*** (0.007)		0.250*** (0.003)		0.191*** (0.005)		-0.573*** (0.011)		-0.627*** (0.007)
Observations	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339	49,339
R <sup>2</sup>	0.061	0.112	0.083	0.229	0.061	0.086	0.060	0.110	0.069	0.198
Adjusted R <sup>2</sup>	0.061	0.112	0.083	0.229	0.061	0.086	0.060	0.110	0.069	0.198
Residual Std. Error	0.358	0.348	0.140	0.128	0.261	0.257	0.553	0.538	0.375	0.348
F Statistic	644.385***	1,036.454***	897.053***	2,448.690***	639.860***	771.995***	633.187***	1,019.498***	732.976***	2,032.028***

Note: \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Tableau 10 : Le BMG et le modèle Fama French à cinq facteurs

Avant d'interpréter les résultats, il faut noter que les valeurs du RP (bêta du marché) sont proches de zéro dans notre modèle sur différents portefeuilles et pour différents portefeuilles, ce qui est inhabituel, car le bêta du marché quantifie généralement la réactivité d'un actif ou d'un portefeuille aux mouvements du marché. Normalement, un bêta proche de 1 suggère que les rendements du portefeuille évoluent avec le marché. Étant donné que les bêtas du marché sont proches de zéro dans notre modèle, il est important d'interpréter les résultats avec prudence puisqu'il semblerait que les rendements des portefeuilles étudiés ne semblent pas être corrélés de manière significative aux mouvements du marché global. Il est possible que ce comportement soit dû à des caractéristiques spécifiques des portefeuilles étudiés ou à des limitations du modèle utilisé.

Dans le prolongement de l'avertissement précédent, on observe également des valeurs de R<sup>2</sup> et de R<sup>2</sup> ajusté généralement faibles, en particulier pour les modèles classiques. Cela indique que nos modèles n'expliquent qu'une faible part de la variabilité des rendements. Les valeurs de R<sup>2</sup> ajusté suivent la même tendance, ce qui suggère que nos modèles ne sont généralement pas

très prédictifs. Néanmoins, on peut toujours s'appuyer sur les résultats pour comprendre l'influence du BMG sur les modèles existants.

Les valeurs  $R^2$  et  $R^2$  ajusté, ainsi que les niveaux de signification indiqués par les p-value, fournissent des informations importantes sur le pouvoir explicatif et la fiabilité statistique des modèles examinés, ainsi que sur la pertinence de l'inclusion d'un facteur climat aux modèles existants, en particulier en comparant des modèles sans le facteur BMG (modèle 1 dans chaque portefeuille) à ceux avec le facteur BMG inclus (modèle 2 dans chaque portefeuille). Généralement, le  $R^2$  est plus élevé pour les modèles incluant le facteur BMG, indiquant un effet améliorant le pouvoir explicatif des modèles, et ceci pour tous les portefeuilles. En commençant avec le MEDAF, sans le BMG, le  $R^2$  varie de 0,001 à 0,003 pour les cinq portefeuilles, avec le BMG, le  $R^2$  augmente pour tous les portefeuilles, allant de 0,49 à 0,159, indiquant un pouvoir explicatif amélioré avec l'ajout de BMG, bien qu'il reste toutefois toujours très bas, puisque seul 0,49%) 1,6% de la variabilité des rendements des entreprises du portefeuille est expliquée. Cette capacité du facteur BMG d'améliorer le pouvoir explicatif des modèles à facteurs communs est notamment confirmé par une baisse de l'erreur type résiduelle une fois le facteur BMG ajouté. Des conclusions similaires peuvent être tirées en comparant les autres modèles sans et avec le BMG. Ces constats sont en accord avec les conclusions de Gørgen et al. (2020), qui notent également que le facteur BMG est capable d'améliorer le pouvoir explicatif des modèles à facteurs communs.

Si l'on se penche sur les bêtas du BMG, ils sont constamment significatifs dans tous les modèles lorsqu'ils y sont ajoutés, et pour tous les portefeuilles, généralement avec des valeurs  $p < 0,01$ , indiquant une forte pertinence statistique. Il est intéressant de noter que le facteur BMG présente souvent des coefficients négatifs pour les portefeuilles plus verts et positifs pour les portefeuilles plus bruns, il capture donc efficacement les différences de performance liées au risque climat. De plus, cela est signe du fait que les entreprises avec un BGS bas, i.e. les entreprises brunes, montrent une exposition anticipée au risque climat élevée, alors qu'au contraire, les entreprises dans les portefeuilles « Most Green » et « Green » présentent des attentes d'un risque climat moins élevé.

## **V. CONCLUSION**

La littérature sur le risque climat et sa prise en compte par le marché manque de consensus quant à l'effective prise en compte du risque climat par les investisseurs, et concrètement quant à l'existence d'une prime de risque associée à l'exposition d'une entreprise aux risques climat. Nous avons donc voulu tirer partie de ces résultats divergents pour explorer le risque climat sur le marché européen, en prenant comme univers d'analyse le STOXX600, à la différence de nombreuses études portant sur le marché global ou états-unien.

En s'inspirant de nombreuses littératures émergentes sur ce sujet, nous avons construit un facteur Brown-Minus-Green, en partant d'un score climat propre, créé en suivant la méthodologie de Gørgen et al., (2020). Notre score Brown-Green-Score (BGS), nom choisi en premier par Gørgen, est ainsi une aggrégation de différents scores climat, visant à capturer le risque climat auquel une entreprise est susceptible d'être exposée tout au long de sa chaîne de valeur. Les entreprises de notre échantillon sont ainsi notées en prenant en compte leur impact direct sur les enjeux climat, à travers leur intensité carbone scope 1 et 2, mais aussi en fonction de leurs objectifs et résultats de décarbonation, ainsi que leur gestion de leur chaîne d'approvisionnement face aux risques climat. Le facteur BMG révèle ainsi la différence de rendements entre les entreprises brunes, dont le score BGS est bas, et les entreprises vertes dont le score BGS est élevé.

Cette approche nous permet de conclure que sur le marché européen, les actions vertes surperforment les actions brunes, ce qui suggère l'absence d'une prime de risque climat, puisque le BMG moyen sur la période d'analyse (2010-2022) est négatif. Les rendements réalisés des entreprises vertes étant en moyenne supérieurs aux rendements des entreprises brunes, il semblerait que les investisseurs ne demandent pas à être rémunérés par la contraction d'un risque climat. Il s'agit de noter néanmoins, que nous ne pouvons pas confirmer l'absence total d'une prime de risque climat, Pastor et al. (2022) justifient la surperformance des actions vertes par rapport aux actions brunes par les préoccupations climatiques croissantes, ceci est encore plus vrai pour le marché européen.

Une analyse plus approfondie montre ensuite que le facteur BMG fournit des informations uniques et indépendantes des modèles financiers traditionnels tels que ceux proposés par Fama-French ou Carhart. Il capture les variations de performance des entreprises qui ne sont pas expliquées par d'autres facteurs courants, ce qui renforce l'importance de prendre en compte les facteurs climat dans les modèles d'évaluation des actifs. En effet, en

appliquant la méthode d'analyse de portefeuille de quintile, nous avons pu notamment conclure un pouvoir explicatif amélioré des modèles à facteurs communs en incluant un facteur BMG. Cela nous permet d'avancer la pertinence d'une évolution vers l'intégration des considérations environnementales dans des analyses financières et des stratégies d'investissement plus larges afin de mieux gérer les risques et les opportunités associés à la transition vers une économie bas-carbone.

## **I - Voies de recherches**

---

L'objectif principal de ce mémoire était d'examiner l'état actuel des connaissances, en s'appuyant sur la littérature académique contemporaine, afin d'explorer des alternatives permettant de concilier le système financier avec la transition nécessaire vers une économie bas-carbone.

L'étude principale reproduite dans notre méthodologie, celle de Gørgen et al., représente une avancée significative dans la mesure du risque carbone pour les entreprises. La méthodologie et les résultats présentés par les auteurs pourraient être une ressource précieuse aux investisseurs et aux fournisseurs de données qui cherchent à approfondir leur compréhension du rôle du risque carbone et du changement climatique dans le processus de fixation des prix des actifs à l'échelle mondiale. C'est pourquoi nous avons choisi de l'adapter, tenant compte à la fois de nos contraintes de ressources et des conclusions tirées de notre compilation de revue littéraire.

Par ailleurs, notre étude porte uniquement sur le marché européen, en estimant qu'avec les régulations mises en place et la position de l'Europe sur les enjeux écologiques, les entreprises sont susceptibles d'être plus exposées au risque climat, en particulier aux risques liés à la transition vers une économie bas carbone. En effet, dans le contexte de la transition, on peut voir déjà apparaître des concepts comme celui des stranded assets, actifs échoués, dont la valeur se déprécie plus vite que prévu. Néanmoins, il serait pertinent de comparer les résultats du BGS dans différentes régions géographiques, ainsi que le facteur BMG associé, pour voir comment les différents contextes réglementaires, facteurs culturels et les conditions économiques influençant les scores et le comportement des investisseurs.

Dans un contexte où la prise de conscience des défis liés au changement climatique s'intensifie, l'urgence d'intégrer les risques climat dans les décisions d'investissement et l'évaluation des actifs financiers est devenue évidente. En effet, rappelons-le, le consensus scientifique, comme illustré par les rapports du GIEC, est clair sur le lien entre les émissions de GES et le changement climatique. Pourtant, malgré cette corrélation évidente, les niveaux actuels de financement dédié au climat demeurent nettement inférieurs aux flux de financement des énergies fossiles. Il est important de noter que, même si les entreprises affichent des progrès au fil des années, la prise de conscience des risques financiers associés au changement climatique reste *en retard* parmi les investisseurs, les entreprises et le grand public.

Alors que les gouvernements examinent la tarification du carbone, que le soutien du public aux actions climatiques s'intensifie et que les entreprises fournissent des efforts pour réduire leur intensité carbone, comme le démontrent nos résultats du BGS par exemple, une vision commune du risque carbone peut émerger sur les marchés ; et pour cela, il faudrait poursuivre les recherches.

## **II - Limites de l'étude**

---

Comme mentionné précédemment dans la partie Méthodologie, notre étude a été réalisée avec des ressources limitées, contrairement aux quatre fournisseurs de données utilisés par Gørgen et al. Cela a pu influencer la profondeur et l'étendue des analyses que nous avons pu effectuer, en particulier en termes de diversité des sources de données. Ceci surtout étant donné que, comme on l'a mentionné, la littérature surligne les incohérences qui peuvent exister entre les notes ESG de différents fournisseurs, conséquence des différences méthodologiques

En effet, les incohérences entre les différents fournisseurs de données ESG peuvent entraîner des divergences significatives dans les évaluations des performances ESG d'une même entreprise. Ces variations dans les méthodologies de collecte et de notation peuvent créer des écarts importants dans les comparaisons des informations. Les données ESG ne sont pas toujours précises et cohérentes, en particulier avant 2010. Nous avons dû effectivement supprimer les indicateurs antérieurs à cette date et écarter les entreprises pour lesquelles nous

n'avions pas tous les indicateurs nécessaires. Cette limitation a restreint notre échantillon, ce qui peut affecter la généralisation de nos conclusions. Améliorer l'accès à des bases de données plus vastes et cohérentes permettrait de renforcer la robustesse des conclusions, minimiser les incohérences et offrir une vision plus complète.

Le problème des données est notamment celui de l'utilisation des données historiques pour identifier le risque climat, or traiter les enjeux climat nécessite une analyse sur le long-terme, qui prend en compte les risques futurs. Surtout puisque notre analyse, et celle de la littérature étudiée, d'un facteur BMG négatif, pointe vers une inefficacité du marché dans la prise en compte des risques climat, un marché qui ne réagit pas d'une manière suffisante aux risques liées à la transition vers une économie bas-carbone, ceci même en Europe, où la réglementation est plus stricte sur ce sujet. Ainsi, d'autres recherches existantes, dont Campiglio et al. (2023), avancent une nécessité de développer des « forward looking » méthodes.

Et pour finir, notre analyse est sujet à des erreurs statistiques, à savoir le problème identifié dans notre analyse du pouvoir explicatif du facteur climat pour les modèles classiques existants. Ainsi, nous ne pouvons pas garantir que le facteur BMG soit pertinent pour les modèles de gestion d'actifs. Nos résultats semblent néanmoins s'aligner sur les conclusions de Gørgen et al., ce que nous percevons comme positif.



## **VI. RÉFÉRENCES**

Alessi, L., Ossola, E. and Panzica, R., 2021. What greenium matters in the stock market? The role of greenhouse gas emissions and environmental disclosures. *Journal of Financial Stability*, [online] 54, p.100869. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2021.100869>.

Alessi, L., Ossola, E. and Panzica, R., 2023. When do investors go green? Evidence from a time-varying asset-pricing model. *International Review of Financial Analysis*, [online] 90, p.102898. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102898>.

Anttila-Hughes, J.K., 2016. Financial market response to extreme events indicating climatic change. *The European Physical Journal Special Topics*, [online] 225(3), pp.527–538. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-50098-6>.

Ardia, D., Bluteau, K., Boudt, K. and Inghelbrecht, K., 2020. Climate Change Concerns and the Performance of Green Versus Brown Stocks. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3717722>.

Bauer, M.D., Huber, D., Rudebusch, G.D. and Wilms, O., 2022. Where is the carbon premium? Global performance of green and brown stocks. *Journal of Climate Finance*, [online] 1, p.100006. <https://doi.org/10.1016/j.jclimf.2023.100006>.

Bernardini, E., Di Giampaolo, J., Faiella, I. and Poli, R., 2021. The impact of carbon risk on stock returns: evidence from the European electric utilities. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, [online] 11(1), pp.1–26. <https://doi.org/10.1080/20430795.2019.1569445>.

Bloomberg, 2021. ESG assets may hit \$53 trillion by 2025, a third of global AUM | Insights. Bloomberg Professional Services. [online] 23 Feb. Available at: <<https://www.bloomberg.com/professional/insights/trading/esg-assets-may-hit-53-trillion-by-2025-a-third-of-global-aum/>> [Accessed 27 April 2024].

Bolton, P., Despres, M., Pereira da Silva, L.A., Samama, F. and Svartzman, R., 2020. The green swan. [BIS Books] Bank for International Settlements. Available at: <<https://econpapers.repec.org/bookchap/bisbisbks/31.htm>> [Accessed 27 April 2024].

Bolton, P. and Kacperczyk, M., 2021. Do investors care about carbon risk? *Journal of Financial Economics*, [online] 142(2), pp.517–549. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>.

Bolton, P. and Kacperczyk, M.T., 2020. Carbon Premium Around the World. Available at: <<https://papers.ssrn.com/abstract=3594188>> [Accessed 17 April 2024].

Bolton, P. and Kacperczyk, M.T., 2022. Global Pricing of Carbon-Transition Risk. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3550233>.

Busch, T., Bassen, A., Lewandowski, S. and Sump, F., 2022. Corporate Carbon and Financial Performance Revisited. *Organization & Environment*, [online] 35(1), pp.154–171. <https://doi.org/10.1177/1086026620935638>.

Byrd, J. and Cooperman, E.S., 2018. Investors and stranded asset risk: evidence from shareholder responses to carbon capture and sequestration (CCS) events. *Journal of Sustainable*

Finance & Investment, [online] 8(2), pp.185–202.  
<https://doi.org/10.1080/20430795.2017.1418063>.

Campiglio, E., Daumas, L., Monnin, P. and Von Jagow, A., 2023. Climate-related risks in financial assets. *Journal of Economic Surveys*, [online] 37(3), pp.950–992.  
<https://doi.org/10.1111/joes.12525>.

Chava, S., 2014. Environmental Externalities and Cost of Capital. *Management Science*, [online] 60(9), pp.2223–2247. Available at: <<https://www.jstor.org/stable/24550583>> [Accessed 5 March 2024].

Cochrane, J.H., 2011. Presidential Address: Discount Rates. *The Journal of Finance*, [online] 66(4), pp.1047–1108. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2011.01671.x>.

Cochrane, J.H., Moskowitz, T.J. and Fama, E.F. eds., 2017. *The Fama portfolio: selected papers of Eugene F. Fama*. Chicago: The University of Chicago Press.

Dietz, S., Gollier, C. and Kessler, L., 2018. The climate beta. *Journal of Environmental Economics and Management*, [online] 87, pp.258–274.  
<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.07.005>.

Dieye, A.N., 2019. Asset Return Determinants. [online] L'université Lumière Lyon 2. Available at: <[https://theses.hal.science/tel-02476414v1/file/resumefr\\_internet\\_dieye\\_an\\_annexe.pdf](https://theses.hal.science/tel-02476414v1/file/resumefr_internet_dieye_an_annexe.pdf)>.

Engle, R.F., Giglio, S., Lee, H., Kelly, B.T. and Stroebel, J., 2019. Hedging Climate Change News. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3317570>.

European Central Bank, 2024. Gérer les risques liés au climat. [online] Available at: <[https://www.ecb.europa.eu/ecb/climate/managing\\_mitigating\\_climatel\\_risk/html/index.fr.html](https://www.ecb.europa.eu/ecb/climate/managing_mitigating_climatel_risk/html/index.fr.html)> [Accessed 17 April 2024].

Faccini, R., Matin, R. and Skiadopoulos, G.S., 2021. Dissecting Climate Risks: Are they Reflected in Stock Prices? <https://doi.org/10.2139/ssrn.3795964>.

Gimeno, R. and Gonzalez, C.I., 2022. The Role of a Green Factor in Stock Prices. When Fama & French Go Green. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4064848>.

Görgen, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Riordan, R., Rohleder, M. and Wilkens, M., 2020. Carbon Risk. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2930897>.

Grandjean, A. and Lefournier, J., 2021. *L'illusion de la finance verte*. Ivry-sur-Seine: Les éditions de l'Atelier.

Griffin, P.A., Jaffe, A.M., Lont, D.H. and Dominguez-Faus, R., 2015. Science and the stock market: Investors' recognition of unburnable carbon. *Energy Economics*, [online] 52, pp.1–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.08.028>.

H. Lee and J. Romero, 2023. IPCC, 2023: Summary for Policymakers. [online] Available at: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>> [Accessed 25 February 2024].

Hartzmark, S.M. and Sussman, A.B., 2019. Do Investors Value Sustainability? A Natural Experiment Examining Ranking and Fund Flows. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3016092>.

Harvey, C.R., Liu, Y. and Zhu, H., 2016. ... and the Cross-Section of Expected Returns. *The Review of Financial Studies*, [online] 29(1), pp.5–68. Available at: <<https://www.jstor.org/stable/43866011>> [Accessed 17 April 2024].

Hendrickson, C., Horvath, A., Joshi, S. and Lave, L., 1998. Economic Input–Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment. *Environmental Science & Technology*, [online] 32(7), pp.184A-191A. <https://doi.org/10.1021/es983471i>.

Hong, H., Li, F.W. and Xu, J., 2019. Climate risks and market efficiency. *Journal of Econometrics*, [online] 208(1), pp.265–281. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2018.09.015>.

Hsu, P.-H., Li, K. and Tsou, C.-Y., 2022. The Pollution Premium. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3578215>.

Huij, J., Laurs, D., Stork, P.A. and Zwinkels, R.C.J., 2023. Carbon Beta: A Market-Based Measure of Climate Transition Risk Exposure. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3957900>.

In, S.Y., Park, K.Y. and Monk, A., 2019. Is ‘Being Green’ Rewarded in the Market?: An Empirical Investigation of Carbon Emission Intensity and Stock Returns. Available at: <<https://papers.ssrn.com/abstract=3020304>> [Accessed 17 April 2024].

Karydas, C. and Xepapadeas, A., 2022. Climate change financial risks: Implications for asset pricing and interest rates. *Journal of Financial Stability*, [online] 63, p.101061. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2022.101061>.

Larcker, D.F. and Watts, E.M., 2020. Where’s the greenium? *Journal of Accounting and Economics*, [online] 69(2), p.101312. <https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2020.101312>.

Limaiem, I., 2009. Les facteurs du modèle de Fama et French : cas du marché des actions canadiennes. [online] Université du Québec à Montréal. Available at: <<https://archipel.uqam.ca/2202/1/M10858.pdf>>.

Loyson, P., Luijendijk, R. and van Wijnbergen, S., 2023. The pricing of climate transition risk in Europe’s equity market. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4540103>.

Monasterolo, I. and de Angelis, L., 2020. Blind to carbon risk? An analysis of stock market reaction to the Paris Agreement. *Ecological Economics*, [online] 170, p.106571. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106571>.

Mosoeu, S. and Kodongo, O., 2022. The Fama-French five-factor model and emerging market equity returns. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, [online] 85, pp.55–76. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.10.023>.

Oestreich, A.M. and Tsiakas, I., 2015. Carbon emissions and stock returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme. *Journal of Banking & Finance*, [online] 58, pp.294–308. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.05.005>.

Pastor, L., Stambaugh, R.F. and Taylor, L.A., 2022. Dissecting Green Returns. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3864502>.

Pedersen, L.H., Fitzgibbons, S. and Pomorski, L., 2021. Responsible investing: The ESG-efficient frontier. *Journal of Financial Economics*, [online] 142(2), pp.572–597. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2020.11.001>.

Roncalli, T., Le Guenedal, T., Lepetit, F., Roncalli, T. and Sekine, T., 2020. Measuring and Managing Carbon Risk in Investment Portfolios. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3681266>.

Rostad, M. and Myking, M.A., 2020. Climate change: the transition risk: an empirical analysis of the inclusion of a Green-Minus-Brown factor in common factor models. [Master thesis] Available at: <<https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/handle/11250/2737161>> [Accessed 19 February 2024].

The Economist, 2022. Three letters that won't save the planet - Special Report. The Economist. [online] Available at: <<https://www.economist.com/leaders/2022/07/21/esg-should-be-boiled-down-to-one-simple-measure-emissions>> [Accessed 5 March 2024].

Trinks, A., Scholtens, B., Mulder, M. and Dam, L., 2018. Fossil Fuel Divestment and Portfolio Performance. *Ecological Economics*, [online] 146, pp.740–748. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.036>.

UNEP Finance Initiative, 2021. Changing course: A comprehensive investor guide to scenario-based methods for climate risk assessment, in response to the TFCDD | PreventionWeb. [online] Available at: <<https://www.preventionweb.net/publication/changing-course-comprehensive-investor-guide-scenario-based-methods-climate-risk-0>> [Accessed 5 March 2024].

Usher, B., 2022. Investing in the Era of Climate Change. Columbia Business School Publishing.

Wen, F., Wu, N. and Gong, X., 2020. China's carbon emissions trading and stock returns. *Energy Economics*, [online] 86, p.104627. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104627>.

## **VII. ANNEXES**

## Annexe 1 : Répartition de l'échantillonnage par secteur d'activité

Secteur.d.activité	Nombre.d.entreprises
Aérospatiale et Défense	12
Fret Aérien et Logistique	2
Composants Automobile	4
Automobiles	4
Banques	35
Boissons	10
Biotechnologie	2
Vente au Détail Généraliste	1
Produits de Construction	7
Marchés de Capitaux	16
Produits Chimiques	19
Services et Fournitures Commerciales	3
Équipement de Communication	2
Construction et Ingénierie	10
Matériaux de Construction	5
Distribution et Vente au Détail de Produits de Base	8
Conteneurs et Emballages	3
Distributeurs	2
Services aux Consommateurs Diversifiés	1
FPI Diversifiés	4
Services de Télécommunications Diversifiés	10
Services de Services Électriques	11
Équipement Électrique	7
Équipement Électronique, Instruments et Composants	3
Équipement et Services Énergétiques	2
Divertissement	2
Services Financiers	9
Produits Alimentaires	12
Services de Gaz	4
Équipement et Fournitures de Soins de Santé	12
Fournisseurs et Services de Soins de Santé	3
FPI de Soins de Santé	1
Technologie de Soins de Santé	1
Hôtels, Restaurants et Loisirs	9
Produits Durables pour la Maison	9
Produits pour la Maison	2
Producteurs d'Électricité Indépendants et Renouvelables	3
Conglomérats Industriels	4
FPI Industriels	2
Assurances	24
Services de Médias Interactifs	1
Services Informatiques	7
Produits de Loisirs	1
Outils et Services de Sciences de la Vie	6
Machines	25
Transport Maritime	2
Médias	6
Métaux et Mines	12
Services Publics Diversifiés	7
FPI de Bureaux	2
Pétrole, Gaz et Consommables	11
Produits de Papier et de Forêt	4
Compagnies Aériennes de Passagers	3
Produits de Soins Personnels	3
Produits Pharmaceutiques	13
Services Professionnels	11
Gestion et Développement Immobilier	7
FPI Résidentiels	1
FPI de Vente au Détail	2
Équipements de Semi-conducteurs	7
Logiciels	5
FPI Spécialisés	2
Vente au Détail Spécialisée	5
Matériel de Technologie, Stockage et Périphériques	1
Textiles, Vêtements et Biens de Luxe	11
Tabac	2
Compagnies de Négoce et Distributeurs	11
Infrastructure de Transport	3
Services Publics de l'Eau	3
Services de Télécommunications sans Fil	3
<b>Total Général</b>	<b>457</b>

*Annexe 2 : Répartition de l'échantillonnage par pays*

<b>Pays.du.STOXX600</b>	<b>Nombre.d.entreprises</b>
Afrique du Sud	1
Allemagne	48
Autriche	6
Belgique	13
Bermudes	1
Chili	1
Danemark	19
Espagne	20
Finlande	16
France	66
Irlande	12
Italie	20
Jordanie	1
Luxembourg	5
Norvège	12
Pays-Bas	15
Pologne	5
Portugal	3
Royaume-Uni	107
Suède	43
Suisse	43
<b>Total Général</b>	<b>457</b>

### Annexe 3 : Définitions des indicateurs Refinitiv

<b>E score</b>	The environmental pillar measures a company's impact on living and non-living natural systems, including the air, land and water, as well as complete ecosystems. It reflects how well a company uses best management practices to avoid environmental risks and capitalize on environmental opportunities in order to generate long term shareholder value.
<b>Emissions score</b>	Emission category score measures a company's commitment and effectiveness towards reducing environmental emission in the production and operational processes
<b>Policy emission score</b>	Does the company have a policy to improve emission reduction? - in scope are the various forms of emissions to land, air or water from the company's core activities - processes, mechanisms or programs in place as to what the company is doing to reduce emissions in its operations - system or a set of formal, documented processes for controlling emissions and driving continuous improvement
<b>Policy supply chain score</b>	Does the company have a policy to include its supply chain in the company's efforts to lessen its overall environmental impact? - legal compliance data on the supply chain to reduce environmental impact is in scope - data on collaboration with suppliers towards reducing their environmental impacts - data on the reduction of environmental impacts at the suppliers operations  Includes : 1. Env supply chain mgmt : Does the company use environmental criteria (ISO 14000, energy consumption, etc.) in the selection process of its suppliers or sourcing partners? - data can also be on existing suppliers who were selected using some environmental criteria  2. Env Supply Chain Monitoring : Does the company conduct surveys of the environmental performance of its suppliers? - any evidence that the company monitors its suppliers on environmental issues through surveys, audits, supplier site visits, and questionnaire  3. Does the company report or show to be ready to end a partnership with a sourcing partner, if environmental criteria are not met?
<b>Policy innovation score</b>	Environmental innovation category score reflects a company's capacity to reduce the environmental costs and burdens for its customers, and thereby creating new market opportunities through new environmental technologies and processes or eco-designed products.

### Annexe 4 : Données brutes des composantes du BGS

Abv.	Variable	N	Moyenne	Médiane	Écart	Min.	Max.
ES <sup>R</sup>	E score Refinitiv	7514	63.68	69.21	24.14	0.00	99.14
ES <sup>B</sup>	E score Bloomberg	7514	69.02	76.55	26.07	0.00	99.91
PIS	Policy Innovation Score	7514	42.69	43.53	34.68	0.00	99.88
PS	Policy Emissions Score	7514	62.39	68.60	23.19	0.00	97.45
PSCS	Policy Supply Chain Score	7514	62.02	74.02	31.16	0.00	95.29
CIS	Carbon Intensity Score	7514	60.90	64.11	25.66	0.49	99.86